

Ольга Васильевна Тулинова¹, Елена Анатольевна Романова²✉,
Ольга Константиновна Васильева³, Александр Александрович Сермягин⁴

^{1,2,3,4}Всероссийский НИИ генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал ФИЦ животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Россия

¹tulinova_59@mail.ru

²splicing86@gmail.com

³vaciola@mail.ru

⁴alex_sermyagin85@mail.ru

ИНДЕКСНАЯ ОЦЕНКА ГЕНОТИПИРОВАННЫХ КОРОВ АЙРШИРСКОЙ ПОРОДЫ РАЗНЫХ РЕГИОНОВ РФ

Цель исследования – оценка методом BLUP AM генотипированных коров айрширской породы с учетом хозяйства содержания, генетических и паратипических факторов изучаемых хозяйственно полезных признаков и апробация полифакторного индекса для оценки племенных качеств и выбора лучших животных желательного типа. Задачи: проведение индексной оценки на репрезентативной выборке генотипированных дочерей быков айрширской породы; выявление эффективности отбора с применением индексной селекции на исследуемой выборке животных; ранжирование быков-производителей и составление рейтинга на основании индексной оценки. Объект исследования – фенотипические данные 669 генотипированных коров первой лактации айрширской породы, лактировавших в 10 хозяйствах в период с 2017 по 2021 г. Высокая достоверность оценок племенной ценности методом BLUP AM (по удою за 305 дней $Rel = 0,60$; по выходу жира и белка $Rel = 0,53$ и $0,55$) увеличивает потенциальную реакцию на селекцию по этим признакам. Достоверность с уровнем 84 % отмечена по живой массе при рождении, что в том числе обусловлено высоким коэффициентом детерминации 0,83. Моделирование отбора с использованием индекса I_{AYR} выявило значительное и достоверное преимущество по удою за 305 дней лактации у животных с плюс вариантами индекса. В хозяйстве № 1 разница между группами с плюс $+I_{AYR}$ и минус $-I_{AYR}$ вариантами индекса составила +1965 кг, с выходом молочного жира +55,9 кг и белка +56,5 кг при $p \leq 0,001$. Выявленные приоритетные особи желательного типа с плюс вариантами по индексу I_{AYR} могут быть использованы в последующем отборе в селекционные группы для формирования племенного ядра стада, а высокорейтинговые быки-производители будут способствовать совершенствованию отдельных стад и популяции в целом.

Ключевые слова: удой, индексная селекция, айрширская порода, бык-производитель, BLUP AM

Для цитирования: Тулинова О.В., Романова Е.А., Васильева О.К., и др. Индексная оценка генотипированных коров айрширской породы разных регионов РФ // Вестник КрасГАУ. 2026. № 3. С. 107-118. DOI: 10.36718/1819-4036-3-107-118.

Финансирование: исследование проведено в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме № FGGN-2024-0021.

Olga Vasilievna Tulinova¹, Elena Anatolievna Romanova²✉, Olga Konstantinovna Vasileva³,
Alexander Aleksandrovich Sermyagin⁴

^{1,2,3,4}All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Agricultural Animals – branch of the Scientific Institution FRC for Animal Husbandry – VIZh named after Academician L.K. Ernst, St. Petersburg, Tyarlevo, Russia

¹tulinova_59@mail.ru

²splicing86@gmail.com

³vaciola@mail.ru

⁴alex_sermyagin85@mail.ru

INDEX ASSESSMENT OF GENOTYPED AYRSHIRE COWS FROM DIFFERENT REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION

The objective of the study is to evaluate genotyped Ayrshire cows using the BLUP AM method, taking into account management practices, genetic and paratypic factors, and the studied economically valuable traits. The study also tested a multifactorial index for assessing breeding qualities and selecting the best animals of the desired type. Objectives: conducting an index evaluation on a representative sample of genotyped daughters of Ayrshire bulls; determining the effectiveness of index selection on the studied sample of animals; ranking the sires and compiling a rating based on the index evaluation. The object of the study is phenotypic data of 669 genotyped first-lactation Ayrshire cows lactated on 10 farms from 2017 to 2021. The high reliability of breeding value estimates using the BLUP AM method (for milk yield in 305 days $Rel = 0.60$; for fat and protein yield $Rel = 0.53$ and 0.55) increases the potential response to selection for these traits. A significance level of 84% was observed for live weight at birth, which was due in part to a high determination coefficient of 0.83. Modeling of selection using the I_{AYR} index revealed a significant and reliable advantage in milk yield over 305 days of lactation in animals with positive index variants. On farm No. 1, the difference between the $+I_{AYR}$ and $-I_{AYR}$ index groups was +1965 kg, with a milk fat yield of +55.9 kg and protein of +56.5 kg, with $p \leq 0.001$. The identified priority individuals of the desired type with positive I_{AYR} index variants can be used in subsequent selection for breeding groups to form the herd's core breeding stock, and high-ranking sires will contribute to the improvement of individual herds and the population as a whole.

Keywords: milk yield, index selection, Ayrshire breed, sire, BLUP AM

For citation: Tulinova O.V., Romanova E.A., Vasilyeva O.K., et al. Index evaluation of genotyped Ayrshire cows from different regions of the Russian Federation. *Bulletin of KSAU*. 2026;(3):107-118. DOI: 10.36718/1819-4036-3-107-118.

Funding: the study was conducted as part of the research project of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under topic № FGGN-2024-0021.

Введение. Важнейшим фактором, обеспечивающим необходимый уровень молочной продуктивности коров, в современных условиях молочного животноводства РФ является выведение животных с высоким генетическим потенциалом продуктивности. В связи с этим возникает необходимость оценки племенных качеств коров, наиболее адекватных их истинному генотипу [1].

Оценка племенной ценности коров с использованием модели BLUP AM (Best Linear Unbiased Prediction Animal Model) отличается статистической несмещенностью [2], максимально точно, добиваясь объективных и достоверных результатов исследования и эффективно совершенствуя и ускоряя процессы, позволяет использовать данные зоотехнического и племенного учета [3]. При этом разделение средовых и генетических факторов и учет влияния предков способствуют достижению высокой достоверности результатов [4, 5]. Оценка, полученная в результате сложного многомерного анализа с учетом генетических и паратипических ассоциаций между экономически ценными признаками, направлена на максимизацию скорости их улучшения [6].

