

13. Fthenakis G.C., Karagiannidis A., Alexopoulos C., Brozos C., Saratsis P., Kyriakis S. (2001). Clinical and epidemiological findings during ram examination in 47 flocks in southern Greece. *Prev. Vet Med.* Vol. 52 (1): 43-52. doi: 10.1016/S0167-5877(01)00238-0.

14. Aybazov A.M., Mamontova T.V. Nekotorye biologicheskie i morfometricheskie pokazateli zapadno-kavkazskogo tura // *Ovtsy, kozy, sherstyanoje delo.* – 2014. – No. 1. – S. 21-23.

15. Malakhova L.S., Aybazov A.-M.M. Vozrastnaya dinamika massy tela i perimetra semennikov u baranov raznykh genotipov i svyaz etikh priznakov s polovoy aktivnostyu // *Sbornik nauchnykh trudov VNIIOK.* – 2014. – No. 7.

16. Ivanina A.V. Svyaz pokazateley spermoproduksii s parametrami tela i vozrasta baranov-proizvoditeley // *Naukoviy visnik "Askaniya-Nova".* – 2015. – No. 8. – S. 141-151.



УДК 636.2.034: 575.174.015.3

**Т.Е. Денискова, В.В. Волкова, О.В. Костюнина,  
Е.Р. Гостева, М.Б. Улимбашев**  
T.Ye. Deniskova, V.V. Volkova, O.V. Kostyunina,  
Ye.R. Gosteva, M.B. Ulimbashhev

### ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЛЕЛОФОНДА ПОПУЛЯЦИИ СИММЕНТАЛЬСКОГО И ПОМЕСНОГО СКОТА ПОВОЛЖЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОСАТЕЛЛИТОВ

#### CHARACTERISTICS OF THE ALLELE FUND OF SIMMENTAL AND CROSSBRED CATTLE POPULATIONS OF THE VOLGA REGION USING MICROSATELLITES

**Ключевые слова:** симментальская порода, голштинская порода, помеси, аллели, аллелофонд, микросателлиты, генетическое разнообразие.

Цель работы заключалась в сравнительном исследовании аллелофонда популяции симментальского скота Поволжья разной кровности по улучшающей (голштинской) породе с использованием микросателлитов. Выборка для исследования включала образцы ткани крупного рогатого скота симментальской породы, представленной группами с разной долей кровности по улучшающей (голштинской) породе: 75% (SIM75, n=15); 50-75% (SIM75-50, n=9); 25-50% (SIM25-50, n=12), которые разводятся на территории Саратовской области. Размеры аллелей микросателлитных локусов были определены на 16-капиллярном генетическом анализаторе ABI3130xl GeneticAnalyzer и идентифицированы в программе GeneMapper v. 4 («AppliedBiosystems», Lifetechnologies, США). Анализ состояния аллелофонда свидетельствует, что группа SIM25-50 характеризуется наибольшими значениями таких показателей, как среднее число аллелей на locus (5,33) и эффективное число аллелей (3,46). По аналогичным параметрам группы SIM75 и SIM75-50 демонстрировали практически идентичные значения. По числу информативных аллелей группа SIM75-50 превосходила остальные: 4,89 против 3,78 и 4,11±0,31 у SIM75-50, SIM75 и SIM25-50 соответственно. Во всех изучаемых выборках был зафиксирован избыток гетерозигот, наибольший – в группе SIM25-50 – 9% (Fis=-0,118). Анализ частоты встречаемости аллелей в локусах показал,

что во всех группах крупного рогатого скота были найдены приватные аллели, которые были характерны только для одной из групп: аллель 221 в локусе ETH10 у SIM75; аллель 260 в локусе SPS115 у SIM25-50; аллели 147 и 163 в локусе TGLA122 у SIM25-50; аллели 202 и 260 в локусе INRA23у SIM75-50. Проведенные исследования популяции симментальского скота Поволжья с разными долями крови по улучшающей породе на основе применения микросателлитов показали высокое аллельное разнообразие изучаемых животных.

