

Влияние степени инбридинга на геномную оценку голштинских быков разных генеалогических комплексов

Екатерина Николаевна Васильева, Ольга Васильевна Тулинова, Анна Владимировна Петрова

ВНИИ генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал ФГБНУ «ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста», Санкт-Петербург, Россия

e-mail: tulinova_59@mail.ru

Аннотация. Исследуемые 338 быков нового поколения селекции США принадлежат к ранее выявленным генеалогическим комплексам (ветвям) Х.Х.К. Манфреда (Мф), Б.М.Т. Клейтуса (Кл), Прелюда (Пр) в линии Вис Айдиал и Блекстар Имори (БИ), Меджика (Мд), Адама (Ад) и Г. Арлинда Чифа (АЧ) в линии Рефлексн Соверинг. Было изучено влияние таких генетических факторов как отец, линия, ветвь и уровень инбридинга на геномную оценку племенной ценности (ГПЦ) по продуктивным качествам молодых бычков. В среднем коэффициент инбридинга исследуемого поголовья равен $13,14 \pm 0,15$ с колебаниями от $12,72 \pm 0,54$ до $15,98 \pm 1,26$ %, геномная оценка по удою варьировала от 1204 ± 101 до 1571 ± 198 кг при среднем значении 1308 ± 27 кг молока. Выявлена достоверная, но слабая положительная корреляционная связь геномной оценки быков по удою с коэффициентом инбридинга ($r = +0,118$ при $p \geq 0,95$). Имеющиеся различия по ГПЦ признаков молочной продуктивности между группами быков разных генеалогических комплексов не значительны. По коэффициенту инбридинга различия значимы только между Кл и АЧ ($-3,08$ % при $p \geq 0,95$), Ад и АЧ ($-3,06$ % при $p \geq 0,95$), БИ и АЧ ($-3,26$ % при $p \geq 0,95$). Однофакторный дисперсионный анализ показал, что в основном большую силу влияния на геномную племенную ценность по исследуемым признакам имеет фактор коэффициент инбридинга – $42,4$ % по удою, $53,6$ % по содержанию жира и $58,9$ % по содержанию белка, что сравнимо с влиянием отца на ГПЦ по удою $42,6$ %, по содержанию жира и белка $50,8$ и $46,0$ % соответственно.

Ключевые слова: генеалогическая ветвь; бык; голштинская порода; линия; коэффициент инбридинга; геномная племенная ценность; ANOVA.

Для цитирования: Васильева Е. Н., Тулинова О. В., Петрова А. В. Влияние степени инбридинга на геномную оценку голштинских быков разных генеалогических комплексов // Аграрный научный журнал. 2023. № 10. С. 94–99. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp94-99>.

VETERINARY MEDICINE AND ZOOTECHNICS

Original article

Influence of the inbreeding level on the genomic assessment of Holstein bulls of different genealogical complexes

Ekaterina N. Vasilyeva, Olga V. Tulinova, Anna V. Petrova

Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding – Branch of the L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry, St. Petersburg, Russia, e-mail: tulinova_59@mail.ru

Abstract. The studied 338 bulls of the new generation of US selection belong to the previously identified genealogical complexes (branches) of H.H.C. Manfred (Mf), B.M.T. Cleitus (Cl), Prelude (Pr) in the W. Ideal line and Blackstar Emori (BE), Magic (Mg), Adam (Ad) and G. Arlinda Chief (AC) in the R. Sovereign line. The influence of genetic factors: father, line, branch and level of inbreeding on the Genomic Estimation of Breeding Value (GEBV) for the productive qualities of young bulls was studied. On average, the inbreeding coefficient of the studied livestock is 13.14 ± 0.15 from 12.72 ± 0.54 to 15.98 ± 1.26 %, the genomic estimate for milk yield varied from 1204 ± 101 to 1571 ± 198 kg with an average value 1308 ± 27 kg of milk. A significant weak positive correlation between the genomic assessment of bulls for milk yield and the inbreeding coefficient was revealed ($r = +0.118$, $p \geq 0.95$). Differences in the GEBV of milk productivity traits between groups of bulls of different genealogical complexes are not significant. Significant differences in inbreeding coefficients only between Cl and AC (-3.08 %, $p \geq 0.95$), Ad and AC (-3.06 %, $p \geq 0.95$), BE and AC (-3.26 %, $p \geq 0.95$). Using one-way analysis of variance (ANOVA), a large influence on the genomic breeding value was established by the factor inbreeding coefficient – 42.4 % for milk yield, 53.6 % for fat content and 58.9 % for protein content, which is comparable to the influence of the father on the GEBV for milk yield 42.6 %, fat and protein content 50.8 and 46.0 %, respectively.