Как показывает история разведения сельскохозяйственных животных, совершенствование методов оценки всегда является актуальным [7]. Отличия в моделях оценки зависят от экономических факторов, предпочтения вариантов селекционных программ и критериев при неизменных процедурах и базовой концепции построения BLUP [8, 9]. Сегодня в молочном скотоводстве РФ данная методика оценки племенной ценности закреплена на законодательном уровне, что отражено в «Методике оценки племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности» СНПплем Р11-96 с использованием оценок BLUP Sire Model. Она разработана сотрудниками ФГБНУ ВНИИплем и официально вступила в силу 06.05.2021 [10]. Накопление в молочном скотоводстве данных племенной ценности с использованием метода BLUP при увеличении объема полногеномного генотипирования животных позволит перейти к более высокому уровню ведения племенной работы – геномной селекции. Этот метод во многих странах мира уже стал неотъемлемым компонентом современных программ разведения животных, имея потенциал для повышения эффективности разведения коров как за счет получения более высокой точности прогнозирова-

ния, так и за счет сокращения интервала между поколениями [11, 12].

Наиболее оптимальным методом улучшения племенных качеств популяции является оценка и отбор животных по селекционным индексам [13, 14], основой которых является модель на основании генетической ценности, выраженной отклонением величины развития признака оцениваемого животного от среднего его фенотипического значения по популяции. На основе классической теории индексов отбора в сочетании с количественными генетическими моделями появляется возможность в обеспечении методологической основы для расчета ожидаемого генетического и фенотипического прогресса для всех компонентов полифакторной селекции [15].

Использование селекционных индексов для оценки племенной ценности коров уместно для определения генетической дискретности разных групп животных – линий, пород и уровня их консолидации по основным хозяйственно полезным признакам. В сочетании с высокой интенсивностью отбора повышение точности оценки племенной ценности поголовья способствует ускорению темпов генетического прогресса в стадах и популяциях сельскохозяйственных животных.

При использовании данного метода индекс племенной ценности отражает многие факторы, которыми могут быть хозяйственная или экономическая ценность признака, его наследуемость и корреляция с другими признаками, как проба, так и его родственников. Поэтому и селекция в этом случае ведется путем одновременной оценки и улучшения всех признаков, характеризующих племенное животное.

Цель исследования – апробация полифакторного индекса для оценки племенных качеств генотипированных коров айрширской породы с учетом хозяйства, содержания, генетических и паратипических факторов изучаемых хозяйст-

венно полезных признаков для выбора лучших животных желательного типа при создании высокопродуктивной популяции айрширской породы РФ.

Задачи: проведение индексной оценки на репрезентативной выборке генотипированных дочерей быков айрширской породы с учетом продуктивных признаков, а также показателей воспроизводства; выявление эффективности отбора с применением индексной селекции на исследуемой выборке животных; ранжирование быков-производителей и составление рейтинга на основании оценки по индексу SI_{AYR} .

Объекты и методы. Анализируемая выборка включала данные по молочной продуктивности, ростовым признакам и воспроизводительным качествам по первой лактации 669 генотипированных коров айрширской породы, являющихся дочерьми 90 быков-производителей, отелившихся в период с 2017 по 2021 г. и лактировавших в 10 хозяйствах следующих областей: Ленинградская область (№ 2, n = 57; 4, n = 73; 5, n = 94; 6, n = 168; 9, n = 79), Вологодская область (№ 10, n = 43), Республика Карелия (№ 1, n = 37; 3 n = 64), Московская область (№ 8, n = 34), Краснодарский край (№ 7, n = 20).

В массиве данных по фенотипам животных проведено исключение недостоверных данных, пропущенных значений, оценка описательных и частотных статистик проведена в программах Microsoft Office Excel и RStudio. Методом ограниченного максимального правдоподобия (Restricted Maximum Likelihood Estimation, REML) на основе множественных итераций с использованием модуля RENUMF90 оценивали варианты и ковариансы. Племенную ценность первотелок EBV (Estimation Breeding Value) рассчитывали с помощью программы семейства BLUPF90 с использованием следующей модели оценки BLUP AM:

$$Y_{ijk} = \mu + HYS_i + b_1 AFC_k + b_2 DO_k + Animal_k + e_{ijk},$$

где Y_{ijk} – результирующий показатель ($MY1_{lact}$ – удой за всю 1-ю лактацию, кг; MY – удой за 305 дней, кг; $MY100$ – удой за 100 дней, кг; $F\%$ – процентное содержание жира, %; Fkg – количество молочного жира, кг; $P\%$ – процентное содержание белка, %; Pkg – количество молочного белка, кг; $LW0$ – живая масса при рождении, кг; $LW10, 12, 18$ – живая масса в 10, 12, 18 месяцев, кг; $LW1_{INS}$ – живая масса при первом осеменении, кг; $LW1C$ – живая масса после первого

отела, кг; AFC – возраст первого отела, мес.; DO – сервис-период, дней; ICP – межотельный период, дней; FI – индекс плодовитости) k -й первотелки, дочери j -го быка, лактировавшей в i -ой градации «стадо – год – сезон»; μ – популяционная константа; HYS_i – фиксированный фактор i -й градации «стадо-год-сезон»; b_1 – коэффициент линейной регрессии результирующего фактора на возраст первого отела; AFC_k – возраст 1-го отела k -й коровы (мес.);

b_2 – коэффициент квадратичной регрессии результирующего фактора на сервис-период; DO_k – продолжительность сервис-периода k -й коровы (дней.); $Animal_k$ – рандомизированный эффект животного; e_{ijk} – рандомизированный эффект остаточных факторов.