**Keywords:** Simmental breed, Holstein breed, cross-breed, alleles, allele, microsatellite, genetic diversity.

The research goal was to compare the allele pool of the population of Simmental cattle of the Volga region of different blood levels regarding improving (Holstein) breed using microsatellites. The samples for the study included tissue samples of Simmentals cattle represented by groups with different proportions of blood of the improving (Holstein) breed: 75% (SIM75, n = 15); 50-75% (SIM75-50, n = 9); 25-50% (SIM25-50, n = 12) which are raised in the Saratov Region. The sizes of alleles of microsatellite loci were determined by a sixteen capillary ABI3130xl Genetic Analyzer and identified in the GeneMapper v.4 software. 4 (Applied Biosystems, Life technologies, USA). The analysis of the state of the allele pool indicates that the SIM25-50 group is characterized by the highest values of such indices as the average number of alleles per locus (5.33) and the effective number of alleles (3.46). By analogous parameters, the groups SIM75 and

SIM75-50 showed practically identical values. In terms of the number of informative alleles, the SIM75-50 group outperformed the other groups: 4.89 versus 3.78 and  $4.11 \pm 0.31$  for SIM75-50, SIM75 and SIM25-50, respectively. In all studied samples, an excess of heterozygotes was recorded; the largest – in SIM25-50 group – 9% ( $Fis = -0.118$ ). The analysis of the frequency of allele occurrence in loci showed that in all groups of cattle private alleles were found, which were

characteristic of only one of the groups: allele 221 in ETH10 locus in SIM75; allele 260 in SPS115 locus at SIM25-50; alleles 147 and 163 in TGLA122 locus at SIM25-50; alleles 202 and 260 in the locus INRA23 at SIM75-50. The studies of the population of Simmental cattle of the Volga region with different blood ratio of the improving breed based on the use of microsatellites showed high allelic diversity of the studied animals.

**Денискова Татьяна Евгеньевна**, к.б.н., с.н.с. лаб. молекулярных основ селекции, Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Московская обл. E-mail: horarka@yandex.ru.

**Волкова Валерия Владимировна**, к.б.н., с.н.с. лаб. молекулярных основ селекции, Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Московская обл. E-mail: moonlit\_elf@mail.ru.

**Костюнина Ольга Васильевна**, д.б.н., зав. лаб., вед. н.с. лаб. молекулярных основ селекции, Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста, Московская обл. E-mail: kostolan@yandex.ru.

**Гостева Екатерина Ряшитовна**, к.с.-х.н., вед. н.с. отдела животноводства, НИИ сельского хозяйства Юго-Востока, г. Саратов. E-mail: ekagosteva@yandex.ru.

**Улимбашев Мурат Борисович**, д.с.-х.н., вед. н.с. лаб. промышленной технологии производства продукции животноводства, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Ставропольский край. E-mail: murat-ul@yandex.ru.

**Deniskova Tatyana Yevgenyevna**, Cand. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Lab. of Breeding Molecular Fundamentals, Federal Scientific Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Moscow Region. E-mail: horarka@yandex.ru.

**Volkova Valeriya Vladimirovna**, Cand. Bio. Sci., Senior Staff Scientist, Lab. of Breeding Molecular Fundamentals, Federal Scientific Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Moscow Region. E-mail: moonlit\_elf@mail.ru.

**Kostyunina Olga Vasilyevna**, Dr. Bio. Sci., Leading Staff Scientist, Head of Lab. of Breeding Molecular Fundamentals, Federal Scientific Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst, Moscow Region. E-mail: kostolan@yandex.ru.

**Gosteva Yekaterina Rashitovna**, Cand. Agr. Sci., Leading Staff Scientist, Research Institute of Agriculture of South-East, Saratov. E-mail: ekagosteva@yandex.ru.

**Ulimbashev Murat Borisovich**, Dr. Agr. Sci., Leading Staff Scientist, North Caucasus Federal Scientific Agrarian Centre, Stavropol Region. E-mail: murat-ul@yandex.ru.

