

АНАЛИЗ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ И ПРОДУКТИВНОСТИ СТАД КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ

© Мещеров Р.К., Дунин М.И., Мещеров Ш.Р.,
Ходыков В.П., Шестакова Г.Л.



Равиль Кяримович Мещеров

Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела
Пушкино, Российская Федерация
e-mail: mescheryov.r@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-8237-8263 ResearcherID: C-3213-2019



Михаил Иванович Дунин

Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела
Пушкино, Российская Федерация
e-mail: duninmi@mail.ru
ORCID: 0000-0003-4310-9551 ResearcherID: AAQ-1696-2020



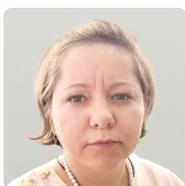
Шамиль Равильевич Мещеров

Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела
Пушкино, Российская Федерация
e-mail: meshcheryov.shamil@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5500-8753



Валерий Пюрвеевич Ходыков

Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела
Пушкино, Российская Федерация
e-mail: vniiplemholm@mail.ru
ORCID: 0000-0002-0208-7627 ResearcherID: C-3219-2019



Галина Леонидовна Шестакова

Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела
Пушкино, Российская Федерация
e-mail: vniiplemholm@mail.ru
ORCID: 0009-0001-2332-7888 ResearcherID: MBG-1790-2025

Изучение генетической структуры скота голштинской породы отечественной селекции с оценкой генетического профиля и продуктивности особей для повышения ее конкурентоспособности с последующей разработкой методов ее совершенствования в современных реалиях является весьма актуальной задачей в отрасли и способствует реализации задач, обозначенных в рамках Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 годы. Научная новизна работы заключается в том, что впервые

в Российской Федерации приводятся результаты научных исследований микросателлитных локусов-маркеров ДНК генома животных в консолидированной популяции крупного рогатого скота голштинской породы отечественной селекции, разводимой в 18 племенных хозяйствах пяти регионов РФ, сформированной на основе потомства от скрещивания голштинизированного скота черно-пестрой и холмогорской пород с быками-производителями голштинской породы разной селекции, с целью дальнейшей разработки методов совершенствования популяции в современных реалиях ведения молочного скотоводства страны. Практическая значимость (применимость) результатов исследований заключается в том, что сформировавшаяся генетическая структура консолидированного массива скота голштинской породы отечественной селекции с изученным генетическим профилем по аллелофонду и оценкой продуктивности особей даст возможность проведения целенаправленной селекционно-племенной работы методом чистопородного разведения с использованием собственных быков-производителей новых генетических комплексов. Анализ 12 микросателлитных локусов консолидированного массива коров голштинской породы отечественной селекции выявил 131 аллель. Частота встречаемости аллелей в исследуемом массиве животных варьировала от 0,001 до 0,676. С наибольшей частотой (от 0,538 до 0,587) встречались 11 аллелей: 262 и 264 (локус BM 1818), 188 (локус BM 1824), 135 (локус BM 2113), 117 (локус ETH 3), 219 (локус ETH10), 148 (локус ETH 225), 210 (локус INRA 023), 248 (локус SPS 115), 117 (локус TGLA 126). У животных прослеживается отличный генетический профиль, популяция сформирована из достаточно однородных особей, стабильно передающих свои признаки. Мониторинг позволил определить генетический профиль популяции по аллелофонду и оценить продуктивные качества особей в стадах, что обеспечит возможность проведения внутривидовой племенной работы с использованием собственных быков-производителей новых генетических комплексов.

Популяция голштинского скота, отечественная селекция, генетическая структура стад, генетический профиль, генотипирование животных, приватные аллели, частота встречаемости аллелей, продуктивность.

Введение

В результате широкого использования специализированных мировых пород молочного скота, в частности голштинской, разной зарубежной селекции в отечественном скотоводстве Российской Федерации были созданы новые внутривидовые типы черно-пестрого, холмогорского и красного скота, в конечном итоге получены большие массивы помесных животных с высокой долей кровности по голштинской породе.

Пришедший на смену «голштинизации» этап чистопородного разведения внутривидовых типов молочного скота практически исчерпал свои возможности ввиду малочисленного маточного поголовья,

множественности типов, соответственно, необходимого состава определенно-го генотипа быков-производителей отечественной селекции. С учетом этих обстоятельств возникла необходимость создания многочисленной популяции голштинского скота интенсивного молочного типа отечественной селекции.

Реализация данного этапа позволит в максимальной степени обеспечить спрос внутреннего рынка на конкурентоспособное племенное поголовье голштинского скота отечественной репродукции, способное конкурировать с завозимыми по импорту, и минимизировать риски импортозависимости в племенных ресурсах из стран, нелояльных по отношению к России.

Следует отметить, что в последние годы в РФ прослеживалось значительное наращивание импорта генетического материала молочного скота, в частности семени быков-производителей голштинской породы. Возникшие риски в виде санкций со стороны недружественных России стран диктуют необходимость мобилизационного развития конкурентоспособных породных ресурсов отечественной селекции.

Российская Федерация располагает племенными ресурсами, генетические возможности которых еще далеко не реализованы, и остается, по данным ФАО, одной из немногих стран, обладающих разнообразием генофонда сельскохозяйственных животных (Дунин и др., 2019). Причем многочисленные отечественные породы молочного крупного рогатого скота ввиду их улучшения практически не идентифицированы по микросателлитным локусам или находятся в процессе их генетической паспортизации (Алтухов, 2003; Эрнст и др., 2007; Зиновьева и др., 2010; Калашникова и др., 2016; Калашникова и др., 2018; Часовщикова, 2019; Тулинова, Васильева, 2023).

