

Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 1 (45). С. 60-68
Vestnik Kurganskoj GSNA. 2023; (1-45): 60-68

Научная статья
УДК 636.01.2.034
Код ВАК 4.2.5

EDN: RBXUBB

СЕЛЕКЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОТБОРА КОРОВ ПО МОЛОЧНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ СТАДА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

Ольга Михайловна Шевелёва^{1✉}, Марина Анатольевна Свяженина², Марина Александровна Часовщикова³

^{1, 2, 3}Государственный аграрный университет Северного Зауралья, Тюмень, Россия

¹olgasheveleva@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-1940-3964>

²svyazhenina@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1571-2900>

³chasovschikovama@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1892-0932>

Аннотация. Цель исследования – разработать методы совершенствования продуктивных качеств крупного рогатого скота черно-пестрой породы на основе анализа селекционно-генетических параметров стада. Для расчета селекционно-генетических параметров была осуществлена выборка коров из программы «СЕЛЭКС. Молочный скот», были отобраны данные по молочной продуктивности и рассчитаны селекционно-генетические параметры (σ , C_v , Sxh^2 , r , rv). Проанализирована часть исследованного поголовья ($n = 56$) по полиморфизму 15 STR-локусов нуклеотидных последовательностей ДНК. Общее количество животных в обработке – 323 головы. Величина вариабельности молочных признаков продуктивности коров позволила установить, что изменчивость удоя на уровне 17 % дает возможность вести результативный отбор по этому признаку, в то время как отбор по массовой доле жира и белка ограничен низкой изменчивостью признаков. Величина повторяемости свидетельствует об эффективности отбора коров по всем показателям продуктивности в раннем возрасте. Выявлена отрицательная умеренная связь массовой доли жира с удоем за 305 дней лактации ($-0,308$; $P > 0,999$), таким образом, односторонний отбор по удою приведет к снижению жирномолочности. Генетическую структуру стада коров можно считать уникальной, а само стадо – уникальным генетическим продуктом, где на фоне высокой молочной продуктивности сохраняются хорошие репродуктивные качества коров. В связи с этим генофонд стада необходимо сохранить и использовать с целью совершенствования черно-пестрой породы в регионе и за его пределами. Установлено, что исследуемое стадо является уникальным, необходимо сохранять и тиражировать генотип животных для использования в селекционных целях.

Ключевые слова: порода, молочная продуктивность, изменчивость, корреляция, наследуемость, вариация, массовая доля жира, массовая доля белка, полиморфизм, эффект селекции.

Для цитирования: Шевелева О.М., Свяженина М.А., Часовщикова М.А. Селекционно-генетические параметры отбора коров по молочной продуктивности при совершенствовании стада крупного рогатого скота // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 1 (45). С. 60-68.

Scientific article

BREEDING AND GENETIC PARAMETERS OF SELECTION OF COWS FOR DAIRY PRODUCTIVITY IN THE IMPROVEMENT OF THE HERD OF CATTLE

Olga M. Sheveleva^{1✉}, Marina A. Svyazhenina², Marina A. Chasovshchikova³

^{1, 2, 3}NorthernTrans-Ural State Agricultural University, Tyumen, Russia

¹olgasheveleva@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-1940-3964>

²svyazhenina@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1571-2900>

³chasovschikovama@gausz.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1892-0932>

Abstract. The purpose of the study is to develop methods for improving the productive qualities of black-and-white cattle, which is based on an analysis of the selection and genetic parameters of the herd. The selection of cows was carried out from the program «SELEKS - Dairy cattle». Productivity indicators were taken to calculate the breeding and genetic parameters (σ , C_v , $Sx h^2$, r , rv) nucleotide sequences of DNA. The number of animals in the treatment was 323 animals. An analysis of the variability of cows' milk productivity indicators made it possible to establish that the

variability of milk yield of 17% allows for effective selection for this trait. Selection for the mass fraction of fat and protein is limited due to the low variability of traits. The value of the repeatability coefficient indicates the effectiveness of the selection of cows for all indicators of productivity at an early age. The relationship between the mass fraction of fat and milk yield for 305 days of lactation is negative and moderate (-0.308 ; $P > 0.999$). Unilateral selection for milk yield will lead to a decrease in milk fat content. The genetic structure of the herd of cows and the herd itself are unique, as good reproductive qualities of cows are preserved against the background of high milk productivity. Therefore, the gene pool of the herd must be preserved and used to improve the black-and-white breed in the region and beyond. It has been established that the herd under study is unique. It is necessary to preserve and replicate the genotype of animals for use in breeding purposes.

Keywords: breed, milk productivity, variability, correlation, heritability, variation, mass fraction of fat, mass fraction of protein, polymorphism, selection effect.

For citation: Sheveleva O.M., Svyazhenina M.A., Chasovshchikova M.A. Breeding and genetic parameters of selection of cows for dairy productivity in the improvement of the herd of cattle. Vestnik Kurganskoj GSHA. 2023; (1-45). 60-68. (In Russ).