### Введение

В последние годы в селекционной работе с животными используют анализ маркеров микросателлитов, которые широко применяются для контроля происхождения животных, повышения точности прогноза племенной ценности производителей и маток, в маркерной селекции [1, 2]. Наряду с этим использование молекулярно-генетической и иммуногенетической информации способствует диагностированию наследственных заболеваний, предотвращению их передачи следующим поколениям [3]. Так, в симментальской породе идентифицирован ряд генетических дефектов, одним из которых является субфертильность быков – BMS, обусловленная LoF-мутацией в гене, кодирующем трансмембранный белок 95 – TMEM95 (rs378652941, c.483C> A, p.Cys161X, Chr19: 27,689,622 bp) [4]. Вредное влияние данной мутации на фертильность быков заключается в снижении оплодотворяющей способности семени быков-носителей: только 1,7% от 35,671 осеменений были успешными (OMIA). В российской популяции симментальской породы при анализе частоты встречаемости аллелей и генотипов гена

TMEM95 в группе коров и быков симментальской породы не был диагностирован гомозиготный вариант AA, тогда как частота генотипа AC составила 12,86 и 3,09% соответственно [5]. При этом частота встречаемости аллеля A фиксировалась на уровне 0,072 и 0,014 у быков и коров соответственно и в среднем по исследованной выборке составила 0,039.

Симментальский скот является одним из основных среди комбинированных отечественных пород крупного рогатого скота. В ряде регионов нашей страны, в том числе в Саратовской области, животные этой породы занимают доминирующее положение в удельном весе всех пород. Изучение уникального регионального аллелофонда симментальского скота Поволжья может внести существенный вклад в характеристику аллельного разнообразия всей породы, что является актуальной задачей современной биологической науки.

Критерием применения ДНК-маркеров в изучении проблем эволюционной и популяционной генетики могут служить микросателлиты, характеристика которых в зависимости от происхождения

симменталов представлена в ряде научных трудов [6-8].

Микросателлиты – это фрагменты дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) с большим числом tandemных повторов, один повтор которого варьирует от 1 до 6 нуклеотидов. Выявлено, что аллели микросателлитного локуса достаточно высокополиморфны, характеризуются высокими темпами мутирования. Общеизвестно, что микросателлиты рассеяны по всему геному, и это обстоятельство обуславливает большую вероятность сцепления с локусами, ответственными за количественные признаки [3].

Применение молекулярно-генетических методов в различных отраслях животноводства способствует дополнению традиционных методов селекции, что обеспечивает оценку генетического потенциала животных конкретно на уровне генотипа [9].

**Цель** работы – исследование аллелофонда популяции симменталов Поволжья разной кровности по улучшающей (голштинской) породе в сравнительном аспекте с применением микросателлитов.

**Объекты и методы исследований**

Выборка для исследования включала образцы ткани крупного рогатого скота симментальской породы, представленной группами с разной долей кровности по улучшающей (голштинской) породе: 75% (SIM75, n=15); 50-75% (SIM75-50, n=9); 25-50% (SIM25-50, n=12), которые разводятся на территории Саратовской области.

Молекулярные исследования проводились в лаборатории молекулярных основ селекции ФГБНУ ФНЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. ДНК была выделена с помощью коммерческих наборов «ДНК-Экстран2» (ЗАО «Синтол», Россия) согласно рекомендациям производителя.

Мультиплексная панель для генетического анализа включала 9 микросателлитных локусов, в том числе BM2113, ETH10, SPS115, TGLA122, INRA23, TGLA126, BM1818, ETH225, BM1824, рекомендованных Международным обществом по генетике животных (ISAG) для проведения популяционно-генетических исследований крупного рогатого скота.

ПЦР-амплификация осуществлялась на термоциклере EppendorfMastercycler AG 22331 («Eppendorf», Германия) по стандартным методикам. Размеры аллелей микросателлитных локусов были определены на 16-капиллярном генетическом анализаторе ABI3130xl GeneticAnalyzer и идентифицированы в программе Gene Mapper v. 4 («AppliedBiosystems», Lifetechnologies, США).

Полученные результаты обрабатывались в программе GenAlEx 6.503 [10]. Были рассчитаны параметры, характеризующие состояние аллелофонда и уровень генетического разнообразия исследуемых групп и по всем локусам для каждой группы отдельно: частоты встречаемости аллелей локусов микросателлитов, среднее число аллелей на каждый локус (Na), эффективное число аллелей (Ne), число информативных аллелей или аллелей с частотой встречаемости более 5% (Na≥5%), ожидаемая (He) и наблюдаемая (Ho) гетерозиготность, коэффициент инбридинга (Fis).

