

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

на правах рукописи

Феткуллова Гульназ Иршатовна

**ЭКСТЕРЬЕРНЫЕ И ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОШАДЕЙ
ТАТАРСКОЙ ПОРОДЫ**

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Научный руководитель:

доктор биологических наук, профессор

Хаертдинов Равиль Анварович

Казань – 2026

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	10
1.1 Характеристика лошадей татарской породы	10
1.2 Использование полиморфных белков крови и других биологических жидкостей в селекции лошадей.....	14
1.3 Микросателлитное ДНК-генотипирование и его значение в селекции лошадей.....	21
2 ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.....	35
2.1 Материал, методика и условия проведения исследований.....	35
2.2 Результаты собственных исследований.....	39
2.2.1 Экстерьерные особенности лошадей татарской породы.....	39
2.2.2 Аллелофонд и генетическая структура лошадей татарской породы по полиморфным белкам крови	58
2.2.3 Аллелофонд и генетическая структура лошадей татарской породы по полиморфизму микросателлитной ДНК.....	65
2.2.4 Хозяйственно-полезные признаки лошадей в связи с генами полиморфных систем	90
3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	96
3.1 Обсуждение результатов исследований.....	96
3.2 Выводы.....	99
3.3 Рекомендации по использованию научных выводов.....	101
3.4 Перспективы дальнейшей разработки темы.....	102
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	103
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	126

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В условиях развития сельскохозяйственного производства и интенсивного использования высокопродуктивных пород животных, все острее встаёт проблема сохранения генетического разнообразия, что является основой для развития животноводства в настоящее время. Молекулярно-генетические исследования позволяют не только оценить генетический потенциал пород, но и выявить уникальные аллели, определить степень гомозиготности и инбридинга, а также определить связь между популяциями. Полученные данные о генофонде животных позволяют вести селекцию в различных направлениях и повысить её точность [18, 19, 29, 83, 87, 123, 160].

Особую значимость приобретает исследование новых или возрождённых пород, к которым относится татарская порода лошадей, официально утвержденная в 2019 году, являющаяся селекционным достижением и культурным наследием татарского народа. Эта порода сочетает в себе признаки приспособленности к местным климатическим условиям, уникальные экстерьерные и рабочие качества и устойчивость к различным заболеваниям [99].

Татарская порода лошадей нуждается в системном генетическом мониторинге, что позволяет получить данные о генетическом потенциале и оригинальности породы. Полученные данные важны для закрепления отдельных селекционных признаков в наследственности и её сохранению.

Таким образом, исследования генетического разнообразия татарской породы лошадей является актуальным с научной точки зрения – для расширения знаний о генофонде местных лошадей в России, а с практической – для разработки мер по её сохранению, увеличению поголовья лошадей и устойчивого развития культурного наследия Республики Татарстан.

Степень разработанности темы исследования. Для недавно созданной татарской породы лошадей изучение генофонда, экстерьерных и

других признаков находится на начальном этапе. На сегодняшний день единственными публикациями, содержащими систематизированные данные об экстерьере и морфологических особенностях первоначального поголовья, являются работы Р. А. Хаертдинова [49, 60]. Эти исследования носят описательный характер и фиксируют исходное состояние породы, в то время как динамика изменений под влиянием селекционного процесса, формирование внутривидовых типов, а также корреляция между экстерьерными признаками и продуктивными качествами остаются практически неизученными. Это обуславливает необходимость проведения углублённого морфометрического анализа с привлечением статистических и сравнительных методов.

Параллельно с развитием традиционных зоотехнических подходов в настоящее время в коневодстве активно внедряются современные молекулярно-генетические технологии. Они нашли широкое применение в генетической идентификации, установлении родословных, контроле чистоты породы, а также в оценке генетического разнообразия и структуры популяций. Ведущую роль в этом направлении в России играет коллектив отдела генетики Всероссийского научно-исследовательского института коневодства под руководством Л. А. Храбровой, который проводит комплексные исследования как заводских, так и аборигенных пород лошадей, в том числе редких и малочисленных. Результаты исследований Храбровой Л.А., Зиновьевой Н.А., Калашниковой Л.А. и Гончаренко Г.М., проведенные в последние несколько лет, показали высокую эффективность использования микросателлитной ДНК при оценке генетического разнообразия популяций [114, 50, 30, 28, 40, 111].

Татарская порода лошадей, созданная сравнительно недавно, еще не подвергалась системному молекулярно-генетическому анализу, отсутствуют данные о её генетической структуре, уровне гетерозиготности, филогенетических связях с другими породами, а также о наличии уникальных аллелей, определяющих её адаптивные и племенные качества.

В условиях ограниченной численности поголовья и при отсутствии генетического паспорта породы исследования в этом направлении приобретают особую значимость, так как позволят не только зафиксировать текущее состояние генофонда, но и разработать научно обоснованную стратегию его сохранения, воспроизводства и селекционного совершенствования. Проведение молекулярно-генетического исследования позволит обеспечить породу необходимой нормативной и генетической базой.

Цель и задачи исследований. Цель работы - изучить возможности повышения эффективности селекционной работы по улучшению экстерьерных признаков у лошадей татарской породы посредством использования их связей с генофондом по белкам крови и генов микросателлитной ДНК.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. Изучить экстерьер и телосложение лошадей татарской породы, выявить их особенности, сложившиеся в разных субпопуляциях;
2. Провести генетико-статический анализ аллелофонда популяции лошадей татарской породы по полиморфным системам крови и установить особенности ее генетической структуры;
3. Установить особенности генетической структуры субпопуляций лошадей татарской породы путем использования локусов микросателлитной ДНК;
4. Выявить возможности повышения эффективности селекции по экстерьерным признакам путем использования полиморфизма локусов микросателлитной ДНК.

Научная новизна результатов исследований. Впервые на поголовье лошадей татарской породы изучены экстерьерные особенности и характер телосложения трех субпопуляций, что позволяет определить основные направления дальнейшей селекционной работы и провести типизацию лошадей по основным направлениям хозяйственного использования.

Проведенный впервые генетический анализ аллелофонда по двум полиморфным белкам крови и 17 локусам микросателлитной ДНК, позволил установить степень генетического разнообразия, дифференциацию татарской породы от других местных пород лошадей и определить генетическую дистанцию трех ее субпопуляций. Выявлена достоверная положительная корреляция обхвата груди и живой массы с частотой встречаемости аллелей в локусе NTG7 в целом по популяции лошадей татарской породы, а также достоверная положительная и отрицательная корреляция в локусах HMS3, HMS6 и LEX3 в отдельных субпопуляциях.

В ходе проведения исследования получена подробная характеристика основных популяционно-генетических параметров, которые могут быть использованы в качестве маркеров при селекции лошадей татарской породы по хозяйственно-полезным признакам.

Теоретическая и практическая значимость работы. Данные об экстерьерных особенностях и типе телосложения лошадей нескольких субпопуляций татарской породы, полученные в результате исследования, существенно расширили представление о характерных признаках недавно созданной породы. Проведенный популяционно-генетический анализ популяции лошадей татарской породы подтвердил ее внутреннюю гомогенность и генетическое обособление от близких по происхождению пород.

Установлено, что вариабельность количества аллелей в определенных микросателлитных локусах у татарских лошадей может служить ценным инструментом не только для точной генетической идентификации, но также и для повышения эффективности дальнейшей селекции. Такого рода знания открывают возможности выявления корреляций между генетическими особенностями, что позволяет оптимизировать стратегию подбора родительских пар и повысить общее качество поголовья. Важно отметить, что подобные подходы имеют большое значение, поскольку способствуют формированию устойчивых и высокопроизводительных селекционных групп,

и линий, необходимых для успешного ограниченного поголовья лошадей татарской породы. Полученные данные помогут сохранить генетическое разнообразие лошадей татарской породы. Работа выполнена при грантовой поддержке МСХ Республики Татарстан и включена в республиканскую программу «Развитие национального коневодства Татарстан (Казань, 2025)».

Методология и методы исследований. Методологические подходы в решении задач диссертационного исследования основаны на литературном поиске, посвященном обоснованию актуальности, цели и задач исследования, анализе отечественных и зарубежных публикаций по теме работы. В качестве объекта исследований были использованы лошади татарской породы, разводимые на территории Республики Татарстан. При выполнении работы использованы основные положения в области генетики, селекции и биотехнологии животных.

Лабораторные исследования по изучению полиморфных систем крови были проведены в ФГБНУ ВНИИ коневодства, изучение генов микросателлитной ДНК – в Татарском филиале ФГБУ ВНИИЗЖ, где с помощью набора реагентов для мультиплексного анализа 17-ти микросателлитных маркеров было проведено исследование в соответствии с методическими рекомендациями, разработанными ВНИИ коневодства. Статистический анализ данных был проведен с использованием программных пакетов MS Excel.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. При стабилизирующем отборе, необходимом для консолидации основных селекционных признаков, в отдельных субпопуляциях лошадей татарской породы из разных природно-климатических зон сложились особенности в росте, длине туловища, обхвате груди и характере телосложения, позволяющие повысить возможности селекции;

2. Аллелофонд лошадей татарской породы по локусам полиморфных белков крови и генам микросателлитной ДНК позволяет дифференцировать ее от других местных пород;

3. Наличие достоверной взаимосвязи между частотой встречаемости аллелей в отдельных локусах микросателлитной ДНК и промерами лошадей татарской породы может быть использовано для повышения эффективности селекции.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность полученных результатов обеспечена за счёт применения как классических, так и современных методов исследования, а также использования современного оборудования и специализированных инструментов. Степень достоверности обусловлена большим объемом экспериментального материала. Цифровые данные подвержены биометрической обработке с использованием программного обеспечения «Microsoft Office Excel» и современных статистических методов вариационного анализа.

Основные результаты исследований доложены и одобрены на итоговых кафедральных заседаниях, изложены в годовых отчетах по итогам НИР за 2022-2025 гг. ФГБОУ ВО Казанский ГАУ институт «КАВМ им. Н.Э. Баумана», международных научно-практических конференциях (Казань, 2023, 2024); Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых аграрных образовательных и научных организаций России в номинации «Зоотехния» (Казань, 2024; Рязань, 2024, Казань 2025, Рязань 2025).

Личный вклад соискателя состоит в научно-теоретическом анализе исследуемой проблемы, проведении экспериментов, получении и обработке первичных материалов, самостоятельном формулировании предложений, заключения и выводов диссертации.

Публикация результатов исследований. По теме диссертации опубликовано 8 работ, из которых 4 - в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях в соответствии с перечнем ВАК при Министерстве образования и науки РФ.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 134 страницах компьютерного текста, включая приложения. Работа состоит из следующих

разделов: введение, обзор литературы, материалы и методы исследования, результаты собственных исследований, заключение, предложения производству, список литературы и приложения. В работе представлены 20 таблиц и 36 рисунка. Список литературы включает 167 источника, в том числе 44 зарубежных.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Характеристика лошадей татарской породы

В современном мире всё более актуальным становится развитие и возрождение пород животных, которые обладают высокой приспособленностью к природно-климатическим условиям и являются культурным наследием различных народов. Для татарского народа таким наследием является татарская порода лошадей, работа по возрождению которой увенчалась успехом [96].

Татарская лошадь имеет глубокие исторические корни, уходящие в эпоху Великого Монгольского государства и правления династии Чингизидов (XII–XIV вв.). Формирование ее происходило на обширных территориях Центральной Азии и Поволжья под влиянием хозяйственной деятельности различных тюркоязычных групп — вначале остатков племён онгутов («белых татар»), а затем ногайцев, болгар и казанских татар, для которых коневодство было неотъемлемой частью культуры и экономики [78].

Первые достоверные упоминания о лошадях, предположительно являющихся предками татарской популяции, встречаются в древнекитайских хрониках, где они фигурируют под поэтическим названием «небесные кони». Эти животные были замечены китайскими наблюдателями в Ферганской долине — регионе, известном с античных времён как центр разведения высококачественных верховых лошадей. Вероятно, визуальное впечатление, которое производили табуны этих животных, двигавшихся с востока со стороны восходящего солнца (Кён Тэврё) и их характерная золотистая масть послужили основой для такой характеристики.

Археологические данные указывают на то, что ареал распространения предков татарской лошади охватывал обширную территорию от предгорий Монгольского Алтая и долины Енисея до лесостепных зон Маньчжурии, Хинганских гор и Ордосского плато, которое сейчас входит в состав Внутренней Монголии (КНР). Подтверждением этому служат находки

бронзовых и золотых статуэток эпохи хунну и более поздних культур, изображающих всадников на лошадях с характерной экстерьерной типологией.

Массовое появление этих лошадей в степях, граничащих с Китаем, фиксируется в период становления империи Хань (II в. до н. э.), когда они стали объектом активного военного интереса со стороны китайских правителей. Отличительной чертой этих животных была необычная для того времени масть, имевшая явные адаптивные преимущества. У кобыл преобладала светло-золотистая окраска туловища при белой или светлой гриве и хвосте — в современной зоотехнической классификации это соответствует соловой масти. Жеребцы, как правило, имели тёмно-буланую масть с выраженным золотистым отливом [7].

Формирование породы, как устойчивой генетической популяции с четко выраженными экстерьерными и рабочими качествами, пришлось на период Золотой Орды (XII–XIV века), когда на территории Поволжья сложилась мощная централизованная держава под руководством великого хана - Чингисхана, для которой коневодство было стратегически важной отраслью. В это время татарские всадники, сидевшие на выносливых и быстрых лошадях, были грозной силой на Евразийском континенте. Исторические данные того времени неоднократно упоминают о высоких качествах ордынских скакунов, отмечая их способность преодолевать огромные расстояния без ущерба для здоровья, а также их спокойный нрав и преданность хозяину. Именно в этот период произошло активное скрещивание местных степных кобыл с восточными жеребцами, привезенными из Средней Азии и Монголии, что внесло в генофонд породы новые аллели, отвечающие за скорость, сухость конституции и улучшенную форму копыт. Однако, уникальность татарских лошадей заключалась в универсальности – она одинаково подходила как для верховой езды, так и для перевозки грузов на дальние расстояния [78].

Татарская порода лошадей была распространена во многих регионах современной России, входящих в прошлом в Золотую Орду: Татарстане, Башкортостане, Оренбургской и Челябинской областях, Алтае, Бурятии, Удмуртии, на Северном Казахстане и в других регионах. Для возрождения породы был организован экспедиционный поиск лошадей, фенотипически соответствующих сохранившемуся в аналах описанию. Отбор животных проводили в соответствии с требованиями стандарта породы, основным признаком отбора на первом этапе служила масть - соловая и буланая [95, 60].

Чистопородное разведение и направленная селекция татарской лошади позволили сохранить и совершенствовать породные качества в исходной популяции отобранных лошадей, что привело к возрождению породы и ее распространению.

К настоящему времени получено пять поколений животных, которые характеризуются однородностью, однотипичностью, устойчивым наследованием породных признаков [20]. Методом чистопородного разведения в породе сформированы 4 мужские родственные группы от жеребцов Султана 2501, Буяна 3013, Салавата 3033 и Наймана 2511. Они представлены тремя поколениями потомков - сыновьями, внуками (взрослыми жеребцами) и правнуками (ремонтными жеребчиками). Данные родственные группы являются потенциальными линиями татарской породы, так как обладают определёнными линейными особенностями [95,96].

В 2019 году татарская порода лошадей была официально зарегистрирована и внесена в государственный реестр. После возрождения татарской породы ее численность увеличилась с 73 до 800 голов, значительно расширились методы селекции, основу которых составлял генетический анализ [99].

На начальном этапе формирования породы основная работа проводилась в ИП «Набиуллин Ф.М.» Лениногорского района и КФХ «Бакиров Ф.Р.» Алькеевского района республики. На сегодняшний день разведением лошадей татарской породы занимаются девять хозяйств (ИП

ГКФХ Набиуллин С. Ф. – 247 голов; КФХ «Бакиров Ф. Р.» - 186 голов, ИП ГКФХ Гарипов И. Ф. – 42 головы, ГКФХ Газизов Б. Г. – 25 голов, ИП КФХ Маметов Р. М. – 18 голов, ГКФХ Набиуллин Ш. Г. – 16 голов, КФХ Абдуллин Х. С. – 6 голов, ООО «Туган Як-Агро» - 4 головы, ИП ГКФХ Киямов Р. Н. – 3 головы), из которых ООО «Племенной репродуктор им. Гиниятуллина С.Ш.» (214 голов) является племенным репродуктором.

Лошади татарской породы характеризуются небольшим ростом при средней высоте в холке кобыл 145,9 см, жеребцов 146,2 см. Они отличаются крепкой конституцией, хорошей приспособленностью к табунному содержанию при низком удельном весе зерновых кормов, имеют универсальный характер использования [100]. При испытаниях под верхом на 15 км показывают достаточно высокую резвость - 34 мин. 29 сек. Продуктивные качества лошадей также достаточно высокие, удои кобыл за 210 дней лактации достигают 2177 кг молока, к моменту убоя в 2,5-летнем возрасте жеребчики достигают живой массы 458 кг при убойном выходе 56 % [83].

Для проведения экстерьерной оценки лошадей татарской породы по основным селекционным признакам коллективом ученых и специалистов под руководством Р.А. Хаертдинова разработана инструкция по бонитировке. По результатам первой бонитировки лошадей татарской породы установлено, что в целом они имеют желательный экстерьер, телосложение и живую массу при средней оценке у кобыл – 8,6, жеребцов – 9,4 балла. Выявлены такие наиболее часто встречающиеся недостатки экстерьера, как короткая шея, свислый и крышеобразный круп [49].

В связи с тем, что наследуемость отдельных статей экстерьера относительно невысокая, селекция по этим признакам, при сравнительной позднеспелости и низкой плодовитости лошадей, достаточно длительный процесс, поэтому для повышения эффективности селекции целесообразно, наряду с классическими, использовать современные методы ДНК-технологий. Кроме того, поскольку порода на первых этапах возрождения формировалась

преимущественно с учетом фенотипических признаков, актуальным является изучение генетической структуры татарской породы и дифференциации ее по отношению к разводимым в стране заводским и местным породам лошадей.

1.2 Использование полиморфных белков крови и других биологических жидкостей в селекции лошадей

У лошадей полиморфные системы крови исторически являются одной из первых и до сих пор наиболее информативных групп генетических маркеров, которые широко применяются для контроля происхождения, внутривидового мониторинга и решения прикладных селекционных задач. К ним относят, с одной стороны, серологические системы групп крови эритроцитов, а с другой - биохимический полиморфизм сывороточных белков и ферментов, выявляемый методами электрофореза. В совокупности перечисленные маркеры обладают кодоминантным типом наследования и высокой дискриминационной способностью, обеспечивая им длительное место в практике племенного дела, а в настоящее время - роль надежной основой, дополняющей молекулярно-генетические панели STR и SNP в верификации родословных, оценке генетического разнообразия популяций и управлении рисками неонатального изоэритролиза у жеребят. Обобщение материалов, полученных по разным породам и странам, показывают, что сочетание панелей групп крови с белковыми локусами еще в 1980-е годы позволяло исключить ошибочное отцовство на уровне 96%, а добавление ДНК-маркеров повышает точность определения практически до 100% [24, 106, 163].

У лошадей описаны классические системы групп крови A, C, D, K, P, Q и U, которые признаны международными лабораториями в качестве основных для проведения исследований. Каждая система включает десятки антигенных факторов, обозначаемых строчными буквами, а индивидуальный фенотип

животного - комбинация факторов в пределах каждого из указанных семи генетических систем. Такие особенности создают высокий уровень антигенного разнообразия в породах и стадах, что, в свою очередь, делает серологические маркеры пригодными и для контроля совместимости донор-реципиента при трансфузиях, и для подбора пар «жеребец-кобыла» с целью профилактики гемолитической болезни новорожденных. Исследованиями установлено, что именно антигены систем А, С и Q наиболее часто вызывают иммунный ответ у сенсibilизированных кобыл и новорожденных жеребят [63, 149, 150]. При ведении селекции по продуктивным и наследственным качествам группы крови использовались в качестве сигнальных маркеров. Так в ЗАО ПЗ «Семеновский» у лошадей русской тяжеловозной породы была установлена связь между иммуногенетическими показателями и продуктивными качествами [88].

Наряду с эритроцитарными антигенами давно и успешно используется биохимический полиморфизм белков сыворотки крови. Наблюдаемые закономерности находятся в полном соответствии с основными положениями популяционно-генетической теории: белки, характеризующиеся наличием множественных аллельных форм, демонстрируют высокий уровень гетерозиготности и полиморфизма, что служит основой для поддержания генетического разнообразия внутри популяции. Кодоминантное проявление и множественный аллелизм обеспечивают сохранение биоразнообразия.

По результатам научных исследований наиболее информативными для лошадей остаются трансферрин (Tf), альбумин (Alb), ряд ферментов, например, А-эстераза, и гемоглобин. У большинства пород лошадей локус трансферрина обладал наивысшим уровнем полиморфности, в то время как альбумин оказался наиболее консервативным. Так для якутских лошадей фиксировали до 15 генотипов по Tf, тогда как по Alb – только три, с преобладанием гетерозиготной формы. Аналогичные данные были получены по забайкальской породе. Биохимические профили по системе D групп крови

также использовались для дифференциации внутривидовых групп [23, 34, 76].

Методически эти маркеры выявляют электрофорезом в полиакриламидном геле и крахмальном гелях или же методом изоэлектрофокусирования; в ряде лабораторий применяют и иммуноэлектрофорез для уточнения принадлежности белковых фракций. Выбор носителя и буферной системы определяет разрешающую способность и воспроизводимость разделения изоформ. С нормативно-методической стороны изоэлектрофокусирование рассматривают как одну из эталонных технологий для белков, различающихся изоэлектрическими точками, а электроиммунные методики – как способы подтверждения идентичности фракций. На практике для полевых популяционных исследований у лошадей доминирует PAGE как стандартный подход [64].

Полученные данные по отечественным породам показывают, что белковые локусы позволяют тонко распознавать внутривидовые различия и обнаруживать структурные изменения в популяциях. Первые генетические исследования 12 заводских и местных пород лошадей позволили установить своеобразную генетическую структуру этих пород, высокий уровень генетического разнообразия местных пород, а также связь между заводскими верховыми породами, башкирской и бурятской пород [2].

Изучение лошадей тувинской породы позволило установить сочетание высокой полиморфности Tf, Alb, Es и дифференцирующей роли системы D групп крови. При этом характерным маркером трансферрина оказался аллель F [61, 62]. По русской тяжелоупряжной породе внутривидовая дифференциация прослеживалась сразу по нескольким белковым локусам и системе D групп крови [8]. Сравнение популяций забайкальской породы показало, что именно трансферрин обеспечивает основную долю информативности при оценке гетерозиготности и эффективного числа аллелей [102], а частота аллелей в локусах трансферрина и карбоксилэстеразы позволяет с высокой степенью достоверности дифференцировать молодняк

забайкальской и бурятской пород [5]. Оценка полиморфизма белков крови ряда локальных пород лошадей Республики Тыва показал, что locus трансферрина представлен 5 аллелями, наибольшее распространение имел аллель F, locus альбумина представлен двумя аллелями с преобладанием аллеля B [116]. Такие же результаты получены при генетическом анализе и у лошадей башкирской породы, где частота аллеля F трансферрина в среднем составляла 0,422, а аллеля B альбумина – 0,623 [69, 70]. У лошадей новоалтайской породы в локусе трансферрина наибольшую частоту имел аллель D, что значительно отличает эту породу от русской, советской и литовской тяжеловозных пород [11].

Изучение генетической структуры лошадей башкирской породы по полиморфным системам белков крови позволило установить желательные генотипы, взаимосвязанные с уровнем молочной продуктивности кобыл [121, 122]. Изучение корреляции маркеров с продуктивностью лошадей новоалтайской породы показало, что частота встречаемости аллеля D трансферрина может отражать уровень их мясной продуктивности [2].

Аналогичные результаты получены и по заводским породам. У арабских лошадей из восьми изученных локусы Tf, Hb и Es оказались более полиморфными, чем другие [164]. У лошадей буденновской породы в локусе трансферрина преобладал аллель F, а в локусе альбумина – аллель B [58, 59], у лошадей тракененской породы в локусе альбумина также преобладал аллель B, а в локусе трансферрина аллель T[^] [56, 57]. Исследование полиморфных белков и ферментов крови (трансферрин, альбумин, церулоплазмин, эстераза, карбоангидраза и каталаза) у лошадей четырех пород (чистокровная верховая, донская, новокиргизская и киргизская), разводимых в горных условиях Киргизии показало наличие различий по частоте встречаемости аллелей и распределению типов белков крови. Эти различия могут быть использованы в качестве генетических маркеров [53].

Полиморфизм белков крови в зарубежных исследованиях использовался преимущественно для дифференциации отдельных пород и популяций, а

также для установления отцовства. Так в США для семи пород лошадей (чистокровная верховая, арабская, стандартbredная, моргановская, квотерхорс, пасо фино и перуанская пасо) частоты генов по 20 локусам групп крови и белкового полиморфизма (A, C, D, K, P, Q, U, Al, Tf, Pi, Xk, Es, Gc, PGD, CA, Cat, PGM, AP, Hb и PHL) используются для расчёта эффективности комплекса тестов, позволяющих с вероятностью не менее 96 % выявить ложное отцовство [163].

Изучение частот генов в 16 локусах групп крови и белкового полиморфизма (A, C, D, K, P, Q, U, Al, Gc, Es, A1B, Tf, PGD, PGM, GPI и Pi) у трёх пород лошадей в Марокко (арабская, арабско-барбская и барбская) у показало, что изменчивость, выраженная в виде средней гетерозиготности, была ниже у арабских лошадей ($0,330 \pm 0,066$), но выше и почти такой же, как у арабо-барбских ($0,413 \pm 0,071$) и барбских ($0,414 \pm 0,070$). Наименьшая генетическая дистанция была обнаружена между барбскими и арабо-барбскими лошадьми. Генетические профили барбов и арабов-барбов выявили редкие варианты Dcfigkm, Ddekl, Es-N, Tf-A и Pi-W, которые, возможно, представляют практический интерес [156].

Анализ генетической изменчивости уругвайской креольской лошади и её связи с группой географически или исторически родственных пород (испанская чистокровная, барб, квотерхорс, пасо фино, перуанский пасо, арабская и чистокровная верховая) с помощью анализа 25 локусов (семь групп крови, девять белковых полиморфизмов и девять микросателлитов) позволили обнаружить варианты групп крови и белкового полиморфизма, считающиеся породными маркерами испанских чистокровных лошадей и лошадей породы барб. Вместе с тем выявлены некоторые аллели микросателлитов и белкового полиморфизма, свойственные только креольским лошадям [133].

В то же время генетический мониторинг отечественной популяции чистокровной арабской породы по полиморфным системам белков крови, включая трансферрин и альбумин, подтвердил, что этих методов недостаточно для точного подтверждения чистокровности арабской породы [31, 32], а

вопрос контроля происхождения животных в коневодстве является важным для селекции, потому что ошибки родословных и «подмена» отцовства приводят к снижению эффективности отбора и размыванию ценных линий.

Известно, что другие биологические жидкости тоже несут генетически обусловленную и селекционно значимую информацию, поэтому такие исследования, но в значительно меньшем объеме, проводились и у лошадей. Хотя у кобыл казеиновые фракции количественно уступают сывороточным белкам, электрофоретические профили молока хорошо воспроизводимы и могут отражать генетически обусловленные различия в содержании и составе основных белковых фракций. Электрофоретическая оценка белков кобыльего молока использовалась в сравнительных видах анализа, а в тяжеловозных популяциях установлена связь содержания общего белка с эритроцитарными антигенами и группами крови матерей. Для задач селекции молочная панель у лошадей не является «основным инструментом», но она усиливает фенотипический блок оценки маток, и в породах, где практикуют кумысоделие, позволяет учитывать пищевую пригодность и стабильность белкового профиля [86, 101].

Семенная плазма жеребцов - удобная «жидкая биопсия» состояния мужской половой системы и потенциальный источник биомаркеров фертильности. Протеом SP включает белки семейств CRISP, кластерин, различные кининогены и ряд факторов, влияющих на взаимодействие спермиев с женской половой системой. У жеребцов установлена связь концентраций отдельных белков и фракций SP с параметрами подвижности, долей субпопуляций спермиев и результатами криоконсервации; в кандидатных генах фертильности. На практике это позволяет точно использовать анализ SP у производителей с «необъяснимо» низкими показателями осеменения для принятия селекционно-технологических решений: корректировки отбора, схемы технологии разведения. Хотя данные проверки требуют на больших выборках, такие исследования указывают на высокий потенциал этого метода в системе племенного контроля [4, 130, 132].

С переходом к геномным технологиям роль полиморфных систем крови трансформировалась, но не исчезла. STR-панели ISAG остаются стандартом для верификации родословных, тогда как SNP-чипы применяют для отбора по признакам продуктивности и работоспособности. Для чистокровной верховой породы и других скаковых линий неоднократно показана ассоциация вариантов MSTN и DMRT3, а также влияние гомозиготности STR на плодовитость и тренировочную выносливость [111].

Для повседневной селекционной работы важно подчеркнуть, что типирование производителей и маточного поголовья по ключевым антигенам систем A/C/Q — инструмент профилактики NI, который прямо влияет на выживаемость приплода и репродуктивную эффективность табунов. Поддержание электрофорезного блока «Tf–Alb–Es ± Hb» позволяет вести текущий мониторинг внутривидовой структуры, отслеживая смещения аллельных частот под действием отбора и дрейфа на фоне ротации линий; именно эти локусы обеспечивают наивысшую информативность у лошадей. Регулярный контроль происхождения по STR-панели должен оставаться обязательной процедурой при переводе животных в племенное ядро, формировании линий и импорте или экспорте племенного материала. Для жеребцов с нестабильными репродуктивными показателями целесообразно проводить биохимические исследования семенной плазмы, как скрининг-инструмент «узких мест» фертильности, дополняющий стандартные спермиограммы [102].

Обзор имеющейся литературы позволяет заключить, что полиморфные системы крови и других биологических жидкостей у лошадей позволяют решать две группы задач. Во-первых, это оценка разнообразия, контроль родства, поддержание структурированности племенных групп, профилактика иммунных конфликтов мать-плод и обеспечение трансфузионной безопасности. Во-вторых, это точное подтверждение происхождения, повышение достоверности племенных книг и, как следствие, точности отбора, а также ранняя диагностика и расширение фенотипического описания маток

по белковым характеристикам молока в тех породах, где это экономически значимо. Современная практика показывает, что наилучшие результаты дает интеграция этих «классических» систем с панелями STR/SNP и кандидатными генами работоспособности, что уже подтверждено на ряде отечественных пород. Именно такой конвергентный дизайн генетического обеспечения селекции позволяет одновременно сохранять адаптивный потенциал аборигенных групп и наращивать селекционный прогресс в заводских линиях.

1.3 Микросателлитное ДНК генотипирование и его значение для селекции лошадей

Развитие молекулярно-генетических и информационных технологий за последние десять лет позволило приступить к изучению геномов сельскохозяйственных животных и использовать многие достижения маркер-вспомогательной и геномной селекции в практике животноводства. Микросателлитное ДНК-генотипирование на сегодняшний день является неотъемлемым элементом современной селекционной генетики, особенно в коневодстве. Этот метод, основанный на анализе коротких tandemных повторов (Short Tandem Repeats, STR), позволяет с высокой точностью идентифицировать особей, устанавливать родственные связи, оценивать уровень генетического разнообразия внутри популяций и контролировать чистоту породных линий. В отличие от традиционных методов, основанных на оценке экстерьера и документальном подтверждении происхождения, микросателлитный анализ предоставляет объективные, количественные и неоспоримые данные, закодированные непосредственно в геноме животного. В настоящее время данный метод исследования с использованием ДНК-маркеров является основным при генетических исследованиях животных [112]. Кодоминантный тип наследования микросателлитов позволяет оценить внутрипородное и межпородное генетическое разнообразие. Микросателлиты выступают не просто как диагностический инструмент, а как

фундаментальная основа для построения научно-обоснованной племенной учета, что подтверждается работами российских и зарубежных исследователей [66, 114, 134].

Классическая иммуногенетика решает данную задачу методом исключения по независимым системам, однако сегодняшним стандартом стала панель из 12–17 STR-локусов, рекомендованная ISAG. На этих локусах (АНТ4, АНТ5, ASB2/17/23, HMS1–7, НТG4/6/7/10, VHL20, СА425 и др.) достигается вероятность исключения ошибочного отцовства, достаточная для судебно-ветеринарной экспертизы и племенной работы. По результатам изучения российских пород в профильных лабораториях ВНИИ коневодства доказан высокий полиморфизм рекомендованных локусов микросателлитной ДНК - свыше пяти аллелей на локус у русской верховой; аналогичные результаты получены по рысистым породам и другим популяциям [1, 14, 89, 106].

Микросателлиты — это особый тип молекулярно-генетических маркеров, состоящих из участков ДНК с тандемно расположенными повторами коротких нуклеотидных последовательностей. Длина каждого повторяющегося мотива обычно варьируется от 1 до 6 пар нуклеотидов — от мононуклеотидных до гексануклеотидных повторов, а количество повторений в одном локусе может варьироваться от нескольких единиц до сотен, что обуславливает высокую степень аллельного полиморфизма. Микросателлиты высокополиморфны, имеют высокую степень гетерозиготности, что позволяет обеспечить контроль происхождения животных и выявить биологическое родство [21, 38, 40, 52, 105, 162].

С технической точки зрения суть метода заключается в амплификации специфических участков ДНК, содержащих микросателлитные локусы, с помощью полимеразной цепной реакции (ПЦР) [81]. Каждый локус характеризуется определённым числом повторов базовой нуклеотидной последовательности. Поскольку число этих повторов варьируется от особи к особи, каждый индивид обладает уникальным набором аллелей по каждому из

проанализированных локусов. После амплификации фрагменты разделяются по длине с помощью капиллярного или гель-электрофореза, и на выходе получается генетический профиль — своего рода «ДНК-паспорт» животного. Для лошадей Международное общество генетики животных (ISAG) стандартизировало панель из 17 основных локусов, таких как, АНТ4, АНТ5, ASB17, ASB2, ASB23, СА425, HMSI, HMS2, HMS3, HMS6, HMS7, НТG10, НТG4, НТG6, НТG7, LEX3, VHL20, которые были отобраны вследствие высокой степени полиморфизма, стабильности наследования и равномерного распределение по всем хромосомам [165]. Среди 17 основных микросателлитных локусов наиболее полиморфным оказались ASB2 и ASB17, а наименее полиморфным - локус НТG7. Аналогичные панели разработаны для крупного рогатого скота, свиней и других видов. Молекулярно-генетические исследования, основанные на анализе микросателлитных локусов ДНК крупного рогатого скота, мелкого рогатого скота и свиней, продемонстрировали высокую информативность для оценки генеалогической структуры, а также для выявления различий как внутри пород, так и между ними. У крупного рогатого скота определены маркеры по хозяйственно-полезным признакам, например, пригодность молока к сыропроизводству по гену каппа-казеина. Благодаря этому расширяются возможности селекционной работы, получения универсальных приспособительных и продуктивных качеств [6, 33, 82, 103, 127, 145, 153, 167]. Эти маркеры подобраны таким образом, чтобы обеспечить максимальное покрытие генома, минимизировать сцепление между локусами и максимизировать полиморфизм, что позволяет получать высокоточные генетические профили. Последовательность аллелей в этих локусах позволяет достичь вероятности идентификации, превышающей 99,99 %, что делает метод практически невозможным для ошибок [3, 108, 119, 126 143, 165].

Современные достижения в области молекулярной генетики открывают новые возможности для коневодства. Идентификация генов на молекулярном уровне дополняет традиционные методы селекции, позволяет проводить отбор

и подбор не только на основе внешних признаков (фенотипа), но и с учетом генетической информации (генотипа) [80].

