

Моделирование селекционного прогресса по молочной продуктивности в популяции симментальского скота России, основанного на оценке племенной ценности EBV

Л. П. ИГНАТЬЕВА, Е. Н. НАРЫШКИНА

Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, пос. Дубровицы, 60, Подольский р-н, Московская обл., 142132, Российская Федерация

Резюме. Исследования проводили с целью оценки племенной ценности быков-производителей (в модификации Sire Model) и коров (в модификации Animal Model) симментальской породы России в соответствии с методологией наилучшего линейного несмещенного прогноза (BLUP) за 2005–2020 гг. Общее поголовье дочерей при оценке быков-производителей составляло 61998 голов, коров – 44140 голов. По результатам оценки племенной ценности (EBV – Estimated Breeding Value) категорию абсолютные улучшатели «+++» и улучшатели «++» по удою имели 18,9 % быков-производителей, нейтральные – 62,2 %. Отбор быков-улучшателей племенной категории «+++» и «++» по удою дочерей может повысить темпы генетического прогресса на 351...782 кг молока, не снижая при этом выход молочного жира и белка. В группу отцов быков-производителей целесообразно отбирать особей со значениями оценки EBV по удою более +856 кг молока, +34 кг молочного жира и +28 кг молочного белка, после уточнения оценок по качеству потомства. Наиболее эффективной для повышения удоя следует признать стратегию по отбору коров для будущих генераций по племенной категории удой «+++» и «++» (+388...+774 кг молока, +15,9...+31,6 кг жира и +12,5...+24,9 кг белка), для улучшения компонентного состава молока – по категории массовая доля белка «+» (соответственно +116,9 кг, +5,93 кг и +4,97 кг). В группу матерей быков целесообразно отбирать коров с оценками EBV по первой лактации более +783 кг молока, по выходу жира +33 кг, белка +25 кг. Животных, получивших племенные категории EBV «-» и «--», необходимо исключать из процесса воспроизводства племенных ресурсов.

Ключевые слова: симментальская порода, оценка племенной ценности, EBV, молочная продуктивность, быки-производители, коровы, моделирование отбора

Сведения об авторах: Л. П. Игнатиева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: ignatieva-lp@mail.ru); Е. Н. Нарышкина, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. отделом.

Для цитирования: Игнатиева Л. П., Нарышкина Е. Н. Моделирование селекционного прогресса по молочной продуктивности в популяции симментальского скота России, основанного на оценке племенной ценности EBV // Достижения науки и техники АПК. 2024. Т. 38. № 8. С. 33–40. doi:10.53859/02352451_2024_38_8_33

Modeling of selection progress for milk productivity in the population of Simmental cattle in Russia based on estimated breeding value EBV

L. P. Ignatieva, E. N. Naryshkina

Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, pos. Dubrovitsy, 60, Podol'skii r-n, Moskovskaya obl., 142132, Russian Federation

Abstract. The research was carried out to estimated breeding value of sire bulls (in modification Sire Model) and cows (in modification Animal Model) of the Simmental breed of Russia in accordance with the best linear unbiased forecast (BLUP) methodology in the period 2005–2020. The total herd was 61,998 of daughters when estimated sire bulls and 44,140 heads when estimated cows. The distribution of the Estimated Breeding Value (EBV) showed that 18.9% of bulls had the breeding category Absolute improvers «+++» and Improvers «++» for milk yield, the category of «neutral» bulls was 62.2%. Selection of improver bulls of the breeding category MILK YIELD «+++» and «++» for daughters' milk yield can increase the rate of genetic progress from +351 to +782 kg of milk without reducing the yield of milk fat and protein. We recommend selecting bulls with EBV values for milk yield of more than +856 kg of milk, +34 kg of milk fat and +28 kg of milk protein for the sire group, after refining the estimates for the quality of the offspring. The most appropriate strategy should be recognized as the selection of cows for future generations by the breeding category MILK YIELD «+++» and «++» (+388 ... +774 kg of milk, +15.9 ... +31.6 kg of fat and +12.5 ... +24.9 kg of protein), to increase the component composition of milk by the category PROTEIN YIELD «+» (+116.9 kg, +5.93 kg and +4.97 kg). We recommend selecting cows with EBV estimates for the first lactation of more than +783 kg of milk, fat yield of +33 kg and protein yield of +25 kg for the group of bull mothers. Animals that have received EBV breeding categories of «-» and «--» should be excluded from the process of reproduction of breeding resources of Russia.

Keywords: simmental breed, estimate breeding value, EBV, milk productivity, sires, cows, selection modeling.

Author Details: L. P. Ignatieva, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow, (e-mail: ignatieva-lp@mail.ru); E. N. Naryshkina, Cand. Sc. (Agr.), head of division.

For citation Ignatieva LP, Naryshkina EN. [Modeling of selection progress for milk productivity in the population of Simmental cattle in Russia based on estimated breeding value EBV]. Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2024;38(8):33–40. Russian. doi: 10.53859/02352451_2024_38_8_33

Крупный рогатый скот – один из наиболее экономически значимых видов домашних животных в сельском хозяйстве. Одомашнивание сопровождалось сложным взаимодействием естественного и искусственного отбора, формирующего адаптивные черты и специализацию породы. Под влиянием разнообразных экосистем и климата естественный отбор способствовал приобретению животными уникальных адаптивных характеристик. Одновременно искусственный отбор совершенствовал эти качества для повышения продуктивности и специфических функций. Воздействие таких двойственных процессов привело к созданию разнообразных пород крупного рогатого

скота, демонстрирующих различные адаптационные, производственные возможности и другие фенотипические черты. Однако для устойчивого производства молока необходимо понимание генетического потенциала животного для дальнейшего улучшения молочного скота [1].

Генетическое улучшение молочного скота зависит от целей селекции и точности определения генетически ценных животных, которых будут использовать при дальнейшем разведении. Поэтому Национальные программы селекции молочного скота основаны на учете экономически важных производственных показателей. Такие данные в сочетании с родословной и генетиче-

ской информацией используют для идентификации животных [2, 3].

Долгое время генетические возможности каждого потенциального племенного животного нельзя было определить без оценки влияния окружающей среды. Повышение точности оценки племенной ценности животных произошло после появления методологии, предусматривающей использование уравнения смешанной модели, которая учитывала как воздействие окружающей среды, так и информацию о родословной. Постепенно модель оценки животных была усовершенствована путем включения в анализ большего количества признаков и генетических корреляций между ними [4, 5].