В связи с этим в ФГБНУ «ВНИИ племенного дела» проведены исследования процесса полиморфизма 12 микросателлитных локусов генома животных из массива голштинской популяции отечественной селекции, полученной на основе голштинизированного маточного поголовья черно-пестрой и холмогорской пород. В генеалогической структуре массива с поголовьем коров более 22,5 тыс. выделены перспективные линии и родственные группы с учетом необходимого состава быков-производителей.

Изучение генетической структуры скота голштинской породы отечественной селекции с оценкой генетического профиля и продуктивности особей в стадах для

повышения ее конкурентоспособности с последующей разработкой методов ее совершенствования в современных реалиях является весьма актуальной задачей в отрасли и способствует реализации задач, обозначенных в рамках Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 гг.¹

Научная новизна работы заключается в том, что впервые в Российской Федерации приводятся результаты научных исследований микросателлитных локусов-маркеров ДНК генома животных в консолидированной популяции (селекционированный по фенотипическим признакам и генотипическим особенностям массив животных базовых хозяйств, отвечающих разработанным целевым стандартам) крупного рогатого скота голштинской породы отечественной селекции (n = 1268 гол.), разводимой в 18 племенных хозяйствах пяти регионов РФ, сформированной на основе потомства от скрещивания голштинизированного скота черно-пестрой и холмогорской пород с быками-производителями голштинской породы разной селекции, с целью дальнейшей разработки методов ее совершенствования в современных реалиях ведения молочного скотоводства страны.

Цель исследования – изучить генетическую структуру сформированной популяции крупного рогатого скота голштинской породы отечественной селекции с оценкой ее генетического профиля и продуктивности особей в стадах.

Для достижения цели исследования были поставлены следующие задачи:

- определить с использованием ДНК-маркеров-микросателлитов генетический профиль животных популяции скота голштинской породы отечественной селекции из 18 племенных хозяйств, разводимой в пяти регионах РФ;

¹ Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017–2030 гг.: Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996 (с изм. от 30.09.2023).

Таблица 1. Характеристика микросателлитных локусов по ISAG

Хромосома	Локус	Краситель 5'' праймера	Структура последовательности	Референтный интервал	
1	BM1824	NED	(GT) _n	178	190
15	SPS115	6'FAM	(CA) _n TA(CA) ₆	240	262
16	TGLA53	6'FAM	(TG) ₆ CG(TG) ₄ (TA) _n	144	190
18	TGLA227	6'FAM	(TG) _n	74	104
19	ETH3	HEX	(GT) _n AC(GT) ₆	117	129
2	BM2113	6'FAM	(CA) _n	125	143
20	TGLA126	HEX	(TG) _n	109	127
21	TGLA122	HEX	(AC) _n (AT) _n	130	164
23	BM1818	NED	(TG) _n	260	270
3	INRA023	HEX	(AC) _n	197	223
5	ETH10	6'FAM	(AC) _n	210	226
9	ETH225	NED	(TG) ₄ CG(TG)(CA) _n	140	156

Источник: данные авторов.

– изучить динамику молочной продуктивности коров голштинской породы отечественной селекции, разводимых в 18 базовых хозяйствах.

Материал, методы и объект исследований

В качестве объекта исследования была использована популяция скота голштинской породы отечественной селекции, полученная на основе использования быков-производителей голштинской породы разной селекции на маточном поголовье голштинизированного скота черно-пестрой и холмогорской пород в 18 племенных стадах пяти регионов РФ, в том числе из Ленинградской (12), Московской (3), Самарской (1), Архангельской (1) областей и Республики Татарстан (1).

В ходе исследований нами был изучен спектр микросателлитных аллелей 12 локусов генома консолидированного массива в количестве 1268 голов крупного рогатого скота голштинской породы, принадлежащих племенным хозяйствам Ленинградской области (529 гол.), Московской области (282 гол.), Республики Татарстан (247 гол.), Самарской области (119 гол.), Архангельской области (91 гол.).

Для генетической идентификации животных нами использована панель хро-

мосом из 12 микросателлитных локусов, полностью соответствующая требованиям ISAG (табл. 1).

Обработку данных фрагментного анализа амплификатов, полученных в мультиплексной ПЦР, на капиллярном секвенаторе Applied Biosystems ABI Prism 3130 осуществляли с помощью программного обеспечения Genemapper. Накопление, корректировка, систематизация исходной информации и визуализация полученных результатов производились в электронных таблицах Microsoft Office Excel.

Были использованы также данные бонитировок молочного скота 18 базовых хозяйств-оригинаторов из пяти регионов РФ за ряд последних лет (2017–2022 гг.), материалы ежегодников по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах РФ, каталоги быков-производителей молочных и молочно-мясных пород, оцененных по качеству потомства за период с 2017 по 2022 год.

В процессе исследований применялись как общепринятые в зоотехнии и биологии, так и современные биотехнологические методы.