**Результаты исследования и их обсуждение**

Анализ состояния аллелофонда показал, что группа SIM25-50 характеризуется наибольшими значениями таких показателей, как среднее число аллелей на локус (5,33) и эффективное число аллелей (3,46) (табл. 1). По указанным показателям группы SIM75 и SIM75-50 проявляли практически такие же значения. По числу информативных аллелей группа SIM75-50 превосходила остальные: 4,89 против 3,78 и 4,11±0,31 у SIM75-50, SIM75 и SIM25-50 соответственно.

Таблица 1

**Параметры аллелофонда и генетического разнообразия, рассчитанные для каждой группы**

Группа животных	n	Na	Ne	NaFreq.>= 5%	Ho	He	Fis
SIM75	15	4,89±0,51	3,04±0,37	3,78±0,47	0,64±0,05	0,63±0,04	-0,019
SIM75-50	9	4,89±0,56	3,05±0,36	4,89±0,56	0,65±0,06	0,64±0,04	-0,031
SIM25-50	12	5,33±0,29	3,46±0,22	4,11±0,31	0,79±0,05	0,70±0,02	-0,118

Примечание. Note: \*n – количество животных; Na – среднее количество аллелей на локус; Ne – эффективное число аллелей на локус; Na≥5% – количество информативных аллелей, т.е. встречающиеся с частотой 5% и более; Ho – наблюдаемая гетерозиготность; He – ожидаемая гетерозиготность; Fis – индекс фиксации.

Во всех изучаемых выборках был зафиксирован избыток гетерозигот, о чем свидетельствуют отрицательные значения коэффициента инбридинга. В группах SIM75 и SIM75-50 разница между гетерозиготами и гомозиготами была незначительной. В целом, данные группы были близки к генетическому равновесию. В группе SIM25-50 избыток гетерозигот составил 9% (Fis=-0,118).

В таблице 2 представлены параметры аллелофонда и генетического разнообразия, рассчитанные для каждого микросателлитного локуса отдельно. В группе SIM75 наибольшее среднее и эффективное число аллелей было обнаружено в локусах BM2113 и ETH10: BM2113 – 7,00 и 4,55 соответственно, ETH10 – 7,00 и 4,37 соответ-

ственно. При этом наименьшим средним числом аллелей – по 3 аллеля в каждом – отличались локусы TGLA122 и TGLA126. Менее двух эффективных аллелей зарегистрировано в локусах BM1818 и TGLA122: 1,83 и 1,95 соответственно. В пяти из девяти локусов наблюдался избыток гетерозигот (отрицательные значения Fis), который колебался от 16,3% (Fis = -0,322) по локусу TGLA126 до 2,9% (Fis= -0,037) по локусу ETH10. Для локусов TGLA122, BM1818, ETH225 и BM1824 имел место определенный недостаток гетерозигот (положительные значения коэффициента инбридинга), который составил 2% (Fis=0,041); 5,3% (Fis=0,118); 15,8% (Fis=0,208) и 12,2% (Fis=0,169).

