

Лариса Павловна Игнатьева

Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста, ведущий научный сотрудник отдела популяционной генетики и генетических основ разведения животных, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Московская область, Подольск

E-mail:ignatieva-lp@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИВОТНЫХ СИММЕНТАЛЬСКОЙ ПОРОДЫ РАЗНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ ПЛЕМЕННОЙ ЦЕННОСТИ КОРОВ МЕТОДОМ BLUP ANIMAL MODEL В СВЯЗИ С УРОВНЕМ ПРОДУКТИВНОСТИ СТАД

Цель исследования – проведение оценки племенной ценности коров симментальской породы методом BLUP Animal Model для характеристики генетической изменчивости в стадах палевопестрого скота в ряде регионов России. Были выбраны данные о молочной продуктивности 61 813 гол. коров симментальской породы 1995–2015 гг. рождения и их родословные. Проведена комплексная обработка данных и их статистическая оценка, рассчитана племенная ценность симментальских коров, разводимых в 42 хозяйствах Российской Федерации. Установлено, что чистопородные голштины и симментал-голштинские помеси имели 55,3 % общего происхождения, чистопородный симментал российского и немецко-австрийского происхождения – только 25,5 %, однако они формировали общий кластер и были наиболее удалены от чистопородных голштинов. В исследуемой популяции симментальского скота большинство племенных предприятий со средней продуктивностью более 4 501 кг молока на 46,9 % укомплектованы коровами зарубежного происхождения, у хозяйств с более низкой продуктивностью этот показатель составил 16,1 %. Средние показатели молочной продуктивности были выше у представительниц зарубежного происхождения во всех группах хозяйств, с высокими значениями в III (5 032 кг молока с массовой долей жира 4,00 % и белка 3,18 %) и IV (5 552 кг молока, 3,90 % жира и 3,27 % белка) группах хозяйств и достоверным превосходством над сверстницами российского происхождения на +403 ($P \leq 0,001$) и +483 кг молока ($P \leq 0,001$) соответственно. Их средние оценки племенной ценности составили +14 и +254 кг, что выше российских представительниц на +161 и +205 кг соответственно. Лучшая молочная продуктивность среди всех групп установлена у животных зарубежного происхождения в VI группе, где удой составил 6 575 кг молока с содержанием жира 3,96 % и белка 3,26 %, что достоверно выше на +715 кг молока ($P \leq 0,001$), чем у сверстниц российского происхождения. Однако при высоких средних оценках племенной ценности +404 кг молока разница с животными российского происхождения не такая большая, как в III и IV группах, всего +126 кг.

Ключевые слова: симментальская порода, молочная продуктивность, коэффициент наследуемости, метод BLUP Animal Model, племенная ценность.

Larisa P. Ignatyeva

Federal Research Center of Animal Husbandry – L.K. Ernst Institute of Animal Husbandry, leading staff scientist of the department of population genetics and genetic bases of animal husbandry, candidate of agricultural sciences, Russia, Moscow Region, Podolsk, Podolsk, E-mail:ignatieva-lp@mail.ru

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE ANIMALS OF SIMMENTAL BREED OF DIFFERENT ORIGIN ON THE BASIS OF THE ESTIMATES BREEDING VALUE OF THE COWS BY THE BLUP ANIMAL MODEL METHOD IN CONNECTION WITH THE LEVEL OF HERD PRODUCTIVITY

The research objective was carrying out the assessment of breeding value of the cows of Simmental breed by BLUP Animal Model method for the characteristic of genetic variability in the herds of pale-yellow and motley cattle in a number of regions of Russia. The data on dairy efficiency 61 813 heads were chosen. The cows of Simmental breed of 1995–2015 of the birth and their family trees were chosen. Complex data processing and their statistical assessment were carried out, the breeding value of the Simmental breed cows bred in 42 farms of the Russian Federation was calculated. It was established that purebred Holstein and Simmental-Holstein hybrids had 55.3 % of general origin, purebred Simmental the Russian and German-Austrian origin – only 25.5 %, however, they formed the general cluster and were most removed from purebred Holstein. In the studied population of Simmental cattle the majority of the breeding enterprises with average efficiency more than 4 501 kg of milk for 46.9 % were made by the cows of foreign origin, on the farms with lower efficiency this indicator made 16.1 %. Average values of dairy efficiency were higher at the representatives of foreign origin in the all groups of farms, with high values in III (5 032 kg of milk with a mass fraction of fat of 4.00 % and protein of 3.18 %) and IV (5 552 kg of milk, 3.90 % of fat and 3.27 % of protein) groups of farms and reliable superiority over contemporaries of the Russian origin on +403 ($R \leq 0.001$) and +483 kg of milk ($R \leq 0.001$) respectively. Their average estimates of breeding value made +14 and +254 kg that above the Russian representatives by +161 and +205 kg respectively. The best dairy efficiency among all the groups was found in the animals of a foreign origin in the VI group where the yield of milk made 6 575 kg of milk with the content of fat of 3.96 % and protein of 3.26 % , i.e. reliable +715 kg above milk ($R \leq 0.001$), than in the contemporaries of the Russian origin. However, at high average estimates of the breeding value of +404 kg of milk the difference with animals of the Russian origin was not such great, as in III and IV groups, only +126 kg.