Keywords: genealogical branch; bull; Holstein breed; line; inbreeding coefficient; GEBV; ANOVA.

For citation: Vasilyeva E. N., Tulinova O. V., Petrova A. V. Influence of the inbreeding level on the genomic assessment of Holstein bulls of different genealogical complexes. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(10):94–99. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp94-99>.





Введение. Инбридинг – один из важных приемов для консолидации наследственных качеств животных при использовании выдающихся по племенной ценности производителей. В молочном скотоводстве последнее время этот метод используется при совершенствовании племенных стад. И.А. Григорьев и В.М. Юдин, проведя анализ подбора быков-производителей в стаде СПК «Удмуртия», показали в динамике лет (2005–2017 гг.) применение эффекта инбридинга в более высоких степенях с целью улучшения продуктивных качеств животных [6]. Риски, сопровождающие применение близкородственного спаривания, ограничивают ареал его распространения. В селекционно-племенной работе с крупным рогатым скотом в Алтайском крае аутбредных животных насчитывается 75,4 %, а из 24,6 % инбредных на близкий инбридинг приходится 13,6 %, на умеренный 35,6 % и на отдаленный 50,8 % [7]. В Кабардино-Балкарской Республике 32,4 % инбредных животных, из которых 50 % с близким и остальные с умеренным инбридингом [2]. В Свердловской области 54,15 % животных получены с использованием неродственного подбора, а инбридированные распределяются следующим образом: тесный – 0,9 %, умеренный – 3,07 % и отдаленный – 8,30 % [11]. В Омской области – 53,00 % поголовья аутбредные, 11,36 % с тесным, 7,42 % с близким, 17,46 % с умеренным и 10,48 % с отдаленным инбридингом [3]. Менее 50,0 % аутбридинга применяется в стадах Кировской области, а применяемый инбридинг это 10,7 % умеренный и 43,8 % отдаленный [5]. Увеличение доли инбредных животных в стадах с оптимальными условиями производственного процесса подтверждается положительным влиянием данного метода на продуктивные качества молочного скота в сравнении с аутбридингом [2, 9].

Применение разных степеней инбридинга зависит от условий менеджмента, способствующего реализации заложенного генетического потенциала при подборе родительских пар. В исследованиях Л.И. Кузякиной на поголовье коров черно-пестрой породы установлено, что при увеличении коэффициента инбридинга снижается удой и МДЖ, поэтому рекомендуется использовать аутбридинг и отдаленный инбридинг в степени от 0,20 до 1,55 %. При этом корреляция коэффициента инбридинга с удоєм составила –0,14, а с МДЖ –0,25 [5]. Подобные данные получены в других исследованиях [2, 3, 7, 11].

Большинство ученых в области племенного животноводства рекомендуют уделять особое внимание закреплению в стадах быков-улучшателей, так как они могут способствовать положительной генетической корреляции между признаками молочной продуктивности. При этом инбридинг должен быть целенаправленным при подборе родительских пар [4]. Высокие степени инбридинга на определенного выдающегося предка используются для выведения быков-производителей [6]. В. Сацук с соавторами ввели новое понятие «скрытый» инбридинг как разновидность стихийного или неконтролируемого близкого родственного разведения, который можно выявить только анализируя частоты встречаемости аллелей высокополиморфных генов [10]. Поэтому изучение влияния степени инбридинга, применяемого при выведении быков нового поколения, на их геномную оценку по признакам молочной продуктивности является актуальным.