Надежность оценки животного или точность прогноза (reliability, REL) рассчитывали по формуле

$$I_{AYR} = 8,59 \cdot EBV_{MY} + 7,19 \cdot EBV_{FAT} + 21,28 \cdot EBV_{PROT} + 0,10 \cdot EBV_{W10} + 0,10 \cdot EBV_{FI},$$

где I_{AYR} – общепопуляционный полифакторный индекс для айрширского скота РФ (SI_{AYR} – индекс отцов пробанда); EBV_{MY} (Estimation Breeding Value) – индивидуальная оценка животного по признакам: MY (Milkyield) – удой за 305 дней, кг; FAT – выход жира, кг; PROT – выход белка, кг; W10 – живая масса в 10 мес., кг; FI – индекс плодовитости.

Индекс плодовитости, разработанный венгерским ученым Й. Дохи (FI – Fertility Index), рассчитан по формуле

$$FI = 100 - (AFC + 2 \cdot ICP),$$

где AFC – возраст первого отела, мес.; ICP – межотельный период, мес.

Результаты и их обсуждение. В среднем по выборке удой коров за 305 дней первой лактации составил (7848 ± 50) кг молока при $\min = 4375$ кг и $\max = 12864$ кг, содержание жира в молоке – $(4,36 \pm 0,02)$ % при $\min = 3,01$ % и $\max = 6,55$ % и белка $(3,41 \pm 0,01)$ % при $\min = 2,70$ % и $\max = 5,46$ % (табл. 1). Средняя живая масса телок в 10 месяцев равна $(271,9 \pm 1,2)$ кг, в 12 мес. – $(318,6 \pm 1,5)$, в 18 месяцев – $(425,3 \pm 1,8)$ и при 1-м отеле – $(514,5 \pm 1,3)$ кг. Данные показатели продуктивности и живой массы значительно превышают

$$REL = 1 - \frac{PEV_i}{\sigma_a^2},$$

где PEV_i (Prediction Error Variance) – прогнозируемая ошибка дисперсии или доля аддитивной генетической вариации, не учитываемая прогнозом; σ_a^2 – аддитивная генетическая вариация.

Индексная оценка коров проведена согласно общепопуляционному селекционному индексу айрширской породы [16]:

минимальные требования стандарта по породе. Такие признаки воспроизводства, как возраст 1-го отела, сервис и межотельный периоды, в среднем по выборке составили $(24,5 \pm 0,1)$ мес., $(130 \pm 3,1)$ дней и $(13,1 \pm 0,1)$ мес. соответственно.

Следует отметить, что средние показатели молочной продуктивности, живой массы и плодовитости генотипированных животных разных хозяйств имеют значительные отличия. Наибольшего уровня удоя достигли коровы 3-го хозяйства (9076 ± 156) кг молока, а наименьшего – 5-го (6225 ± 68) кг молока. Также у коров 5-го хозяйства наблюдается более высокое содержание жира в молоке $(5,30 \pm 0,06)$ %, а наибольшей белкомолочностью отличаются животные 6-го хозяйства $(3,56 \pm 0,01)$ % при среднем удое (8281 ± 67) кг молока. Высоким индексом плодовитости FI характеризуются коровы хозяйства № 6 $(52,8 \pm 0,3)$, а низким – № 8 $(41,7 \pm 1,3)$. Исследуемое поголовье хозяйства № 6 также имеет более высокие показатели развития, их живая масса при рождении, в 10 и 12 мес. выше, чем в других стадах, на 1–15 кг, 1–66 и 3–85 кг соответственно. Различия представленных данных объясняются разным уровнем менеджмента в хозяйствах.

Таблица 1

Селекционно-генетические показатели исследуемой выборки хозяйственно полезных признаков коров айрширской породы
Selection and genetic parameters of the studied sample of Ayrshire cows

Признак	Показатель				
	Mean	SD	SEM	Min	Max
1	2	3	4	5	6
Удой: за всю 1 лактацию (MY1act), кг	8709	2138,3	82,7	4685	18761
за 305 дней (MY), кг	7848	1297,1	50,1	4375	12864
за 100 дней (MY100), кг	2922	472,2	18,3	1343	4433
Процентное содержание: жира (F%), %	4,36	0,53	0,02	3,01	6,55
белка (P%), %	3,41	0,23	0,01	2,70	5,46

1	2	3	4	5	6
Количество молочного жира (Fkg), кг	339,0	51,5	2,0	181,7	568,2
белка(Pkg), кг	267,0	44,8	1,7	141,6	418,2
Возраст первого отела (AFC), мес.	24,0	2,8	0,1	18,0	40,0
Живая масса: при рождении (LW0), кг	30,5	5,0	0,2	20,0	41,0
10 месяцев (LW10), кг	271,9	31,8	1,2	176,0	354,0
12 месяцев (LW12), кг	318,6	38,3	1,5	200,0	419,0
18 месяцев (LW18), кг	425,3	45,5	1,8	283,0	556,0
при первом осеменении (LW1ins), кг	365,1	30,3	1,2	292,0	531,0
после первого отела (LW1с), кг	514,5	34,4	1,3	423,0	630,0
Межотельный период (ICP), мес.	13,1	2,2	0,1	8,6	25,3
Сервис-период (DO), дней	130,3	79,9	3,1	2,0	582,0
Индекс плодовитости (FI)	49,8	5,5	0,2	23,7	60,2

Любая оценка племенной ценности будет наиболее эффективным прогнозом в случае ее высокой достоверности, которая зависит как от вариабельности значения самого признака, так и от влияющего на него фактора.

Высокая точность или достоверность расчетных племенных ценностей увеличивает потенциальную реакцию на селекцию по этим признакам и позволяет количественно оценить величину PEV прогнозируемой ошибки по отношению к базовой аддитивной генетической дисперсии, что особенно актуально в программах разведения молочного скота [17]. Этот показатель надежности обычно используется для определения степени изменения EBV при получении дополнительной информации по родословной. В результате проведенной оценки племенной ценности на исследуемой выборке методом BLUP AM установлена высокая достоверность оценок молочной продуктивности (табл. 2). Так,

по удою за 305 дней 1-й лактации этот показатель равен $Rel = 0,60$, выходу жира и белка $Rel = 0,53$ и $0,55$ соответственно. При этом выявлены высокие показатели наследуемости этих признаков: $h^2 = 0,45$; $0,37$ и $0,29$. По живой массе при рождении выявлен самый высокий уровень достоверности (84 %), который обусловлен высоким коэффициентом детерминации (0,83). По другим ростовым показателям – живой массе в 10 мес. и при 1-м отеле – достоверность оценки несколько ниже и составила $0,63$ и $0,52$ соответственно при достаточно высоких коэффициентах наследуемости данных признаков $0,40$ и $0,43$. Невысокой достоверностью отличались показатели воспроизводства – от $0,20$ за сервис-период до $0,27$ за межотельный период и индекс плодовитости, при этом коэффициенты наследуемости низкие – для последних составили $0,11$, что находится в пределах биологических норм для данных признаков.