Таблица 2

**Параметры аллелофонда и генетического разнообразия, рассчитанные для каждого микросателлитного локуса отдельно**

Группа животных	Локус	Na	Ne	Ho	He	Fis
SIM75	BM2113	7,000	4,545	0,933	0,780	-0,197
	ETH10	7,000	4,369	0,800	0,771	-0,037
	SPS115	4,000	2,195	0,600	0,544	-0,102
	TGLA122	3,000	1,948	0,467	0,487	0,041
	INRA23	5,000	2,744	0,667	0,636	-0,049
	TGLA126	3,000	2,018	0,667	0,504	-0,322
	BM1818	4,000	1,829	0,400	0,453	0,118
	ETH225	6,000	4,128	0,600	0,758	0,208
	BM1824	5,000	3,600	0,600	0,722	0,169
SIM75-50	BM2113	7,000	4,909	1,000	0,796	-0,256
	ETH10	3,000	2,160	0,667	0,537	-0,241
	SPS115	4,000	1,604	0,444	0,377	-0,180
	TGLA122	6,000	2,793	0,667	0,642	-0,038
	INRA23	8,000	4,629	0,889	0,784	-0,134
	TGLA126	4,000	2,746	0,556	0,636	0,126
	BM1818	4,000	2,613	0,444	0,617	0,280
	ETH225	4,000	2,746	0,556	0,636	0,126
	BM1824	4,000	3,240	0,667	0,691	0,036
SIM25-50	BM2113	6,000	3,556	0,500	0,719	0,304
	ETH10	6,000	2,880	0,750	0,653	-0,149
	SPS115	5,000	3,032	0,833	0,670	-0,244
	TGLA122	6,000	4,000	1,000	0,750	-0,333
	INRA23	6,000	4,721	1,000	0,788	-0,269
	TGLA126	4,000	3,429	0,750	0,708	-0,059
	BM1818	4,000	2,743	0,667	0,635	-0,049
	ETH225	6,000	3,892	0,833	0,743	-0,121
	BM1824	5,000	2,909	0,750	0,656	-0,143

Примечание. Note: Na – среднее количество аллелей на локус; Ne – эффективное число аллелей на локус; Na≥5% – количество информативных аллелей, т.е. встречающиеся с частотой 5% и более; Ho – наблюдаемая гетерозиготность; He – ожидаемая гетерозиготность; Fis – индекс фиксации.

Локусы INRA23, BM2113 и TGLA122 в группе SIM75-50 отличались наибольшим средним числом аллелей, которое составило 8,00; 7,00 и 6,00 соответственно. Наибольшее эффективное число аллелей зафиксировано в локусах BM2113 – 4,91, INRA23 – 4,63 и BM1824 – 3,24. В остальных локусах значения  $N_a$  составило 4 аллелей (кроме ETH10, где  $N_a=3,00$ ) и  $N_e$  было больше 2,10 (за исключением SPS115, где  $N_e=1,60$ ). Дефицит гетерозигот варьировал от 2,4% ( $F_{is}=0,036$ ) в BM1824 до 17,3% ( $F_{is}=0,280$ ) в BM1818, в то время как их избыток колебался от 2,5% ( $F_{is}=-0,038$ ) в TGLA122 до 20,4% ( $F_{is}=-0,256$ ).

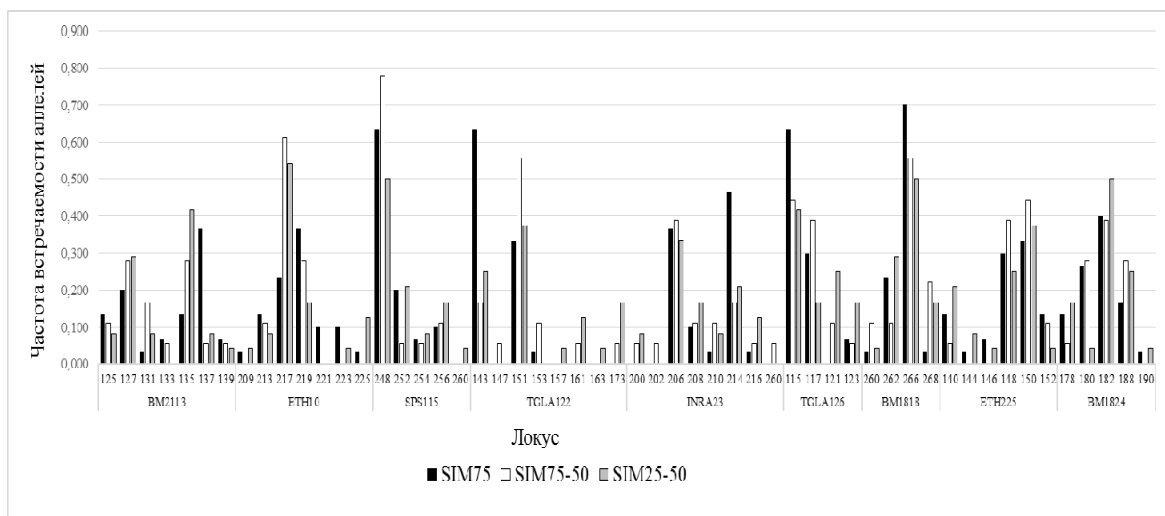
В группе SIM25-50 среднее число аллелей TGLA126 и BM1818 варьировало от 4 до 6 аллелей – BM2113, ETH10, TGLA122, INRA23 и ETH225. Анализ локусов ETH10, BM1818 и BM1824 позволил выявить эффективное число аллелей, не превышающее трех. Недостаток гетерозигот зафиксирован только в локусе BM2113 ( $F_{is}=0,304$ ). Для всех остальных локусов полученные значения коэффициента были отрицательными и колебались от -0,049 в локусе BM1818 до -0,333 в локусе TGLA122.