На начальных этапах основная работа проводилась с заводскими породами лошадей. Так, результаты генотипирования чистокровной верховой породы по 17 панельным микросателлитным локусам показали, что аллелофонд отечественной популяции представлен 100 аллелями. Лошади разных линий различались по числу аллелей (85–99), частотам встречаемости аллелей, уровню полиморфности A_e (2,93–3,48) и степени фактической гетерозиготности H_o (0,653–0,739) [151]. В генотипах жеребцов было выявлено только 91 аллель. Средний индекс дифференциации жеребцов 15 линий составил 0,056, для линий Massine, Douglas, Tourbillon и Man O'War этот показатель был достоверно выше ($P < 0,01$) [13].

Сравнительный анализ генетической структуры чистокровной верховой породы в период 1987-2019 годов на протяжении трех поколений позволил установить, что самый высокий уровень генетического разнообразия наблюдали в конце 90-х годов, при наибольшей численности племенных маток в конных заводах и на племенных фермах. Увеличившийся импорт во второй период увеличил вариабельность редких аллелей, но не изменил генетической структуры породы. Нарушение генного равновесия ($F_{is}=0,002$) было зарегистрировано только во втором периоде и было обусловлено дрейфом генов. Жеребцы-производители и матки отечественного происхождения имели типичный для породы спектр аллелей, но характеризовались несколько более низкой вариабельностью отдельных STR-локусов. А генетический анализ кустанайской породы установил близкую связь ее с чистопородной верховой породой [115].

Генотипирование лошадей тракененской породы в Республике Беларусь с помощью микросателлитной ДНК показало, что наиболее полиморфными оказались два локуса CA425 и HMS2, в них же обнаружены приватные аллели G и N [27].

Оценка межпородной генетической дифференциации методом кластерного анализа позволила установить своеобразие популяций орловского рысака Алтайского края, Московского и Чесменского конных заводов. Эти данные перспективны для разработки многофакторной оценки генетических особенностей внутривидовых структур, в частности, заводских типов орловского рысака [48, 84].

Исследование генетической структуры четырех тяжелоупряжных пород лошадей — владимирского тяжеловоза ($n=210$), русского тяжеловоза ($n=60$), советского тяжеловоза ($n=51$) и першерона ($n=38$) - позволило обнаружить общее количество 139 аллельных вариантов STR-маркеров. Число аллелей в изученных локусах варьировало от 3 до 12, среднее значение - от 6,12 до 7,12 на локус. Наибольшее генетическое разнообразие ($N_a=121$) характерно именно для популяций русских и советских тяжеловозов. У небольшой группы першеронов была зафиксирована значительная степень внутривидового инбридинга (коэффициент F_{is} составил 0,074) [112]. Кроме того, выявлено высокое генетическое сходство между русским и советским тяжеловозом, тогда как наименьшая степень родства установлена между владимирским и советским тяжеловозами. Эти результаты подтверждают важность изучения генетической структуры и динамики изменения генофонда отечественных тяжеловозных пород, особенно учитывая риск потери биоразнообразия вследствие интенсивного межпородного смешивания [112].

Современный этап развития коневодства невозможно представить без генетической сертификации, которую осуществляет для большинства пород лошадей лаборатория генетики Всероссийского научно-исследовательского института коневодства (ВНИИК). С помощью проведенных исследований описан полиморфизм лошадей по 17 микросателлитным локусам не только заводских, но и местных пород лошадей [9, 12, 13, 17, 51, 71]. Изучение генетического разнообразия местных пород вызывает значительный научный и практический интерес ввиду ограниченности их численности.

Установлено, что современные местные породы лошадей, несмотря на небольшую численность, имеют своеобразную генетическую структуру при наличии частных аллелей, не выявленных у заводских пород изученных европейских популяций. Так в локусах ASB2 и HMS2 выявлен аллель T, в локусах HMS7, VHL20 и LEX3 – аллель S, HMS6 – аллель J, HMS6 – аллель H, HMS1 – аллель O, в локусах HTG7 и HTG6 – аллель L, HTG6 – аллель H, ASB17 – аллели Z, X и U, LEX3 – аллель R и CA425 – аллель E [17].

Исследование показало, что у лошадей мезенской породы самый высокий уровень полиморфизма наблюдается в локусе ASB17 (6,49–6,90–6,76); самый низкий — в локусах HTG6 (1,71–1,66–1,67) и HMS7 (1,77–1,95–1,77) [166], у лошадей якутской породы наиболее вариабельным был также локус ASB17, но наименее вариабельным был локус HTG6 [26]. Генетический анализ лошадей нарымской породы по полиморфизму белков крови и 12 локусам микросателлитной ДНК позволил установить, что в популяции кузнецкой лошади наблюдается дефицит гетерозигот, то есть повышенная степень инбридинга, что не относится к нарымской лошади [54, 55]. У лошадей ахалтекинской породы в локусе АНТ4 выявлен ранее не описанный аллель F, у лошадей алтайской породы – аллель W в локусе ASB17, у тувинских лошадей – аллели G и H в локусе ASB 23 [43]. Кроме того, установлено, что каждая из протестированных пород имеет свою характерную генетическую структуру при наличии частных аллелей [46]. Анализ генетической структуры кабардинской породы лошадей показал, что эта порода отличается наибольшей генетической изменчивостью [22].

Анализ вятской лошади позволил выявить 136 аллелей, что подтверждает наличие относительно высокого уровня вариабельности микросателлитов в пределах данной редкой породы. Количество аллелей в отдельных локусах колебалось от 5 до 14. Большинство исследованных локусов характеризовалось преобладанием гетерозиготных генотипов над гомозиготными. Средняя величина индекса информационного полиморфизма составила довольно высокие значения — 0,691, что свидетельствовало о

значительной информативности использованных микросателлитных локусов в качестве эффективных генетических маркеров [113].

Представители мезенской породы характеризовались высоким генетическим разнообразием, среднее значение информационного полиморфизма составляет – 0,676, генофондное хозяйство «Север» имеет наибольшее генетическое разнообразие [25].

У тувинских лошадей было обнаружено 113 аллелей (в среднем 6,65 аллеля на locus), характеризует о высоком генетическом разнообразии. В ряде локусов выявили редкие аллели, а в один из них не выявлен в популяциях лошадей европейского происхождения (HMS1R). Наибольшее генетическое сходство проявилось между тувинской и хакасской (0,823), а также тувинской и монгольской (0,822) лошадьми, ареалы которых граничат на юге и юго-востоке. Данная порода обладает оригинальным аллелофондом, включающий редкие аллели, которые перспективные при дальнейшем разведении [117].

Анализ генетической структуры лошадей Якутии показал, что, несмотря на общность происхождения, имеются отличительные особенности. У лошадей якутской породы в локусе ASB2 выявлен приватный аллель L, у лошадей приленской породы – три приватных аллеля: R в локусе АНТ4, D в локусе ASB17 и H в локусе СА425. У лошадей мегежекской породы также выявлено три приватных аллеля – J в локусе ASB17, J в локусе HMS6 и Q в локусе НТG4 [80].

Исследования генетической структуры новоалтайской породы лошадей выявили относительно высокий уровень полиморфизма ($A_e=4,430$) и незначительный избыток гетерозиготных генотипов ($F_{is}=-0,017$). Полученные данные свидетельствуют о высоком уровне генетического разнообразия, достаточного для успешной реализации селекционной работы по улучшению хозяйственно значимых признаков данной породы [11]. Генетически близкими к новоалтайской породе были лошади русской, советской тяжеловозной и литовской тяжелоупряжной пород [36, 37].

Исследования лошадей башкирской породы, обитающие в Южном Урале, выявили, что при анализе по 17 STR локусам ДНК идентифицировано 142 аллеля у предуральской и 138 аллелей у зауральской группы, в среднем для первой группы 4-15 аллелей, соответственно для второй 4-12. Данная порода лошадей относится к группе консолидированные [104].

У лошадей печорской породы идентифицирован 121 аллель, при этом в локусе HTG10 выявлен уникальный аллель T, который еще не был включен в номенклатурный список аллелей микросателлитных локусов ISAG [118].

Генотипирование лошадей татарской породы по генам полиморфных систем, проведенное впервые, позволило установить достоверные генетические различия с родственной башкирской породой. Из шести известных аллелей локуса трансферина у лошадей татарской породы отсутствовал аллель M, в связи с чем не выявлены шесть генотипов (MM, DM, FM, NM, OM и RM), присутствующих у лошадей башкирской породы [98, 99].

Значение этого метода для селекции невозможно переоценить, поскольку он позволяет перейти от эмпирического, зачастую интуитивного подбора пар к научно обоснованному управлению генофондом. Одной из главных задач современной селекции, особенно в отношении редких и аборигенных пород, является сохранение генетического разнообразия. Микросателлитный анализ позволяет количественно оценить уровень гетерозиготности, выявить «узкие места» в генофонде и рассчитать коэффициент инбридинга (Fis) для каждого животного. Например, исследование, проведенное на популяции башкирских лошадей, якутской, алтайской показало, что, все эти местные породы лошадей характеризуются высоким уровнем полиморфизма [104, 80, 75, 90]. У гуцульских лошадей наиболее полиморфным оказался локус ASB2 [120].

Анализ представленных результатов исследований подтвердил, что мониторинг генетико-популяционных параметров пород на основе анализа микросателлитных локусов адекватно отражает специфику селекционных процессов в популяциях и обеспечивает возможность контроля их

генетической пластичности, что особенно важно в коневодстве при использовании чистопородной системы разведения. [112]. Аналогичного мнения придерживаются и зарубежные ученые, которые протестировали 17-плексный набор микросателлитной ДНК на 16-и породах лошадей [131].

Генетический анализ позволил установить, что из 51 гаплотипа, выявленного у ахалтекинских лошадей в Италии, выявлено четыре свойственные только этой популяции [140].

В Китае для изучения генетического разнообразия 13 местных и 4 завезенных пород лошадей использовали 16 микросателлитных маркеров Y-хромосомы, в том числе семь недавно идентифицированных локусов. Полиморфизм трех локусов, ECAYP12, ECAYP13 и ECAUCAU3, был описан впервые [148].

Сравнение генетического разнообразия и дистанции между шестью породами немецких тяжеловозов, дикими (лошадь Пржевальского), примитивными (исландская лошадь, лошадь Соррайя, эксмурский пони) и верховыми породами (ганноверская теплокровная, арабская) по 30 микросателлитным локусам показало, что коэффициент дифференциации между тяжеловозными породами составил 11,6 %, между другими популяциями лошадей - 21,2 %. Тест на дифференциацию выявил значительные генетические различия между всеми породами тяжеловозов, кроме мекленбургских и саксонско-тюрингских хладнокровных. Шлезвигская тяжеловозная порода была наиболее обособленной [124].

Использование для генетического анализа 17 локусов микросателлитной ДНК позволило выявить достаточную изменчивость у популяции тяжелоупряжных лошадей в Боснии и Герцеговине [139].

В Корее для определения происхождения и индивидуальной идентификации чистокровных верховых лошадей (962 жеребенка) использовали 14 микросателлитных маркеров (АНТ4, АНТ5, ASB2, ASB17, ASB23, CA425, HMS1, HMS3, HMS6, HMS7, НТГ4, НТГ10, LEX3 и VHL20). Из 14 маркеров относительно высокое значение PIC имели локусы ASB2,

ASB17, ASB23, HMS7 и HTG10 [152]. Наблюдаемое количество аллелей на локус варьировало от 3 (HMS1) до 9 (ASB17) в 2006 году и от 4 (HMS1) до 9 (ASB2) в 2016 году, при этом среднее значение составило 6,28 и 6,40 соответственно. В исследовании 2006 коэффициент достоверности составлял 0,9998, но в 2016 году, после добавления маркера HMS2 в 2011 году, он вырос до 0,9999 [157].

При использовании 17 маркеров микросателлитов для идентификации лошадей породы халла, представляющих собой помесей лошадей с острова Чеджу и чистокровных верховых, установлено, что аллели M и Q маркера ASB23, G - маркера HMS2, H и L - маркера HTG6, L - маркера HTG7, E - маркера LEX3 оказались уникальными и характерны только для лошадей породы халла [161].

Анализ генетического разнообразия липицианской породы лошадей по 18 микросателлитным локусам ДНК показал, что наблюдаемая гетерозиготность = 0,663, генное разнообразие = 0,675 и среднее количество аллелей = 7,056 аналогично другим породам лошадей. Генетическая дифференциация между липицианскими лошадьми из разных конных заводов была умеренной. Наибольшая генетическая дифференциация была обнаружена между румынской и итальянской субпопуляциями этой породы [155].

Анализируя генетическое разнообразие традиционной породы лошадей токара в трёх оставшихся районах её разведения в Японии (Наканосима, Каймондаке и Ирики), пришли к выводу, что наличие трех или четырех локусов с единичными аллелями связано с закреплением их в результате скрещивания ограниченного числа лошадей в каждом регионе. В связи с этим для сохранения генетического разнообразия лошадей токара как уникальной породы, крайне важно обмениваться производителями и кобылами между различными племенными хозяйствами [141]. Аналогичное исследование по 31 локусу микросателлитной ДНК, проведенное для лошади тайсю с острова Цусима в Японии, показало, что ее генетическая изменчивость недостаточно

высокая и стратегию разведения этой породы необходимо изменить [145], а изучение генетической структуры малочисленной породы кисо, позволило выделить четыре субпопуляции, которые можно использовать в работе по сохранению породы [137].

Микросателлиты использовались учеными в Японии не только для генетического анализа разводимых пород лошадей, но и для выяснения генетических различий между отдельными производителями породы хоккайдо. Установлено, что выявленные шесть субпопуляций этой породы сформированы из потомства отдельных жеребцов, а генетическая изменчивость отражает генетические различия между производителями [129].

Изучение генетической изменчивости и популяционной структуры трёх традиционных бутанских пород лошадей по 29 полиморфным локусам показало, что ни одна из пород не отклонялась значительно от равновесия Харди – Вайнберга, ни у одной из пород не было признаков значительного сокращения популяции, а показатели инбридинга были низкими [142].

Для генотипирования арабских лошадей разных популяций использовали 17 микросателлитных маркеров. Установлено, что популяции лошадей пустынной породы и польских арабских лошадей оказались наиболее близкими, в то время как египетская популяция была более обособленной. Повышенный коэффициент инбридинга, обнаруженный у лошадей пустынной породы, прямоухих египетских и польских арабских лошадей, позволяет предположить, что эти три популяции имеют высокий уровень обмена генами или общее происхождение и разделились недавно [143].

Генетический анализ разнообразия и дифференциации четырёх баскско-наваррских полукровных местных пород лошадей по 12 микросателлитным маркерам показал, что наиболее близкими к ним оказались французские породы арденская, контская и бретонская [135].

Оценка генетического разнообразия популяции иранских курдских лошадей на основе микросателлитных показателей, позволила выявить ряд

новых аллелей, отличающих ее от других иранских пород, что может послужить основой для выявления чистокровных курдских лошадей в рамках дальнейшей программы по ее разведению [125].

Исследование генетической структуры и генетического разнообразия шести отцовских генеалогических линий дунайской породы лошадей на основе 15 STR-маркеров в Болгарии показало, что в исследуемой популяции выделяются три основных генофонда. В первый вошла линия Здравко; во второй — линии НОНИУС XVII-30, Торпедо, Лидер и Калифа; в третий — линия Грабар, которая значительно отличалась от других генеалогических линий [147].

Исследование генетического разнообразия лошадей породы марвари по 26 микросателлитным парам показало, что популяция обладает значительным генетическим разнообразием. В ней не было обнаружено значимого неравновесия по сцеплению между генотипами, что свидетельствует об отсутствии связи между локусами. А дифференцировать породу можно по трём микросателлитным праймерам [136].

Генетический анализ позволяет дифференцировать не только отдельные породы и популяции лошадей, но и отдельные линии заводских пород. Так, при анализе линий чистокровной арабской породы установлено, что каждая линия имеет индивидуальный набор аллелей, совпадающих только в двух локусах из семнадцати [41]. Аналогичная работа, выполненная на маточных семействах чистокровной арабской породы, позволила выделить приватные аллели для таких семейств, как Маммоны, Тактики, Тараши и Ридаа [42].

Важно отметить, что внедрение микросателлитного анализа требует не только наличия лабораторной инфраструктуры, но и создания единой информационной базы данных, в которую заносятся все полученные генотипы, а также разработки методических рекомендаций по интерпретации результатов. В России такие базы создаются на уровне отдельных регионов и породных сообществ. В Татарстане аналогичная работа находится на стадии становления, но уже есть первые наработки, представленные в публикациях

коллектива, возродившего данную породу лошадей [97]. Международный опыт показывает, что успешное внедрение генотипирования возможно только при участии государства, научных учреждений и самих коневодов. Без системного подхода любые усилия по сохранению породы будут фрагментарными и неэффективными.

Небольшое число исследований посвящено поиску эффективных маркеров, ассоциированных с хозяйственно-полезными признаками лошадей. Так, в чистокровной верховой породе лучшие показатели зажеребляемости (92,3%) и делового выхода жеребят (82,6%) при максимальном количестве плодовых лет имели кобылы, гетерозиготные по всем 13-ти микросателлитным локусам ($H_o=100\%$). По этим показателям плодовой деятельности они заметно превосходили чистокровных верховых маток, характеризующихся самой низкой степенью гетерозиготности ($H_o=30,8\%$) [105]. Отмечено также снижение не только репродуктивных качеств, но и скаковой работоспособности кобыл при снижении гомозиготности ниже уровня 60,8% [104].

Микросателлитное ДНК-генотипирование обеспечивает научную основу для всех этапов селекционного процесса: от идентификации и контроля родства до оценки разнообразия и прогнозирования ценных признаков, а также проводить точный отбор лошадей с желательными признаками. Для таких регионов, как Татарстан, где возрождается интерес к местному типу лошадей, внедрение этого метода становится необходимым условием для развития породы, её признания на государственном и международном уровнях и включения в программы сохранения генетических ресурсов. Без генетического паспорта, подтверждённого микросателлитным анализом, любая порода остаётся лишь фенотипической группой, лишённой научного обоснования и перспектив развития. Задача селекционеров – задокументировать ценность породы и выявить их генетическое разнообразие.

Обзор литературы указывает о том, что при селекции лошадей татарской породы на современном этапе развития, вследствие сравнительно небольшой

численности и использования только чистопородного разведения, необходимы не только традиционные методы, но и современные технологии, отличающиеся точностью прогноза и высокой эффективностью.

2 ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

2.1 Материал, методика и условия проведения исследований

Объектом исследования служили лошади татарской породы ($n=317$) трех субпопуляций, сформированных в хозяйствах КФХ «Бакиров Ф.Р.» Алькеевского района, КФХ «Гарипов И.Ф.» Сабинского района и ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» Лениногорского района, расположенных в разных природно-климатических зонах Республики Татарстан.

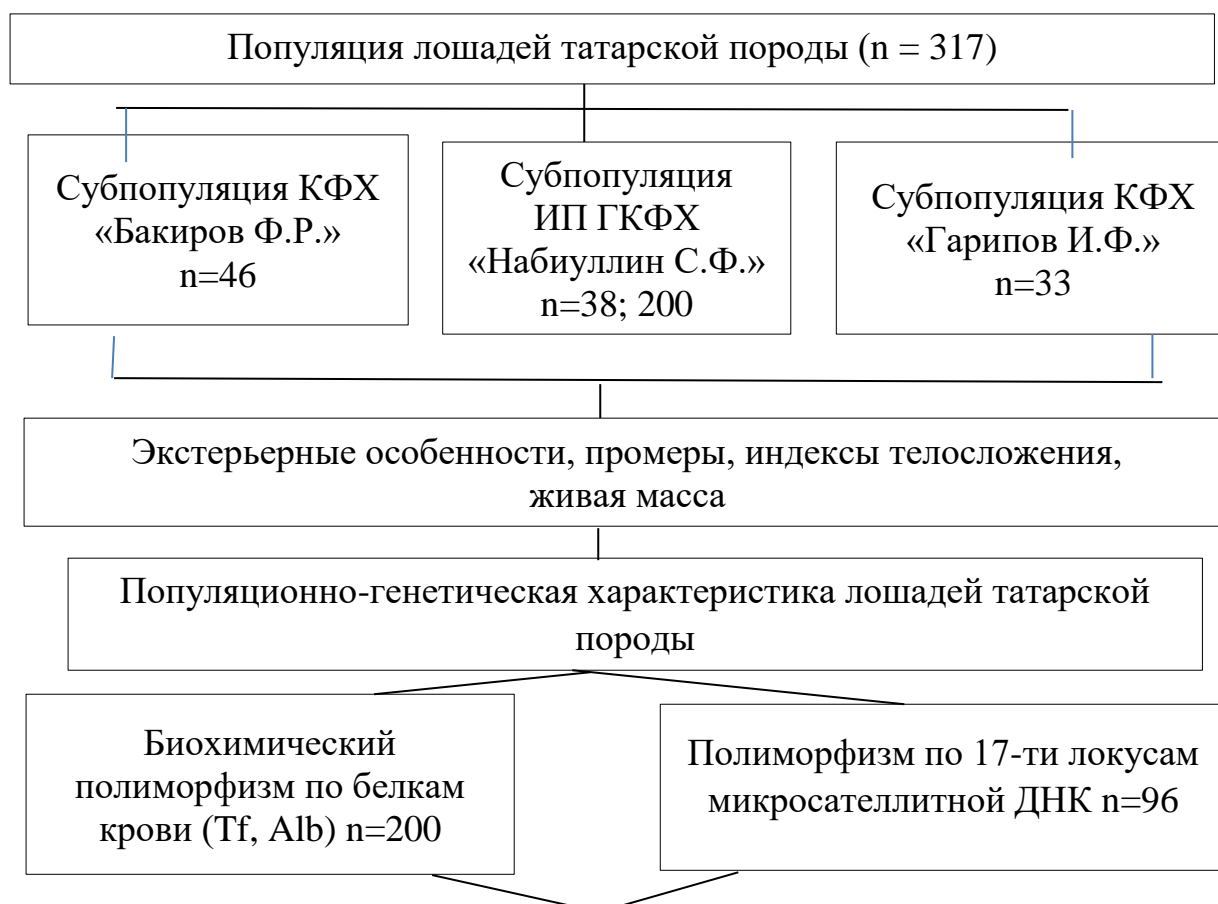


Рисунок 1 – Общая схема проведения исследований

Для сравнительного анализа использованы результаты глазомерной оценки экстерьера лошадей трех хозяйств-оригинаторов – КФХ «Бакиров Ф.Р.» Алькеевского района, КФХ «Гарипов И.Ф.» Сабинского района и ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» Лениногорского района Республики Татарстан. Общая схема исследований приведена на рисунке 1. В рамках первичного этапа исследований, направленных на анализ генетической структуры татарской

породы, в ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» Лениногорского района, была проведена оценка 200 голов с использованием методов полиморфизма белков крови. В дальнейшем, с целью повышения точности и информативности генетической характеристики, был проведен молекулярно-генетический анализ. Исследования проводили по 17 STR локусам микросателлитного ДНК, что дает более обширное представление о генетическом разнообразии и структуре татарской породы лошадей, эти исследования были проведены в 3 субпопуляциях: КФХ «Бакиров Ф.Р.» Алькеевского района, КФХ «Гарипов И.Ф.» Сабинского района и ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» Лениногорского района.

Для изучения экстерьерных особенностей лошадей татарской породы разных субпопуляций в соответствии с инструкцией по бонитировке [47] у жеребцов и кобыл проведена глазомерная оценка и сняты четыре основных промера. При снятии промеров использовали измерительную ленту с ценой деления 0,5 см и измерительную палку Лидтина. При снятии промеров использовали общепринятые в зоотехнии фиксирующие точки:

- высота в холке – от высшей точки холки перпендикулярно до земли;
- косая длина туловища – от крайнего переднего выступа плече-лопаточного сустава до крайнего заднего выступа седалищного бугра;
- обхват груди – по окружности туловища касательно заднего угла лопатки на выдохе лошади;
- обхват пясти – по окружности в нижней части ее верхней трети.

Для определения характера телосложения лошадей на основании величин снятых промеров у каждого животного рассчитаны четыре индекса телосложения (растянутости, широкотелости, массивности и костистости):

- растянутости (формата) – косая длина туловища /высота в холке *100;
- широкотелости – обхват груди /высота в холке * 100;
- массивности (компактности) – обхват груди / косая длина туловища *100;
- костистости – обхват пясти / высота в холке * 100.

Для проведения молекулярно-генетического исследования по полиморфным системам крови и микросателлитной ДНК в качестве биологического материала использовали образцы цельной крови в объеме 5-7 мл, взятой из яремной вены лошадей татарской породы, при соблюдении всех правил антисептики. Отбор проб крови проводился с использованием вакуумных пробирок EDTA K-3 (APEXLAB, Китай). ДНК выделяли при использовании набора реагентов ДНК «М-Сорб-Кровь» в соответствии с инструкцией производителя (ООО «Синтол», Россия). Для проведения ПЦР использовали набор реагентов для молекулярно-генетической характеристики лошадей с целью выявления генетической структуры на основе мультиплексного ПЦР-анализа 17-ти STR локусов согласно инструкции производителя (ООО «Гордиз», Россия). Анализ результатов ПЦР проводился методом капиллярного электрофореза с использованием автоматического генетического анализатора Applied Biosystems 3500. Генетическую экспертизу проводили в татарском филиале ФГБУ «ВНИИЗЖ» ТатИЛ по 17-ти локусам микросателлитной ДНК: АНТ4, АНТ5, ASB17, ASB2, ASB23, СА425, HMS1, HMS2, HMS3, HMS6, HMS7, НТГ10, НТГ4, НТГ6, НТГ7, LEX3, VHL20, рекомендованных ISAG. Результаты микросателлитного профиля 17-ти микросателлитов ДНК были проанализированы автоматически с помощью GeneMapper HID.

Выявление полиморфных вариантов белков и ферментов проводилось методом горизонтального электрофореза в крахмальном геле в соответствии с методическими рекомендациями по использованию систем белков при контроле достоверности происхождения лошадей, разработанными ВНИИ коневодства [94]. Горизонтальный электрофорез в крахмальном геле — метод разделения белковых молекул по их заряду и размеру в специальной гелевой среде. Полученные результаты анализировали по расположению белковых полос в геле, что позволяет выявить различные полиморфные варианты белков.

При проведении молекулярно-генетического анализа использовали основные параметры: частоту аллелей и генотипов, степень ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности, уровень полиморфности и степень инбридинга.

Частоту встречаемости генотипов определяли по формуле:

$$p = n / N \quad (1),$$

где p – частота генотипа, n – количество особей, имеющих определенный генотип, N – общее число особей.

Частоту отдельных аллелей определяли по формулам:

$$p_A = (2n_{AA} + n_{AB}) / 2N \quad (2)$$

$$\text{и } q_B = (2n_{BB} + n_{AB}) / 2N \quad (3),$$

где p_A – частота аллеля A , q_B – частота аллеля B , N – общее число особей.

Фактическая гетерозиготность рассчитывалась по формуле:

$$H_o = N_2 / n \quad (4),$$

H_o – фактическая гетерозиготность, N_2 – число гетерозигот, n – общее число особей.

Ожидаемую гетерозиготность рассчитывали по формуле:

$$H_e = 1 - (p_A^2 + q_B^2) \quad (5),$$

где H_e – ожидаемая гетерозиготность, p_A – частота аллеля A , q_B – частота аллеля B .

Индекс фиксации (индивидуальный) по Райту рассчитывали по формуле:

$$F = H_e - H_o / H_e \quad (6),$$

где H_e – ожидаемая гетерозиготность, H_o – фактическая гетерозиготность [11].

Степень инбридинга популяции F_{is} (индивидуальный) по Райта определяли по отношению числа наблюдаемых и ожидаемых рассчитанных генотипов в локусах.

С помощью методов вариационной статистики рассчитали среднюю арифметическую (M), среднее квадратическое отклонение (σ), коэффициент вариации (Cv) и лимит (Lim).

Данные, полученные в результате исследования, обработаны с использованием пакета программ MS Excel ПК.

2.2 РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.2.1 Экстерьерные особенности лошадей татарской породы

Для проведения дальнейшей селекции с учетом выраженности желательного типа лошадей татарской породы в хозяйствах-оригинаторах выделено поголовье кобыл и жеребцов, которые составили основу популяции племенных лошадей. К основным признакам, подлежащим оценке, на этом этапе работы с поголовьем относились глазомерная и соматометрическая оценка экстерьера, а также оценка телосложения по индексам.

По результатам глазомерной оценки экстерьера можно отметить, что лошади татарской породы во всех хозяйствах соответствуют желательному типу. Они имеют небольшую пропорциональную голову, с характерным широким лбом, прямым или слегка горбоносим профилем, темно- или светлоокрашенные выразительные глаза, широкие ганаша, достаточно длинный затылок, обеспечивающий хороший сбор. Шея у большинства лошадей длинная, средне поставленная, прямая по форме, хорошо омускуленная. Холка относительно длинная, средняя по высоте, достаточно широкая, хорошо омускуленная. Лопатка длинная, преимущественно косо поставленная, хорошо омускуленная. Спина и поясница ровные, относительно короткие, широкие, прямые по форме. Круп, как правило, достаточно длинный, широкий, прямой по наклону, овальный, мускулистый. Грудная клетка широкая, достаточно длинная и глубокая. Передние конечности имеют нормальную по ширине или широкую правильную постановку, все стати

конечностей хорошо развиты, а суставы ясно очерченные. Копыта правильной формы, с прочным копытным рогом.

По отдельным хозяйствам-оригинаторам можно отметить следующее. В КФХ «Гарипов И.Ф.» Сабинского района более половины лошадей (54,5 %) отличаются длинной шеей, около половины (45,5 %) имеют слегка раздвоенный или крышеобразный круп, единично встречается саблистость и мягкие бабки конечностей (рисунок 2).



Рисунок 2 – Распространенность недостатков экстерьера у лошадей разных субпопуляций

В ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» Лениногорского района только 18,9 % лошадей имеют желательную по длине шею, 32,4 % лошадей глубокую и широкую грудь, 21,4 % лошадей – достаточной длины корпус, 16,2 % желательный по длине и форме круп. Вместе с тем более половины лошадей (59,5 %) имеют неширокую спину, 16,2 % поясницу нежелательной формы, 10,8 % недостатки в постановке конечностей и 5,4 % недостаточное развитие мускулатуры.

В КФХ «Бакиров Ф.Р.» Алькеевского района около половины лошадей (50,0 %) имеют средней ширины голову, более половины лошадей (71,7 %) отличаются удлиненной шеей, чуть менее половины (47,8 %) имеют средней

глубины или ширины грудную клетку, около трети лошадей (34,7 %) – слегка выраженную карпообразность спины и поясницы, 15,2 % – недостатки в постановке конечностей, а желательный по форме и длине круп имеют только 10,8 % оцениваемого поголовья. Единично встретилось удовлетворительное развитие мускулатуры.

Проведенное описание основных статей экстерьера татарских лошадей позволяет определить основные направления отбора – устранение излишней длины шеи, карпообразности спины и поясницы, раздвоенности, крышеобразности и свислости крупа, увеличение ширины и глубины грудной клетки. При этом в каждом хозяйстве проведение отбора должно строиться в соответствии с удельным весом встречающихся недостатков.

В целом при максимальной оценке отдельных статей в два балла, более высоко были оценены такие статьи, как конечности, включая копыта, корпус и мускулатура, чему скорее всего способствует табунное содержание лошадей этой породы, применяемое в хозяйствах (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты глазомерной оценки экстерьера лошадей татарской породы в разных хозяйствах

Статья	Результат оценки		
	КФХ «Гарипов И.Ф.» n=33	ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» n=38	КФХ «Бакиров Ф.Р.» n=46
Голова	2,0±0,00	2,0±0,03	1,5±0,08
Шея	0,7±0,17	0,5±0,14	1,3±0,07
Грудная клетка	1,8±0,08	1,3±0,08	1,5±0,08
Корпус	2,0±0,00	1,5±0,08	2,0±0,03
Спина	1,8±0,08	1,6±0,09	1,5±0,09
Поясница	1,8±0,10	1,8±0,10	1,8±0,07
Круп	0,9±0,14	0,8±0,12	0,8±0,10
Ноги	1,9±0,07	1,8±0,09	1,8±0,05
Копыта	2,0±0,00	2,0±0,00	2,0±0,00
Мускулатура	2,0±0,00	1,9±0,16	2,0±0,03
<i>Общая оценка</i>	<i>8,4±0,19</i>	<i>7,6±0,16</i>	<i>8,1±0,14</i>

В соответствии с требованиями инструкции по бонитировке лошадей татарской породы при проведении селекционного отбора необходимо

обеспечить соответствие животных утверждённому стандарту породы, а при невозможности достижения полного соответствия – как минимум соблюдение установленных породных норм по основным промерам и живой массе. В целом можно отметить, что по этим показателям большинство племенных лошадей превышают минимальные требования породы. В то же время у кобыл коневладельцев Ф.Р. Бакирова и И.Ф. Гарипова прослеживается относительно тонкая пясть при различиях с минимальными требованиями породы на 0,2 и 0,3 см или 1,1 и 1,6 % (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты соматометрической оценки экстерьера кобыл татарской породы

Показатель	Минимальные требования породы	КФХ «Бакиров Ф.Р.»		КФХ «Гарипов И.Ф.»		ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.»	
		М±m	балл	М±m	балл	М±m	балл
Высота в холке, см	139	147,5± 0,84***	9,0± 0,23	140,6± 1,08	7,4± 0,33	145,6± 0,69	8,4± 0,19
Косая длина туловища, см	145	152,2± 1,38	9,0± 0,36	158,4± 1,83	9,4± 0,27	162,7± 1,38	8,9± 0,06
Обхват груди, см	169	168,8± 0,67	5,7± 0,31	169,4± 1,62*	7,6± 0,36	172,4± 1,20*	6,4± 0,52
Обхват пясти, см	18,5	18,3± 0,08	5,3± 0,41	18,2± 0,10	5,8± 0,28	18,6± 0,13	5,8± 0,53
Живая масса, кг	400	450,0± 2,76	9,0± 0,00	457,5± 4,39**	8,8± 0,29	465,4± 3,25**	9,0± 0,00

Примечание: * - P<0,05, ** - P<0,01; *** - P<0,001

Следует отметить, что кобылы коневладельца Ф.Р. Бакирова достоверно отличаются более крупным ростом (на 1,3 и 4,9 %; P<0,001), а кобылы коневладельца С.Ф. Набиуллина – большим обхватом груди (на 1,8 и 2,1 %; P<0,05) и живой массой (на 1,7 и 3,4 %; P<0,01).

Оценка жеребцов-производителей показала, что у коневладельца И.Ф. Гарипова они мелковаты, так как на 0,7 см уступают минимальным требованиям породы. У коневладельца С.Ф. Набиуллина жеребцы оказались относительно тонкокостными и по обхвату пясти на 0,2 см уступали минимальным требованиям породы (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты соматометрической оценки жеребцов татарской породы

Показатель	Минимальные требования породы	КФХ «Бакиров Ф.Р.»		КФХ «Гарипов И.Ф.»		ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.»	
		М±m	балл	М±m	балл	М±m	балл
Высота холке в	142	153,3± 2,48*	10,0± 0,00	141,3± 2,04	7,0± 1,22	146,4± 0,91	8,6± 0,27
Косая длина туловища	148	170,3± 7,76	10,0± 0,00	159,7± 0,41	10,0± 0,00	164,6± 2,08	9,0± 0,00
Обхват груди	171	191,7± 8,38*	10,0± 0,00	172,7± 1,08	8,7± 0,41	174,0± 1,87	7,8± 0,55
Обхват пясти	19,5	20,3± 0,20**	10,0± 0,00	19,8± 0,20	9,3± 0,82	19,3± 0,22	6,2± 0,89
Живая масса	430	517,5± 22,62*	10,0± 0,00	466,2± 2,92	9,3± 0,41	469,8± 5,05	9,0± 0,00

Примечание: * - P<0,05, ** - P<0,01; *** - P<0,001

В сравнительном аспекте самыми крупными были жеребцы коневладельца Ф.Р. Бакирова, которые по росту достоверно превосходили лошадей других коневладельцев на 4,7-8,5 % (P<0,05). Кроме этого, жеребцы коневладельца Ф.Р. Бакирова достоверно превосходят по обхвату груди (на 10,2-11,0 %; P<0,05), обхвату пясти (на 2,5-5,2 %; P<0,01) и живой массе (на 10,2-11,0 %; P<0,05).

