

ВЕТЕРИНАРИЯ, ЗООТЕХНИЯ И BIOTEХНОЛОГИЯ

DOI: 10.31677/2072-6724-2025-77-4-150-160

УДК 636.2.034

РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА БЫКОВ ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЕКЦИИ В ПЛЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

¹Т.А. Жигулин, ¹Е.В. Камалдинов, ²П.Н. Пальчиков¹Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия²АО «Новосибирскагроплем», Новосибирская область, Россия

E-mail: timzhig@ya.ru

Для цитирования: Жигулин Т.А., Камалдинов Е.В., Пальчиков П.Н. Реализация генетического потенциала быков зарубежной селекции в племенных предприятиях Западной Сибири // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 4 (77). – С. 150–160. – DOI: 10.31677/2072-6724-2025-77-4-150-160.

Ключевые слова: молочная продуктивность, селекционный дифференциал, крупный рогатый скот, голштинская порода, удой.

Реферат. Масштабное использование племенного материала зарубежной селекции в молочном скотоводстве России создает биологическую неопределенность из-за выраженного эффекта взаимодействия «генотип–среда». Целью исследования являлась оценка реализации генетического потенциала быков-производителей зарубежной селекции в условиях племенных хозяйств Западной Сибири. На основе данных о продуктивности 28 065 первотелок была проведена оценка 21 быка голштинской породы. Исходные данные были скорректированы на влияние факторов года и сезона, а хозяйства стратифицированы на две категории по уровню продуктивности. Локальная оценка племенной ценности рассчитывалась как средняя между удоем дочерей и взвешенной средней продуктивностью их сверстниц. Для оценки сопоставимости с зарубежным индексом племенной ценности был применен метод категориальной классификации по знаку и проведен корреляционный анализ. Установлено наличие сильного взаимодействия «генотип–среда», проявляющегося в различиях племенной ценности у одних и тех же быков различных групп. Сопоставление оценок показало, что доля совпадений между рассчитанной племенной ценностью и прогнозом зарубежного каталога составляет не более 50 %, что эквивалентно случайному событию. Полное совпадение знаков по всем трем оценкам, включая обе локальные категории и зарубежный индекс, зафиксировано лишь для 25 % быков. Выводы были подтверждены корреляционным анализом, который выявил статистически незначимую связь между локальной оценкой племенной ценности и данными из иностранного каталога. Определено, что использование данных из зарубежных каталогов для принятия селекционных решений является ненадежным. Локальная оценка племенной ценности, учитывающая конкретные производственные условия, является незаменимым инструментом для объективного выбора производителей и повышения эффективности селекционно-племенной работы.

IMPLEMENTATION OF THE GENETIC POTENTIAL OF FOREIGN-BRED BULLS IN BREEDING FARMS OF WESTERN SIBERIA

¹T.A. Zhigulin, ¹E.V. Kamaldinov, ²P.N. Palchikov¹Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia²Novosibirskagrolep, Novosibirsk, Russia

E-mail: timzhig@ya.ru

Keywords: milk productivity, cattle, Holstein breed, milk yield, genotype-environment interaction, breeding value, sire evaluation, Western Siberia, foreign breeding.

Abstract. The large-scale use of breeding material from foreign selection in Russian dairy farming creates biological uncertainty due to the pronounced “genotype-environment” interaction effect. The study aimed to

assess the realization of the genetic potential of foreign-bred sires under the conditions of breeding farms in Western Siberia. Based on productivity data from 28,065 first-calf heifers, 21 Holstein bulls were evaluated. The initial data were adjusted for the influence of year and season factors, and the farms were stratified into two categories based on productivity levels. The local breeding value was calculated as the mean of paired differences between the milk yield of daughters and the weighted average milk yield of their herdmates, with outliers iteratively removed. To assess the comparability with the foreign breeding value index, a categorical classification method by sign and a correlation analysis were applied. A strong "genotype-environment" interaction was established, manifesting in the re-ranking of sires across different farm categories. The analysis of sign concordance showed that the agreement between the local estimate and the foreign catalog's forecast was no more than 50 %, which is equivalent to a random event. A complete sign match across all three estimates, including both local categories and the foreign index, was recorded for only 25 % of the sires. These findings were confirmed by a correlation analysis, which revealed a statistically insignificant relationship between the local breeding value estimate and data from the foreign catalog. The study concludes that the direct use of data from foreign catalogs for making selection decisions is unreliable. A local assessment of breeding value that considers specific production conditions is an indispensable tool for the objective selection of sires and for improving the efficiency of breeding programs.

Обеспечение устойчивого роста молочной отрасли является одной из приоритетных задач агропромышленного комплекса России, решение которой зависит от эффективности селекционно-племенной работы [1]. К сожалению, основным инструментом ускорения генетического прогресса в молочном скотоводстве в настоящее время является масштабное использование семени быков-производителей зарубежной селекции [2]. Зависимость от импортного генофонда формирует не только экономическую уязвимость, связанную с высокой стоимостью семени и санкционными рисками, но и создает биологическую неопределенность. Отсутствие объективной информации о том, как именно генотип проявит себя в конкретных региональных условиях, приводит к тому, что ожидаемый селекционный эффект зачастую не достигается в полной мере, вследствие чего снижается рентабельность производства и замедляются темпы генетического прогресса в масштабах страны.