Цель исследований – выявить силу влияния различных генетических факторов на геномную племенную ценность по признакам молочной продуктивности у американских быков нового поколения.

Методика исследований. Родословные анализируемых животных ($n = 338$) установлены по данным электронных баз «Картотека быков голштинской породы КРС» и «Картотека матерей быков голштинской породы КРС», пополненных, верифицированных и подготовленных к селекционно-генетическому анализу с использованием зарегистрированной компьютерной программы «Селекционно-генетическая статистика» [8]. Геномную оценку племенной ценности (ГПЦ) быков нового поколения по признакам молочной продуктивности взяли с сайта www.cdn.ca (на август 2022 г.).

В результате проведенного анализа родословных исследуемые быки отнесены к следующим генеалогическим комплексам (ветвям), ранее выявленным на маточном поголовье быков-отцов в племенных хозяйствах Ленинградской области [1]. В линии Вис Бэк Айдиала (ВА): Б.М.Т. Клейтус ($n = 155$) – Кл, Прелюд ($n = 70$) – Пр, Х.Х.К. Манфред ($n = 9$) – Мф; а в Рефлекшн Соверинг: Меджик ($n = 27$) – Мд, Г. Арлинда Чиф ($n = 7$) – АЧ, Блекстар Имори ($n = 37$) – БИ, Адам ($n = 33$) – Ад.

Расчет инбридинга и линейная принадлежность быков определены с помощью компьютерной программы «СГС ВНИИГРЖ» с использованием формулы расчета коэффициента нарастания гомозиготности (F_x) по Д.А. Кисловскому:

$$F = \sum \left[\left(\frac{1}{2} \right)^{n+n_1-1} \times (1 + f_a) \right] \times 100\%,$$

где F – коэффициент инбридинга; n и n_1 – ряды, где встречается общий предок в материнской и отцовской половине родословной; f_a – коэффициент инбридинга, рассчитанный для общего предка.



Сила влияния генетических факторов (отец, линия, ветвь, коэффициент инбридинга) рассчитана в пакете Анализ данных Microsoft Office Excel (ANOVA).

Все исследуемые показатели обработаны в компьютерных программах СГС – ВНИИГРЖ и Microsoft Office Excel.

Результаты исследований. В рамках проведенных исследований была изучена геномная оценка быков ($n = 338$) голштинской породы нового поколения селекции США (представлена на сайте www.cdn.ca). Животные генеалогически принадлежат к двум линиям (Вис Айдиал и Рефлексн Соверинг), большинство из которых относятся к первой из них (69,2 %). Группы быков обеих линий отличаются между собой незначительно: по ГПЦ, по удою производители линии ВА превосходили представителей линии РС на 53 кг молока и на 0,03 и 0,02 % по содержанию жира и белка в нем соответственно (табл. 1). Нет различий между линиями и по коэффициенту инбридинга быков, который в среднем равен $13,14 \pm 0,15$ и всего на 0,02 % выше у быков линии РС.

Таблица 1

Показатели геномной оценки американских быков голштинской породы нового поколения в зависимости от линейной принадлежности