Keywords: *Simmental breed, milk yield, heritability estimate, BLUP Animal Model method, breeding value.*

Введение. Одним из основных направлений развития молочного скотоводства в мире является повышение эффективности селекционной работы с использованием новых и улучшением существующих методов оценки генотипа животного, организации отбора и подбора, мониторинга генеалогической структуры породы. При разработке новых методов селекционного улучшения молочного скота признакам, связанным с молочной продуктивностью, уделяется наибольшее внимание [1, 2, 14, 15].

В зарубежных странах с высоким уровнем молочной продуктивности крупного рогатого скота с середины прошлого столетия для прогноза племенной ценности используют статистические процедуры, в частности методологию наилучшего линейного несмещенного прогноза (Best Linear Unbiased Prediction – BLUP) и его вариации [3, 15–17]. В России оценка генетических качеств животных с применением метода BLUP Animal Model пока еще не стала официальной и используется в большинстве случаев

исключительно для проверки быков-производителей. Применение метода BLUP Animal Model позволяет повысить точность прогноза племенной ценности при оценке быков-производителей до 80 % за счет использования родословных связей между быками, как по отцовским предкам, так и по материнским. При этом учитываются все выявленные родственные связи с животными и все экономически важные признаки. Важной отличительной особенностью использования уравнений смешанных моделей для прогноза племенной ценности животных является возможность выявления и нивелирования влияния различных внешних факторов (года рождения, сезона отела, фермы, региона разведения, кормления и др.) на фенотипическое проявление признака продуктивности. Такой подход позволяет получить экономический эффект значительно раньше в сравнении с традиционными селекционными методами и способствует повышению темпов селекционного прогресса в популяции [4–6].

В настоящее время в российской практике имеется большое количество исследований по математическому моделированию селекционных процессов в животноводстве. Однако использование их в селекционной работе со стадами (породами) крупного рогатого скота тормозится из-за неоднородности сбора и контроля информации племенного учета, несоответствия в идентификации животных в разных регионах РФ [7–9]. Рядом российских ученых показана эффективность использования уравнений смешанных моделей на основе методологии BLUP для прогноза племенной ценности как быков-производителей, так и коров различных пород, разводимых в РФ, в том числе по нескольким лактациям. Такой подход при оценке племенной ценности коров учитывает генетическую ценность их отцов, что, в свою очередь, дает возможность повысить на 30 % достоверность полученного прогноза генотипа коров и позволяет прогнозировать продуктивность коров в последующие лактации при дальнейшей селекционной работе [10–13, 18].

Характеристику племенных стад и популяций крупного рогатого скота РФ молочного направления продуктивности в настоящее время основывают на абсолютных показателях продуктивности животных. Такое понятие, как генетический потенциал, в большей степени относят к индивидуальным особенностям животных, в основном к быкам-производителям. Поэтому сравнительная оценка стада (хозяйства), рассчитанная на основе полученных фенотипических показателей молочной продуктивности и фертильности крупного рогатого скота симментальской породы и генетической ценности отдельной особи, представляется актуальной.

Цель исследования: проведение оценки племенной ценности коров симментальской породы методом BLUP Animal Model для характеристики генетической изменчивости в стадах палево-пестрого скота в ряде регионов России.

Задачи исследования:

1. Сформировать базу данных по коровам симментальской породы с записями по предкам коров за последние 10 лет с учетом не менее 3 поколений в соответствии со структурой уравнений BLUP Animal Model.

2. Изучить уровень генетической дифференциации между популяциями быков-производителей симментальской породы России.

3. Провести оценку селекционно-генетических параметров по признакам молочной продуктивности коров симментальской породы на уровне популяции в целом.

4. Разработать уравнение смешанной модели BLUP и провести расчет племенной ценности коров для исследуемой популяции симментальского скота и использования полученных оценок для ранжирования стад по среднему значению EBV.