Оценка промеров и живой массы в хозяйствах-оригинаторах показала, что основным направлением при дальнейшей селекции должно стать

улучшение обхвата груди и обхвата пясти. Поскольку эти два промера в основном формируются у молодняка в постэмбриональный период, при целенаправленном выращивании молодняка следует уделить больше внимания на развитие этих признаков и выделить те факторы, которыми можно воздействовать на рост и развитие (кормление, содержание или другие), а также установить наиболее эффективные периоды воздействия.

Поскольку лошади татарской породы имеют универсальное направление, для увеличения разнообразия желательно селекцию проводить с учетом характера их использования. В частности, большая часть лошадей татарской породы коневладельцами используется в скачках и «под верх» в конноспортивных играх. Поэтому селекция таких лошадей, выделенных в группу спортивных, должна проводиться с учетом выраженности верхового типа. Однако оценка лошадей этой породы по типу телосложения показала, что наиболее близки к верховому типу только кобылы коневладельца Ф.Р. Бакирова, но и они относительно растянуты (таблица 4).

Таблица 4 – Характер телосложения лошадей татарской породы

Индекс	Верховой тип	Минимальные требования породы	Субпопуляция		
			КФХ «Гарипов И.Ф.»	ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.»	КФХ «Бакиров Ф.Р.»
Кобылы: растянутости	100	104,3	112,7±0,91	111,4±0,96	105,6±0,92
широкотелости	108-115	124,3	123,0±1,00	117,8±0,70	114,6±0,70
сбитости	106-111	116,6	109,3±1,08	105,9±0,89	108,7±0,76
костистости	12	13,3	13,0±0,11	12,7±0,08	12,4±0,08
Жеребцы: растянутости	100	104,2	108,5±4,82	112,5±1,78	111,0±3,49
широкотелости	108-115	121,3	122,5±2,07	118,9±0,88	124,9±3,96
сбитости	106-111	116,3	113,0±6,93	105,8±1,83	112,5±0,93
костистости	12	13,1	13,9±0,35	13,2±0,14	13,3±0,13

Повышенный индекс костистости можно отнести к особенностям телосложения лошадей татарской породы, так как при преимущественном табунном способе содержания лошадей требования к прочности костяка

повышены. Поскольку модельный тип татарской лошади предусматривает индекс растянутости у кобыл на уровне 104,3 %, кобылы коневладельцев И.Ф. Гарипова и С.Ф. Набиуллина слишком растянуты и по индексу формата превосходят тяжелоупряжных пород. Кобылы коневладельца С.Ф. Набиуллина к тому же еще относительно узкотелы и маломассивны. В этой связи на базе коневладельца Ф.Р. Бакирова отбор можно специализировать по выраженности спортивного верхового типа, а на базе коневладельца И.Ф. Гарипова – по выраженности продуктивного мясного типа.

Жеребцы-производители всех коневладельцев отличаются растянутостью и ближе всего к модельному типу приближены лошади коневладельца И.Ф. Гарипова. Практически во всех хозяйствах жеребцы маломассивны, уступая модельному типу, а жеребцы коневладельца С.Ф. Набиуллина еще и относительно узкотелы.

Проведенный анализ показывает, что при использовании в воспроизводстве этих жеребцов в ближайшее время высокого положительного эффекта в селекции ожидать не следует.

Анализ экстерьерных особенностей и характера телосложения кобыл и жеребцов разных субпопуляций татарской породы показал, что при достаточной выраженности основных селекционных признаков, прослеживаются различия в выраженности основных промеров, индексов телосложения и отдельных статей экстерьера, связанные с формированием этих групп лошадей татарской породы в разных природно-климатических зонах республики.

Кроме того, проведенный дисперсионный анализ показал, что влияние матерей на развитие промеров у дочерей практически отсутствует при степени влияния от 0,1 (по обхвату пясти) до 4,4 % (по высоте в холке). Степень влияния матерей на выраженность индексов телосложения несколько выше и колеблется от 0,1 % (по индексу массивности) до 8,5 % (по индексу костистости). Влияние жеребцов на развитие промеров дочерей достаточно

высокое при колебаниях степени влияния от 3,3 % (по высоте в холке) до 51,3 % (по обхвату груди). Влияние жеребцов на выраженность индексов телосложения у дочерей значительно ниже, чем на выраженность промеров и колеблется от 0,3 % (по индексу костистости) до 3,3 % (по индексу широкотелости). Однако оценка жеребцов производителей по качеству потомства показала, что только 25 % из них являются улучшателями отдельных промеров или индексов телосложения. Ни один из оцененных жеребцов не оказался улучшателем всех признаков оценки экстерьера и телосложения. Следовательно, отбор матерей по выраженности основных промеров не будет иметь высокого селекционного эффекта, также, как и использование жеребцов. В связи с этим, при совершенствовании экстерьерных признаков лошадей татарской породы требуются более точные и достоверные методы отбора и подбора, каковыми на современном развитии генетики являются методы использования генетических маркеров.

Изучение изменчивости основных промеров кобыл показало, что сформированные субпопуляции очень однородны при колебании коэффициента вариации по промерам тела от 2,6 до 6,2 % (таблица 5). Во всех трех субпопуляциях прослеживается более высокая изменчивость промера косой длины туловища при значениях коэффициента вариации от 4,8 % в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» до 6,2 % в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.».

Таблица 5 – Изменчивость промеров тела у лошадей татарской породы

Промер	Субпопуляция								
	КФХ «Гарипов И.Ф.»			ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.»			КФХ «Бакиров Ф.Р.»		
	σ , см/кг	Cv , %	Lim, см/кг	σ , см/кг	Cv , %	Lim, см/кг	σ , см/кг	Cv , %	Lim, см/кг
			<i>Кобылы</i>						
Высота в холке	5,80	4,1	128-152	3,88	2,7	138-158	5,46	3,7	137-164
Косая длина туловища	9,79	6,2	131-172	7,81	4,8	147-177	8,27	5,4	137-168
Обхват груди	6,88	4,0	154-184	6,81	4,0	160-189	4,37	2,6	164-181
Обхват пясти	0,55	3,0	17,0-20,0	0,72	3,9	17,5-20,0	0,54	3,0	17,5-19,5
Живая масса	23,62	5,1	405,0-496,8	18,40	4,0	432,0-510,3	11,79	2,6	442,8-488,7
			<i>Жеребцы</i>						
Высота в холке	2,89	2,0	138-143	1,82	1,2	144-148	3,51	2,3	150-157
Косая длина туловища	0,58	0,4	159-160	4,16	2,5	158-169	10,97	6,4	158-179
Обхват груди	1,53	0,9	171-174	3,74	2,2	171-179	11,85	6,2	178-199
Обхват пясти	0,29	1,5	19,5-20,0	0,45	2,3	19,0-20,0	20,3	1,4	20,0-20,5
Живая масса	4,12	0,9	461,7-469,8	10,1	2,2	461,7-483,3	31,98	6,2	481,0-537,0

Анализ вариационных кривых основных оцениваемых промеров свидетельствует о том, что характерной особенностью их является многовершинность, свидетельствующая о значительном разнообразии признаков, не отражающихся в коэффициенте вариации. Прослеживающееся ясно выраженное снижение линии тренда для субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» с учетом уравнения тренда и величины аппроксимации (R^2), показывают, что при дальнейшем разведении лошадей высота в холке у кобыл будет снижаться (рисунок 3).

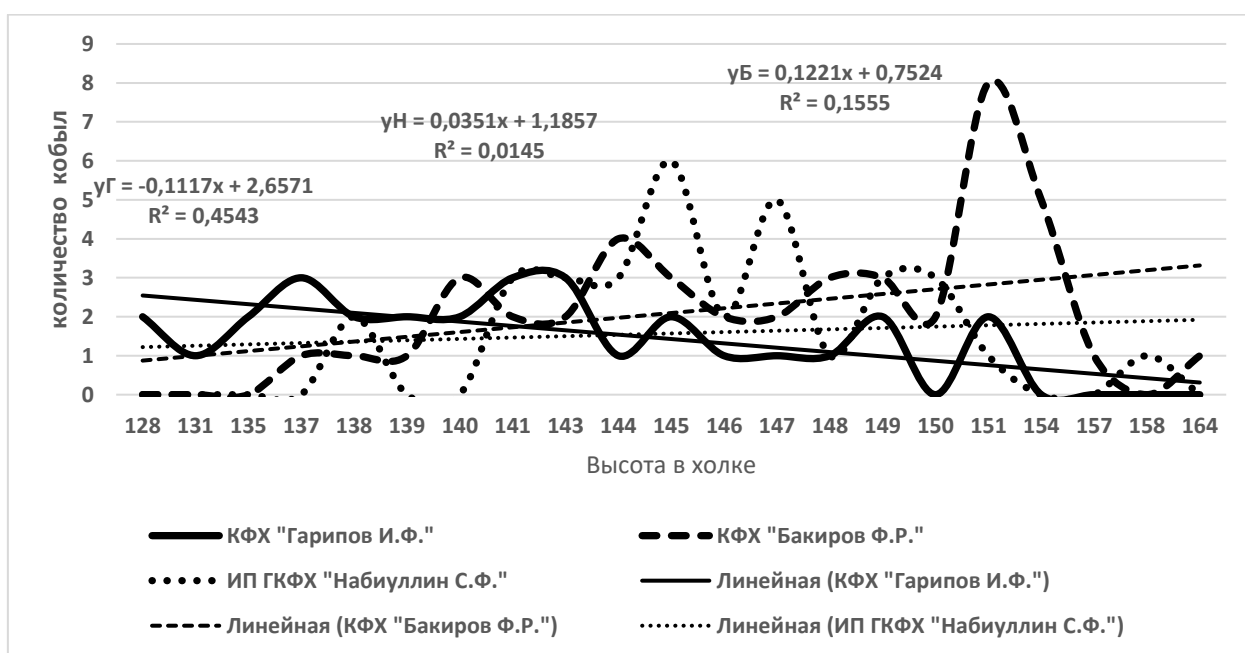


Рисунок 3 – Вариационные кривые высоты в холке у кобыл разных субпопуляций

И, наоборот, в субпопуляциях ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» и КФХ «Бакиров Ф.Р.» при восходящей линии тренда у кобыл просматривается тенденция повышения высоты в холке. При этом величина аппроксимации свидетельствует о том, что в ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» этот прогноз менее вероятен.

Более высокое разнообразие кобыл прослеживается по косой длине туловища, а в пределах субпопуляций – в КФХ «Гарипов И.Ф.». При этом, тенденция к снижению этого признака при нисходящей линии тренда наблюдается только в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» (рисунок 4).

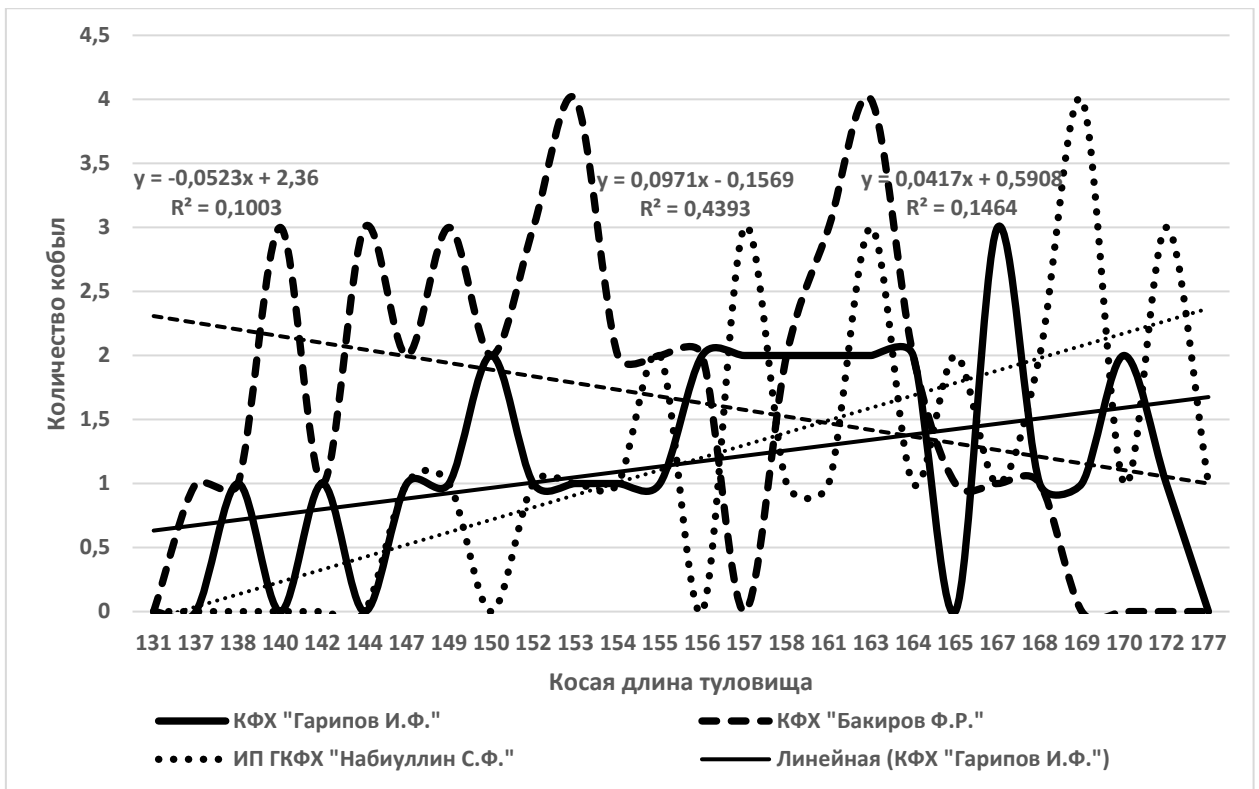


Рисунок 4 – Вариационные кривые косо́й длины туловища у кобыл разных субпопуляций

Наиболее вероятен прогноз увеличения длины туловища в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» при величине аппроксимации на уровне 0,4393.

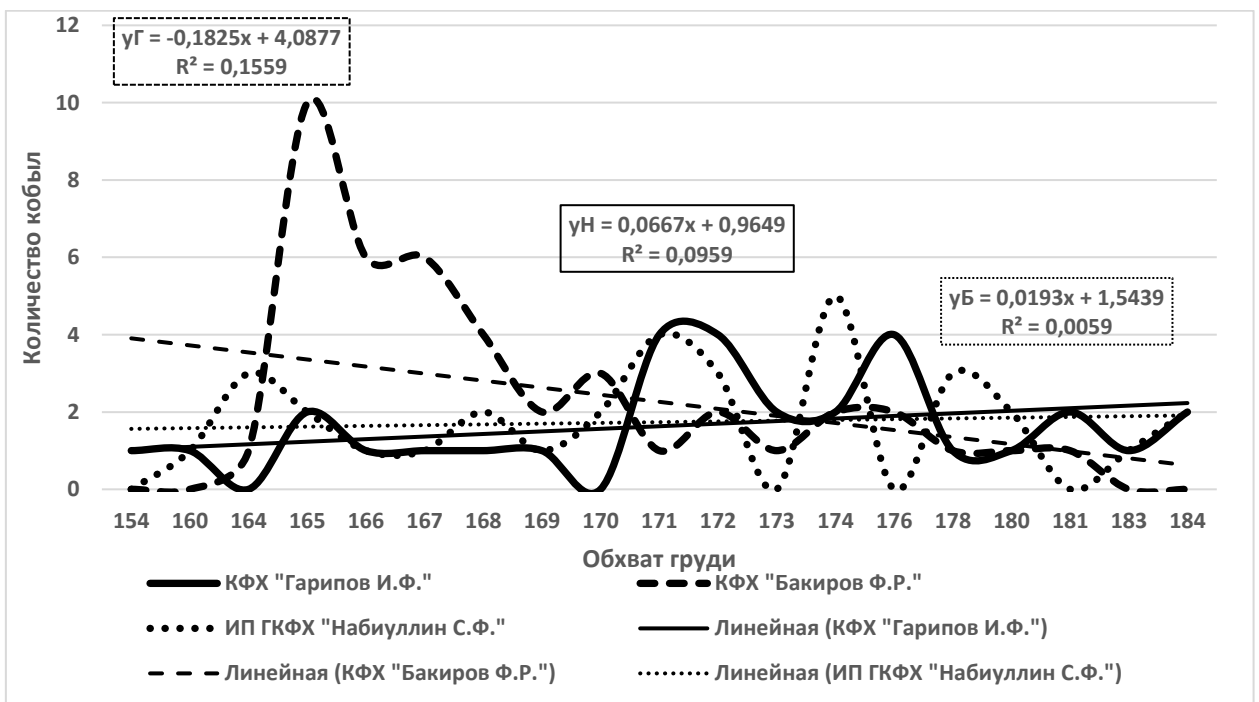


Рисунок 5 – Вариационные кривые обхвата груди у кобыл разных субпопуляций

При выраженной многовершинности вариационные кривые обхвата груди кобыл разных субпопуляций отличаются более низкими пиками и аналогично кривой длины туловища нисходящая линия тренда наблюдается в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» (рисунок 5). Однако вероятность такого прогноза невысокая при низкой величине аппроксимации.

Сравнительно менее разнообразна величина промера обхвата пясти, вариационные кривые этого признака преимущественно одновершинные и только у кобыл субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» наблюдается двухвершинная вариационная кривая (рисунок 6).

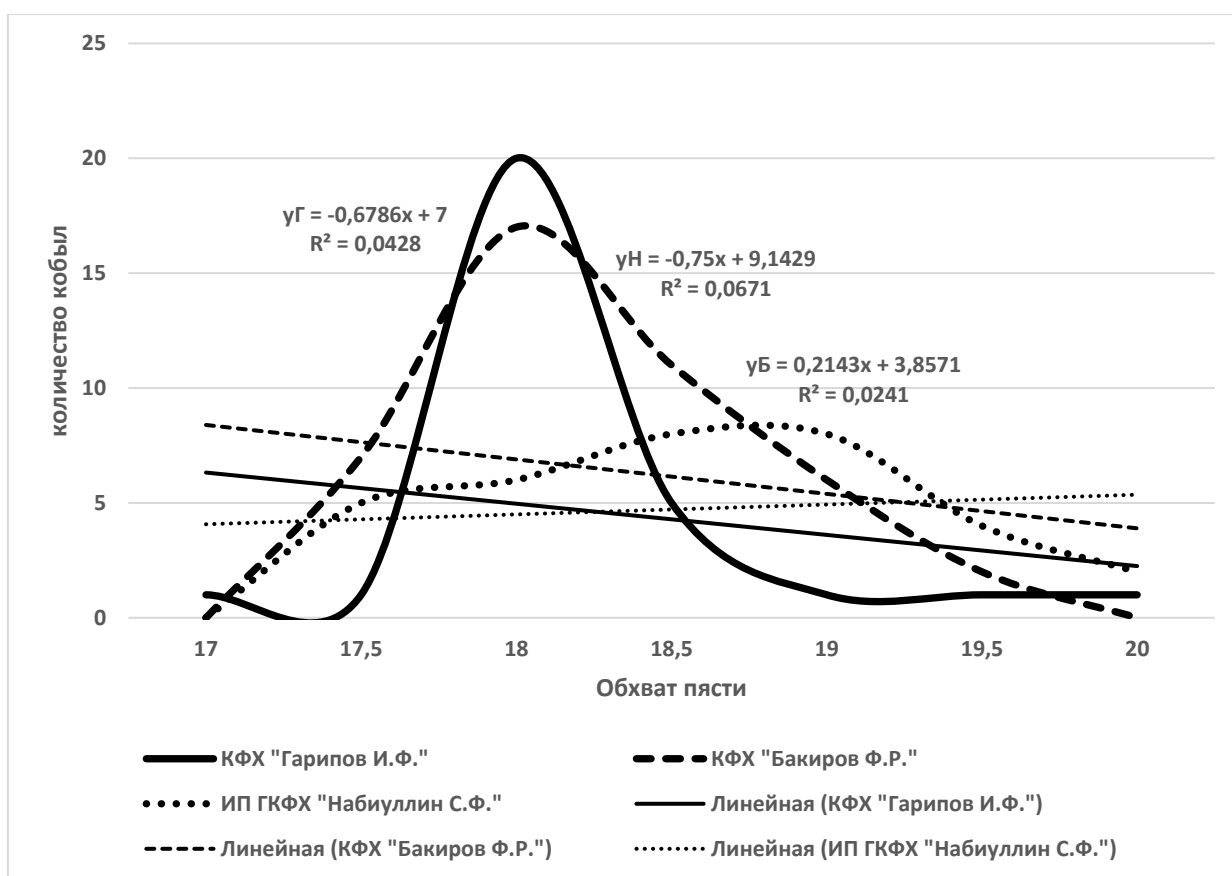


Рисунок 6 – Вариационные кривые обхвата пясти у кобыл разных субпопуляций

При небольшом количестве жеребцов-производителей в каждой из трех субпопуляций и более строгом отборе вариационные кривые промеров высоты в холке и кривой длины туловища не отличаются выраженной у кобыл многовершинностью (рисунки 7 и 8). Однако вариационные кривые наглядно показывают, что отбор жеребцов по высоте в холке и связанной с ней кривой

длине туловища в разных хозяйствах проводится по неоднозначным критериям, что было подчеркнуто при характеристике этих признаков ранее.

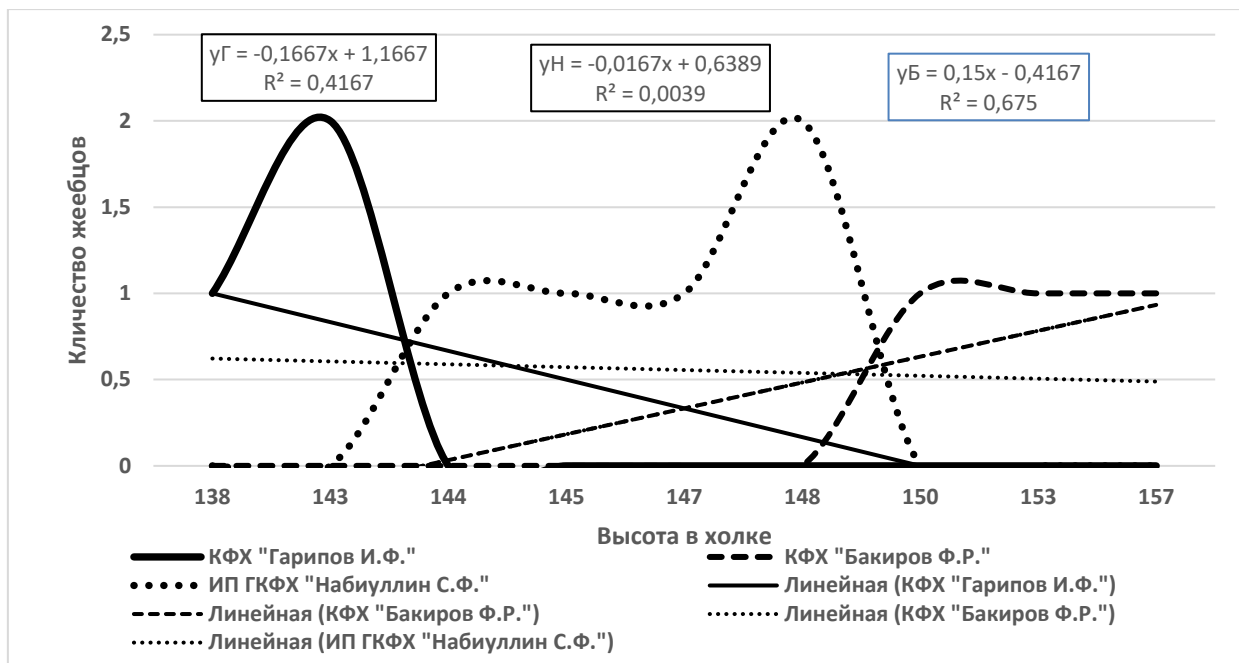


Рисунок 7 – Вариационные кривые высоты в холке у жеребцов разных субпопуляций

Вариационная кривая жеребцов субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» расположена в крайней левой стороне, а жеребцов субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» - в крайней правой стороне.

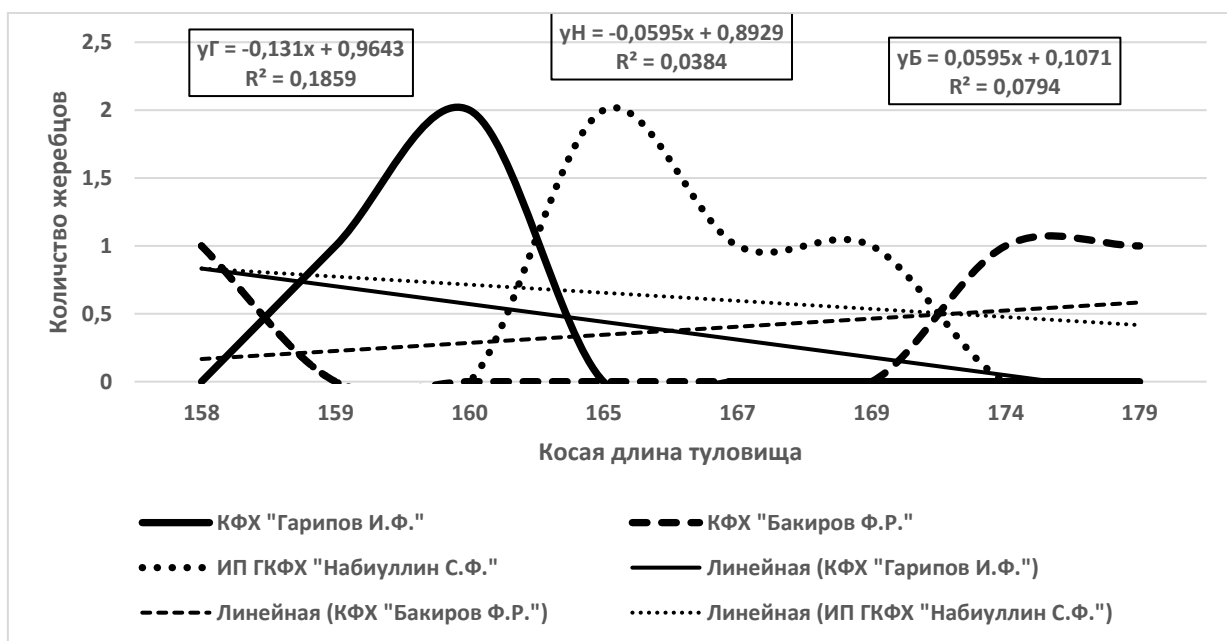


Рисунок 8 – Вариационные кривые косой длины туловища у жеребцов разных субпопуляций

Вариационная кривая высоты в холке жеребцов субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» имеет двухвершинный характер. Нисходящая линия тренда характерна для жеребцов субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.», а восходящая – для жеребцов субпопуляции «КФХ «Бакиров Ф.Р.» при высокой достоверности прогноза.

Вариационные кривые промера обхвата груди у жеребцов преимущественно двухвершинные, однако левосторонняя асимметрия у жеребцов субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» и правосторонняя асимметрия у жеребцов субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» ясно просматривается (рисунок 9).

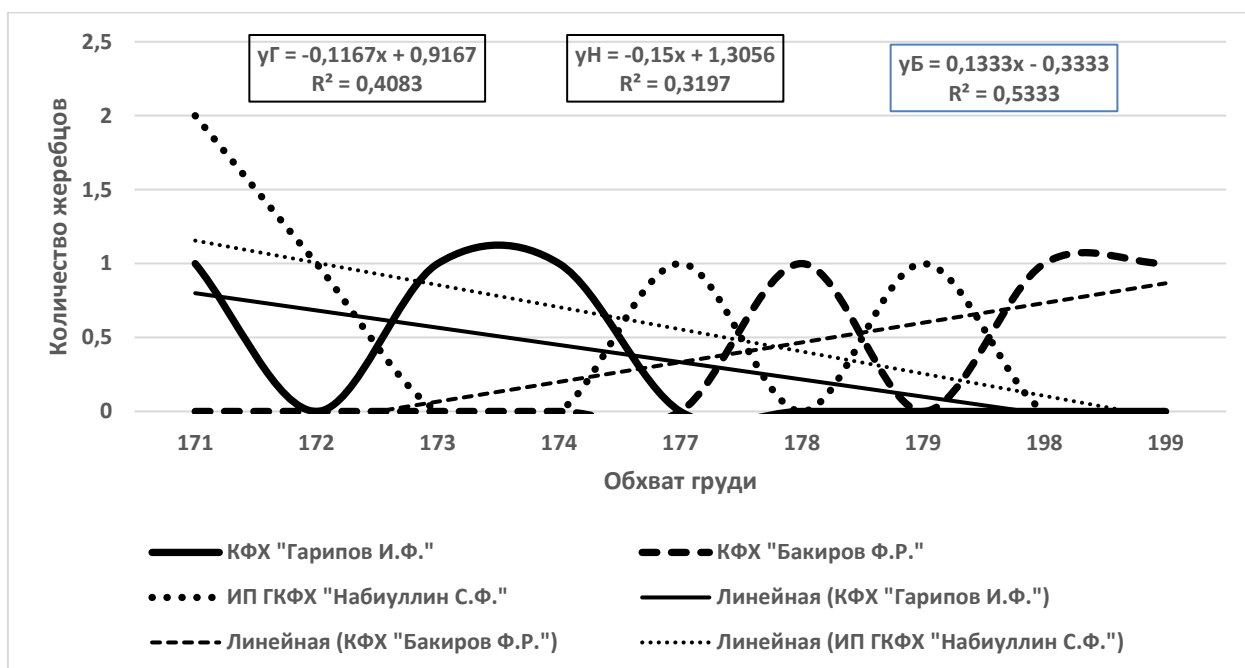


Рисунок 9 – Вариационные кривые обхвата груди у жеребцов разных субпопуляций

Сохраняется также и направленность линий тренда по этому признаку, как и по предыдущим двум с высокой величиной аппроксимации.

Наименьшее разнообразие, как и у кобыл, наблюдается по промеру обхвату пясти (рисунок 10). Направленность линии тренда вниз у жеребцов субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» при высокой величине аппроксимации свидетельствует о возможном снижении обхвата пясти, что можно считать нежелательным для лошадей татарской породы.

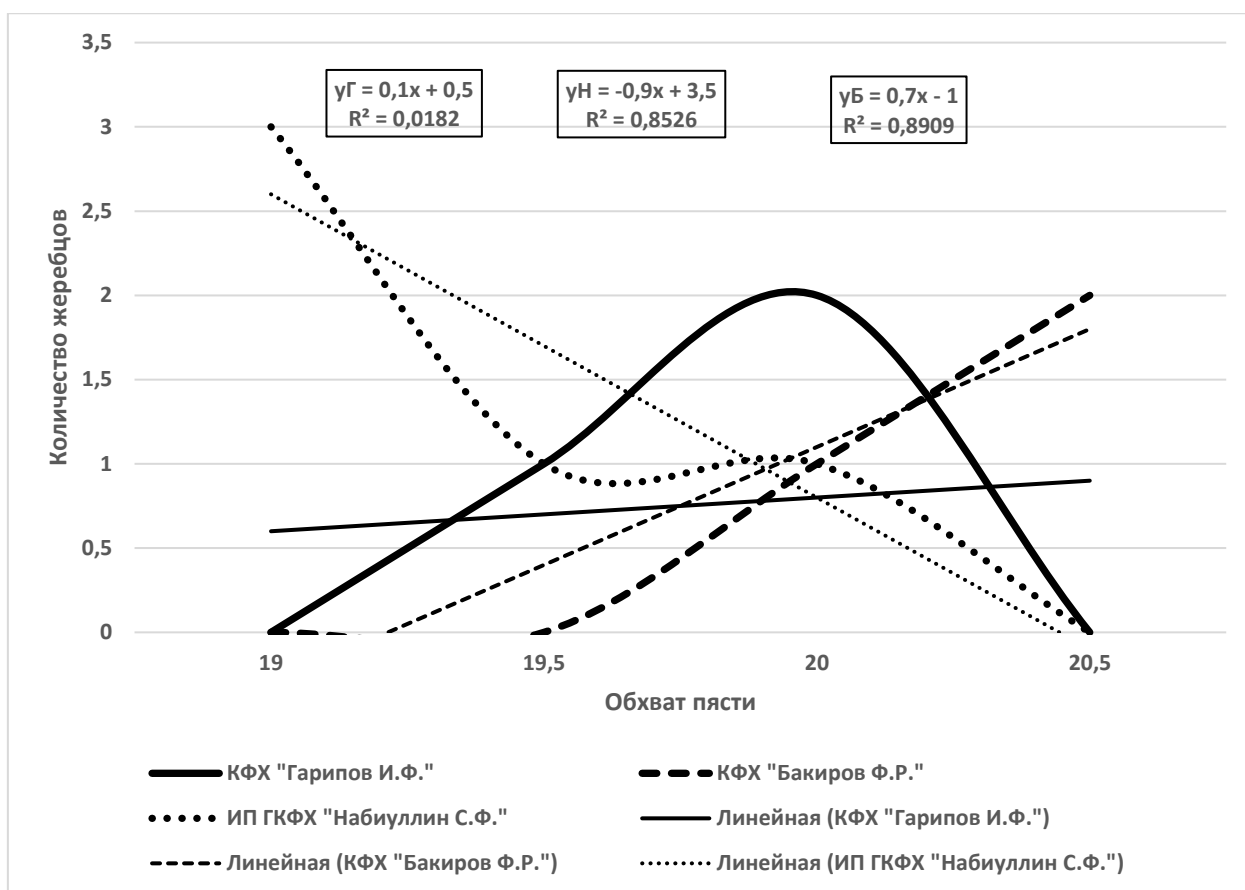


Рисунок 10 – Вариационные кривые обхвата пясти у жеребцов разных субпопуляций

Выявленные различия в величине основных оцениваемых промеров отразились и на характере телосложения лошадей разных субпопуляций, что вызвало различия и в показателях изменчивости индексов телосложения (таблица 6). Так, у кобыл пониженной изменчивостью характеризовался показатель индекса широкотелости при значениях коэффициента вариации в разных субпопуляциях от 3,7 до 4,4 %, а более высокой изменчивостью – показатель индекса растянутости при значениях коэффициента вариации в разных субпопуляциях от 4,4 до 5,7 %.

Низкой изменчивостью индексов телосложения характеризуется поголовье жеребцов субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» при коэффициентах вариации 0,6-3,1 %, при этом самое низкое значение характерно для индекса растянутости.