Группа быков / параметр	Количество быков		Геномная оценка по следующим показателям			Коэффициент инбридинга, %
	n	%	удой, кг	жир, %	белок, %	
Итого	338	100,0	1308 ± 27	$0,58 \pm 0,01$	$0,25 \pm 0,01$	$13,14 \pm 0,15$
r^*			0,118 ^x	0,064	0,019	
В том числе ГПЦ по удою, кг						
Менее +306	8	2,4	123 ± 64	$0,69 \pm 0,13$	$0,31 \pm 0,07$	$14,09 \pm 1,37$
+306 ... +806	41	12,1	625 ± 21	$0,72 \pm 0,04$	$0,32 \pm 0,02$	$12,82 \pm 0,57^a$
+807 ... +1307	119	35,2	1063 ± 13	$0,66 \pm 0,02$	$0,28 \pm 0,01$	$12,57 \pm 0,16^{b,c}$
+1308 ... +1807	121	35,8	1535 ± 13	$0,54 \pm 0,02$	$0,23 \pm 0,01$	$13,46 \pm 0,30^c$
+1808 ... +2308	39	11,5	1976 ± 21	$0,41 \pm 0,02$	$0,20 \pm 0,01$	$13,51 \pm 0,35^b$
+2309 и более	10	3,0	2600 ± 62	$0,07 \pm 0,06$	$0,12 \pm 0,01$	$15,01 \pm 0,89^{a,c}$
В том числе по линиям						
Рефлексн Соверинг	104	30,8	1271 ± 47	$0,56 \pm 0,02$	$0,24 \pm 0,01$	$13,15 \pm 0,31$
r^*			-0,006	0,092	0,130	
Вис Айдиал	234	69,2	1324 ± 33	$0,59 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,01$	$13,13 \pm 0,18$
r^*			0,183 ^{xx}	0,051	-0,039	

* корреляция с коэффициентом инбридинга; ^x – порог достоверности корреляционной связи при $p \geq 0,95$; ^{xx} – при $p \geq 0,99$; ^{a,c} – $p \geq 0,95$; ^b – $p \geq 0,99$.

В среднем по анализируемой выборке выявлена достоверная, но слабая положительная корреляционная связь геномной оценки быков по удою с коэффициентом инбридинга, рассчитанным по родословной ($r = +0,118$ при $p \geq 0,95$). В генеалогических группах производителей по этим показателям наблюдается разная по силе и направлению корреляционная связь. Так, в группе быков линии Рефлексн Соверинг практически отсутствует связь между оценкой удою и величиной инбридинга ($r = -0,006$), а в другой группе она слабая, но положительная и значимая ($r = +0,183$ при $p \geq 0,99$). По оценкам содержания жира и белка в молоке корреляционная связь с инбридингом в среднем по выборке слабая, но положительная, а в разрезе генеалогических групп быков отличия по связи с инбридингом наблюдаются по оценке белкомолочности. Так, в линии Рефлексн Соверинг этот коэффициент корреляции положительный и значимый ($r = +0,130$ при $p \geq 0,95$), а в другой линии – отрицательный недостоверный ($r = -0,039$). Эти данные также подтверждаются увеличением коэффициента инбридинга при росте ГПЦ по удою исследуемых производителей.

В процессе распределения быков по генеалогическим комплексам (ветвям) были сформированы семь групп – от 7 голов (2,1 %) в ветви АЧ линии РС до 150 голов (45,9 %) ветви Кл в линии ВА (табл. 2). Оценка по удою в исследуемых группах животных варьировала от $+1204 \pm 101$ кг у быков ветви Мд до $+1571 \pm 198$ кг у производителей ветви Мф. Разброс качественных показателей молока составил от $+0,55 \pm 0,04$ % в ветвях Ад и БИ до $+0,65 \pm 0,09$ % в ветви АЧ по жирности и от $+0,22 \pm 0,03$ % у АЧ до $+0,26$ % по белковости у производителей четырех генеалогических комплексов. Но, несмотря на приведенные колебания признаков молочной продуктивности, имеющиеся различия между группами быков не столь значительны. По коэффициенту инбридинга различия между группами быков разных ветвей значимы только между Кл и АЧ ($-3,08$ % при $p \geq 0,95$), Ад и АЧ ($-3,06$ % при $p \geq 0,95$), БИ и АЧ ($-3,26$ % при $p \geq 0,95$).