Первая оценка племенной ценности с использованием методологии наилучшего линейного несмещенного прогноза (BLUP) в молочном скотоводстве была проведена в 1987 г. для быков-производителей – модель быка (Sire Model). Модели для оценки коров (Animal Model, AM), которые можно адаптировать с записями о молочной продуктивности появились только в 1992 г. [6].

Генетический отбор высокоценных животных позволяет повысить прибыльность отрасли молочного скотоводства. Однако увеличение молочной продуктивности с использованием традиционных подходов к разведению – непростая задача, поскольку для этого требуется длительное время и смена не одного поколения животных. В последние годы для генетической оценки животных разных пород широко применяют метод наилучшего линейного несмещенного прогноза [7, 8].

Прогнозируемая племенная ценность влияет на выбор животных для дальнейшего разведения. Отбор молодых быков для воспроизводства стада – важный аспект организации племенного дела. Высокая стабильность и точность прогнозируемой племенной ценности на основе метода BLUP – необходимое условие для целенаправленного долгосрочного отбора и доверия ко всей системе генетической оценки [9, 10]. Теория смешанных линейных моделей, разработанная Ч. Р. Хендерсоном, открыла возможности для наилучшего разделения продуктивности на генетические и негенетические составляющие. Она получила своё развитие в BLUP Animal Model (BLUP AM), которая одновременно учитывает хозяйственно-полезные признаки самого животного, его родителей и боковых родственников, а также популяционные характеристики стада. Российскими учеными доказано, что использование метода BLUP на основе родословной и фенотипических данных повышает точность генетического прогнозирования молочной продуктивности крупного рогатого скота [11, 12, 13].

Симментальская порода на протяжении последних лет прочно занимает третье место по численности поголовья в РФ. Она широко распространена по всей территории страны. В связи с тем, что это порода комбинированной продуктивности, ее селекция требует большой осторожности из-за необходимости сохранить специфические черты, а также гарантировать положительный генетический прогресс для производства не только молока, но и говядины с целью поддержания экономической конкурентоспособности. Для решения таких задач нужен специальный план разведения [14].

В течение многих лет усилия ученых были направлены на создание эффективной и надежной процедуры оценки быков. Поэтому исследования, направленные

на создание оптимальной модели прогнозирования, которая позволит повысить точность оценки племенной ценности быков, остаются актуальным, так как быки оказывают значительное влияние (не менее чем на 85...90 %) на эффективность племенной работы стадом. Это дает основания для разработки соответствующих подходов и стратегии моделирования отбора по признакам молочной продуктивности в популяции симментальской породы России, которые позволят использовать оценки племенной ценности для прогнозирования передающей способности животных.

Цель исследования – провести оценку племенной ценности быков-производителей и коров, с последующим моделированием селекционного прогресса по молочной продуктивности в популяции симментальского скота России.

Для ее достижения решали следующие задачи:

разработать уравнение модели смешанного типа и провести оценку племенной ценности быков-производителей и коров симментальской породы;

провести моделирование селекционного прогресса молочной продуктивности в зависимости от категории генетической оценки и интенсивности использования быков-производителей и коров в популяции симментальской породы;

дать рекомендации по отбору быков-производителей в группу потенциальных отцов быков и коров в группу потенциальных матерей быков.

Условия, материалы и методы. Для сбора первичных показателей племенного и производственного учета были сформированы рабочие базы данных на основе выгрузок из программы СЕЛЭКС. Молочный скот (ПЛИНОР), которые объединяли в электронные таблицы MS Excel с идентификацией поголовья как на основе индивидуального номера, так и по родословной. Общее поголовье коров симментальской породы для оценки племенной ценности быков-производителей составило 61998 голов, коров – 44140 голов, имеющих данные по трем законченным лактациям из 42 племенных хозяйств 14 регионов Российской Федерации, разводимых в 2005–2020 гг. Оценивали следующие показатели молочной продуктивности: удой за первую, вторую и третью лактации, массовую долю жира и белка в молоке, количество молочного жира и белка в молоке.

Для анализа родословных быков-производителей отечественного и зарубежного происхождения, а также пополнения электронных баз данных использовали официально доступную информацию из мировой сети Интернет: www.быки.рф (Россия), www.zar.at (Австрия, Германия) и www.holstein.ca (США, Канада).

Расчет племенной ценности, а также оценку вариационных компонентов аддитивной и средовой изменчивости проводили в соответствии с методологией BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) в модификации Sire Model и Animal Model (включая коров) с использованием уравнения прогноза (EBV – Estimated Breeding Value) по признакам молочной продуктивности:

оценка племенной ценности быков-производителей

$$y = \mu + HYS + b_1 A_k + S_j + e_{ijk} \quad (1)$$

где y – вектор показателей продуктивности дочерей; μ – популяционная константа; HYS – эффект паратипических факторов «стадо-год-сезон» (фиксированный); A_k – возраст отела (в месяцах); b_1 – коэффициент регрессии показателя продуктивности на возраст дочерей; S_j – рандомизированный эффект «отец-производитель» ($O, I\sigma_s^2$); e_{ijk} – рандомизированный остаточный эффект модели ($O, I\sigma_e^2$);

оценка племенной ценности коров по удою

$$y_{ijk} = \mu + HYS_i + \sum b_1 A_k + \sum b_2 DO_k + Animal + e_{ijk} \quad (2)$$

где y_{ijk} – оцениваемый показатель k-ой первотелки; μ – популяционная константа; HYS_i – фиксированный эффект i-го «стада-года-сезона» отела; $b_{1,2}$ – коэффициенты линейной регрессии; A_k – возраст первого отела k-ой первотелки; DO_k – продолжительность сервис-периода k-ой первотелки; $Animal$ – рандомизированный эффект животного; e_{ijk} – эффект неучтенных факторов ($0, \sigma_e^2$);

точность (достоверность) оценки племенной ценности (EBV)

$$R = 100 \times \left(1 - \frac{S_e^2}{VarA} \right) \quad (3)$$

где R – точность оценки племенной ценности EBV; S_e^2 – ошибка оценки племенной ценности (EBV); $VarA$ – генетическая вариация признака.