Таблица 6 – Изменчивость индексов телосложения у лошадей татарской породы

Промер	Субпопуляция								
	КФХ «Гарипов И.Ф.»			ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.»			КФХ «Бакиров Ф.Р.»		
	σ, см/кг	Cv, %	Lim, см/кг	σ, см/кг	Cv, %	Lim, см/кг	σ, см/кг	Cv, %	Lim, см/кг
			<i>Кобылы</i>						
Растянутости	4,92	4,4	100,0-121,0	5,58	5,0	101,3-123,4	5,99	5,7	88,4-117,4
Широкотелости	5,39	4,4	109,2-132,6	4,39	3,7	108,8-128,8	4,91	3,9	100,6-126,5
Сбитости	5,82	5,3	100,6-123,9	5,08	4,8	97,1-117,8	4,94	4,5	98,8-121,4
Костистости	0,58	4,5	12,1-14,0	0,44	3,5	11,8-13,6	0,55	4,4	10,7-13,0
			<i>Жеребцы</i>						
Растянутости	0,60	0,6	107,5-108,7	3,55	3,2	111,6-116,0	4,93	4,4	105,3-114
Широкотелости	1,53	1,3	120,9-123,9	1,77	1,5	116,3-119,4	5,60	4,5	118,7-129,4
Сбитости	1,92	1,7	111,8-115,2	3,66	3,5	103-104,3	1,31	1,2	111,2-113,8
Костистости	0,43	3,1	13,6-14,5	0,28	2,1	13,1-13,6	0,18	1,4	13,1-13,4

При небольшом поголовье жеребцов-производителей практически трудно выявить какую-то закономерность в величине изменчивости.

Анализ вариационных кривых индексов телосложения кобыл разных субпопуляций показал, что их общей характеристикой является многовершинность. По вариационным кривым индекса растянутости прослеживается левосторонняя асимметрия у кобыл субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» и правосторонняя асимметрия у кобыл субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» (рисунок 11).

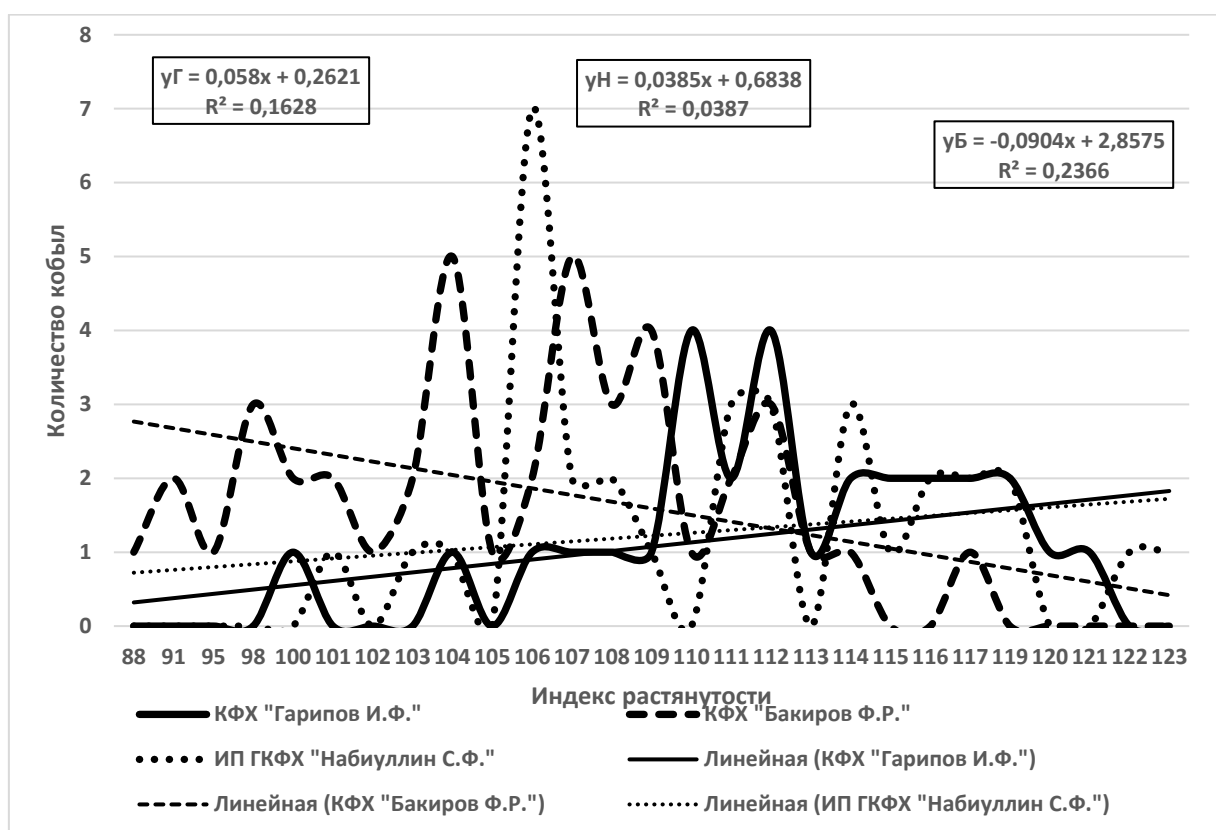


Рисунок 11 – Вариационные кривые индекса растянутости у кобыл разных субпопуляций

Нисходящая линия тренда со средней величиной аппроксимации свойственна кобылам субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.», в остальных субпопуляциях линии тренда слабо восходящие при относительно низкой величине аппроксимации.

Аналогичный характер и расположение носят вариационные индекса широкотелости у кобыл (рисунок 12).

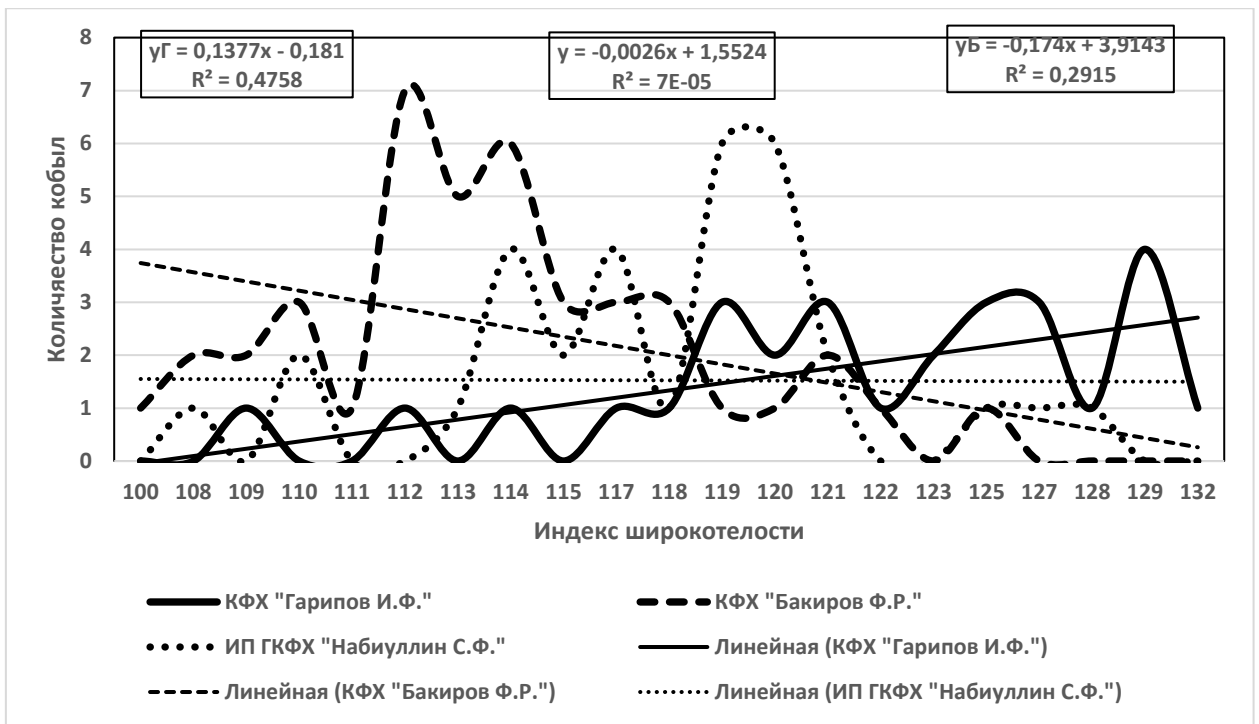


Рисунок 12 – Вариационные кривые индекса широкотелости у кобыл разных субпопуляций

В соответствии с величиной аппроксимации наиболее вероятен прогноз изменения индекса широкотелости только для кобыл субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.», при этом прогноз свидетельствует о снижении этого признака.

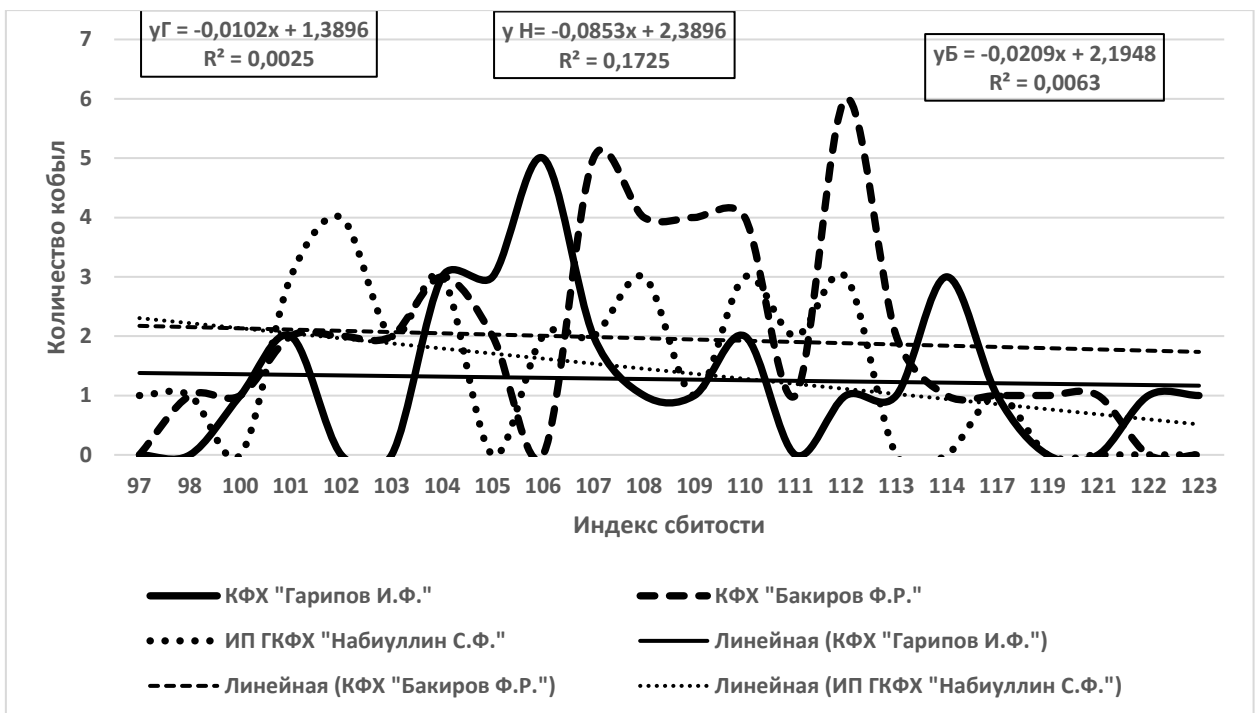


Рисунок 13 – Вариационные кривые индекса сбитости у кобыл разных субпопуляций

При выраженном разнообразии индекса сбитости прогноз по этому признаку маловероятен (рисунок 13).

Для индекса костистости характерна одновершинная вариационная кривая, показывающая меньшее разнообразие признака для кобыл всех трех субпопуляций (рисунок 14).

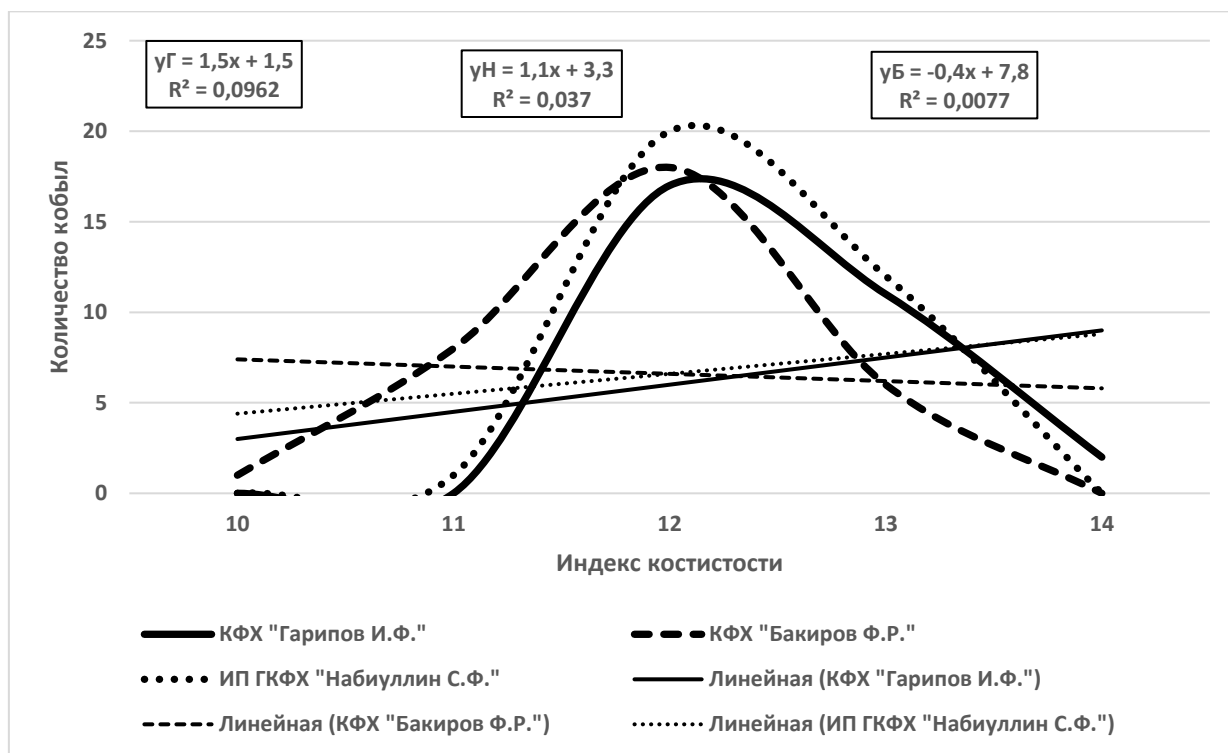


Рисунок 14 – Вариационные кривые индекса костистости у кобыл разных субпопуляций

Нисходящая линия тренда характерна только для кобыл субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.», но величина аппроксимации небольшая, в связи с чем прогноз мало вероятен.

Изучение экстерьерных особенностей кобыл татарской породы трех субпопуляций, сложившихся в разных природно-климатических зонах республики, показало, что, несмотря на проведение стабилизирующего отбора, необходимого для консолидации желательных признаков у сравнительно молодой породы, выявлены различия в величине отдельных промеров и индексов телосложения. Так, кобылы и жеребцы субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» отличаются меньшим ростом, кобылы субпопуляции ИИ ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» - повышенным обхватом груди, жеребцы

субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» - повышенным обхватом груди и пясти. При выраженных особенностях промеров, кобылы субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» оказались наименее растянуты, кобылы субпопуляции «Гарипов И.Ф.» - наиболее ширококотелыми. Жеребцы субпопуляции КФХ «Грипов И.Ф.» отличаются наименьшей растянутостью, субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» - наибольшей ширококотелостью, а субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» - наименьшей массивностью. Эти особенности могут быть учтены при дальнейшей селекции и дифференциации породы на отдельные типы.

Материалы, приведенные в разделе 2.2.1, получены нами лично и совместно с коллегами и опубликованы (Феткуллова, 2023; Хаертдинов и др., 2024; Феткуллова и др., 2026) [35, 72, 73, 91].

2.2.2 Аллелофонд и генетическая структура лошадей татарской породы по полиморфным белкам крови

Изучение полиморфизма сывороточных белков трансферрина и альбумина позволило установить, что они имеют широкий спектр аллелей и высокий уровень генетического разнообразия. Для популяционно-генетических исследований locus трансферрина представляет большой интерес, так как он представлен шестью аллелями: D, F, H, K, O, M. Эти аллели достаточно широко распространены среди других заводских и местных пород и используются в качестве маркеров при проведении генетического мониторинга, паспортизации поголовья и оценке уровня генетической изменчивости. Исследованиями других авторов установлено, что среди ряда других пород лошадей в локусе трансферрина встречается аллель M, однако в изученной популяции татарской породы этот аллель не обнаружен ни у одного животного. Это, с одной стороны, позволяет сделать вывод о неполном аллельном спектре локуса трансферрина в генофонде лошадей татарской породы, а с другой стороны, свидетельствует о её генетической специфике.

Наиболее распространенным в популяции лошадей татарской породы оказались аллели трансферрина F с частотой 0,438, аллель R с частотой 0,265 и аллель D с частотой 0,167. Наименьшую распространенность имели аллели Tf H и Tf O, частота которых составила 0,078 и 0,052 соответственно (таблица 7, рисунок 15).

Таблица 7 – Генетическая структура лошадей татарской породы по полиморфизму сывороточных белков

Порода	Частота встречаемости аллелей						
	трансферрина					альбумина	
	D	F	H	O	R	A	B
Татарская	0,167	0,438	0,078	0,052	0,265	0,485	0,515
Башкирская*	0,176	0,458	0,072	0,087	0,192	0,452	0,548
Бурятская*	0,058	0,463	0,052	0,135	0,292	0,356	0,644
Вятская*	0,087	0,622	0,068	0,062	0,161	0,264	0,736
Забайкальская*	0,174	0,520	0,098	0,127	0,081	0,427	0,573
Якутская	0,161	0,511	0,078	0,030	0,159	0,341	0,659

Примечание: * - по данным Храбровой Л.А и др. [107]

Сравнительный анализ частоты встречаемости отдельных аллелей у лошадей других местных пород показал, что наиболее близки к татарской породе по аллелю D башкирская, якутская и забайкальская породы, по аллелю F – башкирская и бурятская породы, по аллелю H – башкирская и якутская породы, аллелю R – бурятская порода. По имеющему самую низкую частоту аллелю O ближе всего к татарской стоит вятская порода лошадей.

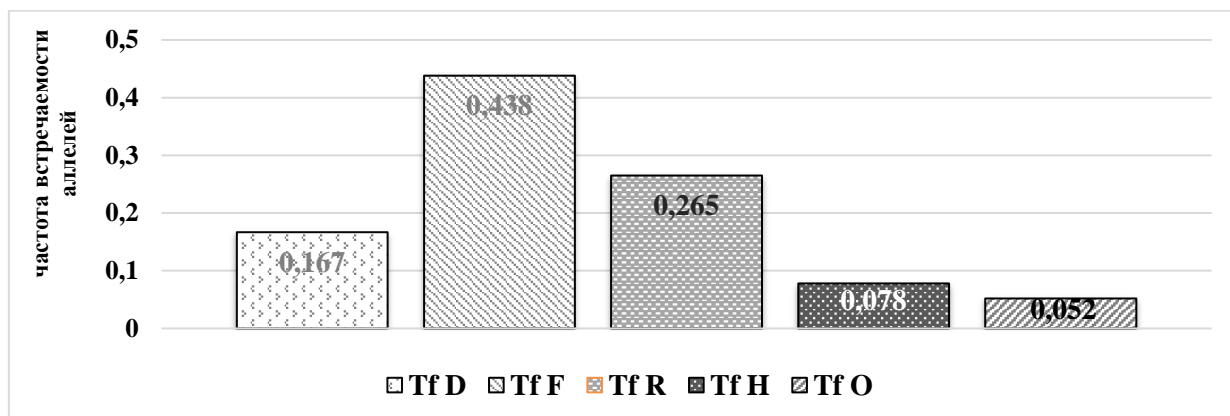


Рисунок 15 – Частота встречаемости аллелей трансферрина у лошадей татарской породы

Несмотря на большую функциональную значимость сывороточного альбумина - кодирующего основного белка плазмы крови, играющего ключевую роль в поддержании онкотического давления, транспортировке метаболитов живого организма, локус альбумина (Alb) у лошадей татарской породы, как у большинства отечественных пород характеризуется низким уровнем аллельного полиморфизма и, представлен всего двумя аллелями — А и В с частотой 0,485 и 0,515 соответственно (таблица 7, рисунок 16).

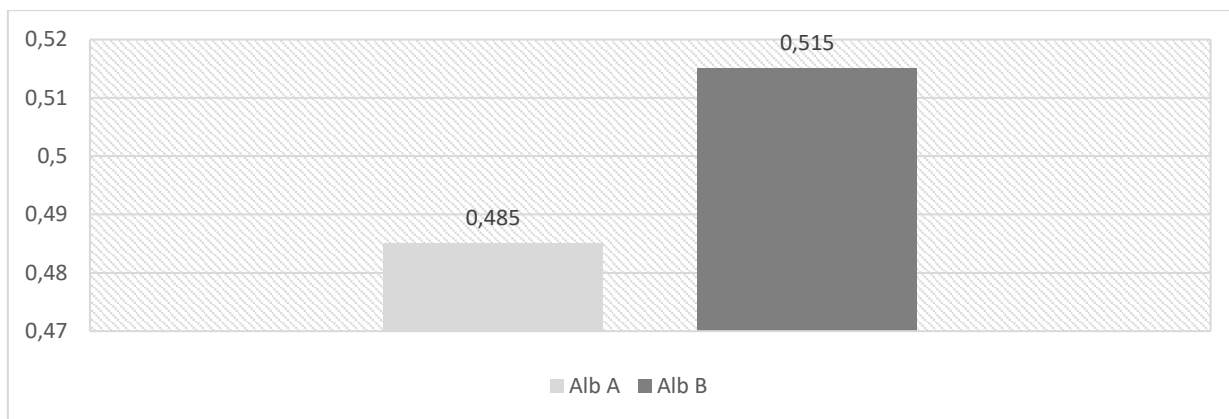


Рисунок 16 – Частота встречаемости аллелей альбумина у лошадей татарской породы

По частоте аллелей А и В локуса альбумина к татарской породе наиболее близки башкирская и забайкальская породы.

Наибольшую ценность для популяционно-генетических исследований имеет локус трансферрина (Tf), по которому в различных комбинациях могут быть образованы 15 различных генотипов, в том числе четыре гомозиготных - DD, FF, HH, RR. В популяции лошадей татарской породы не выявлен лишь один гомозиготный генотип – OO. Наиболее высокую концентрацию в исследованной популяции имели 3 генотипа, включающие в себе аллель Tf F в сочетании с другими аллелями – это гомозиготный генотип Tf FF (18,5 %), а также гетерозиготные генотипы Tf FD (14,5 %), и Tf FR (25 %). Более низкая концентрация характерна для гомозиготного генотипа RR (7%). Довольно часто выявляются генотипы с частотой от 5,5 % до 7 % – Tf DR, Tf OF, Tf FO, Tf FH. Остальные 7 генотипов имеют частоту менее 5 % (от 0,5 % до 4,5 %) (рисунок 17).

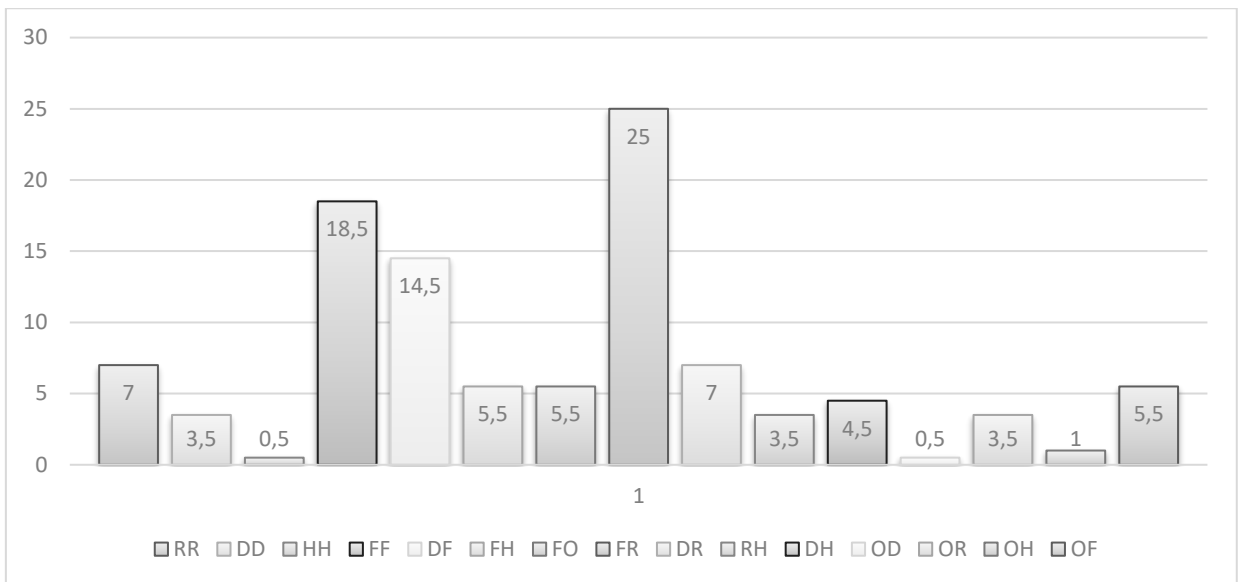


Рисунок 17 – Генетическая структура лошадей татарской породы по частоте генотипов локуса трансферрина

Татарская порода лошадей отличается от других местных пород не только численностью отдельных аллелей локуса трансферрина, но и частотой встречаемости генотипов (рисунок 18). У башкирской породы в сравнении с татарской наибольшие различия в частоте встречаемости (в 18 и 6 раз) выявлены по генотипам HO и DR, а у якутской породы наибольшие различия (в 2 и 4 раза) выявлены по частоте встречаемости генотипов FR, HO и OR.

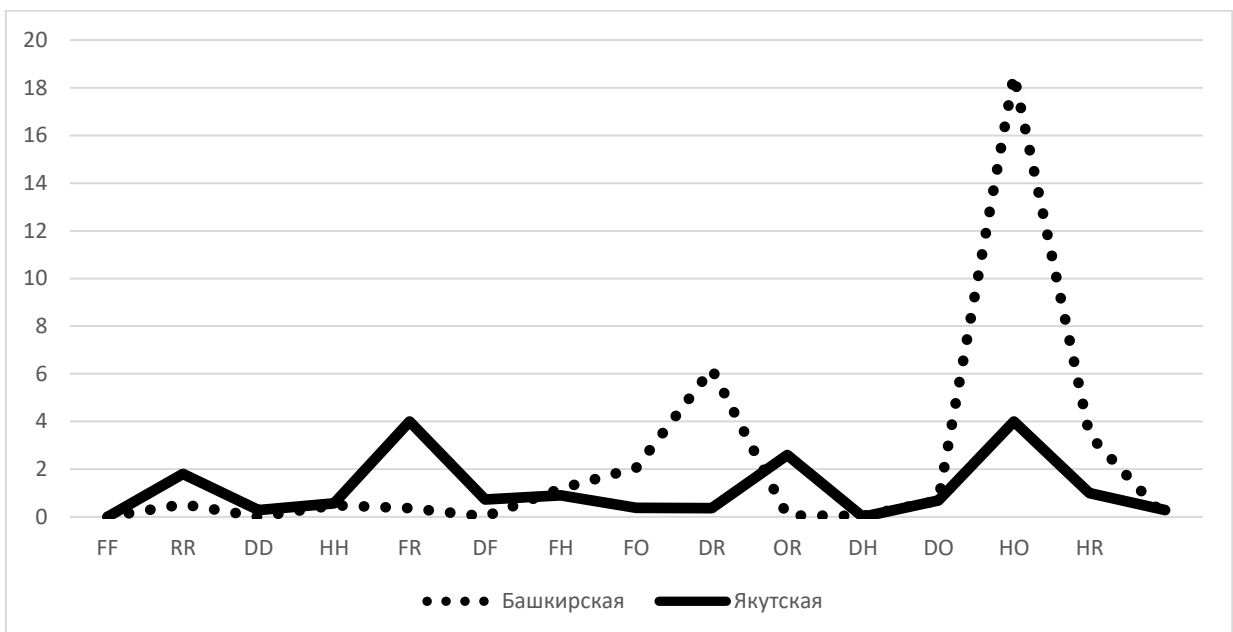


Рисунок 18 – Частота встречаемости генотипов по трансферрину у башкирской и якутской пород в сравнении с татарской

Изучение полиморфизма локуса альбумина показало, что у лошадей татарской породы преобладают особи с гетерозиготным генотипом (Alb) АВ, частота встречаемости которого составляет 49 %. Меньшее распространение имеют особи с гомозиготными генотипами – Alb AA (24 %) и Alb BB (27 %) (рисунок 19).

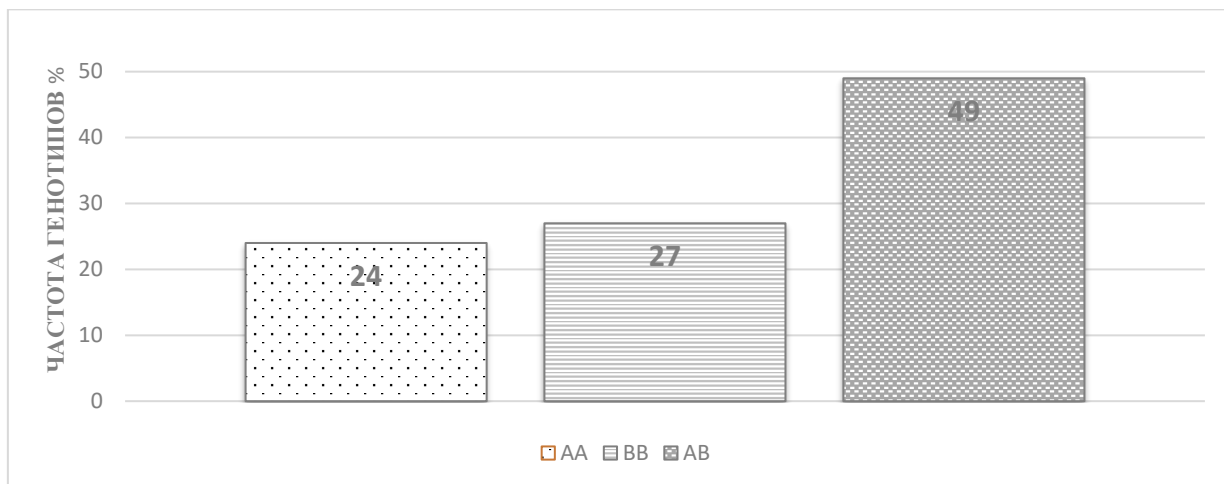


Рисунок 19 – Генетическая структура татарской породы лошадей по частоте генотипов по локусу альбумина

Результаты генетического анализа свидетельствуют о высоком уровне полиморфизма у лошадей татарской породы. Среднее число эффективных аллелей трансферрина и альбумина составляет 2,676, что соответствует высокому показателю генетического разнообразия и превышает средние значения, характерные для большинства местных пород лошадей, что указывает на значительный резерв аллельной изменчивости в популяции.

Средний уровень наблюдаемой гетерозиготности (H_e) по полиморфным локусам кодирующих белков крови составляет 0,597, что свидетельствует о высокой генетической изменчивости в изученной популяции. Анализ по отдельным локусам выявил неоднородность распределения гетерозиготности: наибольшее значение отмечено для локуса трансферрина – 0,705, а наименьшее – для локуса альбумина – 0,490 (таблица 8).

Таблица 8 – Популяционно-генетическая характеристика лошадей татарской породы по полиморфным белкам крови

Порода	Локус	Показатели генетического разнообразия			
		He	Ho	Ae	Fis
Татарская	трансферрин	0,701	0,705	3,35	-0,004
	альбумин	0,499	0,490	2,00	0,018
	в среднем	0,600	0,597	2,68	0,006
Якутская	трансферрин	0,615	0,590	2,60	0,041
	альбумин	0,449	0,221	1,82	0,508
	в среднем	0,532	0,406	2,21	0,274
Башкирская	трансферрин	0,704	0,844	3,425	0,009
	альбумин	0,445	0,302	1,903	0,006
	в среднем	0,575	0,573	2,664	0,008

Примечание. Ae – число эффективных аллелей, He и Ho – ожидаемая и наблюдаемая гетерозиготность, Fis – индекс фиксации

Ожидаемая гетерозиготность по локусу трансферрина оказалась ниже фактической гетерозиготности, что свидетельствует о наличии статистически значимого избытка гетерозиготных генотипов в исследуемой популяции. Дополнительным подтверждением наличия гетерозиготного избытка служит отрицательное значение индекса фиксации, равное -0,004, что указывает на отклонение генетического равновесия в сторону гетерозиготных генотипов.

Сравнительный анализ показателей генетического разнообразия трех пород свидетельствует о том, что они достаточно близки, в связи с чем проведено изучение величин генетического расстояния и генетического сходства пород.

Определение генетического расстояния (левая нижняя часть таблицы) и генетического сходства (правая верхняя сторона таблицы) лошадей татарской, башкирской и якутской пород позволяет констатировать высокое генетическое сходство между местными породами лошадьми при колебании значений от 0,97057 до 0,98378 (таблица 9).

Таблица 9 – Генетическое расстояние и сходство местных пород лошадей по полиморфной системе крови

Порода	Татарская	Башкирская	Якутская
Татарская		0,97057	0,98378
Башкирская	0,02943		0,97601
Якутская	0,01622	0,023399	

Генетическое сходство татарской породы лошадей с якутской оказалось наибольшим при величине показателя 0,98378. Генетическое расстояние между татарской и якутской породами лошадей было ниже – 0,01622. Наименьшее сходство с лошадьми татарской породы имели башкирские лошади, при коэффициенте генетического сходства 0,97057. Коэффициент генетического сходства между башкирской и якутской породами составляет 0,97601, что свидетельствует о высоком межпородном сходстве.

Изучение генетической структуры лошадей татарской породы по полиморфным системам белков крови показало, что наиболее полиморфным оказался локус трансферрина при наличии пяти аллелей и наименее полиморфным локус альбумина при наличии всего двух аллелей. Лошади татарской породы отличаются от башкирской по частоте встречаемости генотипов трансферрина HO и DR в 18 и 6 раз, а от якутской породы по частоте встречаемости генотипов трансферрина FR, HO и OP в 2 и 4 раза. Это позволяет дифференцировать лошадей татарской породы от других местных пород.

Материалы, приведенные в разделе 2.2.2, получены нами лично и совместно с коллегами и опубликованы (Феткуллова, 2024; Хаертдинов и др., 2024; Феткуллова, 2025) [92, 93, 97, 98] .

2.2.3 Аллелофонд и генетическая структура лошадей татарской породы по полиморфизму микросателлитной ДНК

Изучение полиморфизма 17 STR локусов микросателлитной ДНК: АНТ4, АНТ5, ASB17, ASB2, ASB23, CA425, HMSI, HMS2, HMS3, HMS6, HMS7, НТГ10, НТГ4, НТГ6, НТГ7, LEX3, VHL20 показало, что общее число аллелей у лошадей татарской породы составило – 152 или в среднем 9 аллелей на локус, при колебаниях от 5 до 16 аллелей в локусах (таблица 10).

Таблица 10 – Численность аллелей, идентифицированных у лошадей разных пород

Локус	Количество аллелей в локусе у лошадей разных пород									
	Татарская	Башкирская*	Якутская	Нарымская	Алтайская**	Бурятская**	Вятская**	Забайкальская**	Мезенская**	Тувинская**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
АНТ4	9	11	9	8	7	5	8	5	6	7
АНТ5	7	7	7	6	7	4	3	6	6	4
ASB2	12	11	10	7	11	5	6	5	6	7
ASB17	16	12	8	11	13	7	6	7	6	6
ASB23	10	11	8	5	6	6	3	6	6	8
CA425	8	11	7	7	8	6	6	6	5	6
HMSI	7	7	7	6	6	4	5	4	4	4
HMS2	9	9	6	7	7	4	7	4	5	5
HMS3	9	9	6	7	7	4	7	4	7	6
HMS6	7	8	6	5	6	4	4	4	6	4
HMS7	8	8	6	8	6	4	5	5	5	5
НТГ4	7	7	8	6	7	6	8	6	5	5
НТГ6	7	7	4	4	5	6	5	6	2	5
НТГ7	5	9	5	4	6	4	5	4	4	4
НТГ10	11	9	4	9	10	7	5	7	8	7
LEX3	10	12	7	7	11	6	4	6	4	7
VHL20	10	9	9	9	8	7	3	7	6	8
Итого	152	157	117	116	129	91	90	98	92	89

Примечание: * - по данным Храбровой Л.А и др. [107]

Сравнительный анализ показывает, что по численности встречаемости аллелей в локусах микросателлитной ДНК татарская порода лошадей наиболее близка с башкирской, у которой общая сумма встречаемых аллелей только на 5 больше.