Актуальной проблемой является наличие информации о генетическом потенциале тех или иных производителей, оцененных по зарубежному маточному поголовью. Это не позволяет с высокой точностью осуществлять прогноз продуктивности животных локальных субпопуляций. Такому положению способствует влияние многочисленных паратипических факторов в рамках взаимодействия «генотип–среда» [3, 4]. Ключевыми из них являются различия в кормовой базе, технологиях содержания и доения, а также климатические особенности региона, которые в совокупности формируют уникальную производственную среду. В результате племенная ценность быка, определенная в одной стране, может существенно различаться с оценкой в другой стране, что

делает прогноз продуктивности его потомства статистически ненадежным. При использовании производителей в условиях, отличных от тех, где проводилась оценка его дочерей, взаимодействие «генотип–среда» может оказывать влияние на различия между ожидаемой и фактической продуктивностью [5–7].

Оценка быков с использованием неполных родословных и зарубежных индексов может быть недостаточной для принятия решений в области селекции на локальном уровне [8]. Возникает научная и практическая необходимость в проведении оценки реализации генетического потенциала импортных быков по фактической продуктивности их дочерей непосредственно в условиях отдельно взятых хозяйств. Проведение такой локальной оценки позволяет создать объективный и практически применимый инструмент для селекционеров, который учитывает реальные условия эксплуатации животных и позволяет принимать обоснованные решения о подборе производителей для конкретных стад [9, 10]. Это, в свою очередь, является основой для разработки региональных программ селекции, направленных на максимальную реализацию генетического потенциала в различных условиях.

Цель исследования – оценка реализации генетического потенциала быков-производителей зарубежной селекции в условиях племенных хозяйств Западной Сибири.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследования служил генетический потенциал голштинского скота по признакам молочной продуктивности за 305 дней первой лактации. Исходные данные о продуктивности

животных включали в себя 28 065 записей с 2005 по 2023 г.

Для обеспечения объективности сравнения молочной продуктивности использовались поправки на сезон года и учетный год начала лактации. Расчет проводился в два этапа. Для каждого года отдельно вычислялись сезонные поправки относительно базового сезона, относящегося к октябрю–декабрю. Последующие поправки осуществлялась на 2021 г. с целью синхронизации данных, полученных из разных источников.

Построчное исключение данных производилось с учетом следующих показателей: инвентарный номер, дата рождения, кличка отца, кличка дочери, сверстницы, удой дочери, сверстницы за 305 дней первой лактации, а также дата начала и окончания лактации.

Учитывая высокую вариабельность молочной продуктивности с разным уровнем производственной культуры, была применена процедура фильтрации данных для исключения выбросов из групп сверстниц по соответствующим группам дочерей тех или иных быков-производителей. Оценку выбросов проводили с помощью метода Тьюки [11] с последующим их исключением для последующей несмещенной оценки.

Эффект среды нивелировался за счет разделения хозяйств на две категории согласно уровню продуктивности. Формирование групп осуществлялось с использованием медианных значений, где хозяйства со средним уровнем продуктивности ниже 8000 кг относились к 1-й категории, а от 8000 кг и выше – ко 2-й категории.

Межгрупповые сравнения проводились с применением парного теста Уилкоксона и *t*-критерия в зависимости от характера распределения в группах.

Для сравнения животных двух категорий по уровню молочной продуктивности сопоставляли между собой с использованием селекционных дифференциалов (разность между удоём дочерей и сверстниц). Для каждой дочери отбирали сверстниц из соответствующего сезона и года ее лактации.

Рассчитанная племенная ценность сравнивалась с Canadian Dairy Network (CDN), в которой учитывались родословная, продуктивность дочерей и их сверстниц, а также фиксированные средовые факторы на протяжении длительного