Таблица.2

Достоверность и наследуемость оценок EBV хозяйственно полезных признаков исследуемой популяции айрширских коров
Reliability and heritability of EBV estimates in a study population of cows

Показатель	Признак										
	MY	F%	Fkg	P%	Pkg	LW0	LW10	LW1ins	ICP	DO	FI
EBV	-0,31	-0,01	-0,90	0,00	-0,10	0,05	-0,22	-0,58	-0,24	-0,07	0,02
Rel	0,60	0,32	0,53	0,43	0,55	0,84	0,63	0,52	0,27	0,20	0,27
h^2	0,45	0,22	0,37	0,21	0,29	0,83	0,40	0,43	0,11	0,07	0,11

Примечание: MY – удои за 305 дней, кг; F% – процентное содержание жира, %; Fkg – количество молочного жира, кг; P% – процентное содержание белка, %; Pkg – количество молочного белка, кг; LW0 – живая масса при рождении, кг; LW10 – живая масса в 10 мес., кг; LW1_{INS} – живая масса при первом осеменении, кг; DO – сервис-период, дней; ICP – межотельный период, дн.; FI – индекс плодовитости.

В ходе исследования установлены различия по отдельным оценкам хозяйственно полезных признаков первотелок различных хозяйств (рис. 1). Лидирующее положение по молочной продуктивности за 305 дней отмечено в хозяйстве № 1, где оценки EBV_{MY} составили +113,1, при положительных оценках за воспроизводительные качества $EBV_{F\%}$ +0,05 и живой массы в 10 мес. EBV_{LW10} +0,04. В хозяйстве № 5 и № 3 оказались сходные оценки по удою и составили +34,3 и +31,3, однако отличались по живой массе EBV_{LW10} (-1,14 против +1,21) и индексу плодovitости EBV_{FI} (+0,09 против -0,08), что, ве-

роятно, указывает на различные подходы в системе менеджмента сравниваемых хозяйств. Высокими оценками за воспроизводительные качества отличались животные из хозяйства № 2 – $EBV_{F\%}$ = +0,28, а по живой массе в 10 мес. – хозяйство № 6, где в среднем EBV_{LW10} +0,46. Коровы с положительными оценками за процентное содержание жира $EBV_{F\%}$ = +0,02 выявлены в хозяйстве № 7 при $EBV_{P\%}$ +0,01, а за процентное содержание белка – в хозяйстве № 9, где $EBV_{P\%}$ = +0,02, однако в этом хозяйстве оценки по удою значительно ниже, чем в других стадах – EBV_{MY} = -154,8.

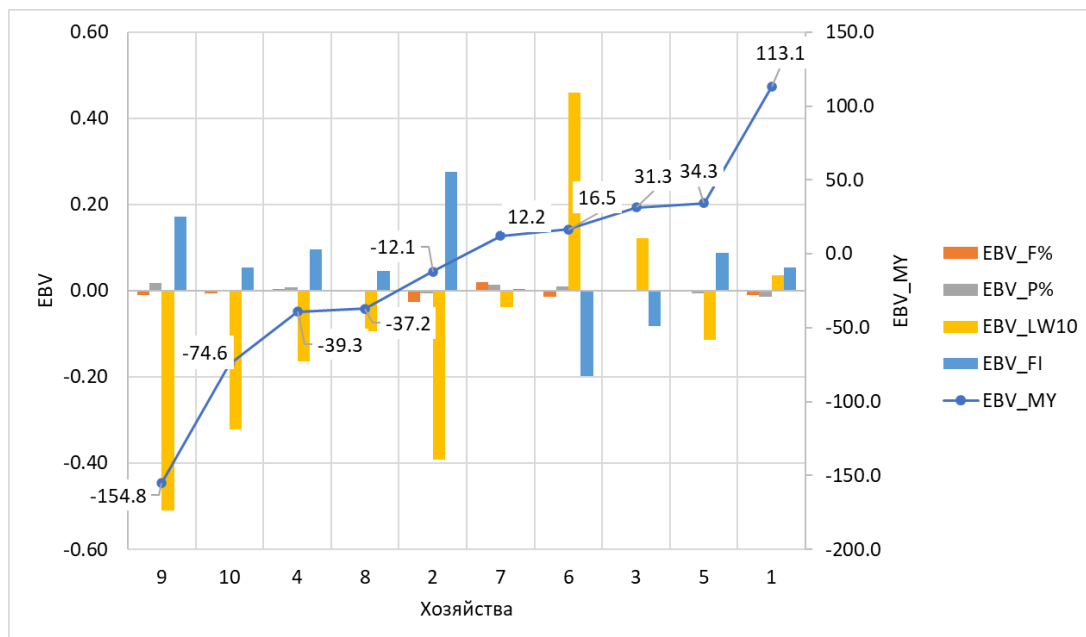


Рис. 1. Оценки EBV исследуемых признаков коров айрширской породы в различных племенных хозяйствах РФ
EBV estimates for the studied traits in Ayrshire cows

Таким образом, графики на рисунке 1 показывают тенденцию некоторой отрицательной зависимости воспроизводительных качеств первотелок от уровня их молочной продуктивности и положительной зависимости уровня удоя от показателей развития в телках в возрасте 10 мес., которые проявляются под воздействием различных факторов, где большое значение имеет уровень менеджмента в стадах.

На основании установленных в ходе исследований различий в EBV по хозяйственно полезным признакам среди айрширских коров разных племенных стад в целях эффективной селекционно-племенной работы выполнена оценка исследуемых животных с применением

селекционного индекса, интегрирующего комплекс показателей.