Анализ частоты встречаемости аллелей в локусах (рис. 1) показал, что во всех группах крупного рогатого скота были найдены приватные аллели, которые были характерны только для одной из групп: аллель 221 в локусе ETH10 у SIM75; аллель 260 в локусе SPS115 у SIM25-50; аллели 147 и 163 в локусе TGLA122 у SIM25-50; аллели 202 и 260 в локусе INRA23 у SIM75-50.

В локусе BM2113 наибольшей частотой встречаемости характеризовался 135-й аллель в группе SIM25-50 (0,417), 137-й аллель – в группе

SIM75 (0,367), 127- и 135-й аллели – в группе SIM75-50 (по 0,278), в то время как наименьшая частота встречаемости была выявлена у аллелей 133 и 139 во всех группах скота. Что касается локуса ETH10, то во всех изучаемых группах животных наиболее высокие частоты встречаемости были выявлены у аллелей 217 и 219 и составили 0,233; 0,611; 0,542 и 0,367; 0,278; 0,167 в группах SIM75, SIM75-50 и SIM25-50 соответственно. Наиболее редкими были аллели 209, 223 и 225. Аллель 248 был преобладающим в локусе SPS115 у трех групп, частота его встречаемости варьировала от 0,500 у SIM25-50 до 0,778 у SIM25-50. В локусе TGLA122 у животных SIM75 аллель 143 был самым распространённым с частотой встречаемости 0,633, в то время как аллели 161 и 173 отсутствовали в данной группе. В группе SIM75-50 аллель 151 встречался у 55,6% особей. В группе SIM25-50 отсутствовал аллель 153, тогда как самыми высокими частотами встречаемости характеризовались аллели 143 и 151.

Аллель 200 в локусе INRA23 отсутствовал в группе SIM75 и был мало распространённым в группах SIM75-50 (0,056) и SIM25-50 (0,083). Кроме того, аллели 210 и 216 сравнительно редкие в группах SIM75 и SIM25-50. Аллели 206 и 214 самые часто встречающиеся в трех группах. У всех животных аллель 115 локуса TGLA126 была самой широко распространённой (0,633; 0,444 и 0,417 соответственно). Второе место по частоте встречаемости в группах SIM75 и SIM75-50 занимала 117 аллель, тогда как в группе SIM25-50 – 121 аллель, которая, в свою очередь, отсутствовала у SIM75.