**Показатели геномной оценки американских быков нового поколения голштинской породы
в зависимости от принадлежности к разным генеалогическим комплексам (ветви)**

Группа быков / параметр	Количество быков		Геномная оценка по следующим показателям			Коэффициент инбридинга, %
	<i>n</i>	%	удой, кг	жир, %	белок, %	
Б.М.Т. Клейтус	155	45,9	1297±40	0,58±0,02	0,26±0,01	12,90±0,20 ^a
<i>r</i> *			0,136	0,044	-0,016	
Прелюд	70	20,7	1353±61	0,61±0,03	0,26±0,01	13,46±0,31
<i>r</i> *			0,270	0,075	-0,062	
Х.Х.К. Манфред	9	2,7	1571±198	0,58±0,12	0,26±0,03	14,45±1,57
<i>r</i> *			0,085	-0,017	-0,233	
Меджик	27	8,0	1204±101	0,58±0,04	0,23±0,02	13,29±0,71
<i>r</i> *			-0,083	-0,093	-0,111	
Адам	33	9,8	1290±82	0,55±0,04	0,24±0,02	12,92±0,33 ^b
<i>r</i> *			0,010	-0,109	0,174	
Блекстар Имори	37	10,9	1256±76	0,55±0,04	0,26±0,02	12,72±0,54 ^c
<i>r</i> *			0,028	0,264	0,312	
Г. Арлинда Чиф	7	2,1	1513±170	0,65±0,09	0,22±0,03	15,98±1,26 ^{a,b,c}
<i>r</i> *			-0,299	0,201	0,326	

* корреляция с коэффициентом инбридинга; ^{a,b,c} – $p \geq 0,95$.

Полученные коэффициенты корреляции между геномными оценками признаков молочной продуктивности и коэффициентом инбридинга у быков разных генеалогических комплексов имеют разную направленность и во всех случаях недостоверны.

В табл. 3 приведены результаты анализа изменения исследуемых показателей оценки молочной продуктивности быков разной линейной принадлежности в зависимости от уровня коэффициента инбридинга, разделенного на пять классов от менее 10,31 до 18,78 % и более. Большинство производителей имели коэффициент инбридинга от 10,31 до 13,13 % (62,8 % в линии ВА и 59,6 % в РС), а у 22,6 и 26,0 % особей этот показатель находился в интервале 13,14–15,95 % соответственно. При этом следует отметить, что практически в каждом генеалогическом комплексе имеются производители с высоким значением коэффициента инбридинга – свыше 23,0 %, кроме ветви Ад, максимальное значение коэффициента инбридинга у которых составляет 17,75 %.

Таблица 3

Геномная оценка голштинских быков разных линий в зависимости от уровня инбридинга

Уровень инбридинга, %	Вис Айдиал					Рефлексн Соверинг				
	<i>n</i> /%	удой, кг	жир, %	белок, %	инбридинг, %	<i>n</i> /%	удой, кг	жир, %	белок, %	инбридинг, %
Менее 10,31	8/3,4	1136 ^a ±129	0,38±0,00	0,19±0,08	9,83±0,08	4/3,8	1197±210	0,43±0,01	0,22±0,15	10,03±0,05
10,31–13,13	147/62,8	1269 ^b ±39	0,60±0,01	0,27±0,13	11,84±0,15	62/59,6	1242±61	0,56±0,01	0,23±0,13	11,64±0,16
13,14–15,95	53/22,7	1465 ^{a,b} ±66	0,58±0,01	0,25±0,11	14,46±0,16	27/26,0	1383±90	0,57±0,01	0,26±0,12	14,00±0,15
15,96–18,77	18/7,7	1365±174	0,63±0,01	0,26±0,10	16,58±0,07	5/4,8	1303±119	0,59±0,00	0,26±0,04	17,01±0,14
18,78 и более	8/3,4	1503±168	0,56±0,01	0,22±0,12	23,48±0,38	6/5,8	1080±279	0,60±0,01	0,26±0,15	23,85±0,28

^{a,b} – $p \geq 0,95$.