Расчеты проводили с использованием программ семейства BLUPF90 [15], предназначенных для научных исследований, собственные скрипты, реализованные в оболочке универсальных языков визуализации и программирования R. Семейство программ BLUPF90 (<http://nce.ads.uga.edu/software/>) представляет собой пакет статистического программного обеспечения, который используют в количественной генетике для селекции животных. Расчет в программе осуществляется с использованием уравнений смешанной модели, на основе метода ограниченного максимального правдоподобия (REML), а также выборки Гиббса для оценки компонентов дисперсии и прогнозирования племенной ценности с применением наилучшего линейного несмещенного прогнозирования (BLUP). BLUPF90 закодирован на языке программирования Фортран, может выполнять геномную оценку сотен и тысяч генотипированных животных. Скомпилированные версии BLUPF90 находятся в свободном доступе и могут использоваться в Linux, Microsoft Windows и Mac OS X.

Категории племенной ценности распределяли согласно доле соответствующего стандартного отклонения оценок племенной ценности (Кузнецов В. М. Методы племенной оценки животных с введением в теорию BLUP. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока. 2003. 358 с.) в выборке:

«++» (более $+2\sigma$ EBV) – абсолютные улучшатели племенных качеств; «+» (от $+0,75\sigma$ до $+2\sigma$ EBV) – улучшатели; «0» (от $+0,75\sigma$ до $-0,75\sigma$ EBV) – нейтральные; «-» (от $-0,75\sigma$ до -2σ EBV) – ухудшатели; «--» (меньше -2σ EBV) – абсолютные ухудшатели.

Таблица 2. Моделирование отбора по молочной продуктивности при разной интенсивности использования быков-производителей ($n=1668$ гол.)

Показатель	n	Молочная продуктивность				
		удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	КМЖ, кг	КМБ, кг
Отбор EBV по удою						
Отбор при положительных оценках EBV	814	+217,6	+0,0013	-0,0019	+8,32	+6,53
Интенсивность отбора 10 %	166	+528,4	-0,0160	-0,0047	+18,37	+16,66
Интенсивность отбора 20 %	332	+401,8	-0,0071	-0,0016	+14,44	+12,68
Отбор EBV по комплексу признаков						
Отбор по показателям удой-жир-белок (интенсивность 10 %)	166	+115,9	+0,0609	+0,0273	+14,82	+10,02
Отбор по показателям удой-жир (интенсивность 10 %)	166	+304,4	+0,0760	+0,0027	+20,45	+10,03
Отбор по показателям удой-белок (интенсивность 10 %)	166	+332,8	-0,0073	+0,0354	+10,66	+14,27

МДЖ/МДБ – массовая доля жира/белка в молоке (%), КМЖ/КМБ – количество молочного жира/белка (кг).

Моделируемая интенсивность отбора – положительные оценки EBV, 10 % и 20 %. Статистическую обработку полученных результатов проводили через функции пакета анализа Microsoft Excel 2013. Для всех изучаемых показателей рассчитывали средние значения признаков ($\bar{X}$), их ошибки (m), минимальное (min) и максимальное (max) значения признаков, коэффициент вариации (Cv) и среднееквадратичное отклонение (σ).

Результаты и обсуждение. Средняя продуктивность дочерей оцениваемых быков-производителей по 1-ой лактации (табл. 1) составила 4771 кг молока (диапазон варьирования 2401...13980 кг), количество молочного жира – 188,9 кг (174,6...472,1 кг), белка – 163,9 кг (132,1...349,3 кг), содержание жира в молоке – 3,94 % (2,39...7,23 %), белка – 3,17 % (1,98...5,05 %).

Таблица 1. Средние фенотипические значения признаков молочной продуктивности дочерей по 1-ой лактации в популяции симментальской породы при оценке племенной ценности быков-производителей ($n=61998$ гол.)

Показатель	$\bar{X} \pm m$	Min	Max	Cv%
Удой за 305 дней, кг	4771 $\pm$ 7,5	2401	13980	29,4
Массовая доля жира в молоке, %	3,94 $\pm$ 0,0013	2,39	7,23	6,3
Массовая доля белка в молоке, %	3,17 $\pm$ 0,0009	1,98	5,05	4,5
Количество молочного жира, кг	188,9 $\pm$ 0,31	174,6	472,1	30,8
Количество молочного белка, кг	163,9 $\pm$ 0,28	132,1	349,3	27,1

Отмечен достаточный уровень изменчивости таких признаков, как удой (Cv=29,4 %), выход молочного жира (Cv=30,8 %) и выход молочного белка (Cv=27,1 %). Крайне низкими значениями изменчивости характеризовались показатели содержания жира (Cv=6,3 %) и белка в молоке (Cv=4,5 %).

Отбор быков-производителей по положительным оценкам EBV позволит повысить продуктивность симментальского скота на 217,6 кг молока, 8,3 кг молочного жира и 6,5 кг молочного белка (табл. 2). При интенсивности отбора производителей 10 % прогресс по уровню молочной продуктивности коров может составить 528 кг молока, 18,4 кг молочного жира и 16,7 кг молочного белка, при отрицательных показателях компонентного состава молока, при интенсивности отбора 20 % – соответственно 402 кг, 14,4 кг и 12,7 кг.

При отборе быков-производителей по комплексу признаков с интенсивностью 10 % прогресс по молочной продуктивности будет ниже, чем по уровню удоя, и составит 115,6 кг молока, 14,8 кг молочного жира и 10,0 кг белка. Одновременно отмечаются положительные оценки по компонентному составу молока +0,0609 % жира и +0,0273 % белка.

Наиболее близкие к оптимальным показатели при отборе по комплексу признаков обеспечивает отбор по признакам удой-жир. При этом прогресс молочной продуктивности у потомков будет положительным по всем показателям: +304 кг молока, +20,5 кг молочного жира и +10,0 кг молочного белка, +0,076 % содержание жира и +0,003 % содержание белка.

Лучший прогресс по молочной продуктивности у потомков возможен при интенсивности отбора быков-производителей 10 % по показателям удоя (+528 кг молока, +18,4 кг жира и +16,7 кг белка) или по комплексу показателей удой-жир (+304 кг молока, +20,5 кг жира и +10,0 кг белка, +0,076 % содержанию жира и +0,003 % содержанию белка).

По результатам расчета генетических оценок быков симментальской породы ($n=1668$ голов, с точностью прогноза племенной ценности 87 %) с использованием подходов BLUP 315 голов (18,9 %) производителей имели племенную категорию «+++» и «++» по удою. Доля «нейтральных» быков составила 62,2 %. Распределение значений оценок EBV в популяции было близким к нормальному.