Введение. В современном молочном скотоводстве достигнут очень высокий уровень молочной продуктивности коров [1-4]. В процессе совершенствования скота молочных пород повсеместно проводилось скрещивание с голштинской породой. Это привело к значительному уменьшению поголовья скота, принадлежащего чёрно-пёстрой породе [1, 5-6]. С 2021 года в стране проводится инвентаризация племенного скота молочного направления продуктивности. По решению коллегии Евразийского экономической комиссии от 08.09.2020 г. № 180 «Об утверждении Порядка определения породы (породности) племенных животных» [7] в регионах проводится определение породной принадлежности крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы. В результате проведенных работ установлено, что количество скота чёрно-пёстрой породы в стране значительно сократилось, исходя из этого решением Министерства сельского хозяйства Российской Федерации чёрно-пёстрая порода отнесена к генофондным породам [8]. Поэтому изучение селекционно-генетических параметров животных чёрно-пёстрой породы актуально. На основании проведенных исследований можно разработать пути ее совершенствования и сохранения [9-11].

Селекционно-генетические параметры, такие как средние значения признаков продуктивности, степень изменчивости, направление и величина фенотипических и генетических корреляций между признаками продуктивности, показатели наследуемости, характерные для изучаемой популяции, оценивают при разработке мероприятий, направленных на закрепление или повышение признаков продуктивности в стаде [12-14, 15-16]. Для повышения продуктивных признаков скота необходимо осуществлять подбор быков за племенным ядром только из числа проверенных по качеству потомства быков-производителей [7; 10].

Материалы и методы. Исследования проводили в Учебно-опытном хозяйстве ГАУ Северного Зауралья. В качестве объекта исследований были взяты коровы чёрно-пёстрой породы

($n = 323$). Для характеристики молочной продуктивности коров и их живой массы использовали данные из ИАС «Селэкс». Определены селекционно-генетические параметры стада: коэффициент вариации, среднее квадратическое отклонение, средняя величина признака, ошибка репрезентативности средней, наследуемость и повторяемость. Расчеты произведены по методике Н. А. Плохинского [17].

В анализируемом стаде чёрно-пёстрой породы были проведены исследования микросателлитной ДНК по 15 локусам. В качестве биологического материала для выделения ДНК использовали образцы стабильной крови коров ($n = 56$). Набор маркеров для анализа включал 15 микросателлитов – BM 1818, BM 1824, BM 2113, CSRM 60, CSSM 66, ETH 3, ETH 10, ETH 225, ILST 6, INRA23, SPS 115, TGLA 53, TGLA 122, TGLA 126, TGLA 227. Исследования проведены в Центре геномных технологий ФГБОУ ВО «ГАУ Северного Зауралья», г. Тюмень. На подконтрольных животных были выданы генетические паспорта.

Результаты исследований и их обсуждение. По степени изменчивости признаков можно судить о разнообразии особей в популяции, а, следовательно, и о возможности проведения отбора. В таблице 1 представлены показатели, характеризующие молочную продуктивность коров и ее изменчивость за 2015 и 2020 годы.

Таблица 1 – Изменчивость показателей продуктивности полновозрастных коров за 2015-2020 годы

Показатель	2015 г. (n = 166)			2020 г. (n = 157)		
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	σ	Cv, %	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	σ	Cv, %
Удой, кг	7515 ± 99,3	1279,2	17,0	7042 ± 68,5	1079,5	15,3
МДЖ, %	4,09 ± 0,02	0,19	4,6	3,98 ± 0,015	0,233	5,8
МДБ, %	3,10 ± 0,004	0,05	1,5	3,12 ± 0,005	0,078	2,5
Живая масса, кг	550 ± 2,08	25,9	4,7	567 ± 1,49	23,5	4,1

За анализируемый период времени молочная продуктивность полновозрастных коров за 305 дней лактации снизилась на 427 кг ($P \geq 0,99$), массовая доля жира на 0,11 % ($P \geq 0,999$), а содержание белка, при этом, повысилось на 0,02 % ($P \geq 0,95$), живая масса увеличилась в среднем на 17 кг ($P \geq 0,999$). Вариабельность показателей удою и живой массы незначительно снизилась, а качественных характеристик молока – увеличилась. Таким образом, изменчивость показателей продуктивности невысокая и находится в рамках селекционных допущений. Если судить о селекционных возможностях отбора, то следует отметить, что достаточное разнообразие удою дает возможность для дальнейшей успешной селекции по этому признаку. В то же время низкая изменчивость массовой доли белка может создать определенные трудности в плане улучшения данного признака. Поэтому для дальнейшего повышения белкомолочности необходимо использование ценных генотипов быков-производителей, которые являются носителями В-аллеля каппа-казеина и стойко передают свои качества потомству.