Результаты исследования

По состоянию на 1 января 2023 года в восьми федеральных округах РФ во всех категориях хозяйств, по данным бонити-

Таблица 2. Динамика молочной продуктивности коров голштинской породы отечественной селекции в базовых хозяйствах

Хозяйство	2017 год					2022 год				
	гол.	надой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	живая масса, кг	гол.	надой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	живая масса, кг
1. ООО «ПЗ «Лесные Поляны»	864	8955	4,30	3,25	563	925	10402	4,07	3,27	585
2. АО «ПЗ «Зеленоградское»	1064	8832	4,19	3,07	577	1324	10012	4,16	3,42	583
3. ООО «Зубцовский ГВА»	353	7876	4,25	3,23	547	466	9429	4,39	3,37	589
4. ЗАО «ПЗ «Рабитицы»	1400	12909	3,97	3,19	616	1800	14072	3,92	3,23	642
5. АО «ПЗ «Гомонтово»	1400	12626	3,82	3,12	605	1460	14346	3,78	3,33	658
6. АО «ПЗ «Ленинский Путь»	915	9837	3,91	3,20	615	550	8244	3,96	3,24	608
7. ООО «ПЗ «Урожай»	513	9456	3,61	3,08	588	520	9563	3,61	3,17	599
8. АО ПЗ «Рапти»	1150	10766	3,74	3,17	614	1150	10819	3,89	3,22	626
9. АО «ПЗ «Агробалт»	2268	8249	4,00	3,16	594	2747	8567	3,93	3,35	626
10. ЗАО «ПЗ «Приневское»	915	9443	3,72	3,14	616	915	11614	3,97	3,33	673
11. АО ПЗ «Гражданский»	1370	11618	3,78	3,21	625	1580	14274	3,86	3,37	681
12. АО «ПЗ «Первомайский»	1002	9701	3,95	3,24	595	1002	11668	3,77	3,24	621
13. АО «ПЗ «Петровский»	1160	11483	3,95	3,18	629	1160	12051	4,05	3,46	642
14. АО «ПЗ «Раздолье»	730	12363	3,46	3,22	612	750	13154	3,86	3,40	606
15. СПК «ПЗ «Детскосельский»	1425	8473	4,02	3,00	666	1425	9890	3,95	3,22	668
16. АО «ПЗ «Агрофирма «Вельская»	1650	9257	4,31	3,23	607	1650	10316	3,91	3,33	655
17. ООО «ПЗ «Дружба»	660	6630	3,87	3,10	565	925	9152	3,73	3,30	583
18. СХПК «ТАН»	1000	8876	3,85	3,20	605	2161	8902	3,73	3,25	593
Всего	19839					22510				
Средние показатели	-	9972	3,90	3,17	607	-	10953	3,93	3,31	629

Источник: данные Ежегодника по племенной работе за 2018 и 2023 гг.

ровки, было сосредоточено 1392,62 тыс. голов крупного рогатого скота голштинской породы черно-пестрой масти, в том числе: коров – 875,51 тыс. голов и 814 голов быков-производителей (Шичкин и др., 2022; Шичкин и др., 2023).

Увеличение племенных хозяйств, сменивших статус на голштинскую породу, подтверждается породной инвентаризацией особей молочного скота в регионах Российской Федерации в соответствии с Порядком определения породы (породности) племенных животных² (Мещеров, 2022; Мещеров и др., 2023а; Мещеров и др., 2023б).

Голштинская популяция отечественной селекции, на базе которой проводились исследования, представлена значи-

тельным поголовьем высокоценного потомства – дочерей быков-производителей голштинской породы как отечественной, так и зарубежной селекции (табл. 2).

Мониторинг поголовья и молочной продуктивности коров консолидированной популяции голштинской породы отечественной селекции, охватывающей 18 племенных хозяйств Российской Федерации, свидетельствует о том, что за период 2017–2022 гг. поголовье коров в исследуемых стадах возросло с 19839 до 22510 голов, или на 13,5%, средний удой подконтрольных коров в 2022 году достиг 10953 кг молока, что по сравнению с 2017 годом больше на 981 кг, или 9,8%. Также в течение исследуемого периода у коров популяции наблюдался рост качественных показателей мо-

² Порядок определения породы (породности) племенных животных: утв. решением Евразийской экономической комиссии от 8 сентября 2020 г. № 108.

лока: МДЖ – на 0,03%, МДБ – на 0,14%. Средняя живая масса коров в изучаемых племенных хозяйствах по итогам 2022 года составила 629 кг, что на 22 кг больше, чем в 2017 году.

Таким образом, консолидированная популяция голштинского скота чернопестрой масти отечественной селекции характеризуется стабильной динамикой

роста поголовья, молочной продуктивности и живой массы и сопоставима с продуктивными показателями скота голштинской породы в странах с развитым молочным скотоводством.

Изучение аллельного профиля пяти популяций голштинского скота отечественной селекции выявило 131 аллель (табл. 3).

Таблица 3. Частота встречаемости аллелей микросателлитных локусов в популяции голштинского скота отечественной селекции