Однако, несмотря на относительную близость, как у татарской, так и башкирской пород можно выделить отдельные приватные аллели, причем, выделены они в нескольких локусах (таблица 11).

Таблица 11 – Сравнительная характеристика аллелофонда татарской и башкирской пород

Локус	Набор аллелей у пород	
	татарской	башкирской
ANT4	H I J K L N O P M	H I J K L M N O P Q R
ANT5	I J K L M N O	I J K L M N O
ASB17	D F G H I J K L M N O P R S T Q	D F G H I J K L M N O P
ASB2	B C I J K L M N O P Q R	B C I K M N O P Q R S
ASB23	I J K L M Q S T U R	G H I J K L P Q S T U V
CA425	F G I J L M N O	F G H I J K L M N O P
HMS1	I J K L M N Q	I J K L M N Q
HMS2	H I K L P Q R M O	H I J K L M O P R
HMS3	I L M N O P Q R S	H I M N O P Q R S
HMS6	K L M N O P Q	K L M N O P Q
HMS7	J K L M N O P Q	G I J K M N O P Q
HTG10	I K L M N O P R S T	I K L M N O P R T
HTG4	K L M N O P Q	K L M N O P Q
HTG6	G I J M N O P	G I J K M N O P
HTG7	K M N O P	K M N O P
LEX3	F H I J K L M N O P	F G H I J K L M N O P Q
VHL20	I J L M N O P Q R S	I J K L M N O P Q R

Так, в локусе ANT4 у изученного поголовья лошадей татарской породы не встретилось аллелей Q и R, в локусе ASB23 не выделены аллели G, H и P; в локусе CA425 не выявлены аллели H, K и P; в локусе HMS2 не выявлен аллель J, в локусе HMS3 не выявлен аллель H; в локусе HMS7 не выявлены аллели G и I, в локусе HTG6 не выявлен аллель K; в локусе LEX3 не выявлены аллели

G и Q, а в локусе VHL – аллель K. То есть различия проявляются по 16 аллелям в девяти локусах. Возможно, дальнейшее исследование лошадей татарской породы в этом направлении внесет некоторые коррективы в выявленные различия, но на данном этапе можно утверждать, что у лошадей татарской породы выявлено 9 специфичных аллелей в пяти локусах, которые не выявлены у лошадей башкирской породы. Это аллели R, S, T и Q в локусе ASB17; аллель J в локусе ASB2; аллель M и R в локусе ASB23; аллель Q в локусе HMS2 и аллель L в локусе HMS3. То есть по предварительным исследованиям их можно отнести к приватным аллелям.

Необходимо отметить, что в разных хозяйствах-оригинаторах прослеживается значительная изменчивость по числу и наличию аллелей в отдельных локусах (таблицы 12-14). Например, у лошадей, принадлежащих КФХ «Бакиров Ф.Р.», в локусе HMS7 не выявлен аллель J, в локусе АНТ5 – аллель I, в локусе НТG6 – аллель M, в локусе HMSI – аллель K, в локусе СА425 – аллель G, в локусе ASB2 – аллель R и в локусе НТG4 – аллели Q и P. У лошадей, принадлежащих КФХ «Гарипов И.Ф.», в локусе VHL20 не выявлен аллель J, в локусе ASB17 – аллель H, в локусе НТG6 – аллель N, в локусе LEX3 – аллель L, в локусе HMS2 – аллель R, в локусах АНТ4 и ASB17 – аллель P. У лошадей, принадлежащих ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.», в локусе ASB17 не выявлены аллели L и K, в локусе HMS7 – аллель K и в локусе VHL20 – аллель S.

Установленные различия позволяют предположить, что имеется возможность не только дифференцировать сложившиеся субпопуляции друг от друга, но и установления ассоциативных связей выявленных аллелей с основными селекционными признаками.

Таблица 12 – Распределение частот аллелей по 17 локусам микросателлитной ДНК в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.»

Аллель	Локус																
	АНТ4	АНТ5	ASB17	ASB2	ASB23	CA425	HMSI	HMS2	HMS3	HMS6	HMS7	HTG10	HTG4	HTG6	HTG7	LEX3	VHL20
О	0,55	0,15	0,05	0,06		0,11			0,11	0,21	0,15	0,54	0,05	0,41	0,59	0,02	0,04
J	0,14	0,11	0,01		0,15	0,11	0,35				0,06			0,21		0,02	
I	0,12	0,05	0,09	0,08	0,03	0,01	0,05	0,23	0,09			0,03		0,03		0,03	0,17
H	0,11							0,24								0,15	
M	0,01	0,04	0,08	0,27		0,22	0,36		0,14	0,27	0,24	0,09	0,62	0,03	0,11	0,30	0,14
N	0,03	0,23	0,18	0,11		0,38	0,03		0,20	0,02	0,12	0,08	0,01		0,11		0,20
L	0,04	0,08	0,03		0,18	0,11	0,05	0,23		0,15	0,38	0,08	0,14			0,29	0,04
K		0,34	0,03	0,26	0,20		0,01	0,26		0,05	0,02	0,03	0,11		0,18		
G			0,12			0,03								0,29			
R			0,14	0,01					0,11			0,08					0,14
F			0,08			0,03										0,12	
Q			0,11	0,11	0,02		0,15		0,09		0,02		0,03				0,12
S			0,04		0,12				0,01								0,15
D			0,04														
B				0,08													
P				0,01				0,04	0,25	0,30	0,01	0,06	0,04	0,03	0,01	0,07	
C				0,01													
U					0,30												
T												0,01					

Таблица 13 – Распределение частот аллелей по 17 локусам микросателлитной ДНК в субпопуляции ИП ГКХ «Набиуллин С.Ф.»

Аллель	Локус																
	АНТ4	АНТ5	ASB17	ASB2	ASB23	CA425	HMSI	HMS2	HMS3	HMS6	HMS7	HTG10	HTG4	HTG6	HTG7	LEX3	VHL20
О	0,32	0,08	0,01	0,07		0,15			0,15	0,16	0,15	0,38	0,03	0,45	0,42	0,03	0,05
J	0,23	0,26		0,01	0,19	0,11	0,53				0,12			0,15			0,01
I	0,06	0,07	0,20	0,08	0,12	0,06	0,04	0,15	0,03			0,07		0,03		0,03	0,12
H	0,20		0,01					0,20								0,16	
M	0,03	0,05	0,11	0,22		0,21	0,28		0,22	0,18	0,20	0,07	0,65	0,05	0,14	0,19	0,22
N	0,08	0,23	0,14	0,23		0,21	0,03		0,04	0,01	0,14	0,19		0,19	0,24	0,03	0,14
L	0,03	0,07		0,04	0,10	0,15	0,07	0,12	0,01	0,12	0,31	0,09	0,14			0,19	0,07
K	0,01	0,24		0,11	0,27		0,01	0,31		0,08		0,04	0,12		0,20	0,11	
G			0,12			0,10								0,12			
R			0,15	0,01				0,15	0,12			0,09					0,11
F			0,03			0,01										0,10	
Q			0,10	0,19	0,01		0,04	0,01	0,11	0,04	0,08		0,01				0,12
S			0,07		0,08				0,01			0,03					
D			0,04														
B				0,01													
P	0,04		0,01	0,03				0,06	0,31	0,41		0,04	0,05	0,01		0,16	0,16
C																	
U					0,22												
T			0,01		0,01												

Таблица 14 – Распределение частот аллелей по 17-STR локусам микросателлитной ДНК в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.»

Аллель	Локус																
	AHT4	AHT5	ASB17	ASB2	ASB23	CA425	HMSI	HMS2	HMS3	HMS6	HMS7	HTG10	HTG4	HTG6	HTG7	LEX3	VHL20
O	0,47	0,13	0,02	0,11		0,04		0,03	0,07	0,16	0,34	0,49	0,01	0,57	0,43	0,06	0,08
J	0,25	0,06			0,10	0,17	0,41							0,22			0,05
I	0,095		0,15	0,09	0,26	0,02	0,01	0,03	0,16			0,08		0,03			0,16
H	0,095		0,01					0,27								0,20	
M	0,01	0,05	0,17	0,25	0,01	0,32	0,33	0,01	0,22	0,10	0,08	0,12	0,65		0,28	0,04	0,03
N	0,01	0,27	0,15	0,13		0,40	0,01		0,07	0,08	0,13	0,06		0,01	0,15	0,08	0,13
L	0,01	0,05	0,01		0,05	0,04	0,02	0,21		0,20	0,25	0,03	0,20			0,26	0,14
K		0,44	0,02	0,17	0,15			0,31		0,03	0,07	0,04	0,14		0,14	0,03	
G			0,04											0,10			
R			0,32		0,01			0,12	0,15			0,07					0,09
F			0,01			0,01										0,01	
Q			0,03	0,18	0,04		0,22		0,15		0,13	0,05					0,29
S			0,03		0,02							0,01					0,03
D			0,01														
B				0,03													
P	0,06		0,03	0,04				0,02	0,18	0,43		0,05		0,07		0,32	
C																	
U					0,36												
T																	

В локусе АНТ4 у лошадей татарской породы выявлено девять аллелей – О, J, I, H, M, N, L, K, P, из которых приватным можно считать аллель К (0,013), выявленный только в ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.». Наибольшую частоту имеют аллели О (0,446) и J (0,205). Самые низкие частоты отмечены для аллелей – М (0,017), L (0,027), N (0,043) и P (0,052). Аллель P отсутствует в выборке лошадей КФХ «Гарипов И.Ф.», а в других субпопуляциях его частота находится на уровне 0,052 (рисунок 20).

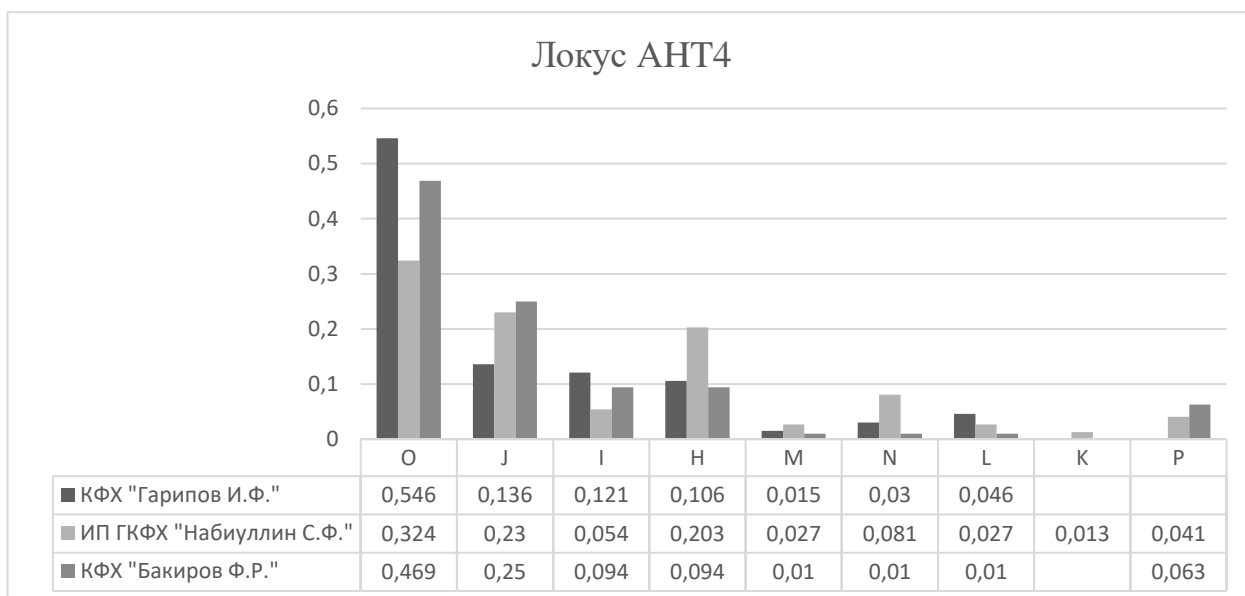


Рисунок 20 – Частота аллелей микросателлитного локуса АНТ 4 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

Выявленные аллели данного локуса характеризуются значительным разбросом частот в пределах трех субпопуляций. В частности, наименьшая частота аллеля О (0,324) наблюдается в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.», а наибольшая (0,546) – в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.»

Локус АНТ5 представлен семью аллелями – О, J, I, M, N, L и К (рисунок 21). У исследованных лошадей наибольшую частоту в данном локусе имели аллели К (0,342) и N (0,242). Два аллеля I и M имеют низкую частоту встречаемости (от 0,050 до 0,08) и выявлены не во всех субпопуляциях. Остальные три аллеля – О, J и L характеризуются невысокой частотой встречаемости в анализируемых трех субпопуляциях (от 0,052 до 0,141).

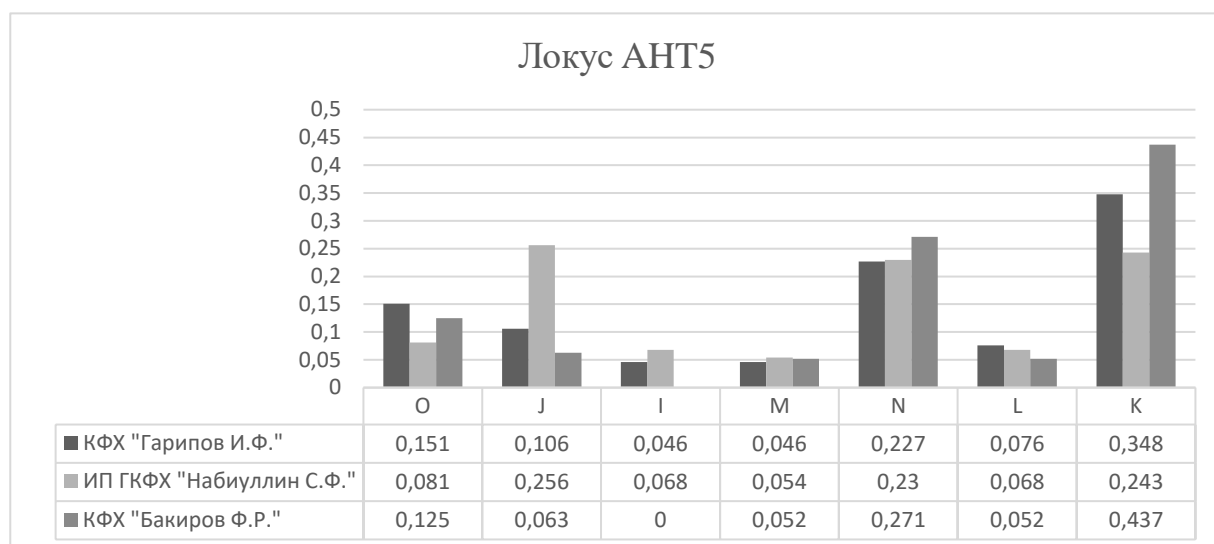


Рисунок 21 – Частота аллелей микросателлитного локуса АНТ5 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

В локусе ASB17 лошадей татарской породы выявлено 16 аллелей – O, J, I, H, M, N, L, K, G, R, F, Q, S, D, P и T, то есть данный локус является высокополиморфным из 17-STR анализируемых локусов микросателлитной ДНК лошадей татарской породы (рисунок 22).

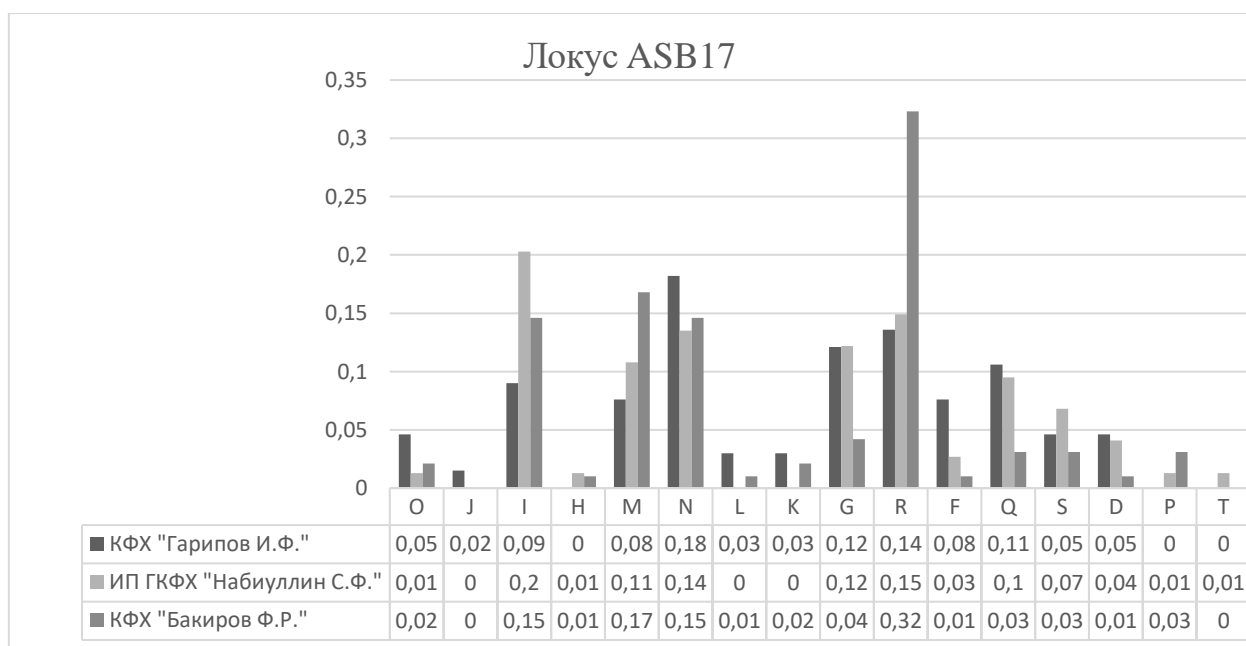


Рисунок 22 – Частота аллелей микросателлитного локуса ASB17 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

Среди выявленных в локусе ASB17 аллелей есть приватные. Это аллели T (0,013) и J (0,015), идентифицированные только в субпопуляциях ИП

ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» и КФХ «Гарипов И.Ф.». Аллели: I, M, N, G и R, частота которых колеблется от 0,095 до 0,202, выявлены в аллелофонде лошадей татарской породы во всех трёх субпопуляциях. Остальные аллели имеют низкую частоту встречаемости (от 0,007 до 0,095), кроме того, эти аллели выявлены не во всех субпопуляциях.

В локусе ASB2 у исследованной популяции лошадей выявлены 12 аллелей – O, J, I, M, N, L, K, R, Q, B, P и C, из них к редким можно отнести аллели J (0,013), C (0,015) и R (0,014), идентифицированные в одной субпопуляции из трёх. Локус ASB2 также можно отнести к высокополиморфным. Наиболее часто в этом локусе встречаются аллели M (0,2460), N (0,153), K (0,177) и Q (0,157), которые выявлены во всех трёх субпопуляциях (рисунок 23).

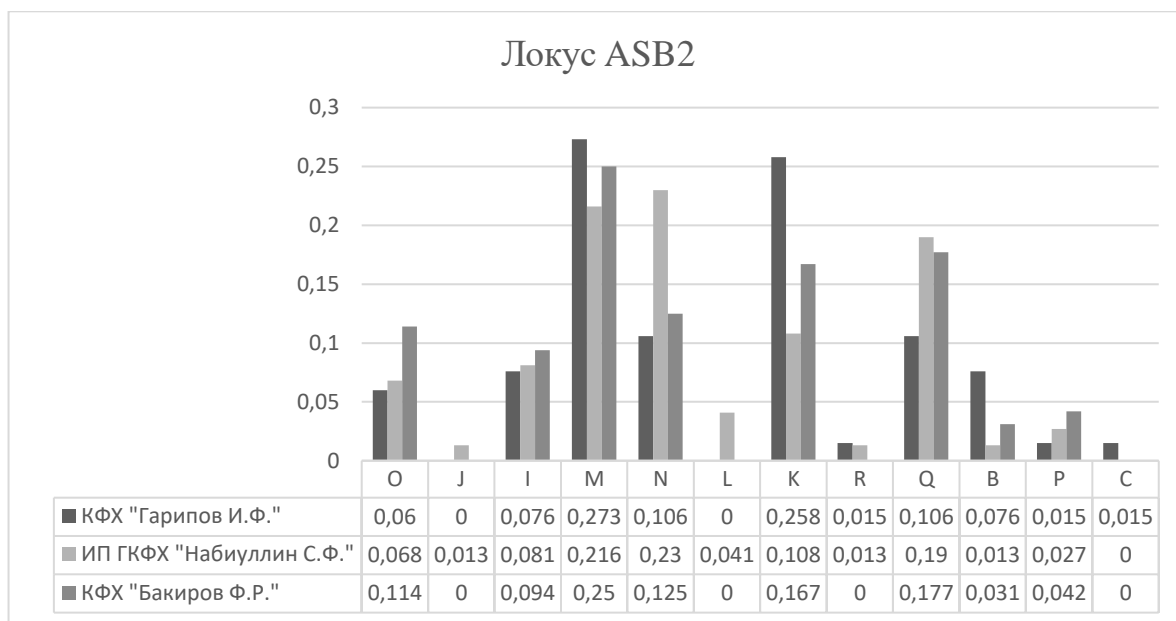


Рисунок 23 – Частота аллелей микросателлитного локуса ASB2 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

У лошадей татарской породы локус ASB23 характеризуется 10 аллелями – J, I, M, L, K, R, Q, S, U и T, три из которых являются редкими. Это аллели M (0,01), R (0,01) и T (0,013). Аллелями, которые выявлены во всех трёх субпопуляциях, являются: J (0,148), I (0,137), L (0,109), K (0,204), Q (0,023), S (0,073) и U (0,291). Аллели M и R выявлены только в субпопуляции КФХ

«Бакиров Ф.Р.», а аллель T идентифицирован только в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» (рисунок 24).

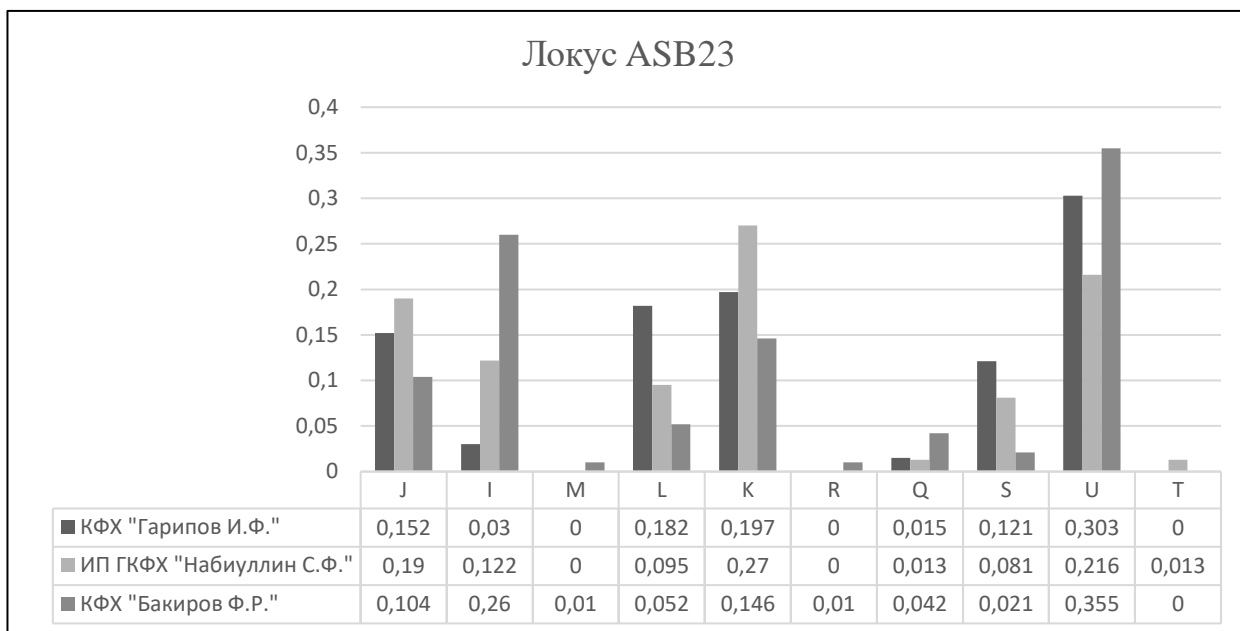


Рисунок 24 – Частота аллелей микросателлитного локуса ASB23 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

В локусе CA425 у лошадей татарской породы зарегистрировано 8 аллелей – O, J, I, M, N, L, G и F. Аллели O, J, I, M, N, L и F идентифицируются во всех трех субпопуляциях, из них наиболее высокой частотой характеризовались аллели M (0,252) и N (0,328) (рисунок 25).

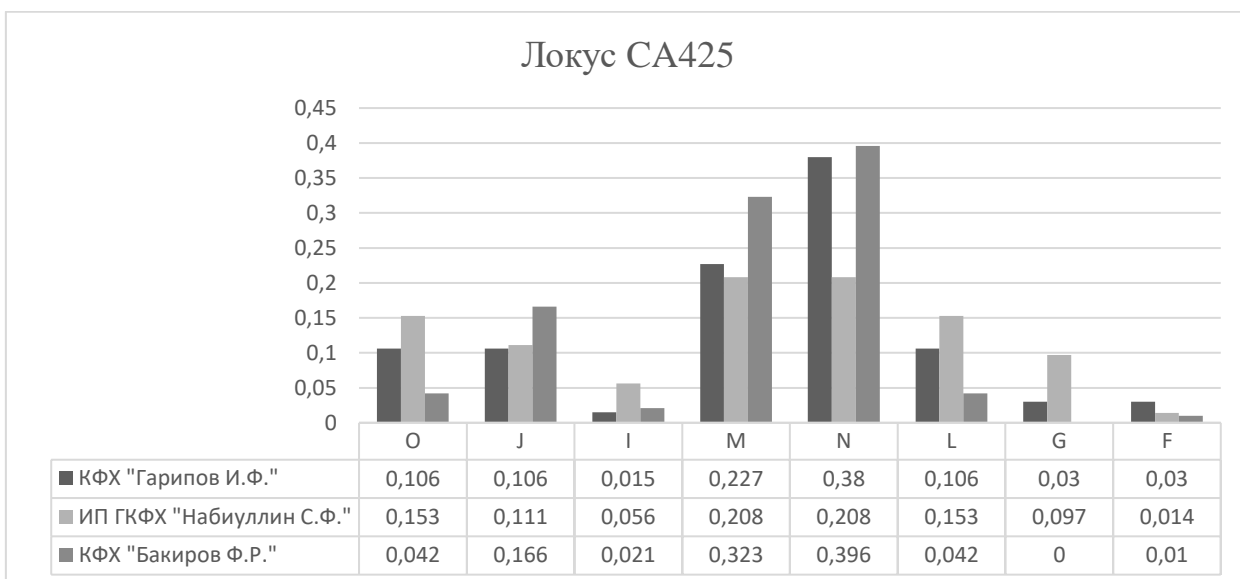


Рисунок 25 – Частота аллелей микросателлитного локуса CA425 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

Аллель G характеризуется неравномерным распределением в исследованных изученных субпопуляциях и в среднем имеет частоту 0,06, а в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» этот аллель не выявлен.

В аллелофонде лошадей татарской породы в локусе HMS1 выявлено 7 аллелей – J, I, M, N, L, K и Q, из них редким можно считать аллель K с частотой 0,014. Этот аллель не идентифицирован в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» (рисунок 26).

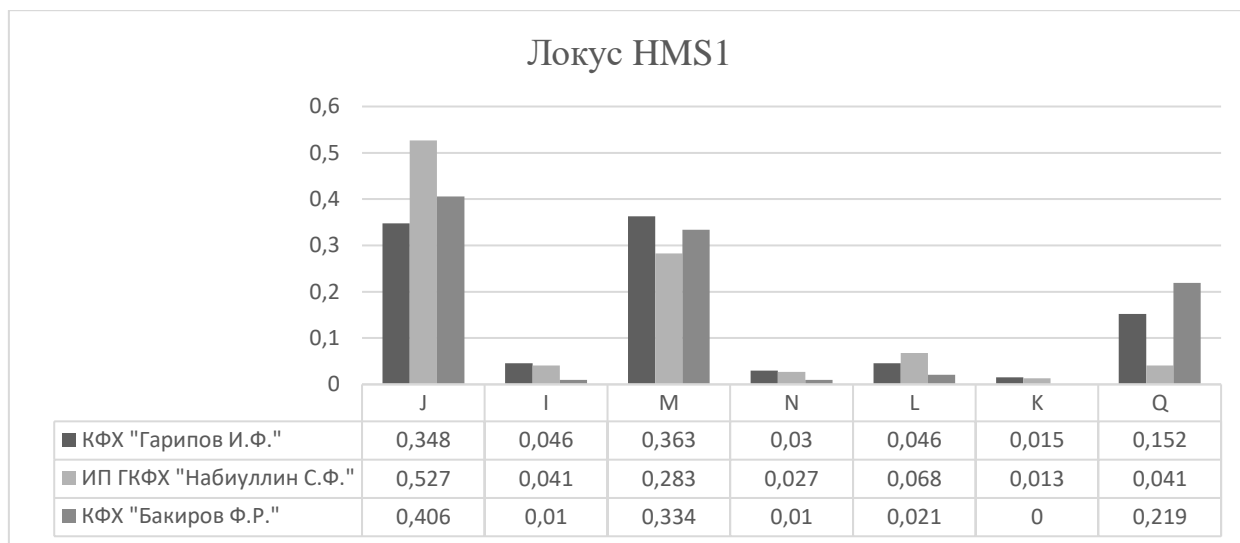


Рисунок 26 – Частота аллелей микросателлитного локуса HMS1 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

Аллели J и M выделены у представителей всех трёх субпопуляций и имеют самую высокую частоту встречаемости при колебаниях от 0,427 до 0,326 соответственно. Аллели I, N и L встречаются с низкой и примерно одинаковой частотой (0,032; 0,022 и 0,045 соответственно).

Локус HMS2 характеризуется высокой полиморфностью, в нем выявлено девять аллелей - O, I, H, M, L, K, R, Q и P. В данном локусе приватными можно считать аллели O (0,031) и M (0,01), выявленные в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.», а также аллель Q (0,013), выявленный в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.». Общими для всех трёх субпопуляций являются пять аллелей со средней частотой встречаемости I (0,135), H (0,238), L (0,185), K (0,293) и P (0,040). Средняя частота аллеля R

составляет 0,132, однако он не выявлен в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» (рисунок 27).

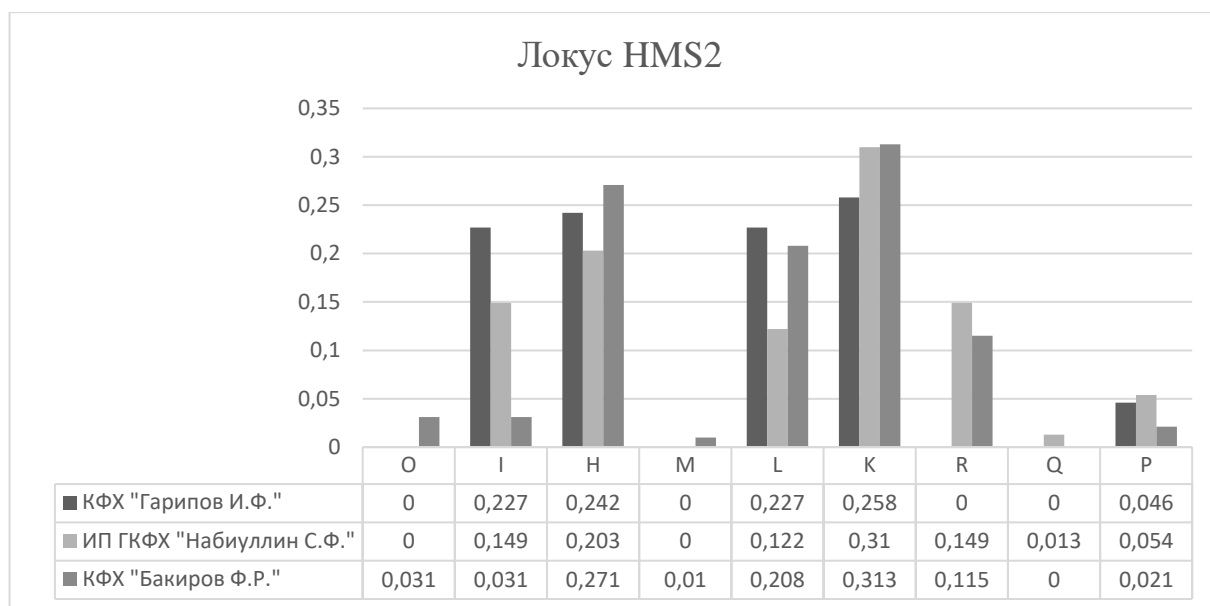


Рисунок 27 – Частота аллелей микросателлитного локуса HMS2 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

Локус HMS3 представлен девятью аллелями – O, I, M, N, L, R, Q, S и P, наиболее частым из них является аллель P при средней частоте встречаемости 0,248, его частота колеблется от 0,177 в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» и до 0,311 в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.». Из девяти выявленных аллелей обнаружены редкие аллели L и S, частота распространения которых составляет 0,004 и 0,009 соответственно. Они не идентифицированы в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.». В субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин СФ.» аллели I и N имеют низкую по сравнению с другими субпопуляциями частоту встречаемости 0,027 и 0,041 соответственно (рисунок 28).

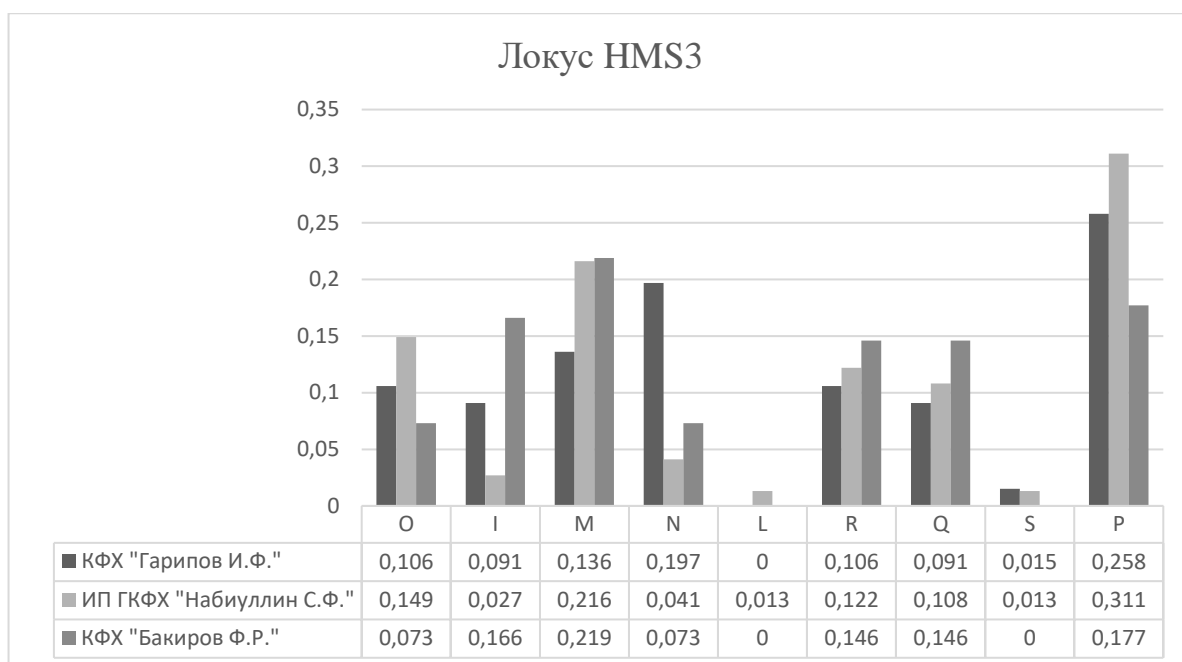


Рисунок 28 – Частота аллелей микросателлитного локуса HMS3 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

В локусе HMS6 было выявлено семь аллелей – O, M, N, L, K, Q и P, наибольшая частота отмечается у аллелей O, M, L и P, выявленных во всех субпопуляциях при частоте соответственно 0,177, 0,184, 0,157 и 0,378 (рисунок 29).