Эффективность отбора по любому селекционному признаку во многом определяется его повторяемостью. Величина коэффициента повторяемости указывает на надежность оценки, чем он выше, тем эффективнее отбор по данному признаку и зависит от стабильности условий использования и конституциональной крепости животных. Коэффициенты повторяемости рассчитаны на поголовье животных одного возраста, для снижения ошибки. Первая группа – коровы начали лактировать в 2014-2016 году, вторая – в 2016-2017 году. Возраст коров – 4 и 3 законченные лактации по группам соответственно. Повторяемость показателей молочной продуктивности представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Повторяемость показателей молочной продуктивности

Лактации	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
2014 – 2016 гг.			
1 – 2	0,626***	0,593***	0,580***
1 – 3	0,335***	0,309**	0,417***
1 – 4	0,360***	0,370***	0,099
2 – 3	0,466***	0,263**	0,396***
3 – 4	0,620***	0,221*	0,185*
2016 – 2017 гг.			
1 – 2	0,557***	0,319***	0,159*
1 – 3	0,322***	0,210**	0,006
2 – 3	0,265***	0,362***	0,063

Примечание: здесь и далее достоверность показателя * - $P > 0,95$; ** - $P > 0,99$; *** - $P > 0,999$

В первой группе наблюдается высокая повторяемость почти во всех анализируемых позициях, что позволяет проводить отбор по продуктивным качествам уже в первую лактацию. Во второй группе коэффициенты повторяемости позволяют прогнозировать продуктивность по удою и массовой доле жира в молоке вплоть до третьей лактации, а вот по массовой доле белка только до второй лактации. По мере удаления одной лактации от другой, во всех группах величины коэффициентов повторяемости снижаются, что вызвано неоднородностью условий из года в год, а также возрастными изменениями животных.

В целом величина повторяемости свидетельствует об эффективности отбора коров по всем показателям продуктивности в раннем возрасте.

Все хозяйственно-полезные признаки в той или иной степени генетически связаны между собой, и между ними имеют место сложные зависимости. Изучение сопряженности селекционных признаков позволяет при отборе усиливать действие положительных качеств, ослабляя нежелательные, но при этом вести селекцию по меньшему числу признаков, что намного проще. И в этом случае значительно ускоряются темпы генетического совершенствования стада. В племенной работе с молочным скотом очень большое значение имеет взаимосвязь между удоем, содержанием жира и белка. Характер колебаний этих связей обусловлен генетическими особенностями животных каждого стада и комплексом факторов внешней среды. С помощью отбора можно изменить взаимосвязи между признаками в желательном направлении.

В таблице 3 представлены результаты расчета коэффициента корреляции, полученные при математической обработке показателей продуктивности первотёлок.

В результате выявлена отрицательная умеренная связь массовой доли жира с удоем за 305 дней лактации ($-0,308$; $P > 0,999$). Следовательно, при отборе первотёлок только по удою возможно снижение жирномолочности в следующих поколениях. Между удоем и массовой долей белка сформировалась тенденция отрицательной слабой зависимости, а именно, рост удою сопровождается незначительным снижением белкомолочности.

Выявлена слабая положительная связь между массовой долей белка и массовой долей жира в удое за 305 дней лактации ($0,255$; $P > 0,999$), при этом наблюдается смена направления связи

по сравнению с предыдущим пятилетним периодом. То есть повышение жирномолочности ведет к повышению белкомолочности. Отсюда следует, что односторонний отбор по массовой доле белка может повысить жирномолочность, и наоборот, отбор по жирномолочности повысит белкомолочность.

Таблица 3 – Корреляционная связь между показателями молочной продуктивности у первотёлок (n = 227)

Коррелирующие признаки	r ± Sr
Удой х массовая доля жира	-0,308***
Удой х массовая доля белка	-0,088
Массовая доля жира х массовая доля белка	0,255***
Молочный жир х молочный белок	0,949***
Удой х молочный жир (кг)	0,950***
Удой х молочный белок (кг)	0,990***
Массовая доля жира х молочный жир (кг)	0,0001
Массовая доля белка х молочный белок (кг)	0,052

Между такими показателями, как удой и выход молочного белка или жира, а также между выходом молочного жира и белка присутствует сильная положительная связь, поэтому отбор по одному из этих показателей может быть эффективным и будет сопровождаться повышением связанных с ним признаков молочной продуктивности.

Результаты расчета корреляции у полновозрастных коров представлены в таблице 4.

Анализируя результаты расчетов, можно отметить во многом аналогичное первотёлкам направление корреляционных связей. Исключение составляет связь удоя с массовой долей белка, которая в первую и вторую лактации была положительной. Противоположно коровам 1 лактации у полновозрастных коров сформировалась отрицательная зависимость между массовой долей жира и белка.

Таблица 4 – Корреляционная связь между показателями молочной продуктивности у полновозрастных коров (n = 157)

Коррелирующие признаки	1 лактация	2 лактация	3 лактация
Удой х МДЖ	-0,355***	-0,424***	-0,253**
Удой х МДБ	0,209**	0,015	-0,070
МДЖ х МДБ	-0,357***	-0,146*	-0,212**
Молочный жир х молочный белок (кг)	0,955***	0,926***	0,898***
Удой х молочный жир (кг)	0,964***	0,933***	0,919***
Удой х молочный белок (кг)	0,997***	0,997***	0,989***
МДЖ х молочный жир (кг)	-0,097	-0,074	0,144
МДБ х молочный белок (кг)	0,282**	0,094	0,076

При этом остаются высокими и достоверными взаимосвязи между количественными показателями молочной продуктивности, что в целом характерно для молочного скота.