Локус	Аллель	Pop1	Pop2	Pop3	Pop4	Pop5
		частота встречаемости				
BM1818-1	258	0,005	-	0,006	0,004	-
	260	0,016	0,012	0,018	0,008	0,027
	262	0,431	0,451	0,419	0,378	0,429
	264	0,053	0,024	0,071	0,155	0,022
	266	0,449	0,482	0,433	0,395	0,505
	268	0,020	0,024	0,038	0,025	0,005
	270	0,025	0,006	0,014	0,034	0,011
	299	0,001	-	-	-	-
BM1824-1	178	0,223	0,183	0,182	0,214	0,192
	180	0,198	0,238	0,231	0,248	0,181
	182	0,131	0,128	0,152	0,101	0,099
	186	-	-	0,002	-	-
	188	0,443	0,427	0,423	0,433	0,500
	190	0,005	0,024	0,010	0,004	0,027
BM2113-1	125	0,220	0,177	0,209	0,168	0,159
	127	0,225	0,238	0,206	0,328	0,176
	131	-	-	-	0,004	-
	133	0,009	0,006	0,034	0,050	0,011
	135	0,343	0,384	0,346	0,290	0,396
	137	0,068	0,049	0,083	0,055	0,044
	139	0,130	0,146	0,119	0,105	0,203
	143	-	-	0,002	-	-
	178	0,001	-	-	-	-
	180	0,001	-	-	-	-
	188	0,002	-	-	-	-
	213	-	-	-	-	0,005
	223	-	-	-	-	0,005
ETH3-1	109	-	-	0,002	-	-
	117	0,435	0,457	0,370	0,479	0,445
	119	0,002	0,006	0,024	0,029	0,055
	121	0,006	-	0,008	0,021	0,016
	123	0,001	-	0,002	-	-
	125	0,100	0,079	0,115	0,055	0,099
	127	0,100	0,110	0,121	0,160	0,099
	129	0,356	0,348	0,332	0,256	0,286
	200	-	-	0,002	-	-
	206	-	-	0,008	-	-
	210	-	-	0,006	-	-
	214	-	-	0,008	-	-

Продолжение табл. 3

Лocus	Аллель	Pop1	Pop2	Pop3	Pop4	Pop5
		частота встречаемости				
ETH10-1	209	0,101	0,104	0,081	0,118	0,104
	213	0,065	0,037	0,069	0,038	0,060
	215	0,001	-	0,012	-	0,005
	217	0,157	0,146	0,158	0,240	0,154
	219	0,441	0,433	0,474	0,420	0,412
	221	0,007	0,006	0,018	0,017	0,011
	223	0,091	0,134	0,057	0,076	0,099
	225	0,138	0,140	0,132	0,092	0,154
ETH225-1	140	0,095	0,085	0,142	0,176	0,115
	142	0,007	-	0,010	0,021	0,011
	144	0,054	0,061	0,032	0,046	0,049
	146	0,022	0,049	0,034	0,017	0,011
	148	0,377	0,384	0,383	0,277	0,516
	150	0,397	0,372	0,350	0,454	0,269
	152	0,049	0,049	0,049	0,008	0,027
INRA023-1	117	0,003	-	-	-	-
	129	0,003	-	-	-	-
	198	0,002	-	-	-	-
	200	0,021	0,024	0,033	0,021	0,055
	202	0,164	0,146	0,098	0,197	0,209
	206	0,194	0,238	0,238	0,151	0,225
	208	0,016	-	0,043	0,067	0,011
	210	0,329	0,244	0,341	0,176	0,209
	212	0,001	-	0,006	0,017	-
	214	0,268	0,348	0,232	0,366	0,286
	216	-	-	0,010	0,004	0,005
SPS115-1	248	0,632	0,652	0,711	0,672	0,676
	250	-	-	0,002	-	-
	252	0,187	0,152	0,150	0,105	0,192
	254	0,048	0,049	0,040	0,046	0,033
	256	0,086	0,073	0,081	0,130	0,044
	258	0,006	0,012	0,004	0,000	0,005
	260	0,042	0,061	0,012	0,046	0,049
TGLA53-1	150	0,001	0,000	-	-	-
	154	0,040	0,049	0,037	0,055	0,082
	156	-	-	0,002	0,004	0,000
	158	0,118	0,116	0,083	0,130	0,093
	160	0,202	0,201	0,258	0,164	0,286
	162	0,177	0,232	0,213	0,189	0,132
	164	-	-	-	0,013	-
	166	0,040	0,024	0,026	0,042	0,066
	168	0,161	0,189	0,163	0,189	0,093
	170	0,014	0,000	0,020	0,008	0,005
	172	-	0,012	0,008	-	-
	174	-	-	0,002	0,008	0,000
	176	0,095	0,067	0,087	0,059	0,099
	178	0,001	-	-	0,004	-
	182	0,001	0,012	0,002	0,004	0,005
	184	0,043	0,024	0,030	0,042	0,027
	186	0,105	0,073	0,061	0,088	0,110
188	-	-	0,006	-	-	

Окончание табл. 3

Лocus	Алель	Pop1	Pop2	Pop3	Pop4	Pop5
		частота встречаемости				
TGLA122-1	89	-	-	-	-	0,005
	97	-	-	-	-	0,005
	139	-	0,006	0,004	0,004	0,005
	141	0,005	-	0,010	0,042	-
	143	0,230	0,250	0,241	0,240	0,236
	149	0,223	0,183	0,217	0,130	0,198
	151	0,063	0,091	0,109	0,097	0,088
	153	0,001	0,012	0,018	-	0,005
	159	0,001	-	-	-	0,005
	161	0,067	0,104	0,057	0,050	0,121
	163	0,151	0,207	0,200	0,218	0,181
	169	-	-	0,002	-	-
	171	0,073	0,061	0,047	0,088	0,038
	173	0,016	-	0,010	0,008	0,016
	181	0,000	0,006	0,024	0,000	0,000
183	0,170	0,079	0,061	0,122	0,093	
TGLA126-1	83	0,003	-	-	-	-
	89	0,008	-	-	-	-
	93	0,001	-	-	-	-
	97	0,004	-	-	-	-
	111	0,001	-	-	-	-
	113	-	-	0,002	-	-
	115	0,282	0,268	0,330	0,412	0,379
	117	0,577	0,634	0,551	0,412	0,500
	119	0,012	0,037	0,036	0,017	0,033
	121	0,082	0,049	0,045	0,101	0,060
	123	0,031	0,012	0,032	0,059	0,027
	125	-	-	0,004	-	-
TGLA227-1	77	-0	-	-	-	0,005
	79	-	-	0,010	-	-
	81	0,026	0,049	0,055	0,017	0,082
	83	0,062	0,061	0,079	0,080	0,115
	87	0,066	0,110	0,075	0,088	0,104
	89	0,297	0,220	0,257	0,248	0,220
	91	0,201	0,134	0,156	0,071	0,154
	93	0,024	0,043	0,022	0,046	0,016
	95	0,002	0,006	-	-	-
	97	0,227	0,287	0,265	0,261	0,187
	99	0,025	0,030	0,020	0,126	0,049
	101	-	-	-	0,004	0,005
	103	0,072	0,061	0,061	0,059	0,060