Таблица 3. Племенная ценность быков-производителей ($n=1668$) в зависимости от полученной категории генетической оценки по качеству потомства (EBV)

Категория	Число быков, гол.	У305, кг*	МДЖ, %	МДБ, %	КМЖ, кг	КМБ, кг
отбор по EBV для удоя						
УДОЙ ++	44	+782,6	-0,0081	-0,0023	+28,87	+26,16
УДОЙ +	271	+351,4	-0,0079	-0,0023	+12,39	+10,78
УДОЙ 0	1038	-2,9	+0,0008	-0,0016	-0,51	-0,84
УДОЙ -	266	-342,6	+0,0045	+0,0046	-12,43	-10,50
УДОЙ --	49	-716,2	+0,1104	+0,1672	-26,61	-20,87
отбор по EBV для массовой доли жира						
МДЖ ++	51	-112,7	+0,1606	+0,0024	+22,8	+2,55
МДЖ +	215	-28,2	+0,0684	+0,0081	+6,34	-0,28
МДЖ 0	1123	-13,9	+0,0004	+0,0003	-0,27	-0,22
МДЖ -	227	+60,9	-0,0676	-0,0029	-4,75	+2,08
МДЖ --	51	+24,4	-0,1519	-0,0306	-16,19	-1,53
отбор по EBV для массовой доли белка						
МДБ ++	40	-83,1	+0,0137	+0,1398	-4,26	+10,08
МДБ +	137	-45,5	+0,0008	+0,0431	-1,88	+5,22
МДБ 0	1311	+9,7	+0,0005	+0,0003	+0,22	+0,16
МДБ -	135	+48,2	-0,0088	-0,0456	-1,91	-4,93
МДБ --	43	+76,5	-0,0301	-0,1226	-2,01	-8,23

* (здесь и в табл. 6) У305 – удой за 305 дней первой лактации, кг; МДЖ/МДБ – массовая доля жира/белка в молоке, %; КМЖ/КМБ – количество молочного жира/белка в молоке, %.

Отбор быков-улучшателей группы по удою дочерей может увеличить темпы генетического прогресса от +351 до +782 кг молока, не снижая выхода молочного жира и белка при уменьшении содержания этих компонентов (табл. 3). Однако, по нашим наблюдениям, в популяции симментальского скота России имеет место использование производителей с нейтральной категорией, полученной на основе BLUP методологии.

Отбор по критерию жирномолочности или белкомолочности позволяет значительно повысить процентное содержание компонентов молока соответственно на +0,0684...+0,161 % и +0,043...+0,139 %. При этом селекция, например, по массовой доле жира (МДЖ) также дает возможность одновременно увеличивать массовую долю белка (МДБ) в молоке из-за наблюдаемой положительной генетической корреляции. Тем не менее, значительного роста продукции молочного жира и белка в этом случае ожидать не приходится, так как при отборе на увеличе-

ние жира и белка удой снижается на 28,2...112,7 кг и 45,5...83,1 кг соответственно.

Наиболее целесообразным следует признать стратегию отбора производителей в качестве отцов быков будущих генераций по племенным категориям удой «+++» и удой «++».

При оценке племенной ценности матерей быков-производителей (табл. 4) средняя продуктивность коров по 1-ой лактации составила 4782 кг молока (вариабельность признака 2001...13681 кг), при количестве молочного жира 188,2 кг (150,9...452,3 кг), белка – 152,9 кг (131,7...433,2 кг). Содержание жира в молоке составило 3,93 % (2,42...6,46 %), белка – 3,19 % (1,95...5,22 %). Средняя продуктивность коров по 2-ой лактации была равна 5015 кг молока (вариабельность признака 2241...14218 кг), при количестве мо-

лочного жира 197,8 кг (149,2...444,7 кг), белка – 160,6 кг (128,3...434,4 кг). Содержание жира в молоке составило 3,94 % (2,57...6,65 %), белка – 3,19 % (1,95...5,74 %). Средняя продуктивность коров по 3-ей лактации была равна 5108 кг молока (2105...14819 кг), при количестве молочного жира 200,9 кг (150,7...554,7 кг), белка – 163,6 кг (131,7...473,2 кг). Содержание жира в молоке составило 3,93 % (2,42...4,46 %), белка – 3,19 % (1,95...5,22 %).

Отмечен достаточный уровень изменчивости таких признаков, как удой ($C_v=26,8...29,3$ %), выход молочного жира ($C_v=25,2...28,3$ %) и выход молочного белка ($C_v=24,8...27,7$ %). Одновременно наблюдаются крайне низкие значения изменчивости содержания жира ($C_v=6,1...6,6$ %) и белка ($C_v=4,1...4,8$ %) в молоке.

При моделировании отбора по уровню удоя у коров симментальской породы за первые три лактации не выявлено достоверных различий между разными лак-

Таблица 4. Средние фенотипические значения признаков молочной продуктивности коров в популяции симментальской породы при оценке племенной ценности коров (общее поголовье $n=44140$ гол.)

Показатель	$M \pm m$	Min	Max	C_v , %
1-ая лактация ($n=16870$ гол.)				
Удой за 305 дней, кг	4782,4±9,6	2001	15681	29,3
Массовая доля жира в молоке, %	3,93±0,0019	2,42	6,46	6,3
Массовая доля белка в молоке, %	3,19±0,0011	1,95	5,22	4,4
Количество молочного жира, кг	188,2±0,39	150,9	452,3	28,3
Количество молочного белка, кг	152,9±0,32	131,7	433,2	27,7
2-ая лактация ($n=14762$ гол.)				
Удой за 305 дней, кг	5015,1±11,2	2214	14218	26,8
Массовая доля жира в молоке, %	3,94±0,0021	2,57	6,65	6,1
Массовая доля белка в молоке, %	3,19±0,0012	1,95	5,74	4,1
Количество молочного жира, кг	197,8±0,46	149,2	444,7	25,2
Количество молочного белка, кг	160,6±0,38	128,3	434,4	24,8
3-я лактация ($n=12508$ гол.)				
Удой за 305 дней, кг	5108,8±12,1	2105	14819	28,5
Массовая доля жира в молоке, %	3,93±0,0022	3,07	7,06	6,6
Массовая доля белка в молоке, %	3,19±0,0013	2,95	6,24	4,8
Количество молочного жира, кг	200,9±0,49	150,7	554,7	26,3
Количество молочного белка, кг	163,6±0,41	131,7	473,2	26,6