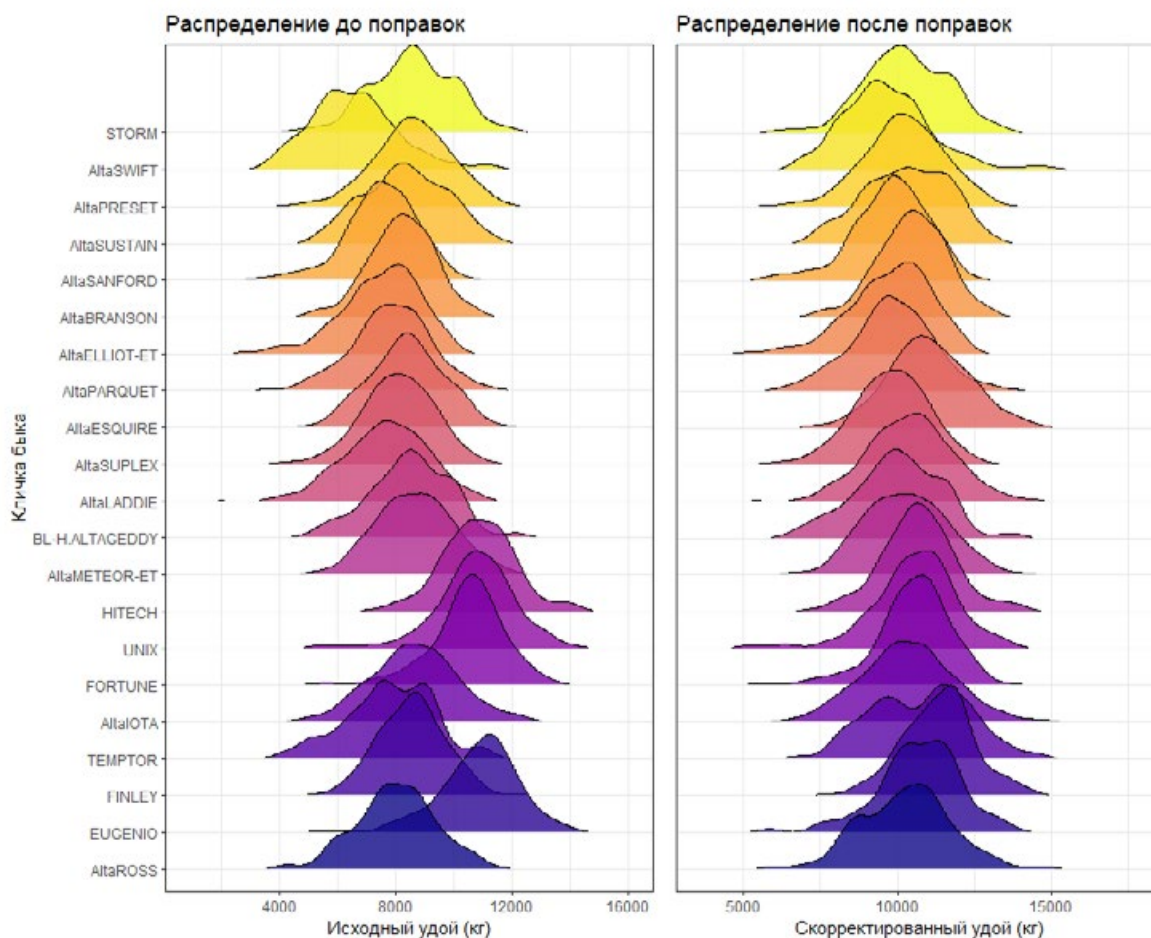
периода [12]. Для обеспечения несмещенной оценки все сравнения также проводились на момент референсного периода: декабрь 2021 г.

При сравнении групп между собой животных разделяли на улучшателей (+), ухудшателей (-) и нейтральных (0), что позволило сопоставить количество животных в этих группах и определить соответствующие отношения. С этой целью определяли разность между продуктивностью дочерей и сверстниц исследуемых быков (периоды и продолжительность лактаций сверстниц и дочерей полностью совпадали). Отнесение животных к категории нейтральных базировалось на близости уровня молочной продуктивности к нулю с допущением интервала в 5 % относительно установленных лимитов изменчивости для каждой группы. Для 1-й, 2-й категории и данных CDN порог составил ± 30 , ± 90 и ± 94 кг соответственно. Применяли критерий Уилкоксона для сравнения групп животных разных категорий между собой и с зарубежными оценками. Также для оценки взаимосвязи между селекционными дифференциалами была рассчитана ранговая корреляция Спирмена.

Статистическая обработка данных, корреляционный анализ и визуализация результатов были выполнены в среде статистического программирования R версии 4.3.2 [13]. Фильтрация, группировка и высокопроизводительные вычисления осуществлялись с помощью библиотеки «data.table», визуализация данных проводилась с применением «ggplot2», а обработка дат с использованием «lubridate» [14, 15]. Для ускорения вычислений применялся пакет для параллельных вычислений «future» [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

С целью нивелирования влияния факторов «учетный год» и «сезон года» рассчитаны соответствующие поправки. Результатом такой работы явилось смещение медианных значений и изменение в некоторых случаях плотности распределений изучаемого селекционного признака, что показано на рисунке. Так, до поправок наблюдалась значительная вариативность и смещение пиков распределений по оси абсцисс, что подтверждает роль рассматриваемых факторов.



Распределение удоя дочерей быков до и после поправки на факторы «год–сезон»
Distribution of milk yield of bulls' daughters before and after adjustment for year-season factors

Наиболее сильные смещения по нескорректированным данным наблюдались по потомкам быков HITECH, UNIX, FORTUNE, ALTASWIFT и EUGENIO. После соответствующих корректировок распределения оказались более однородными.

Однако для объективной оценки генетического потенциала требуется более глубокий анализ, направленный на исключение данных с аномальными показателями продуктивности. Неучтенные

факторы, связанные с заболеваниями и просто возможными ошибками, могут существенно исказить данные. Выборка для оценки изучаемого признака отбора получена за счет итеративной процедуры очистки. В табл. 1 показано изменение показателей описательной статистики в зависимости от наличия выбросов, включая поправки на описанные ранее фиксированные факторы.

Таблица 1

Удой за 305 дней первой лактации западно-сибирской популяции скота
Milk yield for 305 days of the first lactation of the West Siberian cattle population

Выборка	<i>n</i>	$x \pm S_x$	<i>Me</i>	<i>Q</i> ₁	<i>Q</i> ₃	<i>IQR</i>	<i>AD.p</i> *
Без исключения выбросов	28065	8384 ± 13	8571	7035	9926	2891	< 0,005
С исключением выбросов	18083	10615 ± 11	10629	9644	11602	1958	0,009

*Примечание. Значение уровня значимости критерия Андерсона-Дарлинга

Заслуживающим внимание результатом корректировки стало снижение объема совокупности на более 35 % изменчивости без приведения к гауссовскому распределению.

Для учета влияния производственных условий, которые являются основным проявлением взаимодействия «генотип–среда», хозяйства Западной Сибири поделены на две категории, метод получения которых описан ранее (см. табл. 1). Категория хозяйства характеризуется проявлением множества средовых факторов, оказывающих

влияние на степень проявления генетического потенциала в определенных условиях среды.