Материалы и методы исследования. Для проведения исследования была создана база данных коров на основе записей племенного учета из электронной системы ИАС «Селэкс». В анализ были включены племенные заводы и репродукторы по разведению крупного рогатого скота симментальской породы 14 регионов РФ: Орловская, Тамбовская, Воронежская, Тюменская, Липецкая, Новосибирская, Саратовская, Брянская, Оренбургская, Иркутская области, а также в Республиках Хакасия, Мордовия, Башкортостан и Алтайском крае, – выбранные рандомизированно, согласно точности ведения учета, идентификации животных, и использующие для воспроизводства стада собственные племенные ресурсы. Всего проведена оценка 42 стад, общее поголовье коров симментальской породы составило 61 813 гол. по следующим признакам: удой коров за 305 дней с 1-й по 5-ю лактации (У305), содержание жира и белка в молоке коров (МДЖ и МДБ соответственно), выход молочного жира и белка (МЖ и МБ соответственно), продолжительность сервис-периода (СП).

В результате расчета средних значений молочной продуктивности симментальских коров в каждом из 42 хозяйств они были разделены по 8 группам, в зависимости от уровня удоя:

I – с продуктивностью менее 4 000 кг, в нее вошли 2 хозяйства 2 регионов (Республики Башкортостан и Хакасия);

II – с продуктивностью от 4 001 до 4 500 кг, в нее вошли 7 хозяйств 5 регионов (Оренбургская, Саратовская, Воронежская области, Республики Хакасия и Башкортостан);

III – с продуктивностью от 4 501 до 5 000 кг, в нее вошли 12 хозяйств 9 регионов (Иркутская, Новосибирская, Саратовская, Оренбургская, Орловская области, Республики Хакасия, Башкортостан, Мордовия и Алтайский край);

IV – с продуктивностью от 5 001 до 5 500 кг, в нее вошли 12 хозяйств 7 регионов (Иркутская,

Орловская, Липецкая, Тамбовская, Брянская, Оренбургская области и Республика Башкортостан);

V – с продуктивностью от 5 501 до 6 000 кг, в нее вошли 2 хозяйства 2 регионов (Алтайский край и Липецкая обл.);

VI – с продуктивностью более 6 000 кг, в нее вошли 7 хозяйств 6 регионов (Воронежская, Тюменская, Орловская, Липецкая, Саратовская области и Алтайский край).

Для получения прогноза оценок племенной ценности животных (EBV, Estimated Breeding Value) было разработано следующее уравнение смешанной модели для исследуемой популяции симментальского скота:

$$y = \mu + HYS + b_1 A_j + S_i + e_{jik},$$

где y – вектор показателей продуктивности дочерей; μ – популяционная средняя; HYS – эффект «стадо-год-сезон» (фиксированный); A_j – возраст отела (в месяцах); b_1 – коэффициент регрессии значений продуктивности на возраст дочерей; S_i – рандомизированный эффект «отец-производитель» ($O, I\sigma_s^2$); e_{jik} – рандомизированный остаточный эффект модели ($O, I\sigma_e^2$).

Для расчета оценок племенной ценности (EBV) использовали программы: RENUMF90, REMLF90 и BLUPF90. Оценка варiances (генетической и паратипической природы) была рассчитана по методу ограниченного максимального правдоподобия (REML, Restricted Estimates of Maximum Likelihood, Misztal I., 2002) [19].

Изучение генетической дифференциации и уровня адмиксии между популяциями быков-производителей симментальской породы разного происхождения было проведено с использованием полногеномного сканирования. Для SNP генотипирования применялся биочип Illumina Bovine 50K. После проведения контроля качества генотипирования для дальнейшего анализа было отобрано 34 149 однонуклеотидных мутаций. Животные (быки-производители) были распределены на три группы в соответствии с их происхождением: российская селекция (SIM_RUS, $n = 32$), европейская селекция (импортированные животные) (FLVH, $n = 38$) и симментал-голштинские помеси (SIM_HOL, $n = 10$). Чистопородные животные голштинской породы были взяты как контрольная группа (HOL, $n = 29$).

Статистическая обработка аналитических данных проведена с использованием пакета анализа из программного приложения MS Excel 2013.

Результаты исследования. Анализ многомерного шкалирования (MDS) и метод «сеть соседей» показали точную кластеризацию изученных групп животных (рис.). Чистопородный симментал российского происхождения (SIM-RUS) и чистопородный симментал немецко-австрийского происхождения (FLVH) формировали общий кластер ($F_{st} = 0,025$) и были наиболее удалены от чистопородных голштинов (HOL) ($F_{st} = 0,097$ и $0,101$ соответственно). Симментал-голштинские помеси (SIM-HOL) локализовались между родительскими породами – SIM-RUS, FLVH и HOL ($F_{st} = 0,049$; $0,054$ и $0,044$ соответственно).