Таблица 5. Моделирование отбора по удою при разной интенсивности использования коров симментальской породы

Показатель	Лактация		
	I	II	III
Общее поголовье коров	16870	14762	12508
отбор при положительных оценках EBV			
Поголовье коров	8132	7026	6258
Удой, кг	+241,6	+234,2	+229,3
Массовая доля жира, %	+0,0056	+0,0062	+0,0049
Массовая доля белка, %	-0,0011	-0,0005	+0,0019
Количество молочного жира, кг	+9,8	+9,7	+9,5
Количество молочного белка, кг	+7,7	+7,5	+7,4
интенсивность отбора 10 %			
Поголовье коров	1687	1476	1251
Удой, кг	+572,7	+558,1	+540,2
Массовая доля жира, %	+0,0083	+0,0082	+0,0062
Массовая доля белка, %	+0,0006	+0,0016	+0,0038
Количество молочного жира, кг	+23,2	+22,8	+22,2
Количество молочного белка, кг	+18,4	+17,9	+17,5
интенсивность отбора 20 %			
Поголовье коров	3374	2952	2502
Удой, кг	+444,7	+424,7	+417,7
Массовая доля жира, %	+0,0090	+0,0081	+0,0058
Массовая доля белка, %	+0,0019	+0,0017	+0,0035
Количество молочного жира, кг	+18,1	+17,5	+17,2
Количество молочного белка, кг	+14,3	+13,6	+13,5

тациями, поэтому отбор лучших особей можно начинать с первой лактации (табл. 5). Прогресс по молочной продуктивности при отборе по положительным оценкам EBV может составить +229,3...+241,6 кг молока, +9,53...+9,79 кг жира и +7,39...+7,69 кг белка, при интенсивности отбора 10 % – +540,2...+572,7 кг молока, +22,2...+23,2 кг жира и +17,5...+18,4 кг белка с положительными оценками компонентного состава молока, при интенсивности отбора 20 % – +417,7...+444,7 кг молока, +17,2...+18,1 кг жира и +13,5...+14,3 кг белка с положительными оценками компонентного состава молока.

Следовательно, для повышения молочной продуктивности целесообразно отбирать коров симментальской породы по оценкам EBV при интенсивности 10 %. В этом случае прогресс по молочной продуктивности по 1-ой лактации составит +572,7 кг молока, +23,2 кг молочного жира и +18,4 кг молочного белка. При отборе коров по 2-ой и 3-ей лактациям прогресс молочной про-

дуктивности от +388 до +774 кг молока, не снижая при этом как выход продукции молочного жира (+15,92...+31,59 кг) и белка (+12,49...+24,93 кг), так и содержания жира и белка в молоке (соответственно +0,0055...+0,0072 % и +0,0009...+0,0029 %).

Отбор по критерию жирно- или белкомолочности позволяет значительно повысить содержание указанных компонентов молока на +0,0426...+0,1005 и +0,0231...+0,0568 соответственно. При этом отбор коров по племенной категории МДБ «+» обеспечивает увеличение одновременно содержания жира и белка в молоке из-за наблюдаемой положительной генетической корреляции. Однако при обратном отборе по племенной категории МДЖ «++» и «+» повышения содержания белка в молоке не наблюдается. При отборе на увеличение содержания жира удой принимает как отрицательное значение -30,9 кг в категории МДЖ «++», так и положительное +38,6 кг в категории МДЖ «+». В то время как при отборе по белку удой положительный

Таблица 6. Племенная ценность коров (n=44140) в зависимости от племенной категории генетической оценки по племенной ценности (EBV)

Категория	Число коров, гол.	УЗ05, кг	МДЖ, %	МДБ, %	КМЖ, кг	КМБ, кг
отбор по EBV для удою						
УДОЙ ++	1392	+773,9	+0,0055	+0,0009	+31,59	+24,93
УДОЙ +	10242	+387,6	+0,0072	+0,0029	+15,92	+12,49
УДОЙ 0	39063	-6,30	+0,0009	-0,0019	-0,19	-0,35
УДОЙ -	9167	-369,7	-0,0007	-0,0076	-14,71	-12,34
УДОЙ --	2124	-905,7	+0,0166	-0,0351	-34,7	-31,2
отбор по EBV для массовой доли жира						
МДЖ ++	2088	-30,9	+0,1005	-0,0009	+4,57	-0,99
МДЖ +	8153	+38,6	+0,0426	+0,0041	+4,20	+1,40
МДЖ 0	43864	-19,7	+0,0001	-0,0033	-0,71	-0,87
МДЖ -	6424	+30,1	-0,0410	-0,0084	-1,36	+0,43
МДЖ --	1459	-61,9	-0,1057	-0,0163	-8,69	-2,99
отбор по EBV для массовой доли белка						
МДБ ++	592	+10,9	+0,0057	+0,0568	+0,98	+3,45
МДБ +	8484	+116,9	+0,0201	+0,0231	+5,93	+4,97
МДБ 0	40290	+4,1	+0,0007	-0,0002	+0,25	+0,5
МДБ -	9903	-68,1	-0,0071	-0,0248	-3,11	-3,61
МДБ --	2719	-367,7	+0,0046	-0,0608	+14,38	-15,04

Наиболее целесообразным для повышения удою следует признать стратегию отбора коров для будущих поколений по племенным категориям удой «++» и удой «+», для улучшения компонентного состава молока – по племенной категории МДБ «+».

дуктивности будет немного ниже, чем по 1-ой лактации.

Отбор коров для быковоспроизводящей группы в России основан на оценке родословных и показателей собственной продуктивности. Мы предприняли попытку смоделировать отбор коров с использованием генетической информации на основе оценки племенной ценности методом BLUP. Распределение значений оценок племенной ценности по EBV (табл. 6) показало, что 11634 голов коров (26,4 %) имели племенную категорию абсолютные улучшатели «++» и улучшатели «+» по удою, использование которых может увеличить темпы генетического прогресса маточного поголовья по молочной продуктивности от +388 до +774 кг молока, не снижая при этом как выход продукции молочного жира (+15,92...+31,59 кг) и белка (+12,49...+24,93 кг), так и содержания жира и белка в молоке (соответственно +0,0055...+0,0072 % и +0,0009...+0,0029 %).