Одной из особенностей представленных данных является сходство межквартильных размахов исследуемых категорий хозяйств. Несмотря на существенные отличия между уровнями продуктивности, изменчивость удоя в двух категориях была сопоставима. Отличий между средними арифметическими и медианами также не наблюдалось (табл. 2).

Таблица 2

Удой за 305 дней первой лактации коров разных категорий хозяйств
Milk yield for 305 days of the first lactation of cows of different categories of farms

Категория хозяйства	<i>n</i>	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	<i>Me</i>	Q_1	Q_3	<i>IQR</i>	<i>AD.p</i>
1	8969	10128 ± 15	10119	9192	11056	1863	0,009
2	9114	11094 ± 14	11110	10195	12000	1805	0,001

Проведена оценка племенной ценности быков относительно сверстниц на всей выборке без разделения хозяйств на категории. Данный этап

позволил выявить общие тенденции и сопоставить их с официальными данными зарубежной оценки (табл. 3).

Таблица 3

Сходимость оценок исследуемых быков по общей выборке
Convergence of estimates of the studied bulls for the total sample

№	Кличка быка	<i>n</i> _д	<i>n</i> _{св}	$\bar{x}_{д} \pm s_{\bar{x}}$	$\bar{x}_{св} \pm s_{\bar{x}}$	$\pm_{д-св}$	$\pm_{д-св}^*$	<i>MW.p</i> **
1	EUGENIO	170	2309	10681 ± 105	10490 ± 9	190	1397	0,007
2	FORTUNE	533	3294	10534 ± 53	10466 ± 5	68	867	0,001
3	HITECH	141	2094	10676 ± 102	10473 ± 9	203	1596	0,019
4	AltaSUSTAIN	116	3303	10297 ± 126	9834 ± 21	463	961	<0,001
5	FINLEY	191	1311	11342 ± 84	11276 ± 34	67	-145	0,178
6	TEMPTOR	113	2131	10759 ± 150	10760 ± 102	-2	-643	0,497
7	AltaIOTA	605	6370	10320 ± 61	9881 ± 15	439	743	<0,001
8	AltaROSS	204	4116	10285 ± 103	10163 ± 37	123	-1214	0,093
9	AltaESQUIRE	368	3958	11026 ± 69	10435 ± 30	591	149	<0,001
10	AltaMETEOR	840	6634	10275 ± 46	9873 ± 10	402	909	<0,001
11	AltaSUPLEX	1032	5110	9774 ± 38	9862 ± 7	-89	154	0,93
12	AltaGEDDY	187	5186	9984 ± 102	9917 ± 33	67	891	0,146
13	AltaELLIOT	162	1522	9766 ± 106	9935 ± 8	-169	232	0,838
14	AltaSANFORD	228	1925	9772 ± 81	9848 ± 8	-76	-331	0,568
15	AltaPRESET	408	4461	10216 ± 66	9965 ± 12	251	1199	<0,001
16	AltaBRANSON	181	1524	10482 ± 81	9971 ± 8	511	863	<0,001
17	AltaPARQUET	315	3208	9825 ± 79	9868 ± 20	-44	1238	0,522
18	UNIX	261	2400	10557 ± 86	10450 ± 8	108	679	0,014
19	AltaLADDIE	269	3107	10393 ± 84	10147 ± 39	246	-199	<0,001
20	AltaSWIFT	160	1977	9698 ± 117	9388 ± 57	310	-357	0,004
21	STORM	136	5468	10262 ± 118	9924 ± 22	339	919	0,001

Примечания: * – разность между продуктивностью дочерей и сверстниц в базе данных CDN;

** – уровень статистической значимости *p* для критерия Манна–Уитни при сравнении разностей по уровню удоя за 305 дней первой лактации дочерей и сверстниц

Анализ показывает, что большинство исследуемых быков (16 из 21) продемонстрировали положительную племенную ценность, т.е. их дочери в среднем превосходили сверстниц по удою. Однако, как показывают результаты непараметрического критерия Манна–Уитни, не все положительные значения являются статистически значимыми. Так, быки FINLEY (+67 кг), AltaROSS (+123 кг) и AltaGEDDY (+67 кг) не показали значимого превосходства над сверстницами. Это указывает на то, что наблюдаемое небольшое преимущество их дочерей могло быть обусловлено случайными факторами.

Определен ряд быков, чей генетический потенциал в условиях Западной Сибири реализуется иначе, чем это прогнозируется зарубежной системой оценки. Наглядным примером является бык AltaESQUIRE, который по результатам локальной оценки вошел в группу лидеров с показателем +591 кг, в то время как его официальный индекс РТА составляет всего +149 на референсную дату.

Обратная ситуация, характеризующаяся неоправданными ожиданиями, наблюдается у дочерей AltaPARQUET. Обладая одним из самых высоких индексов в каталоге, равным +1238, в исследуемых условиях он показал отрицательную племенную ценность -44 кг.

В ряде случаев оценки имеют противоположные знаки. Так, быки AltaLADDIE и AltaSWIFT, показавшие себя надежными улучшателями в данном исследовании (+246 кг и +310 кг соответственно), имеют отрицательные значения в зарубежных источниках (-199 и -357 кг относительно иностранных сверстниц).