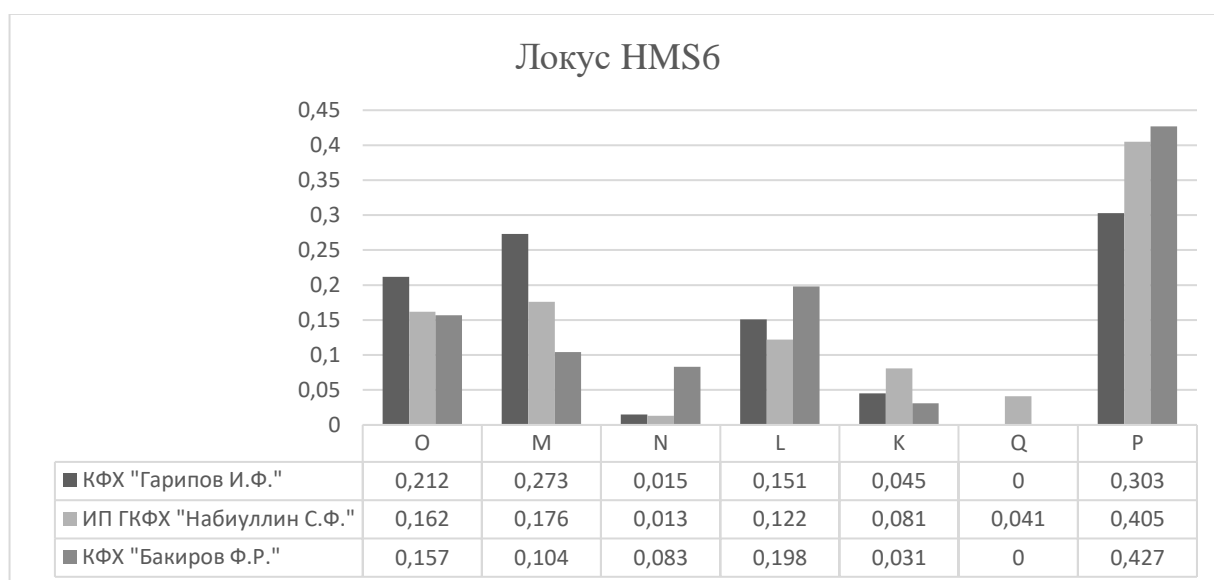


Рисунок 29 – Частота аллелей микросателлитного локуса HMS6 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

Два аллеля N и K имеют невысокую частоту от 0,037 до 0,052. Приватным аллелем в данном локусе можно считать Q с частотой 0,013, который выявлен только в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.».

По локусу HMS7 у татарской породы лошадей выявлено восемь аллелей – O, J, M, N, L, K, Q и P, из них редкий аллель P с частотой 0,015 и идентифицированный только в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.». Наиболее часто встречающимся аллелем является L, частота которого варьирует в трех субпопуляциях от 0,250 до 0,380, при средней величине 0,313. Невысокую частоту имеют аллель J (от 0,06 и до 0,122), не выявленный в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.», и K (от 0,05 до 0,073), не обнаруженный в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» и Q (от 0,015 до 0,081) (рисунок 30).

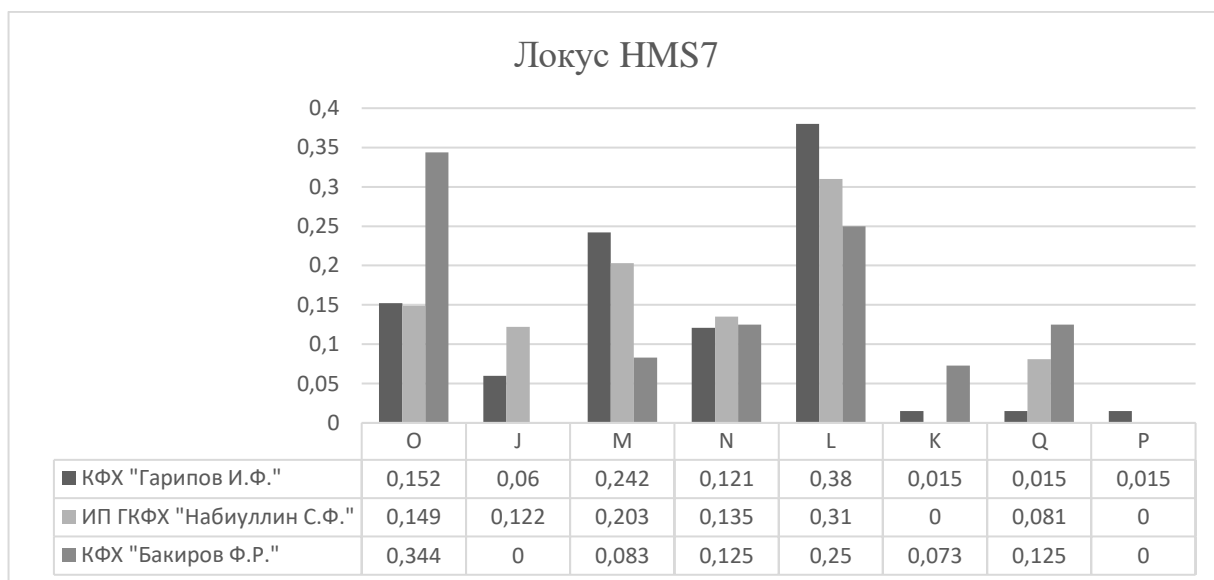


Рисунок 30 – Частота аллелей микросателлитного локуса HMS7 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

У лошадей татарской породы в аллелофонде по локусу HTG10 выявлено одиннадцать аллелей – O, I, M, N, L, K, R, Q, S, P и T. Наиболее высокой частотой характеризуется аллель O, со средней частотой встречаемости 0,471 и находится в пределах от 0,378 до 0,546 в разных субпопуляциях. В локусе HTG10 аллели I, M, N, L, K, R и P, имели среднюю частоту встречаемости и обнаружены во всех трёх субпопуляциях. Аллель Q выявлен лишь в

субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.», а аллель Т – только в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» (рисунок 31).

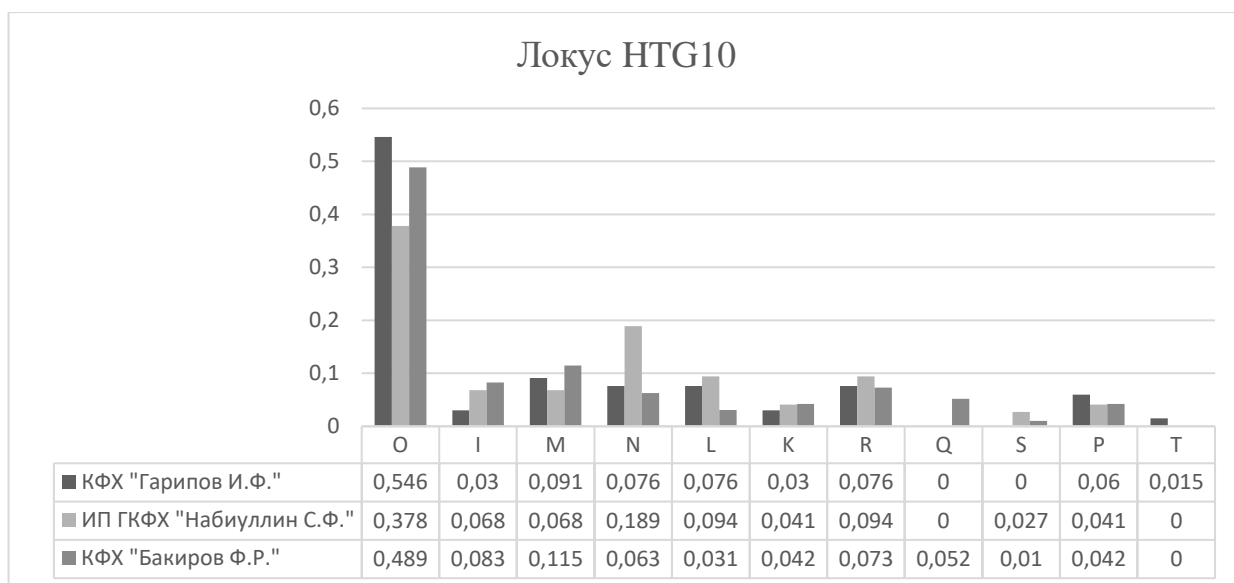


Рисунок 31 – Частота аллелей микросателлитного локуса NTG10 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

В локусе NTG4 у лошадей татарской породы обнаружено семь аллелей – O, M, N, L, K, Q и P, из них аллель N (0,015) встречался редко и идентифицирован только в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» (рисунок 32).

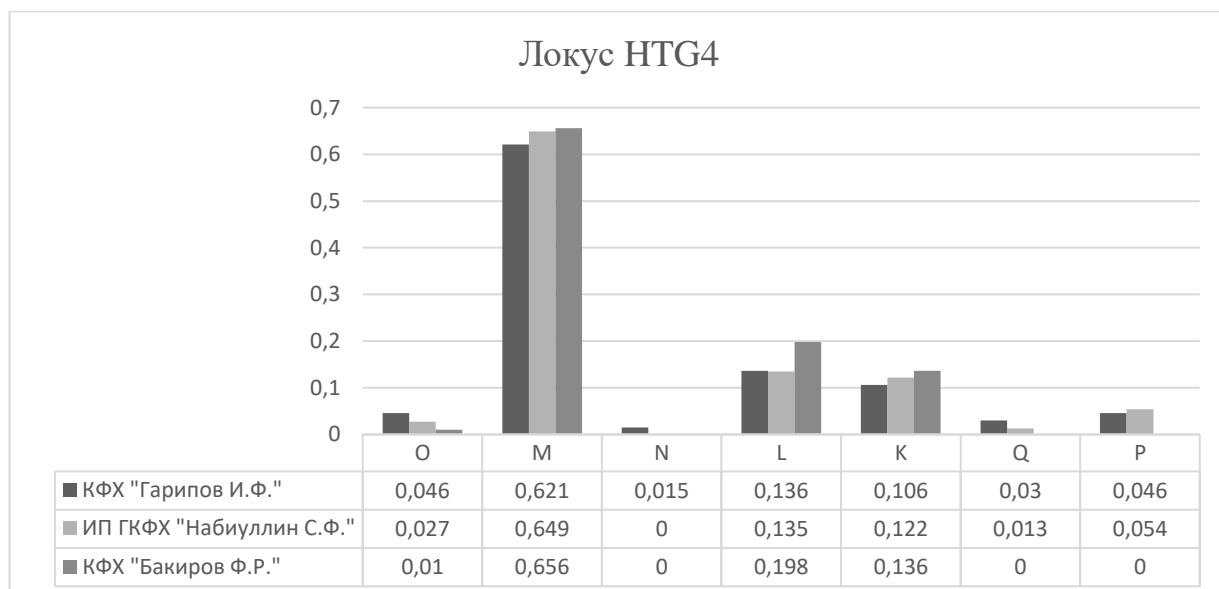


Рисунок 32 – Частота аллелей микросателлитного локуса NTG4 у лошадей татарской породы

Наиболее высокую частоту по данному локусу имеет аллель М при средней частоте 0,642, при этом в разных субпопуляциях он имеет примерно равную величину частоты. Примерно одинаковую частоту во всех трёх субпопуляциях имеют также аллели L (от 0,135 до 0,198) и К (от 0,106 до 0,136). Аллели Q и R не выявлены в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.».

По локусу NTG6 выявлено семь аллелей – O, J, I, M, N, G и P, наиболее часто встречаемым является аллель O при средней частоте 0,476. В трёх изучаемых субпопуляциях в порядке убывания расположены следующие аллели: J (от 0,149 до 0,219), P (от 0,013 до 0,073) и I (от 0,027 до 0,031). Аллель M и G не выявлены в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.», а аллель N – в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» (рисунок 33).

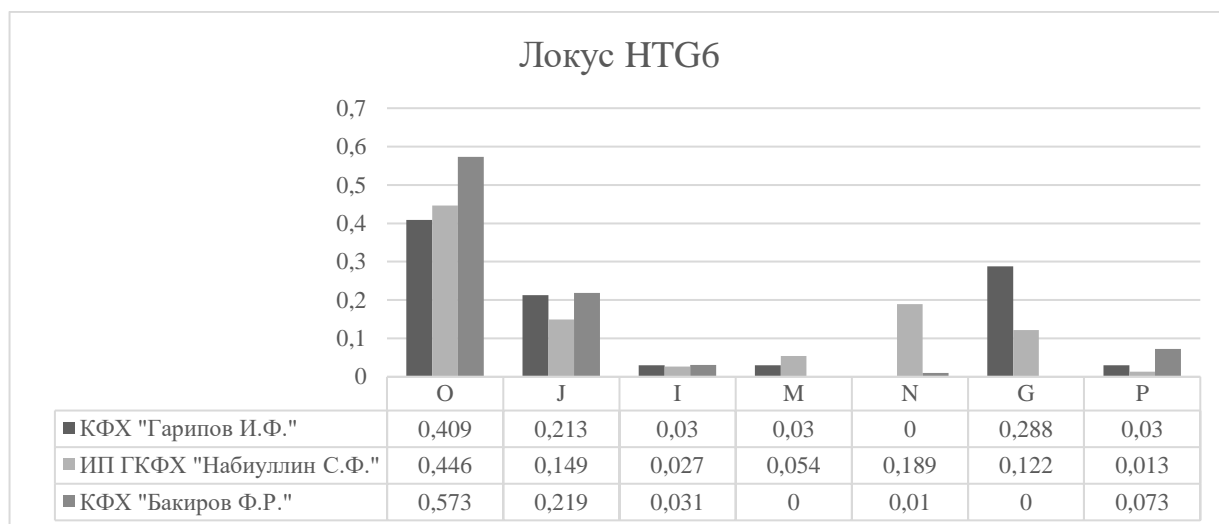


Рисунок 33 – Частота аллелей микросателлитного локуса NTG6 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

Локус NTG7 оказался одним из наименее полиморфных и обладает пятью аллелями – O, M, N, K и P. Из них наиболее часто встречается аллель O, частота которого колеблется в пределах от 0,419 до 0,591 при среднем значении 0,479. Остальные аллели - M, N и K встречаются примерно с одинаковой частотой в среднем от 0,106 до 0,281 (рисунок 34). Аллель P идентифицирован только в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.».

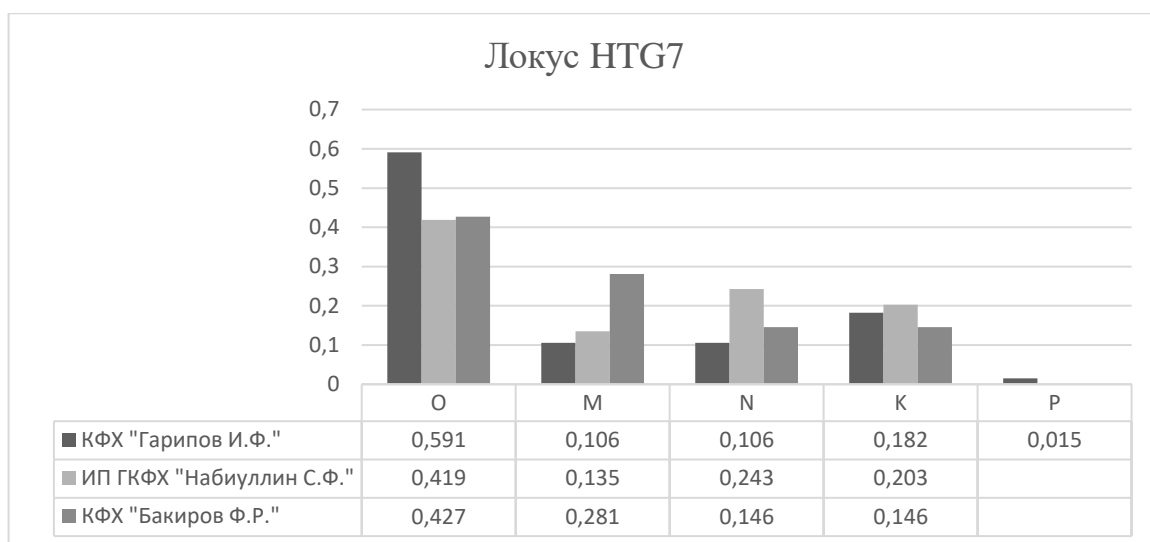


Рисунок 34 – Частота аллелей микросателлитного локуса NTG7 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

Локус LEX3 отличается высокой полиморфностью, лошадей татарской породы в нем идентифицированы десять аллелей – О, J, I, H, M, N, L, K, F, I и P, из которых приватным можно считать аллель J (0,015), выявленный только в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.». Наиболее высокой частотой встречаемости отличаются аллели, расположенные в порядке убывания, L (0,245), P (0,183), M (0,178) и H (0,170). Аллели N и K не выявлены в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.», а аллель I – в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» (рисунок 35).

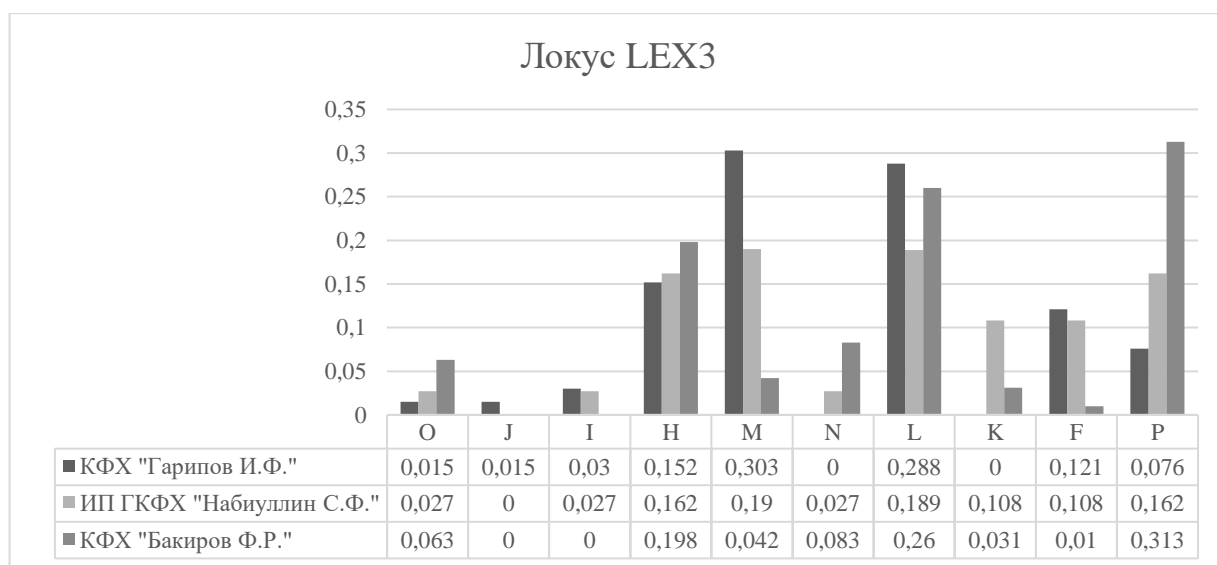


Рисунок 35 – Частота аллелей микросателлитного локуса LEX3 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

В локусе VHL20 было идентифицировано десять аллелей – O, J, I, M, N, L, R, Q, S и P. Наибольшую частотой в среднем характеризуются аллели N (0,152), I (0,147), Q (0,137), M (0,127), R (0,112) и S (0,101). Аллель P идентифицирован только в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.», аллель J не выявлен в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.», а аллель Q – в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» (рисунок 36).

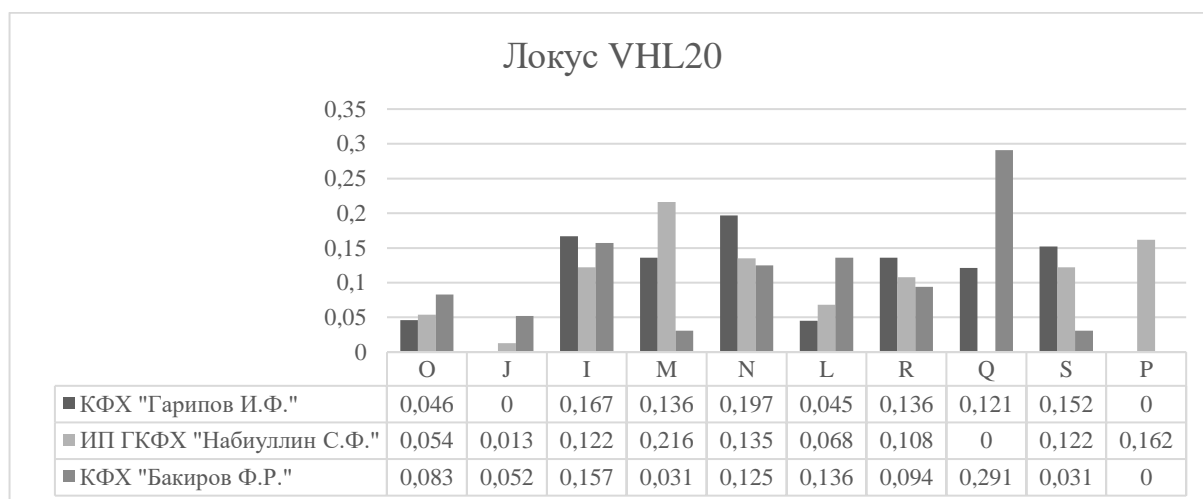


Рисунок 36 – Частота аллелей микросателлитного локуса VHL20 у лошадей разных субпопуляций татарской породы

Установленная высокая степень полиморфизма по изучаемым локусам позволяет предположить наличие уникальных аллелей и возможность их ассоциации с отдельными селекционными признаками. Обращает на себя внимание и тот факт, что в разных субпопуляциях прослеживается значительная изменчивость по числу и наличию аллелей в отдельных локусах. Так, например, у оцененных лошадей коневладельца Ф.Р. Бакирова в локусе HMS7 отсутствует аллель J, в локусе АНТ5 – аллель I, в локусе НТG6 – аллель M, в локусе HMSI – аллель K, в локусе СА425 – аллель G, в локусе ASB2 – аллель R и в локусе НТG4 – аллели Q и P (таблица 15). У лошадей коневладельца И.Ф. Гарипова в локусе VHL20 отсутствовал аллель J, в локусе ASB17 – аллель H, в локусе НТG6 – аллель N, в локусе LEX3 – аллель L, в локусе HMS2 – аллель R, в локусах АНТ4 и ASB17 – аллель P. У лошадей коневладельца С.Ф. Набиуллина в локусе ASB17 отсутствовали аллели L и K, в локусе HMS7 – аллель K и в локусе VHL20 – аллель S.

Таблица 15 – Перспективные для использования в селекции и определении достоверности происхождения аллели отдельных локусов в субпопуляциях

Локус/ аллель	AHT4	AHT5	ASB17	ASB2	ASB23	CA425	HMSI	HMS2	HMS3	HMS6	HMS7	HTG10	HTG4	HTG6	HTG7	LEX3	VHL20
J			Б, Н	Б, Н							Б					Б, Н	Г
I		Б															
H			Г														
M					Г, Н			Г, Н						Б			
N													Б, Н	Г	Б, Н		
L			Н	Б, Н					Б, Г							Г	
K	Б, Г		Н				Б				Н						
G						Б											
R				Б	Г, Н			Г									
Q								Б, Г	Б	Б, Г		Г, Н	Б				
S																	Н
V																	
P	Г		Г								Б, Н		Б				
C				Б, Н													
T			Б, Г		Б, Г							Б, Н					Б, Г

Примечание: Б – КФХ «Бакиров Ф.Р.»; Г – КФХ «Гарипов И.Ф.»; Н – ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.»

Генетический анализ лошадей татарской породы по 17-STR локусам микросателлитов ДНК показал, что высокое эффективное число аллелей выявлено для четырех локусов ASB17 (8,86), ASB2 (5,97), HMS3 (5,83), VHL20 (6,91).

Генное разнообразие в среднем по популяции составляет 0,774 при колебаниях от 0,522 в локусе HTG4 до 0,909 в локусе ASB17. Локус ASB17 является наиболее полиморфным, в нем идентифицировано наибольшее количество аллелей (16 аллелей). Корреляция между генным разнообразием и количеством аллелей в этом локусе составляет 0,619, в результате чего можно утверждать, что аллельное разнообразие локуса зависит не только от количества аллелей в локусе, но и частоты их встречаемости. Например, в локусе CA425 выявлено восемь аллелей, а его аллельное разнообразие составляет 0,793. В то же время локус VHL20, также имеющий 8 аллелей, но его аллельное разнообразие выше и составляет 0,880 (таблица 16).

Средний уровень полиморфности по локусам микросателлитного ДНК, рассчитанный для выборки всех трёх субпопуляций, составил 4,62. Проведенный анализ показал, что изученные локусы по уровню полиморфности можно разделить на две группы. Высоким значением числа эффективных аллелей отличаются локусы ASB17, VHL20, LEX3, CA425, ASB2. Минимальным уровнем полиморфности характеризуется локус HTG4 (2,04). Остальные локусы имеют средний уровень полиморфности, в которых среднее число эффективных аллелей составляет 4,05.

У лошадей татарской породы наблюдается повышенное количество гетерозигот, что свидетельствует о дефиците гомозигот и отрицательном значении индекса фиксации, составляющем в среднем -0,091. Наблюдаемая гетерозиготность превышает ожидаемую, что свидетельствует о значимом избытке гетерозигот в популяции лошадей татарской породы, из этого следует, что данная порода лошадей обладает высоким уровнем генетического разнообразия и устойчивости популяции.

Таблица 16 – Популяционно-генетические показатели татарской породы лошадей по локусам микросателлитной ДНК в разных субпопуляциях

Локус	КФХ «Гарипов И.Ф.»					ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.»					КФХ «Бакиров Ф.Р.»				
	Количество аллелей в локусе	Эффективное число аллелей	H_e	H_o	F	Количество аллелей в локусе	Эффективное число аллелей	H_e	H_o	F	Количество аллелей в локусе	Эффективное число аллелей	H_e	H_o	F
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
АНТ4	7	2,89	0,654	0,696	-0,064	9	4,72	0,788	0,944	-0,197	8	3,25	0,695	0,733	-0,054
АНТ5	7	3,77	0,735	0,878	-0,459	7	5,09	0,803	0,972	-0,210	6	3,45	0,710	0,888	-0,250
ASB17	13	9,46	0,894	1,000	-0,118	13	8,00	0,875	1,000	-0,142	14	9,12	0,890	0,911	-0,023
ASB2	10	5,57	0,820	0,848	-0,028	11	6,19	0,838	1,000	-0,193	8	6,17	0,838	0,911	-0,087
ASB23	7	4,93	0,797	0,818	-0,026	8	5,36	0,813	0,972	-0,195	9	4,54	0,779	0,733	0,059
CA425	8	4,33	0,769	0,757	0,015	8	6,31	0,841	1,000	-0,189	7	3,42	0,707	0,711	-0,005
HMSI	7	3,55	0,718	0,787	-0,096	7	2,72	0,633	0,638	-0,007	6	3,07	0,675	0,888	-0,315
HMS2	5	4,34	0,769	0,666	0,134	7	5,01	0,800	0,888	-0,11	8	4,34	0,769	0,844	-0,097
HMS3	8	6,13	0,836	0,878	-0,05	9	5,13	0,805	0,833	-0,035	7	6,24	0,839	0,844	-0,005
HMS6	6	4,23	0,763	0,939	-0,230	7	4,09	0,755	0,75	0,006	6	3,77	0,735	0,822	-0,118

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
HMS7	8	4,08	0,755	0,848	0,123	6	5,02	0,801	0,75	0,063	6	4,45	0,775	0,777	-0,002
HTG10	9	3,03	0,670	0,696	0,038	9	4,77	0,790	1	-0,265	10	3,62	0,724	0,777	-0,073
HTG4	7	2,37	0,579	0,575	0,006	6	2,18	0,542	0,555	-0,023	4	2,04	0,511	0,6	-0,174
HTG6	6	3,35	0,701	0,727	-0,037	7	3,63	0,724	0,944	-0,303	6	2,55	0,608	0,688	-0,132
HTG7	5	2,48	0,594	0,575	0,031	4	3,40	0,706	0,916	-0,297	4	3,29	0,696	0,844	-0,212
LEX3	8	4,55	0,780	0,909	-0,165	9	6,67	0,850	0,972	-0,143	8	4,57	0,781	0,755	0,033
VHL20	8	6,87	0,854	0,787	0,078	9	7,77	0,871	0,944	-0,083	9	6,11	0,836	0,888	-0,062
В среднем	7,58	4,46	0,746	0,787	-0,049	8	5,06	0,778	0,886	-0,136	7,4	4,35	0,739	0,801	-0,089

Полученные данные по генофонду аллелей микросателлитной ДНК использованы для определения генетического сходства и различия разных субпопуляций татарской породы. Изучение генетического расстояния между тремя субпопуляциями лошадей татарской породы показало, что наиболее высокий уровень генетического сходства (0,8192) отмечен между субпопуляциями КФХ «Гарипов И.Ф.» и КФХ «Бакиров Ф.Р.», что свидетельствует о близком их родстве и обусловленном общем происхождении (таблица 17).

Таблица 17 – Генетическое расстояния между популяциями татарских лошадей

Популяция	КФХ «Гарипов И.Ф.»	ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.»	КФХ «Бакиров Ф.Р.»
КФХ «Гарипов И.Ф.»		0,7903	0,8192
ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.»	0,2097		0,7599
КФХ «Бакиров Ф.Р.»	0,1808	0,2401	

Примечание: Генетическое расстояние указано в правой верхней части, а генетическое сходство в левой нижней части таблицы

Напротив, наименьшее генетическое сходство (0,7599) наблюдается между субпопуляциями ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» и КФХ «Бакиров Ф.Р.».

Анализ генетического расстояния подтвердил выраженную неоднородность татарской породы лошадей. Наиболее низкое генетическое расстояние выявлено между субпопуляциями КФХ «Бакиров Ф.Р.» и КФХ «Гарипов И.Ф.», что подтверждает высокую степень их генетического сходства.

Генотипирование животных по генам полиморфных систем групп биологических жидкостей: крови, молока, семени и других, позволяет решать ряд сложных задач в области селекции животных. Одним из первоначальных

направлений их практического применения являлся контроль записей о происхождении животных [159, 158, 138, 154].

Впервые проведенное генотипирование лошадей татарской породы по микросателлитным маркерам ДНК позволило установить, что этот метод успешно может быть использован с целью проверки достоверности записей о происхождении животных. Ценность данных локусов в том, что они имеют самую высокую теоретическую вероятность исключения ошибочности записей отцовства.

Например, в ходе апробации этого метода на лошадях татарской породы генетический анализ данных позволил выявить несоответствия в родословных двух жеребят. В первом случае генотип потомка полностью соответствовал ожидаемому на основании данных о родителях, так как все аллели были представлены у матери и отца. Во втором случае у жеребёнка были обнаружены аллели, отсутствующие у заявленного отца № 7288, однако присутствующие у другого жеребца — № 2498. Несоответствие подтверждено по двум локусам: АНТ5-VIC (аллель М) и LEX3-PET (аллель К), которые унаследованы исключительно от отца № 2498. Таким образом, установлено, что настоящим отцом жеребёнка является жеребец № 2498, а запись о происхождении с указанием жеребца № 7288 является ошибочной (таблица 18).

Таблица 18 – Определение достоверности происхождения лошадей татарской породы по генам микросателлитной ДНК

№ п/п	Наименование локуса STR	Аллели у потомка и родителей						Достоверность
		жеребенок		мать кобыла №8404		отец жеребец №7288		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	АНТ4_FAM	L	O	L	O	J	O	достоверно
2	АНТ5_VIC	J	N	M	N	J	N	
3	ASB17_PET	N	Q	M	N	P	Q	
4	ASB2_VIC	M	R	K	R	L	M	
5	ASB23_VIC	J	K	J	K	J	U	
6	CA425_PET	L	N	L	N	M	N	

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	HMS1_PET	J	N	J	M	N	Q	
8	HMS2_NED	H	I	H	I	I	K	
9	HMS3_NED	N	P	O	P	N	N	
10	HMS6_VIC	O	P	L	P	M	O	
11	HMS7_FAM	M	N	M	O	L	N	
12	HTG10_NED	I	O	I	O	N	O	
13	HTG4_FAM	M	O	O	Q	M	M	
14	HTG6_VIC	J	O	G	O	J	J	
15	HTG7_NED	K	O	K	K	N	O	
16	LEX3_PET	K	L	K	L	L	M	
17	VHL20_FAM	P	Q	P	Q	N	Q	
		жеребенок		мать кобыла №6059		отец жеребец №7288		
1	AHT4_FAM	N	O	H	O	J	O	
2	AHT5_VIC	M	N	K	N	J	N	
3	ASB17_PET	G	Q	G	O	P	Q	
4	ASB2_VIC	C	M	C	M	L	M	
5	ASB23_VIC	L	U	J	L	J	U	
6	CA425_PET	M	N	M	N	M	N	
7	HMS1_PET	M	N	I	M	N	Q	
8	HMS2_NED	H	I	H	K	I	K	
9	HMS3_NED	M	N	M	Q	N	N	
10	HMS6_VIC	M	O	O	P	M	O	
11	HMS7_FAM	L	N	M	N	L	N	
12	HTG10_NED	L	O	L	O	N	O	
13	HTG4_FAM	K	M	K	M	M	M	
14	HTG6_VIC	G	J	G	M	J	J	
15	HTG7_NED	N	O	M	N	N	O	
16	LEX3_PET	K	L	L	M	L	M	
17	VHL20_FAM	M	Q	M	M	N	Q	

Испытание показало, что микросателлитная ДНК обладает высокой степенью полиморфизма. Так, у лошадей татарской породы такая ДНК имеет 17 полиморфных локусов, причём у каждого локуса наблюдается множественный аллелизм. Это обеспечивает высокую точность достоверности происхождения до 99 %. Кроме того, это очень важно для лошадей татарской породы при косячном способе воспроизводства при спорных случаях

достоверно установить отцовство жеребёнка. Таким образом, метод можно с успехом использовать для тестирования лошадей татарской породы.

Изучение генетической структуры лошадей татарской породы по полиморфизму микросателлитной ДНК показал, что все 17 изученных локусов являются полиморфными при частоте аллелей от 5 до 16. Наиболее полиморфным оказался локус ASB17. У лошадей татарской породы в шести локусах микросателлитной ДНК выявлены приватные аллели, которые с высокой долей вероятности дифференцировать ее от башкирской породы лошадей.

Материалы, приведенные в разделе 2.2.3, получены нами лично и совместно с коллегами и опубликованы (Хаертдинов и др., 2024) [97].

2.2.4 Хозяйственно-полезные признаки лошадей в связи с генами полиморфных систем

Изучение взаимосвязи промеров и индексов телосложения с частотой встречаемости отдельных аллелей в локусах микросателлитной ДНК в популяции лошадей татарской породы показало, что по отдельным из них установилась достоверная положительная или отрицательная корреляция (таблица 19).