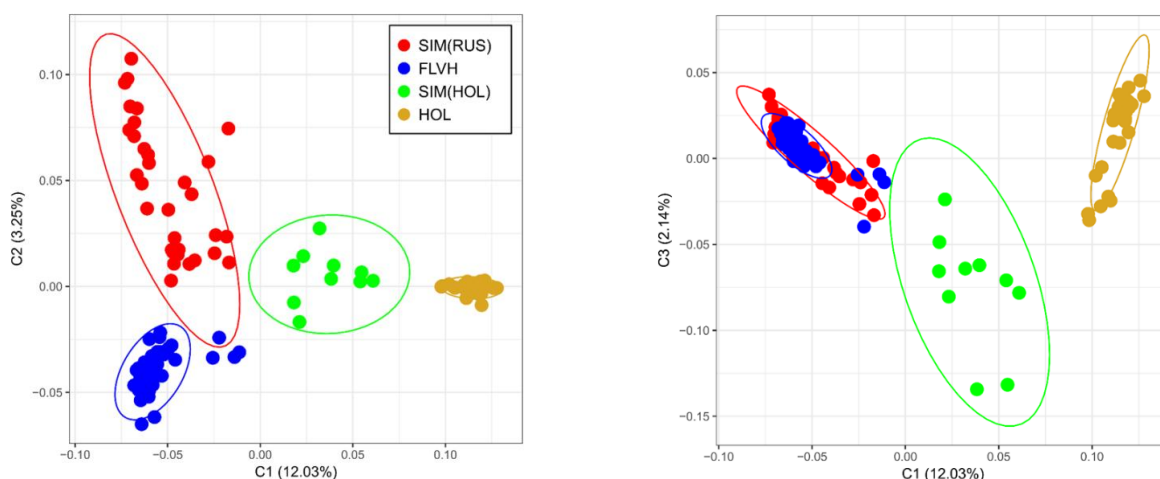


Рис. 1. Анализ многомерного шкалирования для трех популяций симментальской породы России, основанный на C1/C2 и C1/C3 пространственном положении в сравнении с голштинской породой

Анализ адмиксии показал, что чистопородные голштины (HOL) и симментал-голштинские помеси (SIM-HOL) имели 55,3 % общего происхождения, в то время как чистопородный сим-

ментал российского (SIM-RUS) и немецко-австрийского происхождения (FLVH) – только 25,5 % (табл. 1).

Таблица 1

F-статистика по генетическим дистанциям при популяционном анализе скота симментальской породы России

Популяция	SIM (RUS)	FLVH	SIM (HOL)	HOL
SIM (RUS)	0,000	–	–	–
FLVH	0,025	0,000	–	–
SIM (HOL)	0,049	0,054	0,000	–
HOL	0,097	0,101	0,044	0,000

Примечание. SIM(RUS) – чистопородный симментал российского происхождения; FLVH – чистопородный симментал немецко-австрийского происхождения; SIM (HOL) – симментал-голштинские помеси; HOL – чистопородные голштины (контрольная группа).

Полученные результаты демонстрируют четкую популяционную структуризацию в симментальской породе России.

По результатам расчета селекционно-генетических параметров для популяции скота симментальской породы получены следующие значения коэффициента наследуемости по признакам молочной продуктивности: удой $h^2 = 0,180$; выход молочного жира $h^2 = 0,194$ и белка

$h^2 = 0,187$; содержание жира $h^2 = 0,142$ и белка в молоке $h^2 = 0,140$ (табл. 2). Коэффициенты корреляции показателей удою и компонентов молока (%) составили для МДЖ $r_g = 0,149$ и для МДБ $r_g = 0,182$, что косвенно указывает на возможности тандемной селекции в улучшении выхода молока и повышения массовой доли жира и белка в молоке коров (коэффициент корреляции между этими признаками составил $r_g = 0,226$).

Таблица 2

Значения селекционно-генетических признаков молочной продуктивности и фертильности в популяции скота симментальской породы (по диагонали – коэффициент наследуемости, ниже диагонали – генетические корреляции)

Показатель	СП	У305	МЖ	МДЖ	МБ	МДБ
Продолжительность сервис-периода (СП)	0,061					
Удой за 305 дней лактации (У305)	0,249	0,180				
Количество молочного жира (МЖ)	0,263	0,977	0,194			
Массовая доля жира (МДЖ)	0,106	0,149	0,350	0,142		
Количество молочного белка (МБ)	0,251	0,991	0,973	0,166	0,187	
Массовая доля белка (МДБ)	0,085	0,182	0,227	0,226	0,305	0,140

Достаточно низкий коэффициент наследуемости получен для показателя сервис-период $h^2 = 0,061$, при этом коэффициенты корреляции с молочной продуктивностью слабоположительные; так, с удоем он составил $r_g = 0,249$, с массовой долей жира $r_g = 0,106$ и белка $r_g = 0,085$. Это говорит о том, что с увеличением продолжительности сервис-периода есть тенденция к повышению молочной продуктивности.