На рисунке 2 представлен разброс оценок по полифакторному селекционному индексу I_{AYR} для коров айрширской популяции исследуемых стад. Среднее значение индекса I_{AYR} в хозяйстве № 1 составило +1057 с высокой вариабельностью оценок от -16530 до + 14890, что позволяет вести более эффективный отбор в селекционные группы. Наименьшей изменчивостью оценок отличились хозяйства № 5 и № 8, стандартные отклонения в которых составили 2654 и 2157. Самые низкие средние оценки индекса I_{AYR} зарегистрированы в хозяйстве № 9, которые составили -1472 при min -9678 и max +13471.

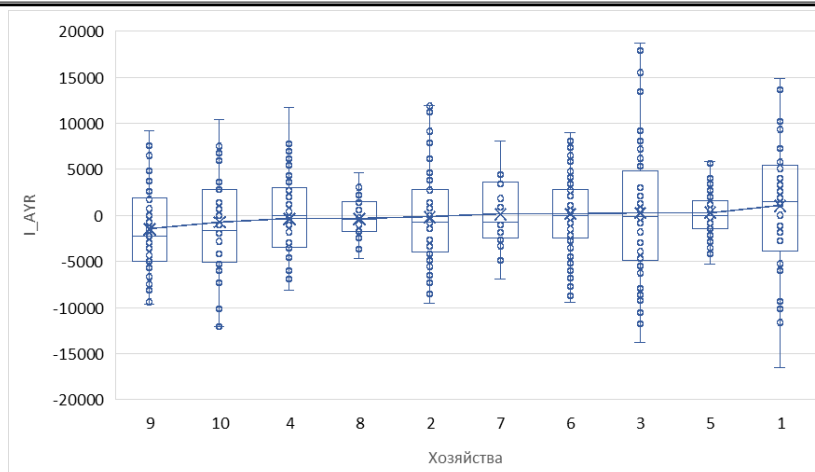


Рис. 2. Диаграмма размаха оценок индекса I_{AYR} айрширских коров в разрезе исследуемых хозяйств
Box-plot of I_{AYR} index estimates for the studied farms

На следующем этапе исследования проведено моделирование отбора с использованием индекса I_{AYR} , в т. ч. внутри хозяйств (табл. 3). Значительное и достоверное преимущество по удою за 305 дней 1-й лактации (на +1181 кг) отмечено у животных с плюс вариантами индекса ($+I_{AYR}$), процент которых от общего поголовья составил 46 %, по сравнению с оставшимися 54 % минус вариантами ($-I_{AYR}$). Подобное же превышение выявлено по выходу жира и белка на +45,0 кг и +30,8 кг ($p \leq 0,001$), по живой массе в 10 месяцев +15,2 кг ($p \leq 0,001$) при некотором отставании по показателю фертильности $-1,1$ ($p \leq 0,01$). В хозяйстве № 1 разница между группами с плюс $+I_{AYR}$ и минус $-I_{AYR}$ вариантами индекса составила +1916 кг, с выходом молочного жира +55,9 кг и белка +56,5 кг при $p \leq 0,001$. Вместе с успешным отбором по молочной продуктивности в данном хозяйстве достоверная

разница между группами отмечена по индексу плодовитости $FI_{td} = 1,2$ при $p \leq 0,01$. Наиболее эффективный отбор по выходу молочного жира и белка зарегистрирован в хозяйстве № 3 по сравнению с другими, где у животных с плюс вариантами разница была выше на +69,1 и +51,7 кг соответственно. Кроме этого, следует отметить, что в данном хозяйстве в группах с плюс и минус вариантами средние значения признаков молочной продуктивности выше на 325–3442 кг молока по удою за 305 дней лактации, на 39,3–121,8 кг по выходу молочного жира и на 2,9–92,8 кг по выходу молочного белка. Наиболее эффективный отбор по живой массе в 10 месяцев зарегистрирован в хозяйствах № 10, № 6, № 2 и № 5, где LW10 у животных с плюс вариантами была выше на +24,0 кг, +22,4, 19,8 и +19,4 кг соответственно.

Таблица 3

**Эффективность отбора коров айрширской породы с применением индекса I_{AYR} в исследуемых хозяйствах
Selection efficiency using the I_{AYR} index in the studied farms**

Вариант	Поголовье, %	Признак					
		I_{AYR}	MY	Fkg	Pkg	LW10	FI
1	2	3	4	5	6	7	8
В среднем (n = 669)							
$-I_{AYR}$	54	-3420	7307	318,4	252,9	264,9	50,3
$+I_{AYR}$	46	3815	8488	363,4	283,7	280,1	49,2
td	–	7234***	1181***	45,0***	30,8***	15,2***	-1,1**
Хозяйство № 1							
В среднем	100,0	1057	8139	351,5	257,0	266,1	49,6
$-I_{AYR}$	38	-5904	6948	316,8	221,9	258,0	49,1
$+I_{AYR}$	62	5295	8864	372,7	278,4	271,0	50,3
td	–	11199***	1916***	55,9***	56,5***	13,0	1,2**