Предварительные результаты показали, что такая связь установлена по высоте в холке в локусах АНТ4 и НТG7 при величине коэффициентов корреляции $0,212 \pm 0,0980$ и $0,199 \pm 0,0985$ ($P < 0,05$); по косой длине туловища – в локусах АНТ5 и НМС3 при коэффициентах корреляции $0,270 \pm 0,0951$ и $-0,221 \pm 0,0976$ ($P < 0,01$ и $0,05$); по обхвату груди в локусе НТG7 при коэффициенте $0,224 \pm 0,0974$ ($P < 0,05$), по обхвату пясти в четырех локусах (ASB17, НМС3, НМС7, НТG7) при вариабельности коэффициента корреляции от $-0,218 \pm 0,0977$ до $0,249 \pm 0,0962$ ($P < 0,05$). Таким образом, отбор лошадей по эффективным аллелям в обозначенных локусах может сопровождаться увеличением признака в случае положительной корреляции или уменьшением его в случае отрицательной корреляции.

Таблица 19 – Взаимосвязь промеров с частотой встречаемости аллелей

Промер	Локус	Коэффициент корреляции			
		по субпопуляции			в целом
		КФХ «Гарипов И.Ф.»	ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.»	КФХ «Бакиров Ф.Р.»	
Высота в холке	АНТ4				0,212±0,0980
	HMS3			-0,416±0,01418	
	HTG7				0,199±0,0985
	ASB17		-0,328±0,1577		
	CA425		-0,324±0,1582		
	LEX3		-0,363±0,1536		
	VHL20		-0,505±0,1317		
Косая длина туловища	АНТ5		0,369±0,1527		0,270±0,0951
	HMS3		-0,432±0,1437		-0,221±0,0976
	VHL20		-0,359±0,1541		
	HMS7			0,374±0,1475	
	HMS2	-0,502±0,1389			
Обхват груди	HTG7	0,355±0,1623			0,224±0,0974
	HMS2	-0,394±0,1568			
	HMS3		-0,449±0,1412		
	HMS6		0,334±0,1570		
	LEX3		-0,474±0,1370		
Обхват пясти	ASB17		-0,474±0,1371		-0,237±0,0969
	HMS3			-0,440±0,1383	-0,218±0,0917
	HMS7	0,552±0,1292			0,249±0,0962
	HTG7				0,224±0,0974
	CA425		-0,314±0,1597		
	LEX3		-0,319±0,1587		

В оцениваемых субпопуляциях лошадей татарской породы взаимосвязь отдельных промеров с частотой встречаемости отдельных аллелей в локусах микросателлитной ДНК сложилась не однозначно. Так, в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» достоверная отрицательная взаимосвязь высоты в холке с частотой встречаемости аллелей сложилась в четырех локусах - ASB17 при коэффициенте корреляции $-0,328 \pm 0,1577$ ($P < 0,05$), CA425 при коэффициенте корреляции $-0,324 \pm 0,1582$ ($P < 0,05$), LEX3 при коэффициенте $-0,362 \pm 0,1536$ ($P < 0,05$) и VHL20 при коэффициенте $-0,505 \pm 0,1317$ ($P < 0,001$).

В субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» также отрицательная взаимосвязь выявлена только в локусе HMS3 при коэффициенте $-0,416 \pm 0,1418$ ($P < 0,05$), а в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» достоверной взаимосвязи не выявлено.

Изучение взаимосвязи выраженности других промеров, как основных селекционных признаков, с частотой встречаемости аллелей в разных субпопуляциях лошадей татарской породы также дало неоднозначные результаты. В субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» достоверная разнонаправленная взаимосвязь косой длины туловищ с частотой встречаемости аллелей установлена в трех локусах: ANT5 при коэффициенте $0,369 \pm 0,1527$ ($P < 0,05$), HMS3 при коэффициенте $-0,432 \pm 0,1437$ ($P < 0,01$) и VHL20 при коэффициенте $-0,359 \pm 0,1541$ ($P < 0,05$). В субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» также выявлена положительная взаимосвязь в локусе HMS7 при коэффициенте $0,374 \pm 0,1475$ ($P < 0,05$), а в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» - отрицательная взаимосвязь в локусе HMS2 при коэффициенте $-0,502 \pm 0,1389$ ($P < 0,05$).

Взаимосвязь обхвата груди с частотой встречаемости аллелей в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» выявлена в трех локусах HMS3 при коэффициенте $-0,449 \pm 0,1412$ ($P < 0,01$), HMS6 при коэффициенте $0,334 \pm 0,1570$ ($P < 0,01$) и LEX3 при коэффициенте $-0,474 \pm 0,1370$ ($P < 0,01$). В субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» достоверная взаимосвязь выявлена в двух локусах HMS2 при коэффициенте $-0,394 \pm 0,1568$ ($P < 0,05$) и NTG7 при

коэффициенте $0,355 \pm 0,1623$ ($P < 0,05$). В субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» достоверной взаимосвязи с этим промером не выявлено.

Взаимосвязь обхвата пясти с частотой встречаемости аллелей в субпопуляции ИП ГКФХ «Набиуллин С.Ф.» выявлена в трех локусах: ASB17 при коэффициенте корреляции $-0,474 \pm 0,1371$ ($P < 0,01$), CA425 при коэффициенте корреляции $-0,314 \pm 0,1597$ ($P < 0,05$) и LEX3 при коэффициенте корреляции $-0,319 \pm 0,1587$ ($P < 0,05$). Важно отметить, что во всех трех локусах корреляция носила отрицательный характер. В двух других субпопуляциях взаимосвязь обхвата пясти с частотой встречаемости аллелей выявлена только в одном локусе, при этом в субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.» она носила отрицательный характер при коэффициенте $-0,440 \pm 0,1383$ ($P < 0,05$) в локусе HMS3, а в субпопуляции КФХ «Гарипов И.Ф.» взаимосвязь была положительной в локусе HMS7 при коэффициенте корреляции $0,552 \pm 0,1292$ ($P < 0,001$).

Предварительные положительные результаты изучения взаимосвязи основных промеров и индексов телосложения с частотой встречаемости аллелей в отдельных локусах микросателлитной ДНК позволяют надеяться на повышение эффективности отбора при использовании в селекции этого метода.

Поскольку в селекции лошадей татарской породы из контролируемых селекционных признаков, относящихся к экстерьеру, высота в холке и обхват пясти должны поддерживаться примерно на одном уровне, а в случае углубления селекции на верховой тип косая длина туловища не должна превышать высоту в холке, основным улучшающим признаком будет обхват груди. Изучение корреляции между основными промерами лошадей татарской породы и живой массой показало, что наибольшая величина этого признака при положительной направленности относится к обхвату груди. Следовательно, селекция на повышение промера обхвата груди непосредственно приведет к повышению живой массы. В связи с этим, для определения экономической эффективности проведенных исследований в

качестве основного показателя выбрана величина живой массы. Одним из основных показателей продуктивности является живая масса. Установлено, что животные, имеющие гомозиготный или гетерозиготный генотип в разных локусах микросателлитной ДНК, отличаются и большей или меньшей величиной живой массы (таблица 20).

В большинстве случаев (в 12 локусах из 17) лошади с гетерозиготным генотипом характеризуются повышенной живой массой при различиях от 0,4 до 18,6 кг, или в среднем с учетом всех локусов различия в живой массе составят 8,0 кг.

Таблица 20 – Живая масса лошадей татарской породы с разным генотипом по локусам микросателлитной ДНК

Локус	Живая масса, кг		Разница в живой массе, кг (± к гомозиготам)
	гомозиготные	гетерозиготные	
АНТ4	440,2±7.41	454,1±2.18	13,9
АНТ5	440,3±5.60	455,2±2.36	14,9
ASB17	445,0±8.61	451,6±2,44	6,6
ASB2	447,3±10,42	451,6±2,40	4,3
ASB23	454,1±5,28	450,6±2,64	-3,5
СА425	451,0±5,77	454,3±2,58	3,3
HMS1	454,6±5,16	449,9±2,57	-4,7
HMS2	442,1±6,85	453,6±2,33	11,5
HMS3	459,5±4,81	450,1±2,51	9,4
HMS6	449,6±5,02	451,6±2,65	2,0
HMS7	454,7±3,97	450,2±2,83	-4,5
HMS10	450,9±6,59	451,3±2,52	0,4
HTG4	454,9±3,38	448,6±3,22	-6,3
HTG6	433,8±14,05	452,4±2,32	18,6
HTG7	449,4±5,82	451,9±2,47	2,5
LEX3	460,9±6,64	450,1±2,50	-10,8
VHL20	443,5±10,25	452,2±2,33	8,7

Изучение возможности использования микросателлитной ДНК в качестве маркеров основных оцениваемых промеров показало, что по отдельным локусам выявлены достоверные коэффициенты корреляции с

частотой встречаемости аллелей. Кроме того, установлено, что гетерозиготные по отдельным локусам микросателлитной ДНК лошади отличаются большей живой массой, что также может быть использовано в практической селекции.

Материалы, приведенные в разделе 2.2.4, получены нами лично и совместно с коллегами и опубликованы (Феткуллова и др., 2026) [73].

3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

3.1 Обсуждение результатов исследований

В последние годы генетические методы все шире стали использоваться в практике разведения лошадей, так как они не только позволяют контролировать происхождение пород, оценивать производителей по качеству потомства, дифференцировать отдельные линии или родственные группы, но и повышать эффективность селекции при использовании выделенных генетических маркеров, связанных с продуктивностью, воспроизводительными способностями или другими селекционными признаками. В доступной литературе имеется достаточное количество исследований, посвященных изучению полиморфизма локусов микросателлитной ДНК у лошадей. Обобщенные результаты изучения полиморфности 17 локусов микросателлитной ДНК коллективом ВНИИК представлены в 2011 году [107]. По результатам исследований этого коллектива в 17 изученных локусах микросателлитной ДНК у лошадей алтайской породы суммарно выделено 129 аллелей, у лошадей бурятской породы 91 аллель, лошадей вятской породы – 90 аллелей, забайкальской породы – 98 аллелей, мезенской породы – 92 аллели и тувинской породы – 89 аллелей. В результате исследований, проведенных на лошадях татарской породы, в аналогичных локусах суммарно выделено 152 аллели. Эти данные получены диссертантом впервые, и они дают возможность констатировать, что изучаемая порода значительно отличается от ранее изученных местных пород.

Проведенные исследования позволили установить, что у лошадей мезенской породы наиболее полиморфным оказался локус ASB17, а наименее полиморфными - локусы HTG6 и HMS7 [166], у лошадей якутской породы наиболее вариабельным был также локус ASB17, но наименее вариабельным - локус HTG6 [26]. Результаты изучения татарской породы лошадей частично согласуются с этими данными. Наиболее полиморфным в популяции лошадей

татарской породы оказался локус ASB17, где выявлено 16 аллелей, но в отличие от мезенской и якутской пород, наименьшая полиморфность была характерна для локуса HTG7, где выявлено только пять аллелей.

Анализ генетической структуры лошадей местных пород отечественной селекции показал, что, несмотря на небольшую численность, они имеют своеобразную структуру, характеризующуюся наличием частных аллелей, не выявленных у заводских пород изученных европейских популяций. Так в локусах ASB2 и HMS2 выявлен аллель T, в локусах HMS7, VHL20 и LEX3 – аллель S, в локусе HMS6 – аллель J, в локусе HMS6 – аллель H, в локусе HMS1 – аллель O, в локусах HTG7 и HTG6 – аллель L, в локусе HTG6 – аллель H, в локусе ASB17 – аллели Z, X и U, в локусе LEX3 – аллель R и в локусе CA425 – аллель E [17]. Изучение генетической структуры лошадей татарской породы, проведенное впервые, позволило выделить девять аллелей в пяти локусах микросателлитной ДНК, не встречающихся у лошадей башкирской породы [69, 70]. Кроме того, сравнительный анализ показал, что частный для забайкальской породы аллель Q также встречался у лошадей татарской породы. Это диссертантом было установлено впервые.

Изучение генетической структуры лошадей местных пород позволило установить генетические различия при наличии частных аллелей не только между различными породами, но и внутри отдельных пород между имеющимися внутривидовыми типами или новыми породами, созданными на основе одной исходной. Так, у лошадей якутской породы в локусе ASB2 выявлен частный аллель L, у лошадей приленской породы – три частных аллеля – R в локусе АНТ4, D в локусе ASB17 и H в локусе CA425. У лошадей мегежекской породы также выявлено три частных аллеля – J в локусе ASB17, J в локусе HMS6 и Q в локусе HTG4 [80]. В изученной впервые татарской популяции лошадей также были установлены различия в генетической структуре трех сложившихся субпопуляций, которые, возможно, позволят их дифференцировать между собой при дальнейшей

селекционной обособленности с целью выделения внутривидовых типов специфической направленности.

Большинство исследованных локусов лошадей местных пород характеризовалось преобладанием гетерозиготных генотипов над гомозиготными. Так, у лошадей вятской породы средняя величина индекса информационного полиморфизма составила 0,691 [113], у лошадей мезенской породы – 0,676 [25]. Преобладанием гетерозиготных генотипов характеризуется и тувинская порода [117]. Отрицательное значение индекса фиксации (-0,091), установленное для лошадей татарской породы, свидетельствует о высоком уровне генетического разнообразия и устойчивости популяции. Эти результаты по данной породе получены диссертантом также впервые.

Большинство зарубежных исследований, связанных с изучением полиморфизма локусов микросателлитной ДНК, посвящено использованию этого метода для генетической дифференциации отдельных популяций, пород, внутривидовых типов или даже отдельных групп. Применение метода микросателлитной ДНК показало высокую эффективность его использования в Китае [148], Корее [152], Японии [141], Иране [125], Болгарии [147] и Румынии [155]. Использование метода микросателлитной ДНК при определении происхождения лошадей татарской породы также показало высокую эффективность.

Проведенный впервые генетический анализ популяции лошадей татарской породы показал, что используемые в коневодстве 17 локусов успешно могут быть применены в практике селекционной работы. Как и в ранее изученных местных породах лошадей часть локусов микросателлитной ДНК отличается высокой или низкой полиморфностью при разной частоте встречаемости отдельных аллелей. В генотипе лошадей татарской породы выделены аллели, которые могут быть признаны приватными, а также она характеризуется высоким уровнем генетического разнообразия. В этом отношении популяция лошадей татарской породы имеет общие и

отличительные черты, что позволяет проследить некоторое сходство с распространенными в России местными породами и в то же время достаточно точно ее дифференцировать от них.

В доступной литературе нами не обнаружено данных, свидетельствующих о наличии генных маркеров, связанных с экстерьерными особенностями лошадей. В то же время изучение взаимосвязи промеров и индексов телосложения с частотой встречаемости отдельных аллелей в локусах микросателлитной ДНК в популяции лошадей татарской породы показало, что по отдельным из них установилась достоверная положительная или отрицательная корреляция. Это относится к локусам АНТ4 и НТG7 (высота в холке), к локусам АНТ5 и НМС3 (косая длина туловища), к локусу НТG7 (обхвату груди) и к локусам АSВ17, НМС3, НМС7, НТG7 (обхват пясти). То есть отбор лошадей по эффективным аллелям в обозначенных локусах может сопровождаться увеличением признака в случае положительной корреляции или уменьшением его в случае отрицательной корреляции. Использование метода Спирмена при определении взаимосвязи частоты встречаемости аллелей в отдельных локусах микросателлитной ДНК с промерами и индексами телосложения у лошадей татарской породы применено диссертантом впервые.

3.2 Выводы

На основании проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. По результатам проведения глазомерной оценки экстерьера лошадей татарской породы в трех субпопуляциях, сложившихся в разных природно-климатических зонах республики, установлено, что основные недостатки выявлены по таким признакам, как длина шеи, форма, наклон и ширина крупа, бальная оценка по которым оказалась самой низкой и

колебалась от $0,5 \pm 0,14$ до $1,8 \pm 0,10$. Исправление выявленных недостатков экстерьера можно считать основным направлением дальнейшей селекции.

Оценка промеров и живой массы показала, что нежелательные отклонения от модельного типа наблюдаются по обхвату груди и пясти в пределах 1,1-1,6 % у кобыл и 0,5-1,0 % у жеребцов, поэтому контроль этих признаков при отборе и подборе обязателен.

По характеру телосложения лошади татарской породы наиболее приближены к упряжному типу, верховой склад телосложения, хотя и не по всем параметрам, имеют только лошади субпопуляции КФХ «Бакиров Ф.Р.». Повышенный индекс костистости у жеребцов-производителей на уровне 13,2-13,9 % можно отнести к особенностям татарской породы вследствие применения преимущественно табунной технологии содержания.

2. Изучение лошадей татарской породы по полиморфным белкам крови показало, что наибольший интерес для популяционно-генетических исследований имеет локус трансферрина, представленный пятью аллелями (D, F, K, H, O) при наиболее высокой частоте встречаемости аллеля Tf F (0,438) и низким распространением – Tf O (0,052). Локус альбумина оказался слабо полиморфным и представлен лишь двумя аллелями: A и B, их частота у лошадей татарской породы оказалась почти равной (соответственно 0,485 и 0,515). Средний уровень полиморфности в изученных системах крови составил 2,676, что считается достаточно высоким показателем для местных пород лошадей.

3. Проведенный анализ полиморфности 17-STR локусов микросателлитной ДНК у лошадей татарской породы позволил выявить 152 аллелей, при этом наибольшее их число (16) зарегистрировано в локусе ASB17, а наименьшее (5) в локусе HTG7, в среднем на локус приходилось 9 аллелей.

В пяти локусах микросателлитной ДНК у лошадей татарской породы выявлены девять аллелей, которые с высокой степенью вероятности позволяют дифференцировать ее от лошадей башкирской породы.

Коэффициенты генетического расстояния между татарской, башкирской и якутской породами составляли соответственно 0,97057 и 0,98578, а генетического сходства – 0,02943 и 0,01622 соответственно.

4. Генетическая структура лошадей татарской породы по 17-STR локусам микросателлитного ДНК характеризуется высоким уровнем генетического разнообразия. Среднее число эффективных аллелей в среднем по трем субпопуляциям составило 4,623, а генное разнообразие – 0,774. Отрицательное значение индекса фиксации (-0,091) указывает на дефицит гомозигот и повышенное количество гетерозиготных генотипов.

5. Изучение взаимосвязи промеров и индексов телосложения с частотой встречаемости отдельных аллелей в локусах микросателлитной ДНК в популяции лошадей татарской породы показало, что по локусам АНТ4 и НТГ7 (высота в холке), локусам АНТ5 и НМС3 (косая длина туловища), локусу НТГ7 (обхвату груди) и локусам АСВ17, НМС3, НМС7, НТГ7 (обхват пясти) установилась достоверная положительная или отрицательная корреляция при колебаниях величины коэффициентов корреляции от (-0,221±0,0976; P<0,05) до (0,270±0,0951; P<0,01).

6. Лошади татарской породы с гетерозиготным генотипом в 12 локусах микросателлитной ДНК по живой массе превосходили животных с гомозиготным генотипом, что позволяет при селекции с учетом этого показателя, при реализации на мясо, получать дополнительный денежный доход.

3.3 Рекомендации по использованию научных выводов

Результаты оценки лошадей татарской породы по основным селекционным признакам показали, что при отборе по экстерьеру необходимо строго контролировать выраженность таких статей, как шея и круп, а при отборе по промерам - обхват груди и пясти.

С целью сохранения уникального генофонда и высокого генетического разнообразия у лошадей татарской породы необходимо вести обязательное генотипирование по 17-STR локусам микросателлитного ДНК. В результате полученных данных необходимо создать базу по генофонду татарской породы лошадей и ввести генетический мониторинг структуры популяции.

В дальнейшем данные исследований можно будет использовать для оценки племенных качеств лошадей и определения достоверности их происхождения, что необходимо для введения генетической паспортизации.

3.4 Перспективы дальнейшей разработки темы

Проведенное исследование показало, что более перспективным для повышения эффективности селекции лошадей татарской породы по экстерьерным особенностям можно считать метод использования микросателлитной ДНК, как более информативный. Дальнейшее генотипирование увеличивающегося поголовья лошадей этой породы позволит точнее определить генетическое разнообразие и генетическое сходство этой породы с другими местными породами, выявить достоверные генетические маркеры, связанные не только с экстерьерными признаками, но и с другими важными для разведения лошадей показателями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов, Ю.П. Генетические процессы в популяциях: учеб. пособие по направлению 510600 «Биология» и специальности 012100 «Генетика» /Ю. П. Алтухов. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Академкнига, 2003. - 431 с.
2. Анализ интенсивности генетической дифференциации новых селекционных форм в коневодстве с использованием маркеров, ассоциированных с признаками мясной продуктивности лошади /А.М. Зайцев, Л.А. Храброва, И.С. Гавриличева [и др.] //Проблемы биологии продуктивных животных. – 2011. - № 1. – С.27-29.
3. Ассоциация полиморфизма STR-локусов с показателями молочной продуктивности крупного рогатого скота ярославской породы /А.В. Ильина, М.В. Абрамова, С.В. Зырянова [и др.] //Ветеринария и кормление. – 2024. – № 5. – С. 56-59.
4. Атрощенко, М.М. Биохимические маркеры качества спермы жеребцов (обзор) /М.М. Атрощенко, Д.В. Медведев //С.-х. биол., Сельхозбиология, S-h biol, Sel-hoz biol, Sel'skokhozyaistvennaya biologiya, Agricultural Biology. — 2023. — № 2. – С. 249-259.
5. Базарон, Б.З. Генетический метод контроля достоверности происхождения забайкальской и бурятской пород лошадей /Б.З. Базарон //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 10 (156). – С. 118-121.
6. Барсукова, М.А. Оценка генетического разнообразия скота породы герефорд на основе микросателлитных маркеров /М.А. Барсукова, А.Ф. Петров, К. Н. Нарожных //Достижения науки и техники АПК. – 2025. – Т. 39, № 2. – С. 52-57.
7. Безертинов, Р. Н. Китай и кочевой мир (1500 лет до н.э. по 220 год н. э.) /Р.Н. Безертинов, Р.Н. Безертинов. – Казань: Слово, 2011. – 205 с.

8. Блохина, Н.В. Внутрипопуляционная дифференциация лошадей русской тяжеловозной породы по полиморфным белкам и эритроцитарным антигенам /Н.В. Блохина, А.М. Зайцев, Л.А. Храброва //Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2009. – № 3. – С. 15-19.
9. Блохина, Н.В. Генетический профиль русской тяжеловозной породы лошадей /Н.В. Блохина, А.М. Зайцев, Л.А. Храброва //Ветеринария, зоотехния и биотехнология. – 2018. – № 3. – С. 67-71.
10. Блохина, Н.В. Изучение полиморфизма микросателлитных локусов у лошадей новоалтайской породы /Н.В. Блохина, Л.А. Храброва, И.С. Гавриличева, А.В. Устьянцева //Инновационные научные исследования: теория, методология, практика. Сборник статей XIV Международной научно-практической конференции, 2018. – С. 88-91.
11. Блохина, Н.В. Анализ генетической структуры новоалтайской породы лошадей с учетом аллелофонда базовых пород /Н.В. Блохина, М.А. Царева // АгроЗооТехника. - 2019. — Т. 2. - № 2. — С. 1-10.
12. Блохина, Н.В. Влияние методов селекции на молекулярно-генетическую структуру лошадей буденновской породы /Н.В. Блохина, Л.А. Храброва, А.А. Николаева //Генетика и разведение животных. – 2019. – № 2. – С. 97-102.
13. Блохина, Н.В. Характеристика чистокровных верховых жеребцов разных линий по микросателлитным локусам / Н.В. Блохина, Л.А. Храброва //Генетика и разведение животных. – 2019. – № 3. – С. 11-17.
14. Блохина, Н.В. Генетическая характеристика лошадей рысистых пород по микросателлитным локусам ДНК /Н.В. Блохина, И.С. Гавриличева //АгроЗооТехника. — 2020. — Т. 3, № 4. — С. 3.
15. Блохина, Н.В. Использование ДНК-маркеров для идентификации, сохранения и развития генетических ресурсов коневодства Российской Федерации: Дисс. ... д-ра с.-х. наук; 06.02.07 - Разведение, селекция и генетика

сельскохозяйственных животных /Блохина Нина Васильевна; Рязанская область, Рыбновский район, п. Дивово, ФГБНУ ВНИИК, 2022. - 271 с.

16. Блохина, Н.В. Использование ДНК-маркеров для идентификации, сохранения и развития генетических ресурсов коневодства Российской Федерации: Автореф. дисс. ... д-ра с.-х. наук; 06.02.07 - Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных /Блохина Нина Васильевна; Рязанская область, Рыбновский район, п. Дивово, ФГБНУ ВНИИК, 2022. - 44 с.

17. Блохина, Н.В. Генетическая характеристика лошадей местных пород по локусам микросателлитов ДНК /Н.В. Блохина, Л.А. Храброва //Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2025. – Т. 29, № 1. – С. 113-121.

18. Введение в ДНК-технологии /В.И. Глазко, И.М. Дунин, Г.В. Глазко, Л.А. Калашникова. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2001. – С. 436.

19. Веллер, Д.И. Геномная селекция животных: Перевод с английского языка монографии ведущего ученого Института зоологии Центра сельскохозяйственных исследований Joel Ira Weller /Д.И. Веллер. //Санкт-Петербург: ООО "Проспект Науки", 2018. – 208 с.

20. Возрождение татарской породы лошадей /Р.А. Хаертдинов, М.А. Сушенцова, И.Н. Камалдинов [и др.] //Зоотехния. – 2023. – № 1. – С. 22-25.

21. Гавриличева, И.С. Генетико-популяционная характеристика русской рысистой породы лошадей по локусам микросателлитов ДНК /И.С. Гавриличева //АгроЗооТехника. – 2019. – Т. 2, № 3. – С. 2.

22. Генетическая структура кабардинской породы лошадей по локусам микросателлитов ДНК и возможности метода для идентификации популяций /А.С. Дудуев, А.Д. Хаудов, З.А. Коков //Коневодство и конный спорт. - 2014. - № 6. – С. 18-19.

23. Генетическая структура лошадей якутской породы по полиморфным белкам сыворотки крови /В.В. Додохов, Н.П. Филиппова, Н.П. Степанов [и др.] //Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т. 30. - № 11. – С. 100-102.

24. Генетическая структура русской верховой породы лошадей /Э.А. Николаева, В.Н. Воронкова, М.А. Политова [и др.] //Генетика. – 2023. – Т. 59. - № 9. – С. 1048-1058.

25. Генетическое разнообразие мезенской породы лошадей (*Equus ferus caballus*) по микросателлитной ДНК /И.Б. Юрьева, Г.Р. Свищева, Н.В. Вдовина [и др.] //Генетика. – 2018. – Т. 54. - № 13. – С. 64-69.

26. Генетическая характеристика якутской лошади /Л.В. Калинин, И.С. Гавриличева, А.М. Зайцев [и др.] //Коневодство и конный спорт.- 2015. - № 1. – С. 22-23.

27. Генетическая характеристика лошадей траккененской породы с использованием данных полиморфизма микросателлитных локусов ДНК /А.Н. Рудак, А.И. Герман, Ю.И. Герман [и др.] //Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. – 2022. - № 25-1. – С. 31-39.

28. Генетическая экспертиза племенного материала крупного рогатого скота: практические рекомендации / И.Ю. Долматова, Ф.Р. Валитов, И.Н. Ганиева, Т.В. Кононенко; Министерство сельского хозяйства республики Башкортостан, Башкирский государственный аграрный университет. – Уфа : Башкирский государственный университет, 2018. – С. 20.

29. Генофонды сельскохозяйственных животных. Генетические ресурсы животноводства России /И.Г. Моисеева, С.В. Уханов, Ю. А. Столповский [и др.]; Российская академия наук, Институт общей генетики им. Н. И. Вавилова. – Москва: Федеральное государственное унитарное предприятие "Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр "Наука", 2006. – 462 с.

30. Гончаренко, Г.М. Оценка прогностического значения генетических маркеров для продуктивности животных /Г.М. Гончаренко, Н.Н. Кочнев, А.А. Унжакова //Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий : Сборник III Всероссийской (национальной) научной конференции, Новосибирск, 20 декабря 2018 года. – Новосибирск: Новосибирский государственный аграрный университет. - 2018. – С. 342-346.

31. Гордиенко, В.В. Использование генетического мониторинга для характеристики отечественной популяции лошадей чистокровной арабской породы //Дисс....канд. биолог. наук; 06.02.01 – разведение, селекция, генетика и воспроизводство сельскохозяйственных животных; Гордиенко Вадим Витальевич; Санкт-Петербург, СПбГАУ, 2004. – 152 с.

32. Гордиенко, В.В. Использование генетического мониторинга для характеристики отечественной популяции лошадей чистокровной арабской породы //Автореф. дисс...канд. биолог. наук; 06.02.01 – разведение, селекция, генетика и воспроизводство сельскохозяйственных животных; Гордиенко Вадим Витальевич; Санкт-Петербург, СПбГАУ, 2004. – 20 с.

33. Денискова, Т.Е. Полиморфизм микросателлитных локусов ДНК овец разных пород, разводимых в Кыргызстане /Т.Е. Денискова //Известия Национальной Академии наук Кыргызской Республики. – 2017. – № 3. – С. 111-117.

34. Додохов, В.В. Генетическая структура лошадей якутской породы по полиморфным белкам сыворотки крови /В.В. Додохов, Н.П. Филиппова, Н.П. Степанов //Достижения науки и техники АПК. — 2016. — Т. 30. - № 11. — С. 100–102.

35. Достоинства и недостатки экстерьерных признаков у лошадей татарской породы /Р.А. Хаертдинов, М.А. Сушенцова, И.Н. Камалдинов [и др.] //Ученые записки Казанской ГАВМ. – 2024. – Т. 258. - № 2. – С. 202-207.

36. Дубровин, А.В. Селекционно-генетические методы формирования внутрипородной структуры новоалтайской породы лошадей //Дисс. ...канд. с.-х. наук; 4.2.4 – Частная зоотехния, кормление, технология приготовления

кормов и производства продукции животноводства; Дубровин Александр Витальевич; Рязанская область, Рыбновский район, п. Дивово, ФГБНУ ВНИИК, 2024. – 200 с.

37. Дубровин, А.В. Селекционно-генетические методы формирования внутривидовой структуры новоалтайской породы лошадей //Автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук; 4.2.4 – Частная зоотехния, кормление, технология приготовления кормов и производства продукции животноводства; Дубровин Александр Витальевич; Рязанская область, Рыбновский район, п. Дивово, ФГБНУ ВНИИК, 2024. – 33 с.

38. Животовский, Л.А. Микросателлитная изменчивость в популяциях человека и методы ее изучения /Л.А. Животовский //Информационный вестник ВОГиС. – 2006. – Т. 10. - № 1. – С. 74-96.

39. Зайцева, М.А. Породоспецифические особенности микросателлитов ДНК лошадей заводских и местных пород //Дисс. ... канд. с.-х. наук: 06.02.07 – Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; Зайцева Марина Анатольевна; Рязанская область, Рыбновский район, п. Дивово, ФГБНУ ВНИИК, 2010. - 140 с.

40. Зайцева, М.А. Породоспецифические особенности микросателлитов ДНК лошадей заводских и местных пород //Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.02.07 – Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; Зайцева Марина Анатольевна; Рязанская область, Рыбновский район, п. Дивово, ФГБНУ ВНИИК, 2010. —23 с.

41. Зайцева, М.А. Внутривидовая дифференциация по 17 локусам микросателлитной ДНК лошадей разных линий чистокровной арабской породы /М.А. Зайцева, Л.А. Храброва, Л.В. Калинкова //Коневодство и конный спорт. – 2010. - № 1. – С. 19-21.

42. Зайцева, М.А. Генетическая дифференциация маточных семейств арабской породы по локусам микросателлитной ДНК /М.А. Зайцева, Л.А. Храброва, Л.В. Калинкова //Коневодство и конный спорт. – 2010. - № 4. – С. 13-15.

43. Зайцева, М.А. Особенности полиморфизма сателлитной ДНК у лошадей заводских и местных пород /М.А. Зайцева //Вестник ФГОУ ВПО РГАТУ. – 2011. - № 2 (10). – С. 10-12.

44. Зиновьева, Н.А. Комплексная система оценки свиней по генетическим маркерам / Н. А. Зиновьева // Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных: роль нанотехнологий в реализации приоритетных задач биотехнологии: 7-я Международная научная конференция-школа, Дубровицы, 23–24 октября 2008 года. – Дубровицы: Всероссийский научно-исследовательский институт животноводства имени академика Л.К. Эрнста, 2008. – С. 29-32.

45. Зиновьева, С.А. Особенности скаковой карьеры кобыл чистокровной верховой породы с вариантом полиморфизма т/т гена миостатина / С.А. Зиновьева, С.А. Козлов, С.С. Маркин //Вестник АПК Верхневолжья. — 2023. — № 3(63). — С. 65–69.

46. Изучение полиморфизма сателлитной ДНК лошадей заводских и местных пород /В.В. Калашников, Л.А. Храброва, А.М. Зайцев [и др.] //Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2010. - № 6. – С. 48-50.

47. Инструкция по бонитировке лошадей татарской породы /Р.А. Хаертдинов, И.В. Ахметов, И.Н. Камалдинов [и др.]. – Казань, 2019. – 15 с.

48. Использование микросателлитных локусов ДНК для оценки генетического разнообразия орловской рысистой породы лошадей /В.В. Калашников, Л.А. Храброва, М.А. Зайцева [и др.] //Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. – 2014. - № 2. – С. 30-33.

49. Итоги первой бонитировки лошадей татарской породы в Республике Татарстан /Р.А. Хаертдинов, М.А. Сушенцова, И.Н. Камалдинов [и др.] //Ученые записки Казанской ГАВМ. – 2022. – Т. 250. - № 2. – С. 254-260.

50. Калашникова, Л.А. Возможности использования ДНК-маркеров продуктивных качеств животных в практической селекционной работе /Л.А. Калашникова //Современные достижения и проблемы биотехнологии сельскохозяйственных животных: материалы межд. науч. конф. – Дубровицы, 2003. – С. 33-39.

51. Калинкова, Л.В. Генетическая характеристика тракененской породы лошадей /Л.В. Калинкова, И.С. Гавриличева, А.В. Дорофеева //Коневодство и конный спорт. – 2018. – № 2. – С. 30-31.

52. Калинкова, Л.В. Использование достижений молекулярной генетики в селекции лошадей чистокровной арабской породы /Л.В. Калинкова //Актуальные проблемы животноводства в условиях импортозамещения: Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора биологических наук, профессора, Заслуженного деятеля науки РФ Булатова Анатолия Павловича, Лесниково, 25 апреля 2018 года /Под общей редакцией Сухановой С.. – Лесниково: Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, 2018. – С. 360-363.

53. Камбегов, Б.Д. Полиморфизм белков крови у лошадей разных пород в условиях Киргизии /Б.Д. Камбегов, И.Р. Галимов //Известия ТСХА. – 1987. – Вып. 2. – С. 155-160.

54. Кузнецова, М.М. Генетическая структура и филогенетические связи аборигенных пород лошадей Западной Сибири //Дисс. ...канд биолог. наук; 03.02.07 – Генетика; Кузнецова Мария Михайловна; Московская область, Подольский район, п. Дубровицы, ГНУ ВИЖ, 2011. – 121 с.

55. Кузнецова, М.М. Генетическая структура и филогенетические связи аборигенных пород лошадей Западной Сибири //Автореф. дисс. ...канд биолог. наук; 03.02.07 – Генетика; Кузнецова Мария Михайловна; Московская область, Подольский район, п. Дубровицы, ГНУ ВИЖ, 2011. – 15 с.

56. Купцова, Н.А. Использование полиморфных белков, ферментов и групп крови в селекции лошадей Тракененской породы //Дисс...канд. с.-х.