Установлено, что в исследуемой популяции симментальской породы скота РФ большинство племенных предприятий со средней продуктивностью более 4 501 кг молока на 46,9 % укомплектованы коровами зарубежного происхождения, в то время как у хозяйств с более низкой продуктивностью этот показатель составил 16,1 %. Большая часть поголовья отнесена к III и IV группе хозяйств (со средней продуктивностью по стаду 4 500–5 500 кг молока), где сосредоточено 63,5 % всего поголовья коров. Уровень молочной продуктивности коров находился в диапазоне от 4 629 до 5 552 кг молока, с массовой долей жира от 3,89 до 4,00 % и белка от 3,17 до 3,27 % (табл. 3). Около 15,7 % коров (9 хозяйств) имеют продуктивность более 5 500 кг молока, в то время как 20,8 % (9 хозяйств) – менее 4 500 кг. Стоит отметить, что 41,8 % поголовья коров симментальской породы имеет отрицательные оценки племенной ценности по удою в пределах -77... -338 кг.

Как показал проведенный анализ, показатели молочной продуктивности выше у представительниц зарубежного происхождения, в меньшей степени – в первых двух группах, где представлены хозяйства со средней продуктивностью до 4 500 кг молока. Так, продуктивность коров в I группе хозяйств составила 4 048 кг молока с содержанием жира 3,88 % и белка 3,04 %, что достоверно выше на +121 кг ($P \leq 0,001$), а во II группе – 4 508 кг молока, 3,80 % жира и 3,20 % белка, что также достоверно выше на +225 кг ($P \leq 0,001$) в сравнении со сверстницами российского происхождения.

Молочная продуктивность коров в III и IV группах (с продуктивностью 4501–5500 кг молока) была соответственно на уровне 5 032 кг молока с содержанием жира 4,00 % и белка 3,18 % и 5 552 кг молока, 3,90 % жира и 3,27 % белка, превосходство над сверстниками российского происхождения составило +403 кг ($P \leq 0,001$) и

+483 кг ($P \leq 0,001$). Высокий уровень молочной продуктивности коров установлен в VI группе хозяйств, где он составил 6 575 кг молока с содержанием жира 3,96 % и белка 3,26 %, с достоверной разницей +713 кг молока ($P \leq 0,001$) в пользу животных зарубежного происхождения.

Средние оценки племенной ценности по удою были отрицательными у коров российского происхождения в первых трех группах хозяйств от – 338 кг до – 147 кг молока, в то время как у сверстниц зарубежного происхождения только в I и II группе хозяйств –278 кг и –77 кг, а в III группе они уже положительные (+14 кг). Наибольшая разница в средних оценках племенной ценности по удою между коровами российской и зарубежной селекции наблюдалась в III (+161 кг) и IV (+205 кг) группах, в остальных группах эта разница сократилась и была в пределах от +60 кг в I группе до +126 кг в VI группе. Как мы видим, средние оценки племенной ценности у симментальских коров принимали положительные значения при молочной продуктивности коров свыше 5 032 кг у представительниц зарубежного происхождения и 5 069 кг – у отечественных.

Положительные средние оценки племенной ценности по массовой доле жира в молоке получены у коров зарубежного происхождения в III, IV и V группах хозяйств (+0,0103...+0,0121 %), где они были гораздо выше, чем у представительниц российского происхождения, которые также имели положительные результаты оценки этого показателя (+0,0012...+0,0109 %), в то время как по массовой доле белка положительные оценки племенной ценности в этих группах имели только животные зарубежного происхождения (+0,0028...+0,0094 %). Следовательно, можно отметить, что селекционная работа с симментальской породой в России ведется на увеличение удоя и массовой доли жира в молоке, в то время как в зарубежных странах наравне с повышением удоя одновременно увеличивается содержание жира и белка в молоке. В заключении стоит отметить, что применение современных методов оценки племенной ценности как быков, так и коров и дальнейшее использование самых ценных из них позволит повысить генетический потенциал симментальского скота России.