Примечание: популяция: Pop1 – Ленинградская обл., Pop2 – Московская обл., Pop3 – Республика Татарстан, Pop4 – Самарская обл., Pop5 – Архангельская обл.
Источник: данные авторов.

Частота встречаемости аллелей в исследуемой популяции животных варьировала от 0,001 до 0,676. С наибольшей частотой (от 0,538 до 0,587) встречались 11 аллелей: 262 и 264 (locus BM1818), 188 (locus BM1824), 135 (locus BM2113), 117 (locus ETH3), 219 (locus ETH10), 148 (locus

ETH225), 210 (locus INRA023), 248 (locus SPS115), 117 (locus TGLA126). С минимальной частотой встречались 52 аллели – от 0,002 до 0,011. Наиболее полиморфным был locus TGLA53 (18 аллелей).

Анализ частотного распределения аллельных вариантов позволил выявить

наиболее характерные для консолидированного массива голштинской популяции отечественной селекции аллели по каждому из микросателлитных локусов ДНК (табл. 4).

Установлено, что у популяции животных голштинской породы отечественной селекции из 6 аллелей микросателлитного локуса BM1824 чаще встречается аллель 188 (с частотой 0,423–0,500). Среди 13 аллелей локуса BM2113 преобладает аллель 135 с частотой 0,290–0,360. В локусе ETH10

преобладает аллель 219 (0,412–0,474). В локусе ETH225 чаще выявляются аллели 148 (0,277–0,516). Среди аллелей локуса ETH3 преобладают варианты 117 (0,370–0,479) и 129 (0,256–0,356). В локусе SPS115 доминирует аллель длиной 248 (0,625–0,711). Среди 16 аллелей локуса TGLA122 чаще обнаруживаются аллели 143 (0,230–0,250). Среди аллелей локуса TGLA126 преобладают варианты 115, 117, 119. Из 9 аллелей локуса TGLA227 доминирует аллель 97 (0,187–0,287). В локусе TGLA53 преоб-

Таблица 4. Генетический профиль голштинской популяции отечественной селекции по аллелофонду, наиболее часто встречающихся аллельных вариантов

Локус	Аллель	Pop1	Pop2	Pop3	Pop4	Pop5
		частота встречаемости				
BM1818	262	0,431	0,451	0,419	0,378	0,429
	266	0,449	0,482	0,433	0,395	0,505
BM1824	178	0,223	0,183	0,182	0,214	0,192
	180	0,198	0,238	0,231	0,248	0,181
	188	0,443	0,427	0,423	0,433	0,500
BM2113	125	0,220	0,177	0,209	0,168	0,159
	127	0,225	0,238	0,206	0,328	0,176
	135	0,343	0,384	0,346	0,290	0,396
	139	0,130	0,146	0,119	0,105	0,203
ETH3	117	0,435	0,457	0,370	0,479	0,445
	129	0,356	0,348	0,332	0,256	0,286
ETH10	217	0,157	0,146	0,158	0,240	0,154
	219	0,441	0,433	0,474	0,420	0,412
	225	0,138	0,140	0,132	0,092	0,154
ETH225	148	0,377	0,384	0,383	0,277	0,516
	150	0,397	0,372	0,350	0,454	0,269
INRA023	202	0,164	0,146	0,098	0,197	0,209
	206	0,194	0,238	0,238	0,151	0,225
	210	0,329	0,244	0,341	0,176	0,209
	214	0,268	0,348	0,232	0,366	0,286
SPS115	248	0,632	0,652	0,711	0,672	0,676
	252	0,187	0,152	0,150	0,105	0,192
TGLA53	158	0,118	0,116	0,083	0,130	0,093
	160	0,202	0,201	0,258	0,164	0,286
	162	0,177	0,232	0,213	0,189	0,132
	168	0,161	0,189	0,163	0,189	0,093
TGLA122	143	0,230	0,250	0,241	0,240	0,236
	149	0,223	0,183	0,217	0,130	0,198
	163	0,151	0,207	0,200	0,218	0,181
TGLA126	115	0,282	0,268	0,330	0,412	0,379
	117	0,577	0,634	0,551	0,412	0,500
TGLA227	89	0,297	0,220	0,257	0,248	0,220
	97	0,227	0,287	0,265	0,261	0,187

Примечание: популяция: Pop1 – Ленинградская обл., Pop2 – Московская обл., Pop3 – Республика Татарстан, Pop4 – Самарская обл., Pop5 – Архангельская обл.