Общеизвестно, что родственное спаривание животных с близким коэффициентом инбридинга проводится в том случае, когда ставится цель закрепления лучших продуктивных качеств выдающихся предков. Этот факт подтверждается приведенными в табл. 3 показателями оценки молочной продуктивности производителей разных генеалогических линий. В основном, при повышении коэффициента инбридинга до уровня 15,95 %, наблюдается увеличение оценки удоя от +1136±129 до +1465±66 кг в линии ВА и от +1197±210 до +1383±90 кг молока в линии РС. Однако в следующем классе по коэффициенту инбридинга в линии РС ГПЦ быков по удою снизилась до +1080±279 кг молока, а в линии ВА сначала снизилась до +1365±174 кг, но затем увеличилась до +1503±168 кг в группе с 8 быками. Среди них только у одного животного ГПЦ по удою была





равна +480 кг при низких оценках по содержанию жира и белка в молоке (+0,14 и +0,01 % соответственно), у остальных оценка по удою была от 1395 до 2322 кг молока.

По качественным показателям молока в линии РС наблюдалось поступательное увеличение содержания жира и белка от +0,43±0,01 до +0,60±0,01 % и от +0,22±0,15 % до +0,26±0,15 соответственно. В линии ВА подобной тенденции не отмечено.

Известно, что на генетические факторы приходится 24,0 % генетической изменчивости продуктивных признаков. В качестве этих факторов в нашем случае можно рассматривать такие, как отец, генеалогическая ветвь и линия, коэффициент инбридинга. Результаты расчета силы влияния этих факторов с применением однофакторного дисперсионного анализа приведены в табл. 4.

Таблица 4

Сила влияния различных факторов на геномную оценку по признакам продуктивности голштинских быков нового поколения (R^2 , %)

Признак	Коэффициент корреляции с коэффициентом инбридинга	Сила влияние фактора, %			
		отец	линия	ветвь	уровень инбридинга, %
В среднем по выборке					
Удой, кг	0,118	42,6	16,0	41,2	42,4
Жир, %	0,064	50,8	22,4	48,3	53,6
Белок, %	0,019	46,0	22,7	54,2	58,9
В том числе по линии Вис Айдиал					
Удой, кг	−0,006	45,5	–	35,3	43,0
Жир, %	0,092	51,7	–	40,9	51,3
Белок, %	0,130	46,9	–	47,5	57,3
В том числе по линии Рефлекшн Соверинг					
Удой, кг	0,183	30,1	–	15,3	39,2
Жир, %	0,051	44,2	–	26,5	55,4
Белок, %	-0,039	39,9	–	25,8	53,2

В среднем по выборке большую силу влияния по признакам молочной продуктивности имеет уровень инбридинга 42,4–58,9 %. Влияние факторов отец, ветвь и коэффициент инбридинга на удои практически одинаковое. Из этих трех факторов на содержание жира в молоке меньше всего оказывает влияние ветвь (48,3 %), а на содержание белка – отец (46,0 %). Следует отметить, что влияние линии на оценку всех признаков молочной продуктивности низкое (16,0–22,7 %). При рассмотрении этого показателя в разрезе линий выявлено, что в линии ВА значения факторов выше, чем в линии РС. В линии РС очень низкая сила влияния фактора ветвь на все продуктивные признаки. Эту ситуацию можно объяснить достаточно выравненными коэффициентами генетического сходства между ветвями линии РС (20,8–50,7 %) в отличие от этих показателей между ветвями линии ВА (8,8–65,4 %).

Закключение. Среди генетических факторов на геномную племенную ценность быков нового поколения по признакам молочной продуктивности в основном большую силу влияния имеет фактор коэффициент инбридинга, который только по удою сравним с влиянием фактора отец. На исследуемые признаки практически не оказывает влияние фактор линия, а в данной выборке по производителям линии Рефлекшн Соверинг отмечено слабое влияние ветвей. Следовательно, при совершенствовании продуктивных качеств производителей имеет смысл большее внимание при подборе пар обращать на уровень коэффициента инбридинга, племенные качества и родословную отца.