Качество ремонтных тёлочек оказывает влияние на их последующую молочную продуктивность. Уровень этого влияния определен посредством расчета коэффициентов корреляции между живой массой молодняка в разном возрасте и его молочной продуктивностью в последующем (таблица 5).

Таблица 5 – Корреляционная связь между показателями молочной продуктивности и динамикой изменения живой массы животных в процессе развития (n = 157)

Показатель	Живая масса в возрасте, мес.			
	6	10	12	18
Удой за 1 лактацию, кг	-0,009	0,072	-0,011	0,025
Удой за 2 лактацию, кг	-0,005	0,107	-0,026	-0,039
Удой за 3 лактацию, кг	-0,019	0,047	0,069	0,022
МДБ за 1 лактацию, %	-0,035	-0,031	0,012	0,185*
МДЖ за 1 лактацию, %	0,018	-0,131*	-0,041	-0,075
Молочный белок за 1 лактацию, кг	-0,011	0,068	-0,010	0,038
Молочный жир за 1 лактацию, кг	-0,002	0,042	-0,023	0,002

Полученные в результате расчетов данные указывают, что молодняк хорошо развит, так как только при таком развитии живая масса не оказывает влияния на последующие показатели продуктивности. Практически все проанализированные связи очень слабы и недостоверны. Выявлено только два момента, оказывающие воздействие на качественные характеристики молока, а именно: повышение живой массы молодняка в 10 месяцев было отрицательно связано с жирномолочностью (-0,131), в 18 месяцев оказало положительное воздействие на последующую белкомолочность первотёлок. Эти нюансы необходимо учитывать при выращивании ремонтного молодняка.

Взаимосвязь между удоем, с одной стороны, и основными компонентами молока, с другой, влияют на результаты селекции по одному из признаков. Так, отбор в племенное ядро особей с высоким удоем будет способствовать повышению у потомства величины удоя при снижении концентрации жира и повышению белка в молоке. Но практика показывает, что одновременная селекция по двум признакам в течение многих поколений может быть успешной в отношении обоих признаков. Сопряженность продуктивных

признаков относительно устойчиво наследуется. Выявляя особей, сочетающих селекционные признаки на высоком уровне, можно закрепить у потомства желательные качества селекционными методами.

Так как животные племенного ядра должны обладать высоким потенциалом продуктивности, то и связи между признаками должны быть положительными. Для изменения направления связи между признаками необходимо установить четкие параметры для отбора и соблюдать их.

Прогресс любого стада зависит от степени унаследования потомством продуктивных качеств коров. По данным продуктивности рассчитаны коэффициенты наследуемости на основе удвоенного коэффициента корреляции между показателями продуктивности матерей и дочерей. Коэффициент наследуемости удоя – 0,266, массовой доли жира – 0,403, массовой доли белка – 0,082.

Характеристика коров племенного ядра по основным показателям продуктивности представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Молочная продуктивность и живая масса коров племенного ядра

Показатель	1 лактация		2 лактация		3 лактация	
	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	Cv, %	$\bar{X} \pm S\bar{X}$	Cv, %
Удой, кг	7584 ± 65,5	9,5	7919 ± 89,8	12,5	7809 ± 105,6	15,8
МДЖ, %	3,97 ± 0,016	4,5	3,92 ± 0,020	5,5	3,93 ± 0,022	6,2
Молочный жир, кг	301,4 ± 2,55	9,3	310,8 ± 3,64	12,9	306,8 ± 4,00	14,3
МДБ, %	3,10 ± 0,005	1,8	3,09 ± 0,005	1,9	3,11 ± 0,006	2,3
Молочный белок, кг	234,9 ± 2,15	10,0	244,4 ± 2,71	12,2	243,2 ± 3,24	14,6
Живая масса, кг	521 ± 2,7	5,7	541 ± 2,4	4,9	555 ± 2,0	4,0

Так, коровы племенного ядра имеют достаточно высокие показатели молочной продуктивности. В анализируемой группе коров наблюдали повышение удоя и достижение его максимума во вторую лактацию и его снижение в третью лактацию. Так, если с первой по вторую лактацию рост удоя составлял 335 кг, или 4,4 %, то со второй по третью наблюдали снижение удоя на 110 кг, или 1,4 %. На этом фоне заметно снижение жирномолочности к третьей лактации на 0,04 % и практически стабильный уровень массовой доли белка – 3,09-3,11 %. Коэффициент устойчивости лактации колебался в пределах

90-95 %, то есть коровы племенного ядра обладают устойчивой лактационной кривой, что и характерно для высокопродуктивного скота. Обеспеченность вызывает снижение уровня удоя в третью лактации обычно удои повышаются до 3-5 лактации, остаются стабильными около двух лактаций, а затем снижаются. Анализируя полученный материал, можно предположить, что понижение удоев связано с повышением доли голштинской породы, которая выдает высокую молочную продуктивность уже ко второй лактации, а также некоторыми погрешностями в кормовом рационе.