**Рис. 1. Частота встречаемости аллелей в 10 локусах микросателлитов в изучаемых группах крупного рогатого скота**

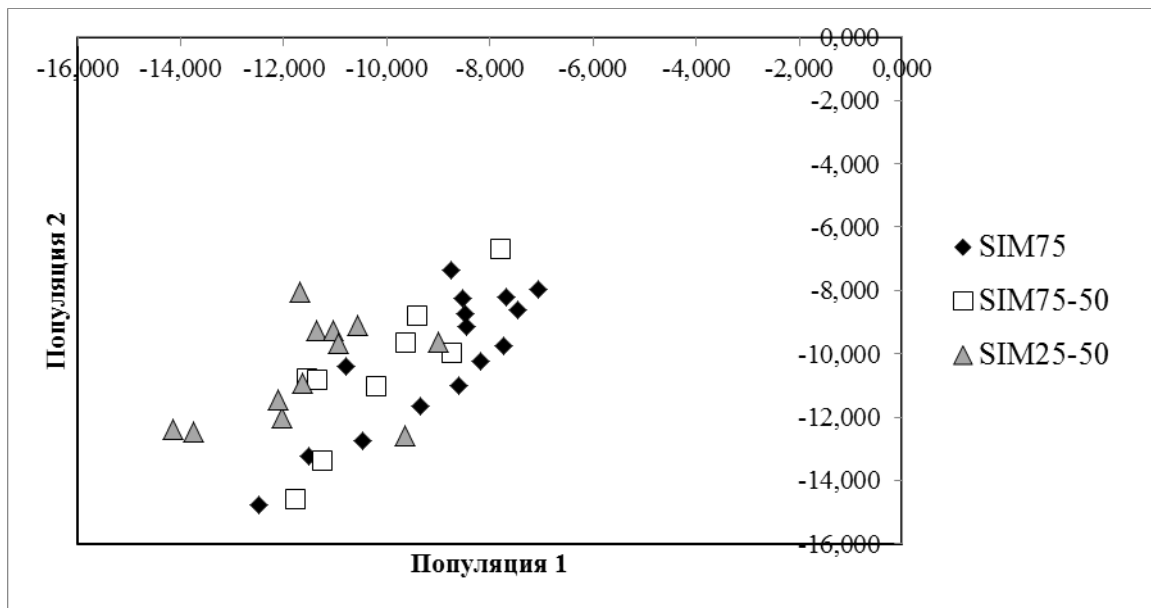


Рис. 2. Результаты анализа групповой принадлежности особей

Аллель 266 локуса BM1818 присутствовала у 70% животных группы SIM75, у 55,6% – животных группы SIM75-50 и 50,0% – животных группы SIM25-50. Аллель 262 часто встречалась в группах SIM75 (0,233) и SIM25-50 (0,292), а аллель 268 – в группе SIM75-50 (0,222). В локусе ETH225 аллели 148 и 150 были наиболее часто встречающимися во всех исследуемых группах скота, в то время как аллели 144 и 146 являлись самыми редкими. В локусе BM1824 частоты встречаемости аллеля 182 были максимальными во всех трех группах – 0,400; 0,389; 0,500 у SIM75, SIM75-50 и SIM25-50 соответственно, в то время как аллель 190 был самым редким в группах SIM75 (0,033) и SIM25-50 (0,042) и отсутствовал у SIM75-50.

На рисунке 2 продемонстрирован характер определения групповой принадлежности особей. В целом, можно отметить, что четкого соотношения к своей группе не наблюдалось: исследуемые животные разных выборок формировали перекрывающиеся массивы. Тем не менее такой результат был ожидаемым и в определенной степени логичным, поскольку изучаемые особи принадлежат к одной породе, различающейся по долям кровности по улучшающей породе.

### Выводы

Проведенные исследования популяции симментальского скота Поволжья с разными долями крови по улучшающей породе на основе применения микросателлитов показали:

- высокое аллельное разнообразие изучаемых животных;
- при увеличении доли кровности по улучшающей породе группа симментальского скота сохраняет в своем аллелофонде приватные аллели, которые характеризуют ее уникальность;
- популяции с высокими долями кровности по улучшающей породе находятся в состоянии генетического равновесия без признаков начинающейся инбредной депрессии.

### Библиографический список

1. Фисинин В.И., Калашников В.В., Багиров В.А. Научное обеспечение инновационного развития животноводства России // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 9. – С. 3-7.
2. Стрекозов Н.И., Зиновьева Н.А., Горелов П.В. и др. Генетическая характеристика созданных типов скота бурой швицкой и сычевской пород с использованием полиморфизма микросателлитных локусов // Сельскохозяйственная биология. – 2009. – Т. 44. – № 2. – С. 10-15.
3. Арнаутковский И.Д., Гоголов В.А., Талай Е.В. Проблемы и предложения по генетическому усовершенствованию животных в Дальневосточном федеральном округе // Дальневосточный аграрный вестник. – 2017. – № 3 (43). – С. 75-83.
4. Pausch H., Kölle S., Wurmser C., Schwarzenbacher H., et al. (2014). Nonsense Mutation in TMEM95 Encoding a Nondescript Transmembrane Protein Causes Idiopathic Male Subfertility in Cattle. *PLoS Genet.* Vol. 10 (1): 1004-1044.