**Молочная продуктивность и средние оценки племенной ценности коров в зависимости от происхождения быков-отцов
и категории хозяйства по уровню молочной продуктивности**

Группа хозяйств	Молочная продуктивность	Количество хозяйств	Происхождение быков-отцов	Средний показатель молочной продуктивности					Оценка племенной ценности (EBV)			
				n	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	СП, дн.	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	СП, дн.
I	< 4000	2	Зарубежное	861	4048 ±22,9	3,88 ±0,005	3,04 ±0,007	113 ±3,2	-278	+0,0139	-0,0114	+4,37
			Российское	3201	3927 ±15,2	3,85 ±0,004	3,06 ±0,003	116 ±1,7	-338	-0,0018	-0,0019	-1,86
II	4001–4500	7	Зарубежное	1212	4508 ±28,9	3,80 ±0,008	3,20 ±0,004	141 ±3,7	-77	-0,0073	+0,0002	+4,58
			Российское	7641	4283 ±10,8	3,90 ±0,004	3,17 ±0,002	128 ±1,2	-158	-0,0001	-0,0032	+0,67
III	4501–5000	12	Зарубежное	10188	5032 ±9,3	4,00 ±0,002	3,18 ±0,001	119 ±0,8	+14	+0,0121	+0,0033	+0,24
			Российское	12986	4629 ±8,6	3,92 ±0,002	3,19 ±0,001	125 ±0,8	-147	+0,0012	-0,0011	-0,48
IV	5001–5500	12	Зарубежное	7720	5552 ±16,8	3,90 ±0,002	3,27 ±0,001	129 ±1,2	+254	+0,0105	+0,0094	-2,81
			Российское	8497	5069 ±12,5	3,89 ±0,003	3,21 ±0,001	124 ±1,1	+49	+0,0024	-0,0097	-4,47
V	5501–6000	2	Зарубежное	2209	5935 ±32,9	4,17 ±0,005	3,17 ±0,002	157 ±2,6	+324	+0,0103	+0,0045	-1,67
			Российское	1484	5667 ±36,2	4,01 ±0,007	3,15 ±0,003	163 ±3,4	+226	+0,0109	-0,0085	-2,06
VI	6000>	7	Зарубежное	2876	6575 ±27,6	3,96 ±0,004	3,26 ±0,002	145 ±2,0	+404	-0,0109	+0,0028	-0,44
			Российское	3100	5860 ±27,9	3,91 ±0,003	3,25 ±0,002	132 ±1,7	+278	-0,0076	-0,0012	-0,21

Выводы

1. В исследуемой популяции симментальской породы скота РФ большинство племенных предприятий со средней продуктивностью более 4 501 кг молока на 46,9 % укомплектованы коровами зарубежного происхождения, в то время как у хозяйств с более низкой продуктивностью этот показатель составил 16,1 %.

2. Чистопородные голштины и симментал-голштинские помеси имели 55,3 % общего происхождения, в то время как чистопородный симментал российского и немецко-австрийского происхождения – только 25,5 %, однако они формировали общий кластер и были наиболее удалены от чистопородных голштинов.

3. Получены следующие коэффициенты наследуемости по признакам молочной продуктивности: удой $h^2 = 0,180$; выход молочного жира $h^2 = 0,194$ и белка $h^2 = 0,187$; содержание жира $h^2 = 0,142$ и белка в молоке $h^2 = 0,140$.

4. С ростом молочной продуктивности от 3 927 до 6 575 кг оценки племенной ценности также увеличиваются с -338 кг до +404 кг и принимают положительные значения при продуктивности 5 032 кг (EBV = +14 кг) у коров зарубежного происхождения и 5 069 кг (EBV = +49 кг) – у российского.

5. Средние значения молочной продуктивности у представительниц зарубежного происхождения были выше во всех исследуемых группах, с высокими значениями в III (5 032 кг молока, 4,00 % жира и 3,18 % белка) и в IV группах хозяйств (5 552 кг молока, 3,90 % жира и 3,27 % белка) со средней продуктивностью по стаду от 4 500 до 5 500 кг молока и достоверным превосходством над сверстницами российского происхождения +403 кг (при $P \leq 0,001$) и +483 кг (при $P \leq 0,001$) соответственно. Их средние оценки племенной ценности составили +14 кг и +254 кг, что выше российских представительниц на +161 кг и на +205 кг соответственно.

6. Лучшая молочная продуктивность среди всех групп хозяйств выявлена в VI группе также у коров зарубежного происхождения с удоем 6 575 кг молока, массовой долей жира 3,96 % и белка в молоке 3,26 % и наибольшим достоверным превосходством над сверстницами российского происхождения +715 кг (при $P \leq 0,001$), однако при высоких средних оценках племенной

ценности +404 кг молока разница со сверстницами российского происхождения не такая большая, как в III и IV группах (+126 кг).