Коэффициенты вариации показателей продуктивности имеют низкие значения, что свидетельствует о довольно небольшом размахе уровня селекционируемых признаков. В целом продуктивные качества коров племенного ядра характеризуются как высокие, что позволит поддерживать их достигнутый уровень.

На основании полученных коэффициентов наследуемости и уровня продуктивности коров племенного ядра можно установить стандарты для отбора коров в производственную группу и рассчитать минимальные требования для отбора первотелок. Расчеты представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Эффект селекции и минимальные требования к отбору

Показатель	Величина показателя
Средняя продуктивность по стаду за 305 дн., кг	6643
Средняя продуктивность коров племенного ядра, кг	7631
Селекционный дифференциал, кг	988
Эффект селекции за поколение, кг	263
Вероятность повышения продуктивности за счет селекции, кг	6906
Минимальные требования к удою для отбора коров 1 лактации, кг	6191

Таким образом, чтобы повысить эффект селекции, необходимо осуществлять подбор быков за племенным ядром только из числа проверенных по качеству потомства быков-производителей. Количество коров, которые входят в племенное ядро данного предприятия, должно составлять не менее 40 % от общего количества коров на предприятии.

Генетический прогресс невозможен без контроля достоверности происхождения, поэтому согласно требованиям к племенному заводу происхождение должно быть подтверждено у всех коров быкопроизводящей группы и ремонт-

ного молодняка на племенную продажу [18-19]. Данные требования предприятие выполняет в полном объеме. Для контроля происхождения за предыдущие пять использовали иммуногенетический анализ и STR-локусы, применение микросателлитного анализа значительно повысило эффективность контроля.

Проанализировав часть исследованного поголовья по полиморфизму 15 STR-локусов нуклеотидных последовательностей ДНК, установили 116 аллелей, диапазон размеров которых варьировал от 81 до 296 бп. В изучаемых локусах идентифицировано от 5 до 16 аллелей. Среднее число аллелей на локус составляло 7,7 (таблица 8).

Таблица 8 – Характеристика полиморфизма STR-локусных микросателлитов

Локус	Аллели	Число аллелей на локус	Число эффективных аллелей на локус (Ae)
BM 1818	258 – 266	5	5,0
BM 1824	178 – 190	5	2,8
BM 2113	125 – 139	7	4,0
CSRM 60	92 – 104	7	4,3
CSSM 66	181 – 197	7	3,2
ETH 3	115 – 129	7	5,0
ETH 10	213 – 225	7	5,7
ETH 225	140 – 152	6	3,5
ILST 006	288 – 296	5	3,0
INRA 023	198 – 214	8	8,0
SPS 115	248 – 258	5	3,0
TGLA 53	154 – 186	16	7,5
TGLA 122	139 – 183	14	8,0
TGLA 126	115 – 123	5	2,8
TGLA 227	81 – 103	12	4,3
\bar{X}	-	7,7	4,7
$S\bar{x}$	-	0,897	0,517

Чем большим числом аллелей представлена популяция и чем более равномерно они распределены, тем более вариабельным является генетический потенциал популяции. Но чем большим числом аллелей представлен локус, тем более информативными они являются для характеристики популяции [18-19]. Среднее число информативных аллелей или уровень полиморфности составил 4,7 единиц. Из всех исследованных локусов минимальным значением полиморфности обладали BM1818 и TGLA126 – 2,8 единицы, общее количество локусов с наименьшей, чем в среднем информативностью составляло 9 из 15 локусов. Наибольшей полиморфностью обладали два локуса INRA 23 и TGLA 122 – 8,0. В группу локусов с наибольшей, чем в среднем, информа-

тивностью вошли INRA 023, TGLA122, TGLA 53, ETH 10, ETH 3, BM 1818 – от 5,0 до 8,0.

Частоты встречаемости аллелей колебались от 0,009 до 0,580. В частности, наибольшей частотой (более 0,400) отличались аллели 266 (BM1818), 102 (CSRM 60), 117 (ETH 3), 294 (ILST6), 248 (SPS 115), 117 (TGLA 126).

При генотипировании стада нами определена наблюдаемая и ожидаемая гетерозиготность. Следует отметить, что повышение гетерозиготности в целом играет положительную роль в адаптации организма, а ожидаемая гетерозиготность точнее отражает уровень аллельного разнообразия, что важно при исследовании популяций (таблица 9).