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Хозяйство № 2							
В среднем	100,0	-147	7355	327,3	248,6	268,5	52,4
-I _{AYR}	61	-3388	6764	301,7	232,0	260,8	51,6
+I _{AYR}	39	5010	8295	367,9	275,0	280,6	52,9
td	-	8398***	1531***	66,1***	43,1***	19,8***	1,4
Хозяйство № 3							
В среднем	100,0	304	9076	399,8	288,4	267,2	46,2
-I _{AYR}	53	-4906	8242	367,5	264,1	262,4	45,8
+I _{AYR}	47	6209	10021	436,5	315,8	272,5	46,6
td	-	11116***	1780***	69,1***	51,7***	10,1	0,8
Хозяйство № 4							
В среднем	100,0	-366	7854	309,9	256,7	271,8	49,4
-I _{AYR}	51	-4236	7155	283,8	239,4	266,4	49,3
+I _{AYR}	49	3611	8573	336,6	274,5	277,3	49,4
td	-	7847***	1418***	52,8***	35,1***	10,8	0,1
Хозяйство № 5							
В среднем	100,0	316	6225	328,1	212,9	229,7	48,5
-I _{AYR}	49	-1749	5855	317,7	202,3	219,8	48,3
+I _{AYR}	51	2294	6579	338,2	223,0	239,2	48,7
td	-	4043***	723***	20,5**	20,6***	19,4***	0,4
Хозяйство № 6							
В среднем	100,0	174	8281	344,7	295,4	295,4	52,8
-I _{AYR}	53	-2592	7917	330,6	286,9	284,8	52,4
+I _{AYR}	47	3291	8691	360,6	304,9	307,2	53,1
td	-	5883***	775***	30,0***	18,0***	22,4***	0,6
Хозяйство № 7							
В среднем	100,0	143	7935	324,7	270,1	294,5	48,5
-I _{AYR}	60	-2398	7349	300,9	249,9	290,8	46,6
+I _{AYR}	40	3956	8814	360,5	300,5	300,0	49,8
td	-	6354***	1464***	59,6***	50,6***	9,3	3,2
Хозяйство № 8							
В среднем	100,0	-353	6771	297,3	238,7	236,3	41,7
-I _{AYR}	62	-1718	6497	286,4	230,8	232,2	39,0
+I _{AYR}	38	1851	7213	314,7	251,5	242,8	43,3
td	-	3569***	716**	28,3*	20,8*	10,7	4,3
Хозяйство № 9							
В среднем	100,0	-1472	8386	349,1	287,4	278,9	50,7
-I _{AYR}	63	-4429	7803	328,2	272,6	275,1	49,5
+I _{AYR}	37	3627	9392	385,1	312,9	285,4	51,4
td	-	8055***	1590***	56,9***	40,3***	10,4*	1,9
Хозяйство № 10							
В среднем	100,0	-719	8087	325,0	276,6	293,7	49,0
-I _{AYR}	60	-4546	7431	302,9	258,7	284,2	47,9
+I _{AYR}	40	5135	9090	359,0	304,1	308,2	49,7
td	-	9681***	1659***	56,1***	45,4***	24,0***	1,8

* - $p \leq 0,05$; ** - $p \leq 0,01$; *** - $p \leq 0,001$.

Таким образом, можно констатировать, что, оценив маточное поголовье племенных стад айрширской породы с использованием селекционного индекса I_{AYR} , можно проводить эффективный отбор с учетом хозяйственно полезных признаков, включенных в селекционный индекс. Подобные исследования необходимо проводить и на бычьем поголовье отечественной айрширской популяции молочного скота. Инструментом отбора быков-производителей для совершенствования отдельных стад и популяций в целом может служить индексная оценка быков-производителей и изучение ее динамики во временном интервале.

По данным ряда исследователей, улучшение разводимого молочного скота и его продуктивных качеств гарантирует использование быков-производителей с высоким генетическим потенциалом. Подтверждено, что генотип пробанда, наряду с интенсивностью селекции, применяемых методов разведения, формируется в зависимости от качества производителей. Это в значительной степени обуславливает результативность передачи наследственных особенностей получаемому потомству. Повышение спроса на спермопродукцию выдающихся быков с более высокой продуктивностью предков как по матери, так и по отцу определяет актуальность переоценки быков-производителей [18, 19].

В наших исследованиях на основании проведенной оценки с использованием индекса SI_{AYR} составлен рейтинг быков-производителей, являющихся отцами генотипированных коров (рис. 3).

В верхней строчке рейтинга оказался бык из ОАО ПП «Карельское» с оценкой по индексу $I_{AYR}+14890$ и оценкой $EBV_{MY} +788$. Следом за ним бык из АО «Невское» по племенной работе, рожденный в ведущем племенном заводе Ленинградской области, с оценками за $I_{AYR}+11947$ и оценкой $EBV_{MY} +1173$. В процентном соотношении количество быков-улучшателей с положительными оценками за индекс SI_{AYR} составил 43 %. Большинство из них относятся к линиям Риихивиидан Урхо Еррант 13093 (8 голов, или 20,5 %), О.Р. Лихтинг 120135 (8 голов, или 20,5 %) и Дик 768 (7 голов, или 18,0 %). Среди улучшателей по данному индексу только 43,6 % быков рождены после 2010 г. Кроме этого, следует отметить, что у некоторых быков с высокой положительной оценкой по индексу наблюдается отрицательная оценка по удою за 305 дней. Так, например, у быков № 4 и № 17 индекс равен $+8239$ и $+2825$, а $EBV_{MY} - 222$ и -125 . Однако у данных быков наблюдается положительное значение по индексу плодовитости ($+0,6$ и $+0,7$). У производителя № 27 высокая положительная оценка за индекс $SI_{AYR} (+1273)$ обеспечивалась за счет показателей развития и качественного состава молока.

Нижние строчки рейтинга в основном занимали быки старой селекции – № 89 2002 г.р. ($SI_{AYR}-13764$, $EBV_{MY}-1017$), № 88 – 2005 г.р. ($SI_{AYR}-11603$, $EBV_{MY}-617$), № 86 – 2008 г.р. ($SI_{AYR}-9330$, $EBV_{MY}-493$), № 82 – 1999 г.р. ($SI_{AYR}-5418$, $EBV_{MY}-238$) и др. Данный факт свидетельствует о генетическом прогрессе в отечественной популяции айрширского скота.