Литература

1. *Анисимова Е.И.* Оценка быков-производителей основных линий симментальского скота по продуктивности дочерей // Аграрный вестник Урала. 2019. № 3. С. 22–27. DOI: 10.3241/article_5ce3fa1bbc4376.84350350.
2. *Шкуратова Г.М., Хамируев Т.Н.* Продуктивные качества первотелок симментальской породы разной селекции в условиях резко континентального климата // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 8. С. 15–21.
3. *Кузнецов В.М.* Исторические тренды в молочном скотоводстве России и США // Биология в сельском хозяйстве. 2015. № 2. С. 2–42.
4. *Кузнецов В.М.* Современные методы анализа и планирования селекции в молочном стаде. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2001. 116 с.
5. *Племяшов К.В., Лабинов В.В., Сакса Е.И.* и др. Использование метода BLUP Animalmodel в определении племенной ценности голштинизированного скота Ленинградской области // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 1. С. 2–5.
6. *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.
7. *Кузнецов В.М.* Компьютерное моделирование воспроизводства закрытого молочного стада // Аграрный вестник Юго-Востока. 2018. № 1. С. 16–22.
8. *Харитонов С.Н., Сермягин А.А., Мельникова Е.Е.* Эффективность использования уравнений модели BLUP для прогноза племенной ценности быков-производителей по молочной продуктивности дочерей // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 3. С. 7–11.
9. *Харитонов С.Н., Янчуков И.Н., Ермилов А.Н.* Совершенствование системы оценки молочного скота по комплексу экстерьерных показателей // Известия Тимирязевской

- сельскохозяйственной академии. 2011. № 4. С. 103–113.
10. Харитонов С.Н., Мельникова Е.Е., Алтухова Н.С. Племенная ценность быков-производителей по комплексу показателей молочной продуктивности их дочерей // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2019. № 4. С. 77–87.
 11. Зверева Е.А., Фураева Н.С., Муравьева Н.А. Использование BLUP-оценки быков-производителей ярославской породы в селекции высокопродуктивных коров и повышении их продуктивного долголетия // Вестник АПК Верхневолжья. 2016. № 3 (35). С. 58–62.
 12. Сермягин А.А., Янчуков И.Н., Мельникова Е.Е. и др. Сравнительная характеристика стад крупного рогатого скота на основе оценки племенной ценности коров методом BLUP ANIMAL MODEL // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 9. С. 160–167.
 13. Никитин С.А. Оценка племенной ценности коров симментальской и голштинской пород методом BLUP AM // Современные проблемы в животноводстве: состояние, решения, перспективы: мат-лы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию юбилю академика РАН В.Г. Рядчикова. Краснодар, 2019. С. 169–177.
 14. Sermyagin A., Dotsev A., Ignatieva L., Fornara M., Kostyunina O., Reyer H., Wimmers K., Brem G., Zinovieva N. Population structure of the Simmental cattle of different origin bred in Russia revealed by whole-genome SNP scanning // J. of Animal Science. Vol. 96, Issue suppl_3, 7 Desember 2018, Page 138. DOI: 10.1093/jas/sky404.302.
 15. Mészáros G., Fornara M., Reyer H. Elevated haplotypes frequencies reveal similarities for selection signatures in Western and Russian Simmental populations // Journal of Central European Agriculture. 2019. No 20 (1). Pp. 1–11. DOI: 10.5513/jcea01/20.1.2412.
 16. Henderson C.R. Application of linear models in animal breeding // Univ. of Guelph. 1984. P. 462.
 17. Schaeffer L. History of Genetic Evaluation Methods in Dairy Cattle. 2013. 352 p.
 18. Danshyn V., Ruban S., Fedota O. et al. Evaluation of breeding value of dairybreedssires // Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва. 2016. № 2 (129). С. 110–116.
 19. Misztal I., Tsuruta S., Strabel T. et al. BLUPF90 and related programs (BGF90) // Proceedings of the 7th world congress on genetics applied to livestock production. Montpellier, Communication. 2002. 28 (28-27):21-22.