Работа проведена в рамках выполнения научных исследований Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 121052600344-8, в исследованиях использованы материалы селекционного центра по айрширской породе (ВНИИГРЖ).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильева Е. Н., Тулинова О. В. Современная генеалогическая структура ленинградской популяции молочного скота // Молочное и мясное скотоводство. 2022. № 5. С. 30–35. DOI 10.33943/MMS.2022.45.68.006. EDNYTYUXB. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49793231&ysclid=leqwt35zvz530384864>.
2. Влияние инбридинга на живую массу коров, экономическая эффективность инбридинга и рекомендации производству / И. М. Донник [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2013. № 6(112). С. 6–8. EDNRBLUVJ. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20264778&ysclid=leqwt007pw93716457>.



3. Влияние инбридинга на молочную продуктивность дочерей голштинских быков-производителей / А. Б. Моллаева [и др.] // Известия Горского государственного аграрного университета. 2022. Т. 59-2. С. 61–67. DOI 10.54258/20701047_2022_59_2_61. EDNRIBTBZ.<https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ribtzb&ysclid=leqvq9bcof709951409>.
4. Григорьев И. А. Статистика случаев инбридинга при подборе быков-производителей в стаде СПК «Удмуртия» Вавожского района // Пермский период: материалы VIII Междуна. науч.-спорт. фестиваля курсантов и студентов образовательных организаций. В 3 т., Т. I. Пермь, 17–22 мая 2021. Пермь, ФКОУ ВО Пермский институт ФСИН России; Пермский институт Федеральной службы исполнения наказаний. Пермь, 2021. С. 165–166. EDNXWZZJT.<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47216535&pff=1>.
5. Иванова И. П., Юрк Н. А. Влияние степеней инбридинга на хозяйственно-полезные качества молочного скота // Молочнохозяйственный вестник. 2021. № 2(42). С. 62–71. DOI 10.52231/2225-4269_2021_2_62. EDNRLNZHZ.
6. Кузякина Л. И. Взаимосвязь инбридинга с показателями продуктивности и воспроизводства в молочном скотоводстве // Актуальные проблемы АПК и инновационные пути их решения: материалы Междуна. науч.-практ. конф., Курган, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 15 апреля 2021. Курган, 2021. С. 208–213. EDNMWHOWL.<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45706412&ysclid=leqvc58gl1642392281>.
7. Подпала Т. В., Хомик А. В. Инбридинг и пороодообразовательный процесс в молочном скотоводстве // Вестник Сумского национального аграрного университета. 2016. № 5. С. 80–85. EDNWZVEBV. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27318652&ysclid=leqvdf4d0873423690>.
8. Российская Федерация. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. № 2015663613. Селекционно-генетическая статистика – ВНИИГРЖ. № 2015617820; заявл. 26.08.2015; опубл. 25.12.2015 / Сергеев С. М., Тулинова О. В.; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных». EDNIRJRBR.
9. Рудишина Н. М., Панахова С. С. Влияние степени родства при подборе на молочную продуктивность коров черно-пестрой породы // Аграрная наука – сельскому хозяйству: материалы XV Междуна. науч.-практ. конф. В 2 т., Т. 2, Барнаул, Алтайский государственный аграрный университет, 12–13 марта 2020. Барнаул, 2020. С. 226–228. EDNACZNOB.<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43894098&pff=1>.
10. Сацук В., Матвиец А., Ковалюк Н. Влияние «скрытого» селекционного инбридинга на хозяйственно полезные признаки скота // Молочное и мясное скотоводство. 2010. № 7. С. 10–12. EDNMWFIHZ.<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15272348&ysclid=leqwrivarc907859053>.
11. Совершенствование системы оценки генетических и средовых факторов при составлении родительских пар в молочном скотоводстве / А. И. Шендаков [и др.] // Биология в сельском хозяйстве. 2013. № 1. С. 2–13. EDNSZZRRH. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22574051&ysclid=leqvez0x6k592177356>. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46423624&ysclid=leqvqskaf2381793231>.