Отбор по критерию жирно- или белкомолочности позволяет значительно повысить содержание указанных компонентов молока на +0,0426...+0,1005 и +0,0231...+0,0568 соответственно. При этом отбор коров по племенной категории МДБ «+» обеспечивает увеличение одновременно содержания жира и белка в молоке из-за наблюдаемой положительной генетической корреляции. Однако при обратном отборе по племенной категории МДЖ «++» и «+» повышения содержания белка в молоке не наблюдается. При отборе на увеличение содержания жира удой принимает как отрицательное значение -30,9 кг в категории МДЖ «++», так и положительное +38,6 кг в категории МДЖ «+». В то время как при отборе по белку удой положительный

в племенной категории МДБ «++» с показателем +10,9 кг молока, в категории МДБ «+» – +116,9 кг.

С целью отработки подходов к организации заказных спариваний с применением стратегии ускоренного селекционного процесса в популяции симментальского скота, были оценены и отобраны молодые быки-производители и коровы симментальской породы (табл. 7). В группу потенциальных отцов быков было отобрано 30 голов производителей со значениями оценки EBV по удою более +856 кг молока, +34 кг молочного жира и +28 кг молочного белка, после уточнения оценок по

Таблица 7. Показатели племенной ценности потенциальных отцов быков и матерей быков для популяции симментальской породы РФ

Показатель	Племенная ценность (EBV)	Продуктивность матери быка (абсолютное значение)
Селекционная группа быков-производителей (отцы быков, n=30)		
Удой за 305 дн. лактации, кг	+856	11820±487
Массовая доля жира, %	-0,0009	4,38±0,105
Массовая доля белка, %	-0,0091	3,47±0,039
Молочный жир, кг	+33,6	472,4±21,7
Молочный белок, кг	+28,1	374,6±16,5
Селекционная группа коров при отборе по уровню молочной продуктивности (матери быков, n=318)		
Удой за 305 дн. лактации, кг	+783	7220±78
Массовая доля жира, %	+0,0004	4,03±0,04
Массовая доля белка, %	-0,0055	3,25±0,007
Молочный жир, кг	+33,3	290,4±3,2
Молочный белок, кг	+24,9	234,8±2,6

качеству потомства. При минимальных показателях молочной продуктивности матерей 11820 кг молока, с массовой долей жира 4,38 %, белка – 3,47 %, количеством молочного жира 472 кг и белка – 375 кг. Животных, получивших племенные категории оценок EBV «-» и «--», необходимо исключать из процесса воспроизводства племенных ресурсов России. Абсолютные параметры молочной продуктивности вторичны и должны обозначать популяционный уровень матерей ремонтных быков.

По группе матерей быков предварительный отбор 318 голов по 1-й лактации из более чем 44 тыс. оцененных особей из 42 племенных стад подтвердил прогноз племенной ценности передающей способности животных: +783,3 кг молока, +33,3 кг по выходу жира и +24,9 кг по выходу белка. Собственная продуктивность коров при таком отборе составила в среднем 7220 кг молока с массовой долей жира 4,03 %, белка – 3,25 %, количество молочного жира за лактацию составило 290,4 кг, белка – 234,8 кг.

В последние годы проводится недостаточно исследований, направленных на формирование селекционных групп молочного скота различных пород, как основы для совершенствования продуктивных и племенных качеств быков-производителей. Еще меньше работ посвящено отбору коров в селекционные группы матерей для будущих быков-производителей. Чаще всего отбор в селекционные группы ведут по фенотипу и в рамках отдельных пород, стад, регионов, а оценку генотипа – в основном по родословным.

В работе по моделированию отбора в селекционную группу потенциальных матерей быков будущего поколения в айширской породе с использованием селекционного индекса IAYR и интенсивностью 10 % выявлена существенная и достоверная разница между средними показателями сравниваемых групп по удою на 1899 кг молока, выходу жира – на 64,7 кг и выходу белка – на 51,7 кг [16]. В наших исследованиях также установлено, что отбор с интенсивностью 10 % обеспечивает лучшие результаты в отношении увеличения молочной продуктивности симментальского скота.

В современной системе племенного разведения молочного скота главная задача – оценка, отбор и интенсивное использование быков-производителей в основных селекционных группах отцов быков и отцов коров. От эффективности их формирования зависит до 70 % общего генетического прогресса в популяции животных. При этом 45...50 % темпов ежегодного генетического тренда по молочной продуктивности определяется группой отцов быков, что и обуславливает

ее главенствующую роль в селекции.

При использовании значений индексов племенной ценности по признакам продуктивности для моделирования процесса воспроизводства генетических ресурсов в популяции голштинизированного черно-пестрого скота в Московской области на основе принципов линейного разведения (5 линий) и интенсивного использования быков-лидеров без учета

их линейной принадлежности было установлено, что значения индексов племенной ценности по признакам продуктивности у представителей разных линий достоверно не различались. При этом практически по всем основным признакам продуктивности быки-лидеры в популяции достоверно превосходили производителей со средними индексами племенной ценности, отобранных как продолжатели линий [17].

Следует отметить, что на сегодняшний день большинство публикаций по моделированию отбора подготовлены по результатам оценки фенотипа животных и ограничивались отдельными стадами или регионом, тогда как наши исследования проведены на большой популяции, в которую вошли более 60 тыс. племенных животных из 42 хозяйств и 14 регионов и на основе полученных генетических оценок племенной ценности, поэтому сравнивать их результаты с другими работами не целесообразно. Кроме того, сведений по использованию оценок племенной ценности EBV, для формирования групп потенциальных отцов быков и матерей быков, в доступных источниках литературы найти не удалось, есть только результаты единичных исследований в основном по моделированию отбора с использованием данных по фенотипу. При этом во всем мире растет интерес к отбору высокоценных животных по генотипу, что позволит повысить прибыльность молочного скотоводства. В связи с изложенным, результаты проведенных исследований уникальны и имеют большую не только научную, но и практическую значимость, направленную на совершенствование племенных и продуктивных качеств симментальского скота России, что даст сельскохозяйственным предприятиям возможность улучшить качества скота и в дальнейшем получить положительный экономический эффект.