Источник: данные авторов.

ладает аллель 160 (0,202–0,286). В локусе BM1818 чаще встречаются две аллели: 262 (0,388–0,451) и 266 (30,395–0,505%). В локусе INRA23 более распространены аллели 206, 210, 214.

В рамках исследования микросателлитных локусов у животных голштинской популяции отечественной селекции, находящихся в разных стадах, прослеживается отличный генетический профиль.

Анализ аллелофонда также показал, что большой интерес представляют приватные аллели, т. е. уникальные аллели, характерные только для данной популяции животных. Практически для всех стад протестированного поголовья была характерна высокая степень полиморфности микросателлитных локусов (табл. 5).

Исследованиями установлено, что максимальное число приватных аллелей (по 13) было идентифицировано в популяциях скота Ленинградской области и Республики Татарстан. При этом максимальная частота встречаемости установлена для двух аллелей 79 локуса TGLA227 в популяции Республики Татарстан и 164 локуса TGLA53 в популяции Самарской области.

Анализ результатов генотипирования животных из разных регионов Российской Федерации свидетельствует о том, что популяция голштинского скота отечественной селекции, сформированная в разных регионах Российской Федерации, имеет достаточно сходную генетическую структуру по распределению частот аллелей микросателлитных локусов ДНК.

Выводы

За период 2017–2022 гг. поголовье коров консолидированной популяции отечественной селекции увеличилось с 19839 до 22510 голов, или на 13,5%, молочная продуктивность коров достигла 10915 кг молока против 9934 кг в 2017 году. Также в течение исследуемого периода наблюдался рост качественных показателей моло-

Таблица 5. Частота встречаемости приватных аллелей в популяции голштинского скота отечественной селекции

Популяция	Локус	Аллель	Частота
Pop1	BM1818	299	0,001
Pop1	BM2113	178	0,001
Pop1	BM2113	180	0,001
Pop1	BM2113	188	0,002
Pop1	INRA023	117	0,003
Pop1	INRA023	129	0,003
Pop1	INRA023	198	0,002
Pop1	TGLA53	150	0,001
Pop1	TGLA126	83	0,003
Pop1	TGLA126	89	0,008
Pop1	TGLA126	93	0,001
Pop1	TGLA126	97	0,004
Pop1	TGLA126	111	0,001
Pop3	BM1824	186	0,002
Pop3	BM2113	143	0,002
Pop3	ETH3	109	0,002
Pop3	ETH3	200	0,002
Pop3	ETH3	206	0,008
Pop3	ETH3	210	0,006
Pop3	ETH3	214	0,008
Pop3	SPS115	250	0,002
Pop3	TGLA53	188	0,006
Pop3	TGLA122	169	0,002
Pop3	TGLA126	113	0,002
Pop3	TGLA126	125	0,004
Pop3	TGLA227	79	0,010
Pop4	BM2113	131	0,004
Pop4	TGLA53	164	0,013
Pop5	BM2113	213	0,005
Pop5	BM2113	223	0,005
Pop5	TGLA122	89	0,005
Pop5	TGLA122	97	0,005
Pop5	TGLA227	77	0,005

Примечание: популяция: Pop1 – Ленинградская обл., Pop2 – Московская обл., Pop3 – Республика Татарстан, Pop4 – Самарская обл., Pop5 – Архангельская обл.
Источник: данные авторов.

ка у коров популяции: МДЖ – на 0,03%, МДБ – на 0,14%. Средняя живая масса коров в изучаемых племенных хозяйствах по итогам 2022 года составила 629 кг, что на 22 кг больше, чем в 2017 году.

Изучение генетической структуры популяции голштинского скота отечественной селекции позволило выявить наиболее часто встречающиеся аллели и сфор-

мировать генетический профиль популяции. Установлено, что у животных из 6 аллелей микросателлитного локуса BM1824 чаще встречается аллель 188 (с частотой 0,423–0,500). Среди 13 аллелей локуса BM2113 преобладает аллель 135 (0,290–0,360). В локусе EТН10 преобладает аллель 219 (0,412–0,474). В локусе EТН225 чаще выявляются аллели 148 (0,277–0,516). Среди аллелей локуса EТН3 преобладают варианты 117 (0,370–0,479) и 129 (0,256–0,356). В локусе INRA23 более распространены аллели 206, 210, 214.

Анализ аллелофонда также выявил наличие 33 приватных аллелей, характер-

ных только для голштинской популяции скота отечественной селекции. При этом максимальная частота встречаемости установлена для двух аллелей: 79 локуса TGLA227 в популяции голштинского скота в Республике Татарстан и 164 локуса TGLA53 в Самарской области.

Результаты генотипирования животных популяции голштинского скота отечественной селекции из разных регионов Российской Федерации показали в целом сходную генетическую структуру по распределению частот аллелей микросателлитных локусов ДНК и достаточный уровень генетического разнообразия.