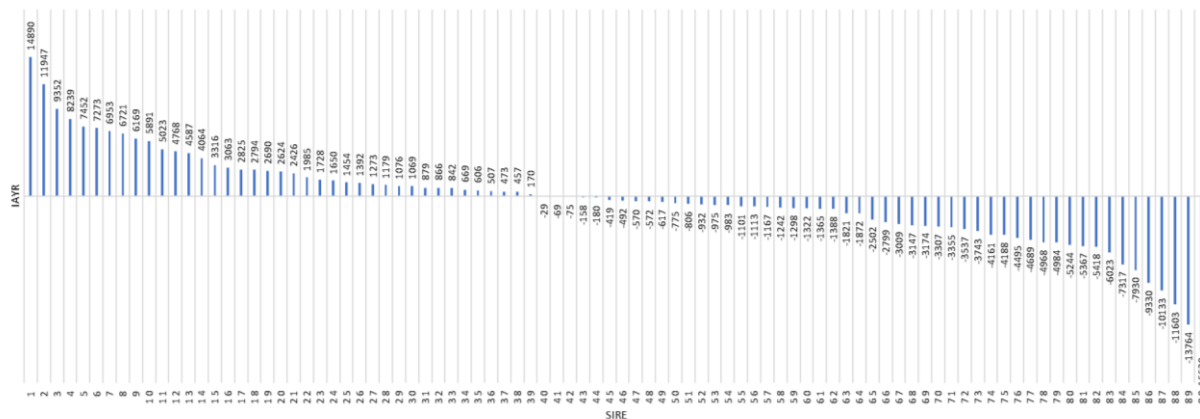


Рис. 3. Рейтинг отцов-производителей внутри исследуемой выборки коров
 Ranking of sires within the studied sample of cows

Заключение. Высокая достоверность оценок племенной ценности EBV, рассчитанных методом BLUP AM по ряду продуктивных признаков, оказывает желательную потенциальную реакцию на селекцию, что особенно актуально в программах разведения молочного скота.

Моделирование отбора по полифакторному селекционному индексу I_{AYR} показало значительное и достоверное преимущество по удою за 305 дней 1-й лактации (на +1181 кг), что отмечено у животных с плюс вариантами индекса ($+I_{AYR}$), процент которых от общего поголовья составил 46 %, по сравнению с оставшимися 54 % минус вариантами ($-I_{AYR}$), а также статистически обоснованное превышение значений по выходу молочного жира (+45,0 кг) и белка (+30,8 кг), по живой массе в десятимесячном возрасте (+15,2 кг) при уровне значимости $p \leq 0,001$, что позволяет вести более эффективный отбор в селекционные группы за счет выявления приоритетных особей желательного

типа с плюс вариантами по индексу I_{AYR} , которые могут быть использованы в дальнейшем разведении при формировании племенного ядра стада.

Составленный рейтинг быков-производителей на основании проведенной оценки с использованием индекса SI_{AYR} позволит отбирать лучших по племенным и продуктивным качествам при планировании заказных спариваний для осеменения спермой особо ценных производителей. Так, использование высокорейтинговых быков (№ 1 с оценками по индексу $I_{AYR}+14890$ и оценкой $EBV_{MY}+788$, а также быка № 2 – $I_{AYR}+11947$ и $EBV_{MY}+1173$ и других положительно оцененных производителей) приведет к увеличению средней продуктивности дочерей, качественных показателей молока, повысит воспроизводительные качества и показатели развития, что прямо повлияет на рентабельность хозяйства.

Список источников

1. Калашников А.Е., Голубков А.И., Труфанов В.Г., и др. Геномная селекция как основа племенной работы (обзор) // Вестник КрасГАУ. 2021. № 7. С. 163–170.
2. Misztal I, Lourenco D, Legarra A. Current status of genomic evaluation // J Anim Sci. 2020. Vol. 98. № 4. P. 101.
3. Петрова А.В., Романова Е.А., Васильева Е.Н. Применение метода BLUPAnimalModel в оценке племенной ценности маточного поголовья айрширского скота // Генетика и разведение животных. 2023. № 3. С. 25–30. DOI: 10.31043/2410-2733-2023-3-25-30. EDN: GNRZQV.
4. Mäntysaari E.A., Koivula M, Strandén I. Symposium review: Single-step genomic evaluations in dairy cattle // J Dairy Sci. 2020. Vol. 103, № 6. P. 5314–5326.
5. Strandén I., Jenko J. A computationally feasible multi-trait single-step genomic prediction model with trait-specific marker weights // Genet Sel Evol. 2024. Vol. 56, № 1. P. 58.
6. Strandén I., Aamand G.P., Mäntysaari E.A. Single-step genomic BLUP with genetic groups and automatic adjustment for allele coding // Genet Sel Evol. 2022. Vol. 54, № 1. P. 38.
7. Березовик Р.В., Храмченко Н.М., Макаро Е.Р., и др. Преимущества оценки племенной ценности признаков молочной продуктивности крупного рогатого скота методом BLUP // Зоотехническая наука Беларуси. 2022. Т. 57, № 1. С. 4–14.
8. Карымсаков Т.Н., Насамбаев Е.Г. Эффективность оценки племенной ценности быков-производителей по качеству потомства методом BLUP // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. Т. 89, № 3. С. 278–280.
9. Игнатъева Л.П., Сермягин А.А. Использование метода BLUP ANIMAL MODEL для оценки племенной ценности коров симментальской породы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. Т. 56, № 4. С. 188–194.
10. Петрова, А.В., Васильева Е.Н. Возможность создания референтной популяции крупного рогатого скота айрширской породы // Генетика и разведение животных. 2022. № 3. С. 111–118.
11. Кислякова Е.М., Исупова Ю.В., Якимова В.Ю., и др. Использование результатов геномной оценки в селекции крупного рогатого скота // Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 5. С. 35–39.

12. Исупова Ю.В., Ачкасова Е.В. Перспективы использования оценки геномной племенной ценности в селекции молочного скота в условиях Удмуртской Республики // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. Т. 90, № 4. С. 307–311.
13. Zhang X., Amer P. A new selection index percent emphasis method using subindex weights and genetic evaluation accuracy // *J Dairy Sci.* 2021. Vol. 104, N 5. P. 5827–5842.
14. König S., Swalve H.H. Application of selection index calculations to determine selection strategies in genomic breeding programs // *J Dairy Sci.* 2009. Vol. 92, N 10. P. 5292–303.
15. Simianer H., Heise J., Rensing S., et al. How economic weights translate into genetic and phenotypic progress, and vice versa // *Genet Sel Evol.* 2023. Vol. 55, N 1. P. 38.
16. Романова Е.А., Тулинова О.В. Построение региональных селекционных индексов для коров айрширской популяции РФ // Генетика и разведение животных. 2023. № 2. С. 28–35.
17. Togashi K., Adachi K., Yasumori T., et al. Effects of selection index coefficients that ignore reliability on economic weights and selection responses during practical selection Asian-Australas // *J Anim Sci.* 2018. Vol. 31, № 1. P. 19–25.
18. Цыганок В.О., Цыганок Е.О., Бахарев А.А. Использование геномной оценки в совершенствовании продуктивных качеств коров голштинской породы // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 2. С. 218–231.
19. Рогозинникова Ю.В., Фатеева А.А. Оценка быков-производителей в России и в мире // АПК: инновационные технологии. 2023. Т. 63, № 4. С. 68–77.