Таблица 9 – Гетерозиготность локусных микросателлитов

Локус	Наблюдаемая гетерозиготность (Ho)	Ожидаемая гетерозиготность (He)	Индекс фиксации (Fis)
BM 1818	0,800	0,665	-0,204
BM 1824	0,636	0,741	0,142
BM 2113	0,750	0,792	0,054
CSRM 60	0,769	0,662	-0,161
CSSM 66	0,688	0,772	0,109
ETH 3	0,800	0,686	-0,167
ETH 10	0,824	0,795	-0,036
ETH 225	0,714	0,753	0,051
ILST 006	0,667	0,685	0,027
INRA 023	0,889	0,800	-0,111
SPS 115	0,667	0,588	-0,133
TGLA 53	0,867	0,852	-0,018
TGLA 122	0,875	0,783	-0,117
TGLA 126	0,636	0,629	-0,012
TGLA 227	0,767	0,869	0,118
\bar{X}	0,757	0,738	-0,031
$S\bar{x}$	0,022	0,021	-

Так, высоким уровнем наблюдаемой гетерозиготности характеризовались локусы BM 1818 и ETH 3 по 0,800, ETH10 – 0,824, TGLA 53 – 0,867, TGLA 122 – 0,875, INRA 23 – 0,889, наименьшим BM 1824 и TGLA126 – 0,636. В то же время ожидаемая гетерозиготность наибольшей была по локусам TGLA 227 – 0,869, TGLA 53 – 0,852 и INRA 23 – 0,800, а наименьшей – 0,588 по SPS115 локусу. Средний уровень фактической и ожидаемой гетерозиготности составлял 0,757 и 0,738 соответственно.

Для установления отклонения гетерозиготных генотипов от теоретически ожидаемой рассчитали индекс фиксации, который показывает нехватку при положительном выражении или

избыток при отрицательном выражении гетерозигот в популяции. В исследуемом стаде, в среднем наблюдается незначительный избыток гетерозигот (-0,031). Анализируя каждый локус в отдельности, установили, что по большинству из них наблюдается избыток гетерозигот. Недостаток гетерозигот отмечали по шести локусам BM 1824, BM 2113, CSSM66, ETH225, ILST6 и TGLA 227. Таким образом, подконтрольное поголовье чёрно-пёстрой породы характеризуется умеренной степенью гетерозиготности, система случайного скрещивания в стаде преобладает над инбридингом.

Исследования гетерозиготности показывают, что наиболее информативными являются локусы с максимальной ожидаемой полиморфностью, которые могут быть использованы для установления происхождения в стаде – это локусы BM 1818, ETH 10, ETH 3, INRA23, TGLA 53, TGLA 122.

Итак, аллельный спектр исследуемых локусов крупного рогатого скота учебно-опытного хозяйства имеет отличия от ряда анализируемых стад чёрно-пёстрого скота. По численности аллелей и, следовательно, по разнообразию генотипов и информативности подконтрольное стадо отличается в локусах TGLA 53, TGLA 122, TGLA 227 где идентифицировано от 12 до 16 аллелей.

Генетическую структуру стада коров чёрно-пёстрой породы учебно-опытного хозяйства, основываясь на анализе аллельного спектра локусов, можно считать уникальной, а само стадо – уникальным генетическим продуктом, где на фоне высокой молочной продуктивности сохраняются хорошие репродуктивные качества коров. В связи с этим генофонд стада необходимо сохранить и использовать с целью совершенствования чёрно-пёстрой породы в регионе и за его пределами. Продолжение деятельности учебно-опытного хозяйства как племенного завода позволит приблизить племенное молочное скотоводство Российской Федерации к решению такой важной проблемы как нехватка отечественного племенного материала.

Заключение. Установленные параметры селекционно-генетического отбора позволяют рекомендовать для улучшения продуктивных качеств коров вести подбор быков препотентных по жирномолочности и белковомолочности. Вариабельность удоя позволяет вести селекцию коров на повышение этого показателя. Анализ генетической структуры стада позволил установить его уникальность, а также необходимость

сохранения животных этого стада для улучшения продуктивных качеств скота в регионе.

Список источников

1. Современное состояние племенной работы с чёрно-пёстрым скотом в регионе Урала – итоги 2021 года: монография / О.И. Лешонок [и др.]. Екатеринбург: ООО ДжиЛайм, 2022. 109 с.

2. Назарченко О.В., Русанов А.Н. Реализация потенциала коров голштинской породы различных генераций по продуктивным качествам // Главный зоотехник. 2021. № 12 (221). С. 28-35.

3. Назарченко О.В., Четвертакова Е.В., Улимашев М.Б. Продуктивные качества коров чёрно-пёстрой породы в зависимости от их возраста // Вестник КрасГАУ. 2021. № 10 (175). С. 150-157.

4. Шушпанова К.А., Татаркина Н.И. Продуктивность коров голштинской породы // Вестник Курганской ГСХА. 2020. № 2 (34). С. 44-47.

5. Шендаков А.И. Влияние голштинской породы на генофонд чёрно-пёстрого скота в стадах Орловской области // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 1. С. 17-20.

6. Шевелева О.М., Свяженина М.А., Смирнова Т.Н. Использование разных методов подбора для совершенствования стада крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы в племенном заводе // Вестник КрасГАУ. 2021. № 2 (167). С. 87-93.

7. Об утверждении порядка и условий проведения бонитировки племенного крупного рогатого скота молочного и молочно-мясного направления продуктивности: приказ М-ва сельского хозяйства Рос. Федерации от 28.10.2010 № 379 [Электронный ресурс]. Информационная сеть «Техэксперт». URL: <http://techexpert.cntd72.ru:3012/docs/> (дата обращения: 13.01.2023).