Выводы. Лучшего прогресса по молочной продуктивности у потомков исследуемой популяции симментальской породы крупного рогатого скота можно достичь при интенсивности отбора быков-производителей на уровне 10 % по показателям удою (+528 кг молока, +18,4 кг жира и +16,7 кг белка) или по комплексу показателей удою-жир (+304 кг молока, +20,5 кг жира и +10,0 кг белка, +0,076 % по содержанию жира и +0,003 % по содержанию белка).

Отбор быков-улучшателей племенной категорий удой «++» и «+» по удою дочерей может повысить темпы генетического прогресса на 351...782 кг молока, не снижая при этом выход молочного жира (+12,4...+28,9 кг) и белка (+10,8...+26,2 кг). Животных, получивших племенные категории EBV «-» и «--», необходимо исключать из процесса воспроизводства племенных ресурсов. В

группу отцов быков-производителей целесообразно отбирать животных со значениями оценки EBV по удою более +856 кг молока, +34 кг молочного жира и +28 кг молочного белка, после уточнения оценок по качеству потомства.

Для повышения молочной продуктивности необходимо отбирать матерей быков-производителей симментальской породы по оценкам EBV при интенсивности 10 %. При таком отборе коров по 1-ой лактации прогресс по молочной продуктивности составит +572,7 кг молока, +23,2 кг молочного жира и +18,4 кг молочного белка. При отборе коров по 2-ой и 3-ей лактации прогресс молочной продуктивности будет немного ниже, чем по 1-ой лактации.

Наиболее целесообразна стратегия отбора коров для будущих поколений для повышения удою – по племенной категории удой «++» (+774 кг молока, +31,6 кг жира и +24,9 кг белка) и удой «+» (соответственно +388 кг, +15,9 кг и 12,5 кг), для улучшения компонентного состава молока – по категории МДБ «+» (+116,9 кг,

+5,93 кг и +4,97 кг). В группу матерей быков можно рекомендовать отбор коров с прогнозом племенной ценности передающей способности животных по первой лактации более +783 кг молока, +33 кг по выходу жира и +25 кг по выходу белка.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа финансировалась за счет средств бюджета Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста». Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

СОБЛЮЖДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

В работе отсутствуют исследования человека или животных.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Литература.

1. Whole genome scan uncovers candidate genes related to milk production traits in Barka cattle / W. Ayalew, X. Wu, G. M. Tarekegn, et al. // *International Journal of Molecular Sciences*. 2024. Vol. 25. No. 11. Article 6142. URL: <https://www.mdpi.com/1422-0067/25/11/6142> (дата обращения: 15.05.2024). doi: 10.3390/ijms25116142.
2. Efficient estimation and applications of cross-validated genetic predictions to polygenic risk scores and linear mixed models / J. Mefford, N. Zaitlen, D. Park, et al. // *Journal of Computational Biology*. 2020. Vol. 27. No. 4. P. 599–612. doi: 10.1089/cmb.2019.0325.
3. Selection response due to different combination of antagonistic milk, beef, and morphological traits in the Alpine Grey cattle breed / E. Mancin, C. Sartori, N. Guzzo, et al. // *Animals*. 2021. Vol. 11. No. 5. Article 1340. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/5/1340> (дата обращения: 17.05.2024). doi: 10.3390/ani11051340.
4. Отрадных П. И., Сермягин А. А. Оценка быков-производителей по качеству потомства в стадах с разным уровнем продуктивности для выявления взаимодействия генотипа со средой // *Достижения науки и техники АПК*. 2022. Т. 36. № 11. С. 56–61. doi: 10.53859/02352451_2022_36_11_56.
5. Современная оценка племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности / Д. Ю. Суслов, А. В. Воеводин, С. А. Холев и др. // *Молочное и мясное скотоводство*. 2018. № 1. С. 9–12. doi: 10.25632/MMS.2018.1.12715.
6. Improving breeding value reliability with genomic data in breeding groups of Charolais / M. Brzakova, Z. Vesela, J. Vareka, et al. // *Genes*. 2023. Vol. 14. No. 12. Article 2139. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4425/14/12/2139> (дата обращения: 15.05.2024). doi: 10.3390/genes14122139.
7. Genomic selection using single-step genomic BLUP on the number of services per conception trait in Thai–Holstein crossbreeds / W. Boonkum, V. Chankitisakul, M. Duangjinda, et al. // *Animals*. 2023. Vol. 13. No. 23. Article 3609. URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/23/3609> (дата обращения: 16.05.2024). doi: 10.3390/ani13233609.
8. Evaluation of genome-enabled prediction for carcass primal cut yields using single-step genomic best linear unbiased prediction in Hanwoo cattle / M. Naserkheil, H. Mehrban, D. Lee, et al. // *Genes*. 2021. Vol. 12. No. 12. Article 1886. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4425/12/12/1886> (дата обращения: 23.05.2024). doi: 10.3390/genes12121886.
9. Improving breeding value reliability with genomic data in breeding groups of Charolais / M. Brzakova, Z. Vesela, J. Vareka, et al. // *Genes*. 2023. Vol. 14. No. 12. Article 2139. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4425/14/12/2139> (дата обращения: 15.05.2024). doi: 10.3390/genes14122139.
10. Bull breeding soundness assessment using artificial neural network-based predictive models / L. F. Marin-Urias, P. J. Garcia-Ramirez, B. Dominguez-Mancera, et al. // *Agriculture*. 2024. Vol. 14. No. 1. Article 67. URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/1/67> (дата обращения: 21.05.2024). doi: 10.3390/agriculture14010067.
11. Кудинов А. А., Петрова А. В., Племяшов К. В. Применение метода BLUP Animal Model для оценки племенной ценности коров айрширской породы Ленинградской области // *Генетика и разведение животных*. 2017. № 2. С. 79–85.
12. Преимущество оценки племенной ценности признаков молочной продуктивности крупного рогатого скота методом BLUP / Р. В. Березовик, Н. М. Храменко, Е. Р. Макаро и др. // *Зоотехническая наука Беларуси*. 2022. Т. 57. № 1. С. 4–14. doi: 10.47612/0134-9732-2022-57-1-4-14.
13. Генетическая ценность симментальских быков-производителей зарубежной селекции при переоценке на базе племенных ресурсов России / А. А. Сермягин, Л. П. Игнатьева, С. А. Шеметюк и др. // *Молочное и мясное скотоводство*. 2019. № 7. С. 13–18. doi: 10.33943/MMS.2019.7.42226.
14. Игнатьева Л. П. Характеристика современной популяции крупного рогатого скота симментальской породы России // *Пермский аграрный вестник*. 2021. № 4 (36). С. 100–108. doi: 10.47737/2307-2873_2021_36_100.
15. Masuda Y. Introduction to BLUPF90 suite programs Standard Edition. University of Georgia, 2019. 199 p.
16. Романова Е. А., Тулинова О. В. Оценка эффективности моделирования отбора коров айрширской породы по полифакторному селекционному индексу // *Молочное и мясное скотоводство*. 2022. № 3. С. 16–20. doi: 10.31043/2410-2733-2023-2-28-35.
17. К вопросу о принципах линейного разведения в молочном скотоводстве / С. Н. Харитонов, Е. Е. Мельникова, О. Ю. Осадчая и др. // *Генетика и разведение животных*. 2018. № 2. С. 13–19. doi: 10.31043/2410-2733-2018-2-13-19.