Отдельного внимания заслуживает точность полученных оценок, которая характеризуется стандартной ошибкой среднего. Для многих наблюдаются крайне низкие значения стандартной ошибки для средних удоев сверстниц от ±5 кг. Это является не аномалией, а прямым следствием большого объема выборки. Высокое число до-

черей обеспечивает высокую статистическую надежность и точность оценки среднего значения, что и отражается в малой величине стандартной взвешенной ошибки.

Сравнение величин селекционных дифференциалов, рассчитанных на предприятиях Новосибирской области и зарубежных с помощью критерия Манна–Уитни, не выявило статистически значимых различий ($W = 156; p = 0,107$). Ключевым результатом также является отсутствие корреляционной связи между данными показателями ($r_s = 0,244 \pm 0,286$).

Представленные результаты могут свидетельствовать о наличии сильного эффекта взаимодействия «генотип–среда», ставя под сомнение использование зарубежных каталогов для селекции.

Для более глубокого изучения эффекта «генотип–среда» хозяйства были разделены на две категории по медианному уровню продуктивности. Предварительный анализ распределения данных (табл. 4) выявил важную закономерность.

Характер распределения большинства групп сверстниц 1-й категории не соответствовал гауссовскому в связи как со значительно большим объемом совокупности, так и меньшей консолидацией субпопуляций. В то же время во второй категории наблюдалась другая тенденция, где животные были более однородны по уровню молочной продуктивности несмотря на большие значения стандартных ошибок. Полученные результаты свидетельствовали о необходимости применения непараметрических критериев и неприменимости традиционных параметрических подходов. Наряду с этим соответствие эмпирических распределений по показателям молочной продуктивности животных второй категории гауссовскому может быть результатом большей однородности этой категории. Подобная ситуация наблюдается и в зарубежных стадах, по которым имеется доказанная эффективность использования селекционных индексов [17].

Таблица 4

Характеристика групп дочерей и их сверстниц по категориям хозяйств
Characteristics of groups of daughters and their peers by household categories

№	Кличка быка	Группа	Первая категория			Вторая категория		
			<i>n</i>	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	<i>p</i> *	<i>n</i>	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	<i>p</i> *
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	AltaESQUIRE	д.	363	11020 ± 69	0,9114	5	11471 ± 554	0,087
		св.	3226	10414 ± 36	<0,001	732	11905 ± 255	0,089
2	AltaGEDDY	д.	179	9900 ± 98	0,0939	8	11861 ± 660	0,061
		св.	3013	9862 ± 22	<0,001	2173	11135 ± 100	0,024

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	AltaIOTA	д.	587	10284 ± 62	0,8461	18	11482 ± 345	0,998
		св.	4205	9835 ± 19	<0,001	2165	11360 ± 80	0,084
4	AltaLADDIE	д.	259	10377 ± 87	0,9458	10	10794 ± 264	0,144
		св.	2304	10125 ± 52	<0,001	803	10713 ± 92	0,03
5	AltaMETEOR	д.	835	10265 ± 46	0,1962	5	11888 ± 471	0,33
		св.	6043	9864 ± 14	<0,001	591	11339 ± 15	0,347
6	AltaPARQUET	д.	306	9768 ± 78	<0,001	9	11763 ± 577	0,31
		св.	2871	9780 ± 21	<0,001	337	12854 ± 4	0,008
7	AltaROSS	д.	187	10218 ± 109	0,7984	17	11029 ± 226	0,235
		св.	2897	10058 ± 42	<0,001	1219	11312 ± 68	0,498
8	TEMPTOR	д.	29	9519 ± 272	0,1658	84	11187 ± 154	0,695
		св.	1180	9107 ± 166	0,0099	951	11331 ± 59	0,066

Примечание. * – значение уровня статистической значимости критерия Шапиро–Уилка.

Распределение быков по уровню селекционного дифференциала в зависимости от категории хозяйства представлено в табл. 5.

Согласно описанной ранее методике, производители отнесены к одной из трех категорий (улучшатели (+), ухудшатели (-), нейтральные (0)). Ожидаемым результатом видится наличие значимых отличий по продуктивности дочерей от сверстниц в первой категории, что указывает на проявление генотипа лучших зарубежных и отечественных быков, используемых в селекционных программах предприятий. Сравнительный анализ селекционных дифференциалов исследуемых категорий хозяйств свидетельствовал о проявлении эффекта «генотип–среда». Наиболее ярко он был выражен у дочерей быка AltaESQUIRE (1-я

категория). В условиях 1-й категории он проявил себя как статистически значимый улучшатель с показателем племенной ценности 606 кг. Однако в высокопродуктивных хозяйствах 2-й категории его дочери, наоборот, уступали сверстницам. Аналогичная смена ранга наблюдается у быков TEMPTOR, AltaROSS. AltaPARQUET имеет наибольшее расхождение как в первой категории (-13 кг), так и во второй (-1090 кг). Согласно проведенным парным тестам, быки, присутствующие в обеих категориях, не оказывали значимого эффекта в хозяйствах 2-й категории. Однако отдельные представители, не попавшие в первую категорию, имеют значимый прирост относительно сверстниц (EUGENIO – +190 кг и NITECH (+203 кг)).