8. Об утверждении Порядка определения породы (породности) племенных животных. Решение Коллегии Евразийской экономической комиссии от 8 сентября 2020 г. № 108 [Электронный ресурс]. Информационная сеть «Техэксперт». URL: <http://techexpert.cntd72.ru:3012/docs/> (дата обращения: 13.01.2023).

9. Шевелёва О.М., Свяженина М.А., Смирнова Т.Н. Пути совершенствования стада крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы в племенном заводе АО ПЗ «Учхоз ГАУ Северного Зауралья» // Современные направления развития науки в животноводстве и ветеринарной медицине: материалы международной научно-практической конференции. Тюмень: Изд-во ГАУ Северного Зауралья, 2021. С. 245-251.

10. Экстерьерная характеристика коров

голштинской породы в условиях Северного Зауралья / О.М. Шевелёва [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 2 (66). С. 253-262.

11. Изучение показателей продуктивности коров чёрно-пёстрой породы с учетом генотипов ДНК-маркеров / А.В. Степанов [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. 2022. № 2 (42). С. 25-35.

12. Кахикало В.Г., Назарченко О.В., Фенченко Н.Г. Селекционно-генетические параметры хозяйственно-биологических признаков чёрно-пёстрой породы различного экогенеза: учебное пособие. СПб: Лань, 2020. 172 с.

13. Селекционно-генетические параметры молочной продуктивности коров голштинской породы в стаде ЗАО «Глинки» / О.В. Назарченко [и др.] // Инженерное обеспечение в реализации социально-экономических и экологических программ АПК: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2020. С. 287-290.

14. Вельматов А.П., Абушаев Р.А., Тишкина Т.Н. Взаимосвязь хозяйственно-полезных признаков и их использование в практической селекции // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 1 (53). С. 143-149.

15. Иванова И.П., Троценко И.В. Применение селекционно-генетических параметров в племенной работе с молочным скотом // Вестник КрасГАУ. 2019. № 3 (144). С. 65-70.

16. Шевелева О.М., Свяженина М.А. Селекционно-генетические параметры продуктивных признаков и экстерьерные особенности крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы в Западной Сибири // Молочнохозяйственный вестник. 2021. № 2 (42). С. 95-106.

17. Плохинский Н.А. Биометрия: монография. Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1961. 364 с.

18. Kabitskaya Y.A., Boyko E.G. Genetic diversity of cattle bred in territory of the Tyumen region, Russia // Archives of Razi Institute. 2021. № 76 (3). P. 681-690. DOI: 10.22092/ARI.2021.355325.1673.

19. Часовщикова М.А. Генетическая характеристика чёрно-пёстрой породы крупного рогатого скота с использованием микросателлитных маркеров // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2021. № 1 (62). С. 64-69.

References

1. Leshonok O.I. et al. *Sovremennoe sostoyanie plemnoi raboty s cherno-pestrym skotom v regione Urala – itogi 2021 goda: monografiya* [The current state of breeding work with black-and-white cattle in the Ural region – the results of 2021]. Ekaterinburg: DzhiLaim, 2022. (In Russ).

2. Nazarchenko O.V., Rusanov A.N. Realizatsiya potentsiala korov golshtinskoj porody razlichnykh generatsii po produktivnym kachestvam [Realization of the potential of cows of Holstein breed of different generations in terms of productive traits]. *Glavnyi zootekhnik*. 2021; (12-221): 28-35. (In Russ).

3. Nazarchenko O.V., Chetvertakova E.V., Ulimbashev M.B. Produktivnye kachestva korov cherno-pestroj porody v zavisimosti ot ikh vozrasta [Black-and-white cows productive qualities depending on their age]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2021; (10-175): 150-157.

4. Shushpanova K.A., Tatarkina N.I. Produktivnost' korov golshtinskoj porody [Productivity of Holstein cows]. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2020; (2-34): 44-47. (In Russ).

5. Shendakov A.I. Vliyanie golshtinskoj porody na genofond cherno-pestrogo skota v stadakh Orlovskoi oblasti [Influence of the Holstein breed on the gene pool of Black-and-white cattle in the herds bred in the Oryol region]. *Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2022; (1): 17-20. (In Russ).

6. Sheveleva O.M., Svyazhenina M.A., Smirnova T.N. Ispol'zovanie raznykh metodov podbora dlya sovershenstvovaniya stada krupnogo rogatogo skota cherno-pestroj porody v plemennom zavode [The use of different selection methods for improving the herd of Black-and-motley cattle in breeding factory]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2021; (2-167): 87-93. (In Russ).

7. Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation № 379 of 28 October 2010 «Ob utverzhdenii poryadka i uslovii provedeniya bonitirovki plemennogo krupnogo rogatogo skota molochnogo i molochno-myasnogo napravleniya produktivnosti» [Internet]. Information network «Techexpert». URL: <http://techexpert.cntd72.ru:3012/docs/> (accessed: 13.01.2023). (In Russ).