References

1. Ayalew W, Wu X, Tarekegn GM, et al. Whole genome scan uncovers candidate genes related to milk production traits in Barka cattle. *International Journal of Molecular Sciences* [Internet]. 2024 [cited 2024 May 15];25(11): Article 6142. Available from: <https://www.mdpi.com/1422-0067/25/11/6142>. doi: 10.3390/ijms25116142.

2. Mefford J, Zaitlen N, Park D, et al. Efficient estimation and applications of cross-validated genetic predictions to polygenic risk scores and linear mixed models. *Journal of Computational Biology*. 2020;27(4):599-612. doi: 10.1089/cmb.2019.0325.
3. Mancin E, Sartori C, Guzzo N, et al. Selection response due to different combination of antagonistic milk, beef, and morphological traits in the Alpine Grey cattle breed. *Animals [Internet]*. 2021 [cited 2024 May 17];11(5): Article 1340. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/5/1340>. doi: 10.3390/ani11051340.
4. Otradnov PI, Sermyagin AA. [Evaluation of sires for progeny quality in herds with different productivity levels to identify genotype-environment interactions]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2022;36(11):56-61. Russian. doi: 10.53859/02352451_2022_36_11_56.
5. Suslov DYU, Voevodin AV, Kholev SA, et al. [Modern assessment of the breeding value of dairy cattle productivity]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2018;(1):9-12. Russian. doi: 10.25632/MMS.2018.1.12715.
6. Brzakova M, Vesela Z, Vareka J, et al. Improving breeding value reliability with genomic data in breeding groups of Charolais. *Genes [Internet]*. 2023 [cited 2024 May 15];14(12): Article 2139. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4425/14/12/2139>. doi: 10.3390/genes14122139.
7. Boonkum W, Chankitisakul V, Duangjinda M, et al. Genomic selection using single-step genomic BLUP on the number of services per conception trait in Thai-Holstein crossbreeds. *Animals [Internet]*. 2023 [cited 2024 May 16];13(23): Article 3609. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/23/3609>. doi: 10.3390/ani13233609.
8. Naserkheil M, Mehrban H, Lee D, et al. Evaluation of genome-enabled prediction for carcass primal cut yields using single-step genomic best linear unbiased prediction in Hanwoo cattle. *Genes [Internet]*. 2021 [cited 2024 May 23];12(12): Article 1886. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4425/12/12/1886>. doi: 10.3390/genes12121886.
9. Brzakova M, Vesela Z, Vareka J, et al. Improving breeding value reliability with genomic data in breeding groups of Charolais. *Genes [Internet]*. 2023 [cited 2024 May 15];14(12): Article 2139. Available from: <https://www.mdpi.com/2073-4425/14/12/2139>. doi: 10.3390/genes14122139.
10. Marin-Urias LF, Garcia-Ramirez PJ, Dominguez-Mancera B, et al. Bull breeding soundness assessment using artificial neural network-based predictive models. *Agriculture [Internet]*. 2024 [cited 2024 May 21];14(1): Article 67. Available from: <https://www.mdpi.com/2077-0472/14/1/67>. doi: 10.3390/agriculture14010067.
11. Kudinov AA, Petrova AV, Plemyashov KV. [Application of the BLUP Animal Model method to assess the breeding value of Ayrshire cows in the Leningrad Region]. *Genetika i razvedenie zhivotnykh*. 2017;(2):79-85. Russian.
12. Berezovik RV, Khramchenko NM, Makaro ER, et al. [Advantages of assessing the breeding value of dairy productivity traits in cattle using the BLUP method]. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi*. 2022;57(1):4-14. Russian. doi: 10.47612/0134-9732-2022-57-1-4-14.
13. Sermyagin AA, Ignat'eva LP, Shemetyuk SA, et al. [Genetic value of Simmental bulls-producers of foreign breeding during re-evaluation on the basis of breeding resources of Russia]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2019;(7):13-8. Russian. doi: 10.33943/MMS.2019.7.42226.
14. Ignat'eva LP. [Characteristics of the modern population of Simmental cattle in Russia]. *Permskii agrarnyi vestnik*. 2021;(4):100-8. Russian. doi: 10.47737/2307-2873_2021_36_100.
15. Masuda Y. Introduction to BLUPF90 suite programs Standard Edition. [place unknown]: University of Georgia; 2019. 199 p.
16. Romanova EA, Tulinova OV. [Evaluation of the efficiency of modelling the selection of Ayrshire cows using a multifactorial selection index]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo*. 2022;(3):16-20. Russian. doi: 10.31043/2410-2733-2023-2-28-35.
17. Kharitonov SN, Mel'nikova EE, Osadchaya OYu, et al. [On the principles of linear breeding in dairy cattle breeding]. *Genetika i razvedenie zhivotnykh*. 2018;(2):13-9. Russian. doi: 10.31043/2410-2733-2018-2-13-19.

Поступила в редакцию 14.06.2024 После доработки 20.07.2024 Принята к публикации 07.08.2024.

ВНИМАНИЮ СОИСКАТЕЛЕЙ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ И ДРУГИХ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ ЛИЦ!

Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК» издает монографии
и другую книжную продукцию с редактированием и всеми выходными данными.

Цены договорные.

Заявки отправлять по адресу: 101000, г. Москва, Моспочтамт, а/я 166.

Тел.: (963) 758-48-44. E-mail: agroapk@mail.ru