Literatura

1. Anisimova E.I. Оценка быков-производителей основных линий симментальского скота по продуктивности дочерей // Agrarnyj vestnik Urala. 2019. № 3. С. 22–27. DOI: 10.3241/article_5ce3fa1bbc4376.84350350.
2. Shkuratova G.M., Hamiruev T.N. Produktivnye kachestva pervotelok simmental'skoj porody raznoj selekcii v uslovijah rezko kontinental'nogo klimata // Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo. 2016. № 8. С. 15–21.
3. Kuznecov V.M. Istoricheskie trendy v molochnom skotovodstve Rossii i SShA // Biologija v sel'skom hozjajstve. 2015. № 2. С. 2–42.
4. Kuznecov V.M. Sovremennye metody analiza i planirovanija selekcii v molochnom stade. Kirov: Zonal'nyj NIISH Severo-Vostoka, 2001. 116 s.
5. Plemjashov K.V., Labinov V.V., Saksa E.I. i dr. Ispolzovanie metoda BLUP Animalmodel v opredelenii plemennoj cennosti golshтинизиrowannogo skota Leningradskoj oblasti // Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo. 2016. № 1. С. 2–5.
6. Kudinov A.A., Petrova A.V., Plemjashov K.V. Primenenie metoda BLUP ANIMAL MODEL dlja ocenki plemennoj cennosti korov ajrshirskoj porody Leningradskoj oblasti // Genetika i razvedenie zhivotnyh. 2017. № 2. С. 79–85.
7. Kuznecov V.M. Komp'juternoe modelirovanie vosproizvodstva zakrytogo molochnogo stada // Agrarnyj vestnik Jugo-Vostoka. 2018. № 1. С. 16–22.
8. Haritonov S.N., Sermyagin A.A., Mel'nikova E.E. Jeffektivnost' ispol'zovanija uravnenij modeli BLUP dlja prognoza plemennoj

- cennosti bykov-proizvoditelej po molochnoj produktivnosti docherej // *Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo*. 2018. № 3. S. 7–11.
9. *Haritonov S.N., Janchukov I.N., Ermilov A.N.* Sovershenstvovanie sistemy ocenki molochnogo skota po kompleksu jekster'ernyh pokazatelej // *Izvestija Timirjzevskej sel'skhozjajstvennoj akademii*. 2011. № 4. S. 103–113.
10. *Haritonov S.N., Mel'nikova E.E., Altuhova N.S.* Plemennaja cennost' bykov-proizvoditelej po kompleksu pokazatelej molochnoj produktivnosti ih docherej // *Izvestija Timirjzevskej sel'skhozjajstvennoj akademii*. 2019. № 4. S. 77–87.
11. *Zvereva E.A., Furaeva N.S., Murav'eva N.A.* Ispol'zovanie BLUP-ocenki bykov-proizvoditelej jaroslavskoj porody v selekcii vysokoproduktivnyh korov i povyshenii ih produktivnogo dolgoletija // *Vestnik APK Verhnevolzh'ja*. 2016. № 3 (35). S. 58–62.
12. *Sermjagin A.A., Janchukov I.N., Mel'nikova E.E.* i dr. Sravnitel'naja harakteristika stad krupnogo rogatogo skota na osnove ocenki plemennoj cennosti korov metodom BLUP ANIMAL MODEL // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skhozjajstvennoj akademii*. 2018. № 9. S. 160–167.
13. *Nikitin S.A.* Ocenka plemennoj cennosti korov simmental'skoj i golshtinskoj porod metodom BLUP AM // *Sovremennye problemy v zhivotnovodstve: sostojanie, reshenija, perspektivy: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashh. 85-letnemu jubileju akademika RAN V.G. Rjadchikova*. Krasnodar, 2019. S. 169–177.
14. *Sermjagin A., Dotsev A., Ignatieva L., Fornara M., Kostyunina O., Reyer H., Wimmers K., Brem G., Zinovieva N.* Population structure of the Simmental cattle of different origin bred in Russia revealed by whole-genome SNP scanning // *J. of Animal Science*. Vol. 96, Issue suppl_3, 7 Desember 2018, Page 138. DOI: 10.1093/jas/sky404.302.
15. *Mészáros G., Fornara M., Reyer H.* Elevated haplotypes frequencies reveal similarities for selection signatures in Western and Russian Simmental populations // *Journal of Central European Agriculture*. 2019. No 20 (1). Pp. 1–11. DOI: 10.5513/jcea01/20.1.2412.
16. *Henderson C.R.* Application of linear models in animal breeding // *Univ. of Guelph*. 1984. P. 462.
17. *Schaeffer L.* History of Genetic Evaluation Methods in Dairy Cattle. 2013. 352 r.
18. *Danshyn V., Ruban S., Fedota O.* et al. Evaluation of breeding value of dairybreedssires // *Tehnologija virobniictva i pererobki produkcii tvarinnictva*. 2016. № 2 (129). S. 110–116.
19. *Misztal I., Tsuruta S., Strabel T.* et al. BLUPF90 and related programs (BGF90) // *Proceedings of the 7th world congress on genetics applied to livestock production*. Montpellier, Communication. 2002. 28 (28-27):21-22.

Исследования по изучению генетической дифференциации между популяциями быков-производителей симментальской породы разного происхождения на основе полногеномного сканирования, выполнены при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №17-29-08030.

Исследования по оценке племенной ценности коров выполнены по теме государственного задания Минобрнауки России, регистрационный номер №AAAA-A18-118021590134-3, а также в рамках работы селекционного центра (ассоциации) по крупному рогатому скоту симментальской породы.