8. Decision of the Board of the Eurasian Economic Commission № 108 of 8 September 2020 «Ob utverzhdenii Poryadka opredeleniya porody (porodnosti) plemennykh zhivotnykh» [Internet]. Information network «Techexpert». URL: <http://techexpert.cntd72.ru:3012/docs/> (accessed: 13.01.2023). (In Russ).

9. Sheveleva O.M., Svyazhenina M.A., Smirnova T.N. Puti sovershenstvovaniya stada krupnogo rogatogo skota cherno-pestroi porody v plemennom zavode AO PZ «Uchkhoz GAU Severnogo Zaural'ya» [Waystoimprovethe herd of Black-and-white cattle in the breeding plant of JSC PZ «Uchkhoz GAU of the Northern Trans-Urals]. Materials of the international scientific-practical conference «Modern trends in the development of science in animal husbandry and veterinary medicine». Tyumen: GAU Severnogo Zaural'ya; 2021: 245-251. (In Russ).
10. Sheveleva O.M. et al. Ekster'ernaya kharakteristika korov golshtinskoj porody v usloviyakh Severnogo Zaural'ya [Exterior characteristics of Holstein cows in the conditions of the Northern Trans-Urals]. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2022; (2-66): 253-262. (In Russ).
11. Stepanov A.V. et al. Izuchenie pokazatelei produktivnosti korov cherno-pestroi porody s uchetom genotipov DNK-markerov [Study of the productivity indicators of Black-and-white breed cows taking into account genotypes of DNA markers]. *Vestnik Kurganskoj GSHA*. 2022; (2-42): 25-35. (In Russ).
12. Kakhikalo V.G., Nazarchenko O.V., Fenchenko N.G. *Selektsionno-geneticheskie parametry khozyaistvenno-biologicheskikh priznakov cherno-pestroi porody razlichnogo ekogeneza: uchebnoe posobie* [Breeding and genetic parameters of economic and biological characteristics of the black-motley breed of various ecogenesis]. Saint Petersburg: Lan'; 2020. (In Russ).
13. Nazarchenko O.V. et al. Selektionno-geneticheskie parametry molochnoi produktivnosti korov golshtinskoj porody v stade ZAO «Glinki» [Selection-genetic parameters of dairy productivity of cows of Holstein breed in the stock of Glinki CJSC]. Materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference «Engineering support in the implementation of socio-economic and environmental programs of the agro-industrial complex». Kurgan: Kurganskaya GSKhA; 2020: 287-290. (In Russ).
14. Velmatov A.P., Abushaev R.A., Tishkina T.N. Vzaimosvyaz' khozyaistvenno-poleznykh priznakov i ikh ispol'zovanie v prakticheskoi selektsii [The correlation of economically useful traits and their usage in practical breeding]. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2021; (1-53): 143-149. (In Russ).
15. Ivanova I.P., Trotsenko I.V. Primenenie selektsionno-geneticheskikh parametrov v plemeni rabote s molochnym skotom [The application of selection and genetic parameters in breeding work with dairy cattle]. *The Bulletin of KrasGAU*. 2019; (3-144): 65-70. (In Russ).
16. Sheveleva O.M., Svezhenina M.A. Selektionno-geneticheskie parametry produktivnykh priznakov i ekster'ernye osobennosti krupnogo rogatogo skota cherno-pestroi porody v Zapadnoi Sibiri [Breeding and genetic parameters of productive traits and exterior features of Black-and-white cattle in Western Siberia]. *Molochnokhozyaistvenny Vestnik*. 2021; (2-42): 95-106. (In Russ).
17. Plokhinsky N.A. *Biometriya: monografiya* [Biometrics]. Novosibirsk: SO AN SSSR; 1961. (In Russ).
18. Kabitskaya Y.A., Boyko E.G. Genetic diversity of cattle bred in territory of the Tyumen region, Russia. *Archives of Razi Institute*. 2021; (76-3): 681-690. DOI: 10.22092/ARI.2021.355325.1673.
19. Chasovshchikova M.A. Geneticheskaya kharakteristika cherno-pestroi porody krupnogo rogatogo skota s ispol'zovaniem mikrosatellitnykh markerov [Genetic characteristics of the Black-and-white cattle breed using microsatellite markers]. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaistvennoy akademii im. V.R. Filippova*. 2021; (1-62): 64-69. (In Russ).

Информация об авторах

О.М. Шевелева – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; AuthorID 646056.

М.А. Свяженина – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; AuthorID 431483.

М.А. Часовщикова – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; AuthorID 470972.

Information about the author

O.M. Sheveleva – Doctor of Agricultural Sciences, Professor; AuthorID 646056.

M.A. Svyazhenina – Doctor of Agricultural Sciences, Professor; AuthorID 431483.

M.A. Chasovshchikova – Doctor of Agricultural Sciences, Professor; AuthorID 470972.

Статья поступила в редакцию 07.02.2023; одобрена после рецензирования 28.03.2023; принята к публикации 08.06.2023.

The article was submitted 07.02.2023; approved after reviewing 28.03.2023; accepted for publication 08.06.2023.