Таблица 5

Сходимость селекционных дифференциалов по быкам в разных условиях производственной культуры
Convergence of selection differentials for bulls under different production conditions

№	Кличка быка	Селекционный дифференциал (1-я категория), кг	Селекционный дифференциал (2-я категория), кг	Селекционный дифференциал (CDN), кг
1	TEMPTOR	411 (+) *	-144 (-)	-643 (-)
2	AltaIOTA	449 (+) ***	122 (+)	743 (+)
3	AltaROSS	160 (+) *	-284 (-)	-1214 (-)
4	AltaESQUIRE	606 (+) ***	-434 (-)	149 (+)
5	AltaMETEOR	401(+) ***	549 (+)	909 (+)
6	AltaGEDDY	38 (0)	727 (+)	891 (+)
7	AltaPARQUET	-13 (0)	-1090 (-)	1238 (+)
8	AltaLADDIE	252 (+) ***	81 (0)	-199 (-)

Примечание. * – значимость парного теста.

Анализ данных, представленных в зарубежных каталогах по импортируемым быкам, позволяет в целом сделать вывод о надежности зарубежной оценки для субпопуляции западно-сибирского региона с сопоставимым зарубеж-

ным уровнем молочной продуктивности. В то же время реализация генотипов изучаемого списка производителей в худших условиях кормления, содержания и ветеринарного сопровождения была недостаточной.

Таблица 6

Сопоставление знаков между племенной ценностью в различных категориях
Comparison of signs between breeding values in different categories

Сравниваемые категории	Совпадение	Несовпадение	Доля совпадений
1 – 2	2	6	0,25
1 – CDN	3	5	0,37
2 – CDN	4	4	0,5
1– 2 – CDN	2	6	0,25

Наибольшее количество несовпадений в сравнительной оценке быков наблюдалось в группах животных с высоким и низким уровнем продуктивности. Подобный результат обнаружен при сопоставлении сразу трех групп. Таким образом, точность оценки племенной ценности маточного поголовья по молочной продуктивности может снижаться вплоть до 75 % ниже такового порога по зарубежной оценке. Это необходимо учитывать при переоценке племенной ценности быков иностранной селекции, используемых на всей популяции молочного скота Западной Сибири.

Примечательным результатом также является совпадение зарубежных оценок с реализованным уровнем молочной продуктивности в популяции высокопродуктивных стад в 50 % случаев, тогда как для низкопродуктивных такой порог был значительно ниже (37 %).

Для более глубокого анализа взаимодействия «генотип–среда» была проанализирована подвыборка из восьми быков, имевших дочерей в обеих категориях хозяйств. Полученные результаты согласуются с представленными ранее. Было установлено отсутствие корреляции между селекционными дифференциалами быков первой и второй категорий ($r_s = 0,02, p = 0,96$) что в очередной раз подтверждает важность учета категорий хозяйства в качестве фиксированного фактора в перспективных моделях оценки племенной ценности животных.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты убедительно демонстрируют наличие сильного и практически значимого взаимодействия «генотип–среда», что согласуется с данными многих современных ис-

следований в разных странах. Ключевым проявлением этого эффекта является существенное расхождение в прогнозируемом и фактическим селекционным дифференциалом в разных производственных условиях. Быки, проявившие себя как статистически значимые улучшатели в хозяйствах 1-й категории, например, AltaESQUIRE с РТА +606 кг, в высокопродуктивных стадах 2-й категории показывали отрицательную племенную ценность -434 кг.

Перемена в рейтинге подчеркивает, что генетический потенциал, отобранный в одних условиях, не гарантирует успеха в других. Вероятно, в хозяйствах 1-й категории селекционное преимущество получают животные с более высокой адаптивностью и устойчивостью к стресс-факторам, в то время как в хозяйствах 2-й категории на первый план выходит способность к реализации максимального генетического потенциала в условиях, близких к оптимальным.

Этот вывод косвенно подтверждается и анализом характера распределения данных (см. табл. 4). Установлено, что в хозяйствах 2-й категории распределение удоев дочерей чаще соответствует нормальному. Это может свидетельствовать о более высокой культуре производства и стабильности технологических процессов, что снижает количество неучтенных факторов. Подобная однородность условий, как отмечается в зарубежных исследованиях, является предпосылкой для эффективной работы селекционных индексов. Однако, согласно результатам исследования, даже в более стабильных условиях зарубежный прогноз остается ненадежным.

Сравнение локальной оценки с зарубежным прогнозом от CDN выявило полное отсутствие предсказуемой взаимосвязи, что подтверждается

как анализом совпадений знаков, который показал не более 50 % совпадений, так и статистически незначимой ранговой корреляцией ($r_s = 0,22$; $p > 0,05$). Это означает, что для сибирского региона зарубежный каталог по своей надежности не превышает случайного угадывания.

Таким образом, результаты исследования доказывают, что для эффективной селекционной работы необходимо создание и внедрение системы локальной оценки племенной ценности.

ВЫВОДЫ

1. Установлено сильное взаимодействие «генотип–среда», которое проявляется в значительных различиях племенной ценности быков-производителей при их оценке в различных производственных условиях. Быки, демонстрирующие высокий генетический потенциал в одних условиях, могут показывать нейтральные или даже отрицательные результаты в других, более высокопродуктивных стадах.

2. Локальная оценка племенной ценности быков, проведенная с учетом конкретных условий хозяйств Западной Сибири, показала низкую сходимость с прогнозами, представленными в зарубежном каталоге Canadian Dairy Network. Доля совпадений оценок не превышает 50 %, что указывает на статистически незначимую связь ($r_s = 0,244$) и делает прямое использование за-

рубежных данных для принятия селекционных решений ненадежным.