наук; 06.02.01 – разведение, селекция, генетика и воспроизводство животных; Купцова Надежда Александровна; Рязанская область, Дивово, ВНИИК, 2002. – 159 с.

57. Купцова, Н.А. Использование полиморфных белков, ферментов и групп крови в селекции лошадей Тракененской породы //Автореф. дисс...канд. с.-х. наук; 06.02.01 – разведение, селекция, генетика и воспроизводство животных; Купцова Надежда Александровна; Рязанская область, Дивово, ВНИИК, 2002. – 19 с.

58. Курнявко, Н.Ю. Анализ генетической структуры буденновской породы лошадей по локусам полиморфных систем крови и микросателлитов ДНК //Дисс...канд. биол. наук: 03.02.07 - Генетика; Наталья Юрьевна Курнявко; Московская область. - п. Дубровицы, ГНУ ВИЖ, 2012. – 141 с.

59. Курнявко, Н.Ю. Анализ генетической структуры буденновской породы лошадей по локусам полиморфных систем крови и микросателлитов ДНК //Автореф. дисс...канд. биол. наук: 03.02.07; Наталья Юрьевна Курнявко; Московская область. - п. Дубровицы, ГНУ ВИЖ, 2012. – 19 с.

60. Лошади татарской породы /Р.А. Хаертдинов, Р.У. Зарипов, И.В. Ахметов [и др.] //Казань: Центр инновационных технологий. – 2019. – С. 39.

61. Макарова, Е.Ю. Генофонд местных локальных пород сельскохозяйственных животных Республики Тыва //Дисс...канд. биол. наук: 06.02.07 – Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; Макарова Елена Юрьевна; г. Новосибирск, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ и СФНЦА РАН, 2020. – 168 с.

62. Макарова, Е.Ю. Генофонд местных локальных пород сельскохозяйственных животных Республики Тыва //Автореф. дисс...канд. биол. наук: 06.02.07 – Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; Макарова Елена Юрьевна; г. Новосибирск, ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ и СФНЦА РАН, 2020. – 21 с.

63. Машуров, А.М. Генетические маркеры в селекции животных /А. М. Машуров. - М. «Наука»,1980. – 318 с.
64. Методы генетической сертификации лошадей по полиморфным системам крови. – 2-е издание, исправленное и дополненное. – Дивово.: Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства, 2018. – С. 72.
65. Микросателлитные маркеры в исследовании полиморфизма пород свиньи домашней (*Sus scrofa domesticus*) / А. О. Рябцева, С. А. Котова, А. Е. Гребенчук [и др.] // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. – 2021. – № 2. – С. 74-83.
66. Молекулярно-генетические маркеры в селекционной работе с разными видами сельскохозяйственных животных /М. И. Селионова, Е.А. Гладырь, Т.И. Антоненко, С.С. Бурылова //Вестник АПК Ставрополя. – 2012. – № 2 (6). – С. 30-35.
67. Николаев, В.А. Иммуногенетическое исследование популяции русского тяжеловоза /В.А. Николаев, Е.А. Михалёва //Вестник Алтайского аграрного университета. — 2023. — № 2. — С. 25–30.
68. Николаева, Э.А. Генетическая структура русской верховой породы лошадей / Э.А. Николаева, В.Н. Воронкова, М.А. Политова // Генетика. — 2023. — Т. 59, № 9. — С. 1048–1058.
69. Ниятшин, Ф.И. Популяционно-генетическая характеристика лошадей башкирской породы //Дисс. ... канд. с.-х. наук; 06.02.07 – Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; Ниятшин Фидан Иштуганович; Уфа, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 2018. – 140 с.
70. Ниятшин, Ф.И. Популяционно-генетическая характеристика лошадей башкирской породы //Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук; 06.02.07 – Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных; Ниятшин Фидан Иштуганович; Уфа, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 2018. – 24 с.
71. Особенности SSR-полиморфизма лошадей /Н.А. Глинская, Е.И. Приловская, Д.А. Каспирович [и др.] //Вестник Полесского

государственного университета. Серия природоведческих наук. – 2017. – № 1. – С. 8-13.

72. Основные принципы оценки экстерьера татарских лошадей при бонитировке и результаты ее проведения в хозяйствах-оригинаторах /Р.А. Хаертдинов, М.А. Сушенцова, И.Н. Камалдинов, Г.И. Феткуллова // АРГАМАК. Конское дело. - 2024. – Февраль – С. 34-37.

73. Основные направления селекции по экстерьерным признакам у лошадей татарской породы / Г.И. Феткуллова, Р.А. Хаертдинов, М.А. Сушенцова, И.Н. Камалдинов, Г.М. Закирова //Агробиотехнологии и цифровое земледелие. 2026. №1(17). С. 58-63. – DOI 10.12737/2782-490X-2026-5-1-58-63. – EDN EZYRPZ.

74. Оценка аллелофонда заводских и местных пород лошадей по полиморфным системам крови /Л.А. Храброва, Л.П. Готлиб, Т.И. Орехова, О.И. Коршунова //Коневодство и конный спорт. – 2011. – № 1. – С. 11-14.

75. Оценка аллелофонда якутских пород лошадей по различным типам генетических маркеров /Н.П. Филиппова, Н.П. Степанов, В.В. Додохов, Н.С. Марзанов //Проблемы биологии продуктивных животных. – 2021. – № 2. – С. 52-65.

76. Оценка генетического разнообразия в популяциях тувинских лошадей по локусам систем крови и микросателлитным ДНК /Р.Б. Чысыма, Л.А. Храброва, А.М. Зайцев [и др.] //Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52. - № 4. – С. 679-685.

77. Оценка генетического разнообразия микросателлитных локусов у лошадей тяжелоупряжных пород /Н.В. Блохина, Л.А. Храброва, А.М. Зайцев, И.С. Гавриличева //Генетика и разведение животных. – 2018. – № 2. – С. 39-44.

78. Паркер, Э.Х. Тысяча лет из истории Татар: перевод с английского В.С. Мирзаянова /Э.Х. Паркер. – Казань, 2003. – 15 с.

79. Первые результаты изучения генетической структуры лошадей якутской, мегежекской и приленской пород /М.А. Зайцева, А.М. Зайцев, В.Г. Осипов [и др.] //Наука и техника в Якутии. – 2014. - № 2 (27). – С. 8-11.

80. Плавинский, С.Ю. Использование генетических технологий в селекции лошадей /С.Ю. Плавинский, В.А. Гоголов //Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: Материалы всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию Дальневосточного государственного аграрного университета. В 3-х томах, Благовещенск, 16–17 апреля 2025 года. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2025. – С. 85-91

81. Полиморфизм ДНК лошади *Equus caballus* и методы его выявления /Р.Р. Гарафутдинов, К.П. Гайнуллина, О.Ю. Кирьянова [и др.] //Биомика. – 2020. – Т. 12. - № 2. – С. 272-299.

82. Популяционно-генетическая характеристика холмогорской породы крупного рогатого скота, разводимой в Архангельской области, на основе микросателлитных маркеров / И. С. Недашковский, А. Ф. Контэ, В. В. Волкова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2025. – Т. 39, № 1. – С. 57-63.

83. Развитие национального коневодства в Татарстане /Р.А. Хаертдинов, М.А. Сушенцова, Р.Х. Равилов [и др.]. – Казань : Фолиант, 2025. – 160 с.

84. Разработка методических подходов оценки уровня обмена генетическим материалом при анализе генетической структуры орловской рысистой породы по микросателлитам ДНК /М.А. Зайцев, Г.В. Калинкина, М.А. Зайцева [и др.] //Коневодство и конный спорт. – 2012. - № 5. – С. 8-9.

85. Селионова, М.И. Геномные технологии в селекции сельскохозяйственных животных /М.И. Селионова, А.М.М. Айбазов //Сборник научных трудов Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. – 2014. – Т. 1. - № 7. – С. 140-145.

86. Семёнов, В.Г. Связь содержания общего белка в молоке кобыл тяжелоовозных пород с группами крови, аллелями и антигенами эритроцитов / В.Г. Семёнов, А.В. Онегов, А.И. Стрельников //Вестник Рязанского

государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. — 2021. — Т. 13, № 3. — С. 75–84.

87. Столповский, Ю.А. Состояние "культурного" биоразнообразия (сельскохозяйственные животные) /Ю.А. Столповский, Г.Е. Сулимова //Ветеринарная патология. – 2007. – № 1(20). – С. 30-32.

88. Стрельников, А.И. Характеристика русской тяжеловозной породы по антигенному составу групп крови /А.И. Стрельников, В.В. Курочкина //Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 15 ноября 2019 года. – Чебоксары: Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. - 2019. – С. 369-373.

89. Сулимова, Г.Е. ДНК-маркеры в генетических исследованиях: типы маркеров, их свойства и области применения /Г.Е. Сулимова //Успехи современной биологии. – 2004. – Т. 124. - № 3. – С. 260-271.

90. Феофилов, А.В. Дифференциация генофондов алтайской и рысистых пород лошадей по ISSR-PCR маркерам /А.В. Феофилов, Н.В. Бардуков, В.И. Глазко //Генетика. – 2011. – Т. 47. - № 9. – С. 1230-1235.

91. Феткуллова, Г. И. Сравнительная характеристика лошадей татарской породы в племенном репродукторе имени Гиниятуллина С.Ш. и в оригинаторе ИП Набиуллина Ф.М. по результатам их бонитировки /Г.И. Феткуллова //Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК: Сборник материалов международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи, посвященной 150-летию ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, Казань, 15–16 марта 2023 года. Том II. – Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2023. – С. 63-65.

92. Феткуллова, Г. И. Генетическая характеристика татарской лошади по полиморфным белкам крови и микросателлитной ДНК /Г.И. Феткуллова //Молодежные разработки и инновации в решении приоритетных задач АПК :

Материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и учащейся молодежи, профессора И.Н. Никитина, ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, 28–29 марта 2024 года. – Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, 2024. – С. 78-81.

93. Феткуллова, Г.И. Генетическая структура лошадей татарской и якутской пород по полиморфным белкам крови //Ученые записки Казанской академии ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана. 2025 Том 264 (4). С. 8 [https:// doi.org/10.31588/2413_4201_1883_4_264](https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_4_264).

94. Хаертдинов, Р.А. Методические рекомендации по проведению качественного и количественного анализа белков молока методом электрофореза в полиакриламидном геле /Р.А. Хаертдинов //М.: ВАСХНИЛ. – 1989. – 31 с.

95. Хаертдинов, Р.А. План селекционно-племенной работы по разведению лошадей татарской породы в Республики Татарстан на 2024-2033 годы /Р.А. Хаертдинов, Г.М. Закирова, И.Н. Камалдинов. – Казань, 2023. – 95 с.

96. Хаертдинов, Р.А. Татар атлары /Р.А. Хаертдинов, Н.Н. Хазипов, Р.У. Зарипов [и др.] //Казань: ИдельПресс, 2019. – 120 с.

97. Хаертдинов, Р.А. Генетическая структура лошадей татарской породы по белкам крови и микросателлитной ДНК /Р.А. Хаертдинов, Г.И. Феткуллова, И.Н. Камалдинов, Г.М. Закирова //Ученые записки Казанской ГАВМ. – 2024. – Т. 257. - № 1. – С. 267-272.

98. Хаертдинов, Р.А. Оценка генофонда лошадей татарской породы по полиморфным белкам крови /Р.А. Хаертдинов, Г.И. Феткуллова, И.Н. Камалдинов, Г.М. Закирова //Сборник статей по материалам II Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию академика В.Г. Рядчикова. Краснодар. – 2024. – С. 535-541.

99. Хаертдинов, Р.А. Патент на селекционное достижение № 10037. Лошади – татарская порода /Р.А. Хаертдинов, И.В. Ахметов [и др.] //Госкомиссия РФ по испытанию и охране достижений – М.: 2019. – 4 с.

100. Хаертдинов, Р.А. Создание и использование селекционного достижения – татарская порода лошадей в Республике Татарстан /Р.А. Хаертдинов, И.Н. Камалдинов, Г.М. Закирова //Ученые записки Казанской ГАВМ. – 2021. – Т. 247. - № 3. – С. 284-287.

101. Хаертдинов, Р.Р. Особенности белкового состава молока основных видов сельскохозяйственных животных /Р.Р. Хаертдинов, Ф.И. Гафиятуллин, М.П. Афанасьев // Сельскохозяйственная биология. — 2011. — Т. 46, № 2. — С. 81–85.

102. Хаамируев, Т.Н. Полиморфизм белков сыворотки крови двух экогрупп лошадей забайкальской породы /Т.Н. Хаамируев, С.М. Дашинимаев //Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 3 (63). – С. 179-185.

103. Характеристика аллелофонда новосибирской популяции свиней скороспелой мясной породы по микросателлитам /В.Р. Харзинова, Н.А. Зиновьева, Н.В. Батенева [и др.] //Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 10. – С. 59-61.

104. Характеристика генетического полиморфизма лошадей башкирской породы /Т.А. Седых, Р.Р. Гизатуллин, Д.И. Гареева [и др.] //Зоотехния. – 2024. – № 10. – С. 14-19.

105. Характеристика генетической структуры печорской лошади по локусам микросателлитов ДНК /Л.А. Храброва, Н. В. Блохина, И.С. Гавриличева, И.Б. Юрьева //Современные достижения и актуальные проблемы в коневодстве : Сборник докладов международной научно-практической конференции, Дивово, 14 июня 2019 года. – Дивово: Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства, 2019. – С. 282-287.

106. Храброва, Л.А. Использование ДНК-анализа при контроле происхождения лошадей /Л.А. Храброва, М.А. Зайцева, Л.В. Калинкова //Коневодство и конный спорт. – 2006. - № 3. – С. 32-33.

107. Храброва, Л.А. Метод оценки генетического разнообразия и степени генетического сходства лошадей заводских и местных пород /Л.А. Храброва, А.М. Зайцев, М.А. Зайцева. – Дивово, 2011. – 25 с.

108. Храброва, Л.А. Инбридинг и степень гомозиготности микросателлитных локусов у лошадей (*EQUUS CABALLUS*) орловской рысистой породы /Л.А. Храброва, Н.В. Блохина, А.В. Устьянцева //Сельскохозяйственная биология. – 2014. – Т. 49. - № 4. – С. 35-41.

109. Храброва, Л.А. Воспроизводительные качества чистокровных верховых кобыл с разной степенью гетерозиготности микросателлитных локусов /Л.А. Храброва, Н.В. Блохина //Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. - № 6-1. – С. 185-187.

110. Храброва, Л.А. Прогресс ДНК-технологий в коневодстве /Л.А. Храброва, Е.И. Алексеева //Известия СПбГАУ. – 2015. - № 39. – С. 149-154.

111. Храброва, Л.А. Прогресс ДНК-технологий в коневодстве /Л.А. Храброва, Е.И. Алексеева //Известия СПбГАУ. – 2015. - № 39. – С. 149-154.

112. Храброва, Л.А. Генетический мониторинг чистокровной верховой породы лошадей по локусам микросателлитов ДНК /Л.А. Храброва, Н.В. Блохина //Генетика и разведение животных. – 2018. - № 3. – С. 11-16.

113. Храброва, Л.А. Оценка генеалогической структуры вятской породы лошадей (*Equus ferus caballus*) с использованием анализа ДНК /Л.А. Храброва, Н.В. Блохина, Н.Ф. Белоусова, Е.Г. Котран //Научное обеспечение развития и повышение эффективности коневодства России и стран СНГ. Сборник докладов международной научно-практической конференции. Дивово. - 2021. – С. 242-249.

114. Храброва, Л. А. Использование ДНК-маркеров при генотипической оценке и селекции лошадей /Л. А. Храброва, Н. В. Блохина. //Дивово.: Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства, 2024. – С.164.

115. Характеристика аллелофонда племенного ядра лошадей костанайской породы по микросателлитам ДНК /О.С. Сафронова, М.А. Зайцева, С.Д. Нурбаев [и др.] //Новости науки Казахстана. – 2015. - № 2 (124). – С. 235-244.

116. Чысыма, Р.Б. Генетические особенности локальных пород по полиморфным белкам крови /Р.Б. Чысыма, Е.Ю. Макарова //Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. - № 12. – С. 1479-1481.

117. Чысыма, Р.Б. Оценка генетического разнообразия популяций тувинских лошадей по локусам систем крови и микросателлитным ДНК /Р.Б. Чысыма, Л.А. Храброва, А.М. Зайцев //Сельскохозяйственная биология. — 2017. — Т. 52, № 4. — С. 679–685.

118. Храброва, Л.А. Характеристика генетической структуры печорской лошади по локусам микросателлитов ДНК /Л.А. Храброва, Н.В. Блохина, И.С. Гавриличева, И.Б. Юрьева //Современные достижения и актуальные проблемы в коневодстве. Сборник докладов международной научно-практической конференции. ВНИИК, Дивово, 2019. -С. 282-287.

119. Шайдуллин, Р.Р. Изменчивость показателей молочной продуктивности у молочного скота разных пород и генотипов /Р.Р. Шайдуллин, Л.Р. Загидуллин, Э.В. Шамаева //Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2025. – Т. 4, № 2 (14). – С. 53-57.

120. Шкавро, Н.М. Використання мікросателітних локусів ДНК для підтвердження походження коней гуцульської породи /Н.М. Шкавро, Т.Е. Ткачик, В.І. Россоха //Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. – 2013. – Т. 15. - № 1 (55). – Ч. 2. – С. 244-248.

121. Юмагузина, Э.Э. Молочная продуктивность и генетическая структура лошадей башкирской породы //Дисс. ...канд. с.-х. наук; 06.02.04 – частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства; Юмагузина Эльвира Эдвартовна; Уфа, ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ, 2007. – 126 с.

122. Юмагузина, Э.Э. Молочная продуктивность и генетическая структура лошадей башкирской породы //Автореф. дисс. ...канд. с.-х. наук; 06.02.04 – частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства; Юмагузина Эльвира Эдвартовна; Уфа, ФГБОУ ВПО Башкирский ГАУ, 2007. – 23 с.

123. Яковлев, А.Ф. Геномная селекция и прогнозирование качества потомства животных /А.Ф. Яковлев //Вестник Российской академии наук. – 2018. – Т. 88. - № 10. – С. 946-950.

124. Aberle, K.S. Genetic diversity in German draught horse breeds compared with a group of primitive, riding and wild horses by means of microsatellite DNA markers /K.S. Aberle, H. Hamann, C. Drögemüller, O. Distl //Animal Genetics. – 2004. – Aug. № 35(4). – P.270-277.

125. Amjadi, M. Microsatellite Analysis of Genetic Diversity and Population Structure of the Iranian Kurdish Horse /M.A. Amjadi, H.M. Yeganeh, M. Sadeghi //J. Equine Veterinary Science. – 2021. – Mar. № 98. – 103358.

126. Assessing SNP markers for assigning individuals to cattle populations /R. Negrini, L. Nicoloso, P. Crepaldi [et al.] //Animal Genetics. — 2009. — Vol. 40. - № 1. - P. 18–26.

127. Associations between polymorphisms of SLC22A7, NGFR, ARNTL and PPP2R2B genes and Milk production traits in Chinese Holstein /R. Jia, Y. Fu, L. Xu [et al.] //BMC Genomic Data. – 2021. – Vol. 22, No. 1. – P. 1-10.

128. Bubenichkova, F. Influence of Seminal Plasma Protein Fractions on Cryopreservation of Stallion Sperm /F. Bubenichkova, P. Postlerova, O. Simonic //International Journal of Molecular Sciences. — 2020. — Vol. 21, No. 17. - P. 6415.

129. Changes of sires in a breeding farm enables maintenance of DNA-level genetic variation in a produced herd of Hokkaido Native Horses /A. Tomoko, T. Tozaki, A. Takasu [et al.] //Animal Science J. – 2020. - Jan-Dec. - № 91(1). – e. 13318.

130. Composition of stallion seminal plasma and its impact on oxidative stress markers and spermatozoa quality /F. Tirpak, M. Halo, K. Tokarova [et al.] //Life. – 2021. – Vol. 11. - №. 11.

131. Development of a 17-Plex of Penta- and Tetra-Nucleotide Microsatellites for DNA Profiling and Paternity Testing in Horses / A.M. Luttman, M. Komine, T. Thaiwong [et al.] /Journal of Veterinary Science. – 2022. – 07 Apr. - Volume № 9. -861623.

132. Effect of Seminal Plasma Protein Fractions on Stallion Sperm Cryopreservation / F. Bubenickova, P. Postlerova, O. Simonik [et al.] //International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – Vol. 21. - No. 17. – P. 6415.

133. Genetic characterisation of the Uruguayan Creole horse and analysis of relationships among horse breeds /L. Kelly, A Postiglioni, D F De Andrés [et al.] //Journal of Research in Veterinary Sciences. – 2002. - Feb. № 72 (1). – P.69-73.

134. Genetic diversity in German draught horse breeds compared with a group of primitive, riding and wild horses by means of microsatellite DNA markers / K.S. Aberle, H. Hamann, C. Drogemuller, O. Distl //Animal Genetics. – 2004. – Vol. 35, No. 4. – P. 270-277.

135. Genetic diversity within and among four South European native horse breeds based on microsatellite DNA analysis: implications for conservation /A. Solis, B.M. Jugo, J. C. Mériaux [et al.] //J. Hered. – 2005. - Nov-Dec. № 96 (6). - 670-678.

136. Genetic diversity and bottleneck studies in the Marwari horse breed /A. K. Gupta, M. Chauhan, S. N. Tandon [et al.] //Journal of Genetics. – 2005. – Dec. № 84 (3). – P. 295-301.

137. Genetic characterization of the endangered Kiso horse using 31 microsatellite DNAs /M. Takasu, N. Hiramatsu, T. Tozaki [et al.] // Journal of Veterinary Medical Science. – 2012. – Feb. - № 74 (2). – P. 161-166.

138. Genetic diversity of Halla horses using microsatellite markers /J. H. Seo, K. Do. Park, H. K. Lee, H. S. Kong //Journal of Animal Science and Technology. – 2016. – Vol. 58, No. 1. – P. 1-5.

139. Genetic diversity of Thoroughbred horse population from Bosnia and Herzegovina based on 17 microsatellite markers /D. Rukavian, D. Hasanbasic, J. Ramic [et al.] //Japanese Journal of Veterinary Research. – 2016. – Sep. № 64 (3). – P. 215-220.
140. Genetic variability of Akhal-Teke horses bred in Italy /M.C. Cozzi, M.G. Strillacci, P. Valiati [et al.] //Peer J. – 2018. – Sep., № 6:6. - e4889.
141. Genetic analyses for conservation of the traditional Tokara horse using 31 microsatellite markers /A. Senokuchi, S. Ishikawa, T. Tozaki [et al.] //Journal of Equine Science. – 2018. – Dec. № 29 (4). - 97-104.
142. Genetic diversity and population structure of three traditional horse breeds of Bhutan based on 29 DNA microsatellite markers /J. Dorji, S. Tamang, T. Tshewang [et al.] //J. PLoS One. – 2018. – Jun. 27. - № 13 (6). - e0199376.
143. Genetic structure of different equine breeds by microsatellite DNA loci /A.V. Shelyov, K.V. Kopylov, S.S. Kramarenko, A.S. Kramarenko //Agricultural Science and Practice. – 2020. – Vol. 7. - No. 2. – P. 3-13.
144. Genetic Diversity and Population Structure of Arabian Horse Populations Using Microsatellite Markers /M. Machmoum, I. Boujenane, R. Azelhak [et al.] //J Equine Veterinary Science. – 2020. – Oct. - № 93:103200.
145. Genetic markers associated with milk production traits in dairy cattle /Y. Ma, M. Z. Khan, J. Xiao [et al.] //Agriculture. – 2021. – Vol. 11, No. 10
146. Genetic diversity analysis and parentage verification of Taishu horses using 31 microsatellites /T. Yoshihara, M. Kikuchi, Y. Akiba [et al.] //J. Equine Veterinary Science. – 2022. – Dec. № 33(4). – P. 63-69.
147. Genetic Diversity and Structure of the Main Danubian Horse Paternal Genealogical Lineages Based on Microsatellite Genotyping /G. Yordanov, I. Mehandjyski, N. Palova [et al.] //Journal of Veterinary Science. – 2022. – Jul. 1. - № 9 (7). - 333.
148. Current genetic conservation of Chinese indigenous horses revealed with Y-chromosomal and mitochondrial DNA polymorphisms /L. Shuqin, F. Chunzheng, Y. Yang [et al.] //G3 (Bethesda). -2021. - Feb. № 9; 11 (2). - jkab008

149. Jameson, K.A., Transfusion in Equids-A Practical Approach and Review. /C.A. Jamieson, S.L. Baillie, J.P. Johnson //Animals (Basel). — 2022. — August 23. - № 12 (17): 2162.
150. Jamieson, C.A. Blood Transfusion in Equids-A Practical Approach and Review. /C.A. Jamieson, S.L. Baillie, J.P. Johnson //Animals (Basel). - 2022. - August 23. - № 12 (17): 2162.
151. Khrabrova, L.A. Assessment of line differentiation in the Thoroughbred horse breed using DNA microsatellite loci /L.A. Khrabrova, N.V. Blohina, O.I. Suleymanov, G.A. Rozhdestvenskaya [at all] //Vavilov Journal of Genetics and Breeding, 2019 – T. 23 - № 5. – P. 569-574.
152. Lee, Sun-young Parentage testing of Thoroughbred horse in Korea using microsatellite DNA typing /Sun-young Lee, Gil-jae Cho //Journal of Veterinary Medical Science. – 2006. – Mar. -№ 7(1). – P. 63-67.
153. Lugovoy, S. I. Genetic polymorphism of the Landrace pig based on microsatellite markers /S.I. Lugovoy, S.S. Kramarenko, V.Ya. Lykhach //Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. – 2017. – Vol. 19. - №. -74. – P. 63-66.
154. Marklund, S. Applied molecular genetics in domestic animals with particular focus on the horse /S. Marklund //Trens in Genetics. – 1996. - № 12 (8). – P. 229-305.
155. Microsatellite diversity, population subdivision and gene flow in the Lipizzan horse /R. Achmann, I. Curik, P. Dovc [et al.] //Animal Genetics. - 2004. - Aug. № 35 (4). – P. 285-292.
156. Ouragh, L. Genetic blood markers in Arabian, Barb and Arab-Barb horses in Morocco /L. Ouragh, J.C. Mériaux, J.P. Braun //Animal Genetics. - 1994. – Feb. № 25 (1). – P.45-47.
157. Park, Chul Song Evaluation of recent changes in genetic variability in Thoroughbred horses based on microsatellite markers parentage panel in Korea /Chul Song Park, Sun Young Lee, Gil Jae Cho //Animal Bioscience. – 2022. – Apr. - № 35(4). – P. 527-532.

158. Rahimi-Mianji, G. Genetic diversity, parentage verification and genetic bottlenecks evaluation in Iranian Turkmen horse breed /G. Rahimi-Mianji, A. Nejati-Javaremi, A. Farhadi // *Genetika*. – 2015. – Vol. 51, No. 9. – P. 1066.
159. Replacement of microsatellite markers by imputed medium-density SNP arrays for parentage control in German warmblood horses /W. Nolte, H. Alkhoder, M. Wobbe [et al.] // *Journal of Applied Genetics*. – 2022. – Vol. 63. - № 4. – P. 783-792.
160. Role of recombinant DNA technology to improve life /S. Khan, G. Nabi, H. Hou [et al.] // *International Journal of Genomics*. – 2016. – Vol. 2016. – P. 2405954.
161. Seo, Joo-Hee Genetic diversity of Halla horses using microsatellite markers /Joo-Hee Seo, Kyung-Do Park, Hak-Kyo Lee, Hong-Sik Kong // *Journal of Animal Science and Technology*. – 2016. – Volume № 58, Article number 40.
162. Tautz, D. Notes on the definition and nomenclature of tandemly repetitive DNA sequences / S.D.J. Eds Pena, J.T. Chakraborty, J.T. Epplen, A.J. Jeffreys // *DNA Fingerprinting: State of the Science* Birkhäuser Verlag, Basel, Switzerland, 1993. - P. 21–28.
163. Trommershausen Bowling, A. Blood group and protein polymorphism gene frequencies for seven breeds of horses in the United States /A. Trommershausen Bowling, R.S. Clark // *Anim Blood Groups Biochem Genet*. — 1985. — V. 16. - № 2. - P. 93–108.
164. Uzun, M. Eight polymorphic blood protein systems in Arab horses from Turkey /M. Uzun, A. Karkhan, A. Kopar // *Genetika*. - 2001 Dec. - № 37(12). – P.1667-1672.
165. Van de Goor, L.H. A proposal for standardization in forensic equine DNA typing: allele nomenclature for 17 equine-specific STR loci / L.H. Van de Goor, H. Panneman, W.A. Van Haeringen // *Anim. Genet*. - 2010. - Vol. 41. - №. 2. - P. 122–127.

166. Yuryeva, B. Monitoring for the genetic structure of Mezen breed of horses in terms of DNA microsatellites /B. Yuryeva., N.V. Vdovina //Vavilovskii Zhurnal Genet Seleksii. – 2021. – Mar. № 25 (2). – P. 202-207.

167. Zhang, Y. Influence of PIT-1 gene polymorphism on milk production traits in Chinese Holstein cattle /Y. Zhang, G. Guo, H. Huang //Animal Biotechnology. – 2019. – Vol. 30. - № 1. – P. 12-18.

Приложения

«УТВЕРЖДАЮ»

Крестьянское

(фермерское) хозяйство

Индивидуальный предприниматель

Ф.Р. Бакиров Ф.Р.

«13» мар 20 24 г.

СПРАВКА

О внедрении в производство результатов научных исследований аспиранта кафедры биологии, генетики и разведения животных ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ Феткулловой Гульназ Иршатовны.

Феткуллова Г.И. в течение 2023-2024 годов проводил апробацию и внедрение исследований в крестьянском фермерском хозяйстве Бакирова Ф.Р. Алькеевского района Республики Татарстан.

Для изучения селекционно-племенной работы с лошадьми татарской породы дается характеристика племенных качеств, особенностей экстерьера и телосложения лошадей, результаты бонитировки основного поголовья по селекционным признакам, проанализированы условия кормления животных с учетом детализированных норм, приведена генеалогическая структура поголовья по принадлежности к линиям и семействам, сочетаемость линий и семейств, разработаны селекционные мероприятия по дальнейшему совершенствованию поголовья, в которых установлены плановые показатели ремонта стада при достигнутом уровне плодовитости кобыл, требования к отбору кобыл в селекционное ядро и селекционную группы, составлен план подбора жеребцов с учетом степени инбредности потомства. Запланированные показатели научно обоснованы, соответствуют генетическому потенциалу лошадей и современным требованиям, предъявляемым к племенным хозяйствам.

Директор КФХ «Бакиров Ф.Р.»



Ф.Р. Бакиров

ООО «Племрепродуктор имени Гиниятуллин С.Ш.»
Тюлячинский район РТ



«26» 01 2026 г.

СПРАВКА

О внедрении в производство результатов научных исследований аспирантки ФГБОУ ВО «Казанский ГАУ» Институт «КАВМ им. Н.Э. Баумана» Феткуловой Гульназ Иршатовны.

Феткулова Г.И. в течение 2023-2025 гг. проводила апробацию и внедрение результатов исследований в ООО «Племрепродуктор имени Гиниятуллин С.Ш.» Тюлячинского района РТ. Результаты исследования подтверждают генетическое разнообразие татарской породы по белкам крови и генам микросателлитной ДНК, имеют практическую значимость, и используются в селекционной работе с этой породой.

Ген. директор ООО

Гиниятуллин С.Ш.





ДИПЛОМ

награждается

Ретгушова Гюльназ Иришатовна

за **II** место

**В МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И УЧАЩЕЙСЯ МОЛОДЕЖИ**

**«Молодежные разработки и инновации
в решении приоритетных задач АПК»,
посвященной 150-летию ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ**

В СЕКЦИИ

Актуальные вопросы зоотехнии

В КАТЕГОРИИ

Аспиранты и молодые учёные

Ректор ФГБОУ ВО
Казанская ГАВМ

Р.Х. Равилов
Р.Х. Равилов

15-16 марта 2023 года



ДИПЛОМ

награждается

Ретгуева Гульназ Уриатовна

за I место

**В МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ
И УЧАЩЕЙСЯ МОЛОДЕЖИ**

**«Молодежные разработки и инновации
в решении приоритетных задач АПК»,
посвященной 90-летию профессора И.Н. Никитина**

В СЕКЦИИ

Актуальные вопросы зоотехнии

В КАТЕГОРИИ

аспиранта и молодые ученые

Ректор ФГБОУ ВО
Казанская ГАВМ



Р.Х. Равилов

28-29 марта 2024 года



УдГАУ
УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Удмуртский государственный аграрный университет»

ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ

*Феткуллова Гульназ
Иршатовна*

*аспирант ФТБОУ ВО Казанская ГАВМ
им. Н.Э. Баумана*

за I место

*во II этапе Всероссийского конкурса
на лучшую научную работу среди студентов,
аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений
МСХ РФ по ПФО*

в номинации «Зоотехния»

Ректор



А.А. Брацихин

Приказ № 136 от 22.04.2025

г. Ижевск, 2025



УдГАУ
УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Удмуртский государственный аграрный университет»

ДИПЛОМ

НАГРАЖДАЕТСЯ

аспирант ФТБОУ ВО Казанская ГАВМ им. Н.Э. Баумана

**Феткуллова Гульназ
Иршатовна**

за участие

*во II этапе Всероссийского конкурса
на лучшую научную работу среди студентов,
аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений
МСХ РФ по ПФО
в номинации «Зоотехния»*

Ректор



А.А. Брацихин

Приказ № 132 от 17.04.2024

г. Ижевск, 2024

The book cover features a large, stylized blue letter 'P' on the left side. To its right, the title 'РАЗВИТИЕ НАЦИОНАЛЬНОГО КОНЕВОДСТВА В ТАТАРСТАНЕ' is written in blue, uppercase letters. Below this, a large, glossy, silver-colored paper effect is shown peeling away from the top and right edges, revealing a photograph of a lush green field with several horses grazing. The text 'ТАТАР АТЛАРЫ' is printed in yellow, uppercase letters across the middle of the photograph. The background of the top half of the cover is a light blue sky with a faint, shimmering water-like texture.

**РАЗВИТИЕ
НАЦИОНАЛЬНОГО
КОНЕВОДСТВА
В ТАТАРСТАНЕ**

**ТАТАР
АТЛАРЫ**

УДК 636.1
ББК 46.11
Х15

Авторы:

- Р.А. Хаертдинов** профессор кафедры биологии, генетики и разведения животных ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, доктор биологических наук;
- М.А. Сушенцова** доцент кафедры технологии животноводства и зооигиены ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, кандидат сельскохозяйственных наук;
- Р.Х. Равилов** ректор ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, профессор, доктор ветеринарных наук;
- Г.М. Закирова** доцент кафедры биологии, генетики и разведения животных ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, кандидат биологических наук;
- И.Н. Камалдинов** заведующий кафедрой биологии, генетики и разведения животных ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, доцент, кандидат биологических наук

Рецензенты:

- Р.Р. Шайдуллин** заведующий кафедрой биотехнологии, животноводства и химии Казанская ГАУ, профессор, доктор сельскохозяйственных наук

В подготовке материалов книги участвовали:

- Г.И. Феткуллова** аспирант кафедры биологии, генетики и разведения животных;
- Р.Р. Хаертдинов** кандидат биологических наук

Х15 Хаертдинов Р.А.

Развитие национального коневодства в Татарстане / Р.А. Хаертдинов, М.А. Сушенцова, Р.Х. Равилов, Г.М. Закирова, И.Н. Камалдинов. – Казань: Фолиант, 2025. – 160 с.

В книге подробно излагаются важнейшие направления развития национального коневодства в Татарстане на основе разведения лошадей татарской породы, вопросы их селекции