References

1. Kalashnikov AE, Golubkov AI, Trufanov VG, et al. Genomic selection as a basis of breeding (REVIEW). *Bulletin of KSAU.* 2021;7:163-170. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2021-7-163-170.
2. Misztal I, Lourenco D, Legarra A. Current status of genomic evaluation. *J Anim Sci.* 2020;98(4):101. DOI: 10.1093/jas/skaa101.
3. Petrova A, Romanova E, Vasileva E. Application of the BLUP animal model method in assessing the breeding value of the breeding stock of ayrshire cattle. *Genetics and animal breeding.* 2023;3:25-30. (In Russ.). DOI: 10.31043/2410-2733-2023-3-25-30.
4. Mäntysaari EA, Koivula M, Strandén I. Symposium review: Single-step genomic evaluations in dairy cattle. *J Dairy Sci.* 2020;103(6):5314-5326. DOI: 10.3168/jds.2019-17754.
5. Strandén I, Jenko J. A computationally feasible multi-trait single-step genomic prediction model with trait-specific marker weights. *Genet Sel Evol.* 2024;56(1):58. DOI: 10.1186/s12711-024-00926-2.
6. Strandén I, Aamand GP, Mäntysaari EA. Single-step genomic BLUP with genetic groups and automatic adjustment for allele coding. *Genet Sel Evol.* 2022; 54(1):38. DOI: 10.1186/s12711-022-00721-x.
7. Biarozavik RV, Khranchanka NM, Makara ER, et al. Advantages of estimating breeding value of milk productivity traits of cattle by the BLUP METHOD. *Zootechnical Science of Belarus.* 2022;57(1):4-14. (In Russ.). DOI: 10.47612/0134-9732-2022-57-1-4-14.
8. Karymsakov TN, Nasambayev EG. The effectiveness of assessing the breeding value of bulls by the quality of offspring by the BLUP method. *Bulliten of the Orenburg State Agrarian University.* 2021;3(89):278-280. (In Russ.). DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-278-280.
9. Ignatieva LP, Sermyagin AA. Usage of the BLUP animal model for estimation of the breeding value of simmental cows. *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy.* 2021;4(56):188-194. (In Russ.). DOI: 10.18286/1816-4501-2021-4-188-194.
10. Petrova AV, Vasileva EN. Possibility of creating a reference population of ayrshire cattle. *Genetics and animal breeding.* 2022;3:111-118. (In Russ.). DOI: 10.31043/2410-2733-2022-3-111-118.
11. Kislyakova EM, Isupova YuV, Yakimova VYu, et al. The use of genomic evaluation results in cattle breeding. *Dairy and beef cattle breeding.* 2023;5:5-39. (In Russ.). DOI: 10.33943/MMS.2023.45.81.007.
12. Isupova YuV, Chkasova EV. Prospects for using the assessment of the genomic breeding value in the selection of dairy cattle in the conditions of the Udmurt Republic. *Bulletin of the Orenburg SAU.* 2021;4:307-311. (In Russ.). EDN: YYBQKA.

13. Zhang X, Amer P. A new selection index percent emphasis method using subindex weights and genetic evaluation accuracy. *J Dairy Sci.* 2021;104(5):5827-5842. DOI: 10.3168/jds.2020-19547.
14. König S, Swalve HH. Application of selection index calculations to determine selection strategies in genomic breeding programs. *J DairySci.* 2009;92(10):5292-303. DOI: 10.3168/jds.2009-2232.
15. Simianer H, Heise J, Rensing S, et al. How economic weights translate into genetic and phenotypic progress, and vice versa. *Genet Sel Evol.* 2023;55(1):38. DOI: 10.1186/s12711-023-00807-0.
16. Romanova E, Tulinova O. Construction of regional breeding indices for cows of the Ayrshire population of the Russian Federation. *Genetics and breeding of animals.* 2023;2:28-35. (In Russ.). DOI: 10.31043/2410-2733-2023-2-28-35.
17. Togashi K, Adachi K, Yasumori T, et al. Effects of selection index coefficients that ignore reliability on economic weights and selection responses during practical selection. *Asian-Australas J Anim Sci.* 2018;31(1):19-25. DOI: 10.5713/ajas.16.0991.
18. Tsyganok VO, Tsyganok EO, Bakharev AA. The use of genomic assessment in improving the productive qualities of holstein cows. *Agrarian Bulletin of the Urals.* 2024;24(2):218-231. (In Russ.). DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-02-218-231.
19. Rogozinnikova YuV, Fateeva AA. Bulls-sires evaluation in Russia and in the world. *AIC: innovative technologies.* 2023;4(63):68-77. (In Russ.). DOI: 10.35524/2687-0436_2023_04_68.

Статья принята к публикации 26.12.2025 / The article accepted for publication 26.12.2025.

Информация об авторах:

Ольга Васильевна Тулинова, ведущий научный сотрудник лаборатории популяционной генетики и разведения животных, кандидат сельскохозяйственных наук

Елена Анатольевна Романова, научный сотрудник лаборатории популяционной генетики и разведения животных

Ольга Константиновна Васильева, научный сотрудник лаборатории популяционной генетики и разведения животных, кандидат сельскохозяйственных наук

Александр Александрович Сермягин, директор, кандидат сельскохозяйственных наук

Information about the authors:

Olga Vasilievna Tulinova, Leading Researcher, Laboratory of Population Genetics and Animal Breeding, Candidate of Agricultural Sciences

Elena Anatolyevna Romanova, Researcher, Laboratory of Population Genetics and Animal Breeding

Olga Konstantinovna Vasileva, Researcher, Laboratory of Population Genetics and Animal Breeding, Candidate of Agricultural Sciences

Alexander Alexandrovich Sermyagin, Director, Candidate of Agricultural Sciences