ЛИТЕРАТУРА

- Алтухов Ю.П. (2003). Генетические процессы в популяциях. Москва: Академкнига. 431 с.
- Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Калашникова Л.А. [и др.] (2019). Генофонд пород молочного скота в России: состояние, перспективы сохранения и использования // Зоотехния. № 5. С. 2–6.
- Зиновьева Н.А., Стрекозов Н.И., Малофеева Л.А. (2010). Оценка роли ДНК-микросателлитов в генетической характеристике популяции черно-пестрого скота // Зоотехния. № 1. С. 2–4.
- Калашникова Л.А., Хабибрахманова Я.А., Ганченкова Т.Б., Павлова И.Ю., Ялуга В.Л. (2016). Генетическая характеристика крупного рогатого скота с использованием микросателлитов // Зоотехния. № 2. С. 9–11.
- Калашникова Л.А., Хабибрахманова Я.А., Джапаридзе Г.М., Труфанов В.Г. (2018). Полиморфизм генов CSN3, LGB, PRL, GH у голштинских коров // Зоотехния. № 2. С. 8–9.
- Мещеров Р.К., Мещеров Ш.Р., Ходыков В.П. (2023а). Анализ современного состояния породных ресурсов холмогорского скота // Инновационные достижения науки и техники АПК: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. Кинель. С. 207–210.
- Мещеров Р.К., Ходыков В.П., Мещеров Ш.Р., Никулкин Н.С. (2022). Породная инвентаризация племенных ресурсов холмогорской породы крупного рогатого скота в Российской Федерации // Агрозоотехника. Т. 5. № 1. С. 1–14.
- Мещеров Р.К., Ходыков В.П., Мещеров Ш.Р., Никулкин Н.С. (2023b). Породные и племенные ресурсы крупного рогатого скота голштинской породы черно-пестрой масти в Российской Федерации: реалии и перспективы // Агрозоотехника. Т. 6. № 1. С. 1–19.
- Тулинова О.В., Васильева Е.Н. (2023). Генеалогические ветви голштинской породы ленинградской популяции молочного скота // Молочное и мясное скотоводство. № 3. С. 5–10.
- Часовщикова М.А. (2019). Генетическая характеристика голштинской породы крупного рогатого скота с использованием микросателлитных ДНК-маркеров // Зоотехния. № 2. С. 191–193.
- Шичкин Г.И., Дунин И.М., Тяпугин Е.Е. [и др.] (2023). Ежегодник по племенной работе в молочном скотоводстве в хозяйствах Российской Федерации (2022 год). Москва: ФГБНУ ВНИИПлем. 254 с.
- Шичкин Г.И., Бутусов Д.В., Сафина Г.Ф. [и др.] (2022). Каталог быков-производителей молочных и молочно-мясных пород, оцененных по качеству потомства. Москва: ФГБНУ ВНИИПлем. 331 с.
- Эрнст Л.К., Зиновьева Н.А., Коновалова Е.Н., Гладырь Е.А., Бабаян О.В. (2007). Изучение влияния прилития крови голштинского скота на изменение генофонда крупного рогатого скота отечественных пород с использованием ДНК-микросателлитов // Зоотехния. № 12. С. 2–4.

Сведения об авторах

Равиль Кяримович Мещеров – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела (Российская Федерация, 141212, Московская обл., г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, д. 13; e-mail: mescherov.r@yandex.ru)

Михаил Иванович Дунин – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела (Российская Федерация, 141212, Московская обл., г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, д. 13; e-mail: duninmi@mail.ru)

Шамиль Равильевич Мещеров – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела (Российская Федерация, 141212, Московская обл., г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, д. 13; e-mail: meshchero.v.shamil@gmail.com)

Валерий Пюрвеевич Ходыков – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела (Российская Федерация, 141212, Московская обл., г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, д. 13; e-mail: vniipleholm@mail.ru)

Галина Леонидовна Шестакова – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела (Российская Федерация, 141212, Московская обл., г. Пушкино, пос. Лесные Поляны, ул. Ленина, д. 13; e-mail: vniipleholm@mail.ru)

ANALYSIS OF GENETIC STRUCTURE AND PRODUCTIVITY OF HERDS OF THE HOLSTEIN CATTLE OF RUSSIAN SELECTION

Meshchero.v R.K., Dunin M.I., Meshchero.v Sh.R.,
Khodykov V.P., Shestakova G.L.

The study of genetic structure of the Holstein breed cattle of Russian selection with the assessment of genetic profile and productivity of individuals to improve its competitiveness with the subsequent development of methods for its improvement in modern realities, is a very relevant task in the industry and contributes to the implementation of the tasks outlined in the Federal Scientific and Technical Program of Agricultural Development for the period 2017–2030. The scientific novelty of the work consists in the fact that for the first time in the Russian Federation, we give the results of scientific research of microsatellite loci-markers of DNA genome of animals in the consolidated population of the Holstein breed cattle of Russian selection, bred in 18 breeding farms of five regions of the RF, formed on the basis of offspring from crossing Holsteinized cattle of the Russian Black Pied and the Holmogorsk breed with bulls-producers of the Holstein breed of different selection, with the purpose of further development of methods for improving the genome of animals. The practical significance (applicability) of the research results is that the formed genetic structure of the consolidated array of the Holstein breed cattle of Russian selection with the studied genetic profile on allelofond and evaluation of productivity

of individuals will give the opportunity to carry out targeted selection and breeding work by purebred breeding with the use of own bulls-producers of new genetic complexes. Analysis of 12 microsatellite loci of a consolidated array of the Holstein cows of Russian selection revealed 131 alleles. The frequency of alleles in the studied array of animals varied from 0.001 to 0.676. Eleven alleles were found with the highest frequency (0.538 to 0.587): 262 and 264 (locus BM 1818), 188 (locus BM 1824), 135 (locus BM 2113), 117 (locus ETH 3), 219 (locus ETH10), 148 (locus ETH 225), 210 (locus INRA 023), 248 (locus SPS 115), 117 (locus TGLA 126). The animals have a distinguishable genetic profile, and the population is formed of sufficiently homogeneous individuals that stably transmit their traits. Monitoring allowed determining the genetic profile of the population by allelofond and evaluating the productive qualities of individuals in herds, which will provide an opportunity to carry out inbreeding breeding work using own bulls-producers of new genetic complexes.