3. Стратификация хозяйств по уровню продуктивности является необходимым методическим приемом для корректной оценки эффекта «генотип–среда». Анализ показал, что одни и те же быки могут выступать как улучшатели в одной категории хозяйств и как ухудшатели в другой. В частности, бык AltaESQUIRE проявил себя как статистически значимый улучшатель (+606 кг) в хозяйствах первой категории, но показал отрицательную племенную ценность в высокопродуктивных стадах.

4. Отсутствие сильной корреляции между селекционными дифференциалами в разных категориях хозяйств ($r_s = 0,02$; $p = 0,96$) подтверждает, что реализация генетического потенциала в значительной степени определяется средовыми факторами. Следовательно, для повышения эффективности селекционно-племенной работы в регионе необходимо внедрение системы локальной оценки племенной ценности, учитывающей условия конкретных производственных систем. Такая система послужит объективным инструментом для отбора быков и разработки региональных программ селекции, нацеленных на максимальную реализацию генетического потенциала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Достоверность* данных первичного зоотехнического учета в молочном скотоводстве / Е.В. Камалдинов, А.Ф. Петров, К.С. Шатохин [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2022. – № 2 (63). – С. 76–83. – DOI: 10.31677/2072-6724-2022-63-2-76-83.
2. *Хромова О.Л., Селимян М.О.* Влияние скрещивания с голштинской породой на воспроизводительные признаки крупного рогатого скота отечественных молочных пород // Аграрный вестник Верхневолжья. – 2022. – № 2 (39). – С. 68–78. – DOI: 10.35523/2307-5872-2022-39-2-68-78.
3. *Genotype-by-environment* interactions in beef and dairy cattle populations: A review of methodologies and perspectives on research and applications / J.B. Silva Neto, L.F.M. Mota, M. Londoño-Gil [et al.] // Animal Genetics. – 2024. – DOI: 10.1111/age.13483.
4. *Optimization of Dairy Cattle Breeding Programs with Genotype by Environment Interaction in Kenya* / P.K. Wahinya, G.M. Jeyaruban, A.A. Swan, J.H.J. van der Werf // Agriculture. – 2022. – Vol. 12, № 8. – P. 1274. – DOI: 10.3390/agriculture12081274.
5. *Genotype-environment* interaction for age at first calving in Holstein cows in Brazil / J.C. Santos, C.H.M. Malhado, P.L.S. Carneiro [et al.] // Veterinary and Animal Science. – 2020. – Vol. 9. – P. 100098. – DOI: 10.1016/j.vas.2020.100098.
6. *Two approaches to account for genotype-by-environment interactions for production traits and age at first calving in South African Holstein cattle* / V. Ducrocq, A. Cadet, C. Patry [et al.] // Genetics Selection Evolution. – 2022. – Vol. 54. – P. 43. – DOI: 10.1186/s12711-022-00735-5.
7. *Genotype × region and genotype × production level interactions in Holstein cows* / J.L. Chuma-Alvarez, H.H. Montaldo, C. Lizana [et al.] // Animal. – 2021. – Vol. 15, № 9. – P. 100320. – DOI: 10.1016/j.animal.2021.100320.
8. *Оценка качества генеалогических данных в племенных предприятиях Западной Сибири* / Е.В. Камалдинов, А.Ф. Петров, К.Н. Нарожных, П.Н. Пальчиков // Животноводство и кормопроизводство. – 2024. – Т. 107, № 4. – С. 53–67. – DOI: 10.33284/2658-3135-107-4-53.

9. *Возраст выбытия коров из стада в зависимости от генетических и паратипических факторов* / О.С. Чеченихина, О.А. Быкова, О.Г. Лоретц, А.В. Степанов // *Аграрный вестник Урала*. – 2021. – № 6 (209). – С. 71–79. – DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-71-79.
10. *Шевелева О.М., Связенина М.А.* Влияние быков на продуктивные качества потомства // *Животноводство и кормопроизводство*. – 2023. – Т. 106, № 4. – С. 40–56. – DOI: 10.33284/2658-3135-106-4-40.
11. *Processamento de dados para remoção de pontos outliers e inliers: Estudo sistemático da literature* / F. Alves, E.G. de Souza, R. Sobjak [et al.] // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. – 2024. – Vol. 28, № 9. – e278672. – DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v28n9e278672.
12. *Lactanet Canada: Genetic Evaluations Data Files* [Электронный ресурс]. – URL: <https://lactanet.ca/en/genetics/genetic-evaluations/data-files/> (дата обращения: 24.05.2024).
13. *Giorgi F.M., Ceraolo C., Mercatelli D.* The R Language: An Engine for Bioinformatics and Data Science // *Life*. – 2022. – Vol. 12, № 5. – P. 648. – DOI: 10.3390/life12050648.
14. *Radomski A.* Exploratory analysis and data visualization using the ggplot2 package in R-the basics of a digital cultural and historical researcher’s workshop // *Historyka Studia Metodologiczne*. – 2024. – Т. 54. – P. 175–194. – DOI: 10.24425/hsm.2024.153701.
15. *Grolemund G., Wickham H.* Dates and Times Made Easy with lubridate // *Journal of Statistical Software*. – 2011. – Vol. 40, № 3. – P. 1–25. – DOI: 10.18637/jss.v040.i03.
16. *Bengtsson H.* future: Unified Parallel and Distributed Processing in R for Everyone // CRAN R-project: URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/future/index.html> (дата обращения: 19.09.2025).
17. *Genotype by Environment Interaction and Selection Response for Milk Yield Traits and Conformation in a Local Cattle Breed Using a Reaction Norm Approach* / C. Sartori, F. Tiezzi, N. Guzzo [et al.] // *Animals*. – 2022. – Vol. 12, № 7. – Art. № 839. – DOI: 10.3390/ani12070839.