REFERENCES

1. Vasilieva E. N., Tulinova O. V. Modern genealogical structure of the Leningrad dairy cattle population. *Journal of dairy and beef cattle breeding*. 2022;(5):30–35. DOI 10.33943/MMS.2022.45.68.006. EDN YTYUXB. (In Russ.).
2. The influence of inbreeding on a live weight of cows, the cost effectiveness of inbreeding and production recommendations / I. M. Donnik et al. *Agrarian bulletin of the Urals*. 2013;6(112):6–8. EDN RBLUVJ. (In Russ.).
3. Influence of inbreeding of Holstein sires' daughters on milk productivity / A. B. Mollaeva et al. *Proceedings of Gorsky state agrarian university*. 2022;59-2:61–67. DOI 10.54258/20701047_2022_59_2_61. EDN RIBTBZ. (In Russ.).
4. Grigoriev I. A. Statistics of cases of inbreeding in the selection of breeding bulls in the herd of the SEC “Udmurtia” of the Vavozhsky district. Perm period : Collection of materials of the VIII International Scientific and Sports Festival of cadets and students of educational organizations. In 3 vol., Vol. I., Perm, Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia; Perm Institute of the Federal Penitentiary Service May 17-22, 2021. Perm; 2021. P. 165–166. EDN XWZZJT. (In Russ.).
5. Ivanova I. P., Yurk N. A. Influence of degrees of inbreeding on the economic and useful qualities of dairy cattle. *Molochnokhozayistvennyyvestnik*. 2021;2(42):62–71. DOI 10.52231/2225-4269_2021_2_62. EDN RLNZHZ. (In Russ.).
6. Kuzyakina L. I. Relationship of inbreeding to productivity and reproduction indicators in dairy cattle. Actual problems of the agro-industrial complex and innovative ways to solve them: a collection of articles based on the materials of the International Scientific and Practical Conference, Kurgan, Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev, April 15, 2021. Kurgan; 2021. P. 208–213. EDN MWHOWL. (In Russ.).
7. Pidpala T.V., Khomyk A.V. Inbreeding and selection of dairy cattle. *Bulletin of Sumy National Agrarian University*. 2016;(5):80–85. EDN WZVEBV. (In Russ.).
8. Russian Federation. Certificate of state registration of the computer program.No. 2015663613. Breeding and genetic statistics – VNIIGRZH: No. 2015617820; application 26.08.2015; publ. 25.12.2015 / SergeevS. M., TulinovaO. V.; applicant Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute of Genetics and Breeding of Farm Animals”. EDN IRJRBR. (In Russ.).
9. Rudishina N. M., Panakhova S. S. The influence of the degree of kinship in selection on the milk productivity of black-and-white cows. Agrarian science - agriculture: Collection of materials of the XV International Scientific and Practical Conference in 2 books, Vol. 2. Barnaul, Altai State Agrarian University, March 12-13, 2020. Barnaul; 2020. P. 226–228. EDN ACZNOB. (In Russ.).
10. Satsuk V., Matviets A., Kovalyuk N. Influence of «hidden» selection inbreeding on economic-useful attributes of cows. *Journal of dairy and beef cattle breeding*. 2010;(7):10–12. EDN MWFIHZ. (In Russ.).
11. Improving the evaluation system of genetic and environmental factors in the compilation of parental pairs in dairy cattle breeding / A. I. Shendakov et al. *Biology in agriculture*. 2013;(1):2–13. EDN SZZRRH. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 02.03.2023; одобрена после рецензирования 09.03.2023; принята к публикации 20.03.2023.
The article was 02.03.2023; approved after 09.03.2023; accepted for publication 20.03.2023.