Holstein cattle population, Russian breeding, genetic structure of herds, genetic profile, genotyping of animals, private alleles, allele frequency, productivity.

REFERENCES

- Altukhov Yu.P. (2003). *Geneticheskie protsessy v populyatsiyakh* [Genetic Processes in Populations]. Moscow: Akademkniga.
- Chasovshchikova M.A. (2019). Genetic characterization of Holstein breed of cattle using microsatellite DNA markers. *Zootekhniya*, 2. С. 191–193 (in Russian).
- Dunin I.M., Tyapugin S.E., Kalashnikova L.A. et al. (2019). Gene pool of dairy cattle breeds in Russia: Status, prospects of conservation and utilization. *Zootekhniya*, 5, 2–6 (in Russian).
- Ernst L.K., Zinov'eva N.A., Konovalova E.N., Gladyr' E.A., Babayan O.V. (2007). Study of the effect of blood infusion of Holstein cattle on the change in the gene pool of domestic cattle using DNA microsatellites. *Zootekhniya*, 12, 2–4 (in Russian).
- Kalashnikova L.A., Khabibrakhmanova Ya.A., Dzhaparidze G.M., Trufanov V.G. (2018). Polymorphism of CSN3, LGB, PRL, GH genes in the Holstein cows. *Zootekhniya*, 2, 8–9 (in Russian).
- Kalashnikova L.A., Khabibrakhmanova Ya.A., Ganchenkova T.B., Pavlova I.Yu., Yaluga V.L. (2016). Genetic characterization of cattle using microsatellites. *Zootekhniya*, 2, 9–11 (in Russian).
- Meshcherov R.K., Khodykov V.P., Meshcherov Sh.R., Nikulkin N.S. (2022). Breed inventory of the breeding resources of the Kholmogorsky cattle breed in the Russian Federation. *AgroZooTekhnika=Agricultural and Livestock Technology*, 5(1), 1–14 (in Russian).
- Meshcherov R.K., Khodykov V.P., Meshcherov Sh.R., Nikulkin N.S. (2023b). Breed and pedigree resources of cattle of the Holstein Russian Black Pied breed of cattle in the Russian Federation: Realities and prospects. *AgroZooTekhnika=Agricultural and Livestock Technology*, 6(1), 1–19 (in Russian).
- Meshcherov R.K., Meshcherov Sh.R., Khodykov V.P. (2023a). Analysis of the current state of breed resources of Holmogorsk cattle. *Innovatsionnye dostizheniya nauki i tekhniki APK: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Innovative Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex: Materials of the International Scientific and Practical Conference]. Kinel (in Russian).
- Shichkin G.I., Butusov D.V., Safina G.F. et al. (2022). *Katalog bykov-proizvoditelei molochnykh i molochno-myasnykh porod, otsenennykh po kachestvu potomstva* [Catalog of Bulls-Producers of Dairy and Dairy-Meat Breeds, Evaluated for Progeny Quality]. Moscow: FGBNU VNIIPlem.
- Shichkin G.I., Dunin I.M., Tyapugin E.E. et al. (2023). *Ezhegodnik po plemennoi rabote v molochnom skotovodstve v khozyaistvakh Rossiiskoi Federatsii (2022 god)* [Yearbook on Breeding Work in Dairy Cattle Breeding in Farms of the Russian Federation (2022)]. Moscow: FGBNU VNIIPlem.
- Tulinova O.V., Vasil'eva E.N. (2023). Genealogical branches of Holstein breed of Leningrad dairy cattle population. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo=Dairy Farming Journal*, 3, 5–10 (in Russian).

Zinov'eva N.A., Strekozov N.I., Malofeeva L.A. (2010). Evaluation of the role of DNA microsatellites in the genetic characterization of the population of black-breed cattle. *Zootekhnika*, 1, 2–4 (in Russian).

Information about the authors

Ravil' K. Meshcherov – Candidate of Sciences (Agriculture), Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Animal Breeding (13, Lenin Street, Lesnye Polyany Rural Settlement, Pushkino, Moscow Region, 141212, Russian Federation; e-mail: mescherov.r@yandex.ru)

Mikhail I. Dunin – Candidate of Sciences (Biology), Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Animal Breeding (13, Lenin Street, Lesnye Polyany Rural Settlement, Pushkino, Moscow Region, 141212, Russian Federation; e-mail: duninmi@mail.ru)

Shamil' R. Meshcherov – Candidate of Sciences (Agriculture), Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Animal Breeding (13, Lenin Street, Lesnye Polyany Rural Settlement, Pushkino, Moscow Region, 141212, Russian Federation; e-mail: meshchero.v.shamil@gmail.com)

Valerii P. Khodykov – Candidate of Sciences (Agriculture), Associate Professor, Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Animal Breeding (13, Lenin Street, Lesnye Polyany Rural Settlement, Pushkino, Moscow Region, 141212, Russian Federation; e-mail: vniipleholm@mail.ru)

Galina L. Shestakova – Candidate of Sciences (Biology), Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Animal Breeding (13, Lenin Street, Lesnye Polyany Rural Settlement, Pushkino, Moscow Region, 141212, Russian Federation; e-mail: vniipleholm@mail.ru)