REFERENCES

1. Kamaldinov E.V., Petrov A.F., Shatokhin K.S., Narozhnykh K.N., Marenkov V.G., Zhigulin T.A., Bogdanova O.V., Palchikov P.N., Plakhova A.A., *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)*, 2022, No. 2 (63), pp. 76–83, DOI: 10.31677/2072-6724-2022-63-2-76-83. (In Russ.).
2. Khromova O.L., Selimyan M.O., *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya*, 2022, No. 2 (39), pp. 68–78, DOI: 10.35523/2307-5872-2022-39-2-68-78. (In Russ.).
3. Silva Neto J.B., Mota L.F.M., Londoño-Gil M., Schmidt P.I., Rodrigues G.R.D., Ligor V.A., Arikawa L.M., Magnabosco C.U., Brito L.F., Baldi F., Genotype-by-environment interactions in beef and dairy cattle populations: A review of methodologies and perspectives on research and applications, *Animal Genetics*, 2024, DOI: 10.1111/age.13483.
4. Wahinya P.K., Jeyaruban G.M., Swan A.A., van der Werf J.H.J., Optimization of Dairy Cattle Breeding Programs with Genotype by Environment Interaction in Kenya, *Agriculture*, 2022, Vol. 12, No. 8, pp. 1274, DOI: 10.3390/agriculture12081274.
5. Santos J.C., Malhado C.H.M., Carneiro P.L.S., de Rezende M.P.G., Cobuci J.A., Genotype-environment interaction for age at first calving in Holstein cows in Brazil, *Veterinary and Animal Science*, 2020, Vol. 9, pp. 100098, DOI: 10.1016/j.vas.2020.100098.
6. Ducrocq V., Cadet A., Patry C., van der Westhuizen L., van Wyk J.B., Naser F.W.C., Two approaches to account for genotype-by-environment interactions for production traits and age at first calving in South African Holstein cattle, *Genetics Selection Evolution*, 2022, Vol. 54, pp. 43, DOI: 10.1186/s12711-022-00735-5.
7. Chuma-Alvarez J.L., Montaldo H.H., Lizana C., Olivares M.E., Ruiz-López F.J., Genotype × region and genotype × production level interactions in Holstein cows, *Animal*, 2021, Vol. 15, No. 9, pp. 100320, DOI: 10.1016/j.animal.2021.100320.
8. Kamaldinov E.V., Petrov A.F., Narozhnykh K.N., Palchikov P.N., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2024, Vol. 107, No. 4, pp. 53–67, DOI: 10.33284/2658-3135-107-4-53. (In Russ.).
9. Chechenikhina O.S., Bykova O.A., Lorets O.G., Stepanov A.V., *Agrarnyy vestnik Urala*, 2021, No. 06 (209), pp. 71–79, DOI: 10.32417/1997-4868-2021-209-06-71-79. (In Russ.).
10. Sheveleva O.M., Svyazhenina M.A., *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2023, Vol. 106, No. 4, pp. 40–56, DOI: 10.33284/2658-3135-106-4-40. (In Russ.).
11. Alves F., de Souza E.G., Sobjak R., Bazzi C.L., Hachisuca A.M.M., Mercante E., Processamento de dados para remoção de pontos outliers e inliers: Estudo sistemático da literature, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2024, Vol. 28, No. 9, e278672. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v28n9e278672.
12. Lactanet Canada: Genetic Evaluations Data Files, available at: <https://lactanet.ca/en/genetics/genetic-evaluations/data-files/> (accessed 24.05.2024).
13. Giorgi F.M., Ceraolo C., Mercatelli D., The R Language: An Engine for Bioinformatics and Data Science, *Life*, 2022, Vol. 12, No. 5, pp. 648, DOI: 10.3390/life12050648.

14. Radomski A., Exploratory analysis and data visualization using the ggplot2 package in R-the basics of a digital cultural and historical researcher's workshop, *Historyka Studia Metodologiczne*, 2024, Vol. 54, pp. 175–194, DOI: 10.24425/hsm.2024.153701.
15. Golemund G., Wickham H., Dates and Times Made Easy with lubridate, *Journal of Statistical Software*, 2011, Vol. 40, No. 3, pp. 1–25, DOI: 10.18637/jss.v040.i03.
16. Bengtsson H. future: Unified Parallel and Distributed Processing in R for Everyone, *CRAN R-project*, available at: <https://cran.r-project.org/web/packages/future/index.html> (accessed: 19.09.2025).
17. Sartori C., Tiezzi F., Guzzo N., Mancin E., Tuliozi B., Mantovani R., Genotype by Environment Interaction and Selection Response for Milk Yield Traits and Conformation in a Local Cattle Breed Using a Reaction Norm Approach, *Animals*, 2022, Vol. 12, No. 7, Art. No. 839, DOI: 10.3390/ani12070839.

Информация об авторах:

Т.А. Жигулин, аспирант

Е.В. Камалдинов, доктор биологических наук, доцент

П.Н. Пальчиков, руководитель АО «Новосибирскагроплем»

Contribution of the authors:

T.A. Zhigulin, postgraduate student

E.V. Kamalidinov, D,Sc, (Biology), Assoc, Prof

P.N. Palchikov, Director JSC Novosibirskagroplem

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.