5. Форнара М.С., Филипченко А.А., Костюнина О.В. и др. Исследование полиморфизма гена TMEM95, обуславливающего дефект BMS у симментальской породы крупного рогатого скота // Молекулярная диагностика: сб. тр. IX Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Дубровицы, 2017. – С. 357-358.

6. Эрнст Л.К., Зиновьева Н.А., Коновалова Е.Н. и др. Изучение влияния прилития крови голштинского скота на изменение генофонда крупного рогатого скота отечественных пород с использованием ДНК-микросателлитов // Зоотехния. – 2007. – № 12. – С. 2-4.

7. Долматова И.Ю., Горелов П.В., Ильясов А.Д. и др. Характеристика аллелофонда башкирской популяции симментальского скота по микросателлитам // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2012. – № 2. – С. 52-54.

8. Фенченко Н.Г., Хайруллина Н.И., Шамсутдинов Д.Х. и др. Генетические особенности скота черно-пестрой и симментальской пород по микросателлитным локусам и их использование в селекции // Вестник Курганской ГСХА. – 2017. – № 2 (22). – С. 70-74.

9. Зиновьева Н.А. Молекулярно-генетические методы и их использование в свиноводстве // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 10. – С. 34-36.

10. Peakall R., Smouse P.E. (2012). GenAIEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update. *Bioinformatics*. Vol. 28 (19): 2537-2539.

### References

1. Fisinin V.I., Kalashnikov V.V., Bagirov V.A. Nauchnoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya zhivotnovodstva Rossii // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2011. – No. 9. – S. 3-7.

2. Strekozov N.I., Zinoveva N.A., Gorelov P.V. i dr. Geneticheskaya kharakteristika sozdannykh tipov skota buroy shvitskoy i sychevskoy porod s ispolzovaniem polimorfizma mikrosatellitnykh lokusov // Selskokhozyaystvennaya biologiya. – 2009. – T. 44. – No. 2. – S. 10-15.

3. Arnautovskiy I.D., Gogulov V.A., Talalay Ye.V. Problemy i predlozheniya po geneticheskomu usovershenstvovaniyu zhivotnykh v Dalnevostochnom federalnom okruge // Dalnevostochnyy agrarnyy vestnik. – 2017. – No. 3 (43). – S. 75-83.

4. Pausch H., Kölle S., Wurmser C., Schwarzenbacher H., et al. (2014). Nonsense Mutation in TMEM95 Encoding a Nondescript Transmembrane Protein Causes Idiopathic Male Subfertility in Cattle. *PLoS Genet*. Vol. 10 (1): 1004-1044.

5. Fornara M.S., Filipchenko A.A., Kostyuniina O.V. i dr. Issledovanie polimorfizma gena TMEM95, obuslavlivayushchego defekt BMS u simmentalskoy porody krupnogo rogatogo skota // Molekulyarnaya diagnostika: sbornik trudov IKh Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. – Dubrovitsy, 2017. – S. 357-358.

6. Ernst L.K., Zinoveva N.A., Konovalova Ye.N. i dr. Izuchenie vliyaniya prilitiya krovi golshtinskogo skota na izmenenie genofonda krupnogo rogatogo skota otechestvennykh porod s ispolzovaniem DNK-mikrosatellitov // Zootekhniya. – 2007. – No. 12. – S. 2-4.

7. Dolmatova I.Yu., Gorelov P.V., Ilyasov A.D. i dr. Kharakteristika allelofonda bashkirkoy populyatsii simmentalskogo skota po mikrosatellitam // Aktualnye problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk. – 2012. – No. 2. – S. 52-54.

8. Fenchenko N.G., Khayrullina N.I., Shamsutdinov D.Kh. i dr. Geneticheskie osobennosti skota cherno-pestroy i simmentalskoy porod po mikrosatellitnym lokusam i ikh ispolzovanie v selektsii // Vestnik Kurganskoy GSKhA. – 2017. – No. 2 (22). – S. 70-74.

9. Zinoveva N.A. Molekulyarno-geneticheskie metody i ikh ispolzovanie v svinovodstve // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2008. – No. 10. – S. 34-36.

10. Peakall R., Smouse P.E. (2012). GenAIEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research – an update. *Bioinformatics*. Vol. 28 (19): 2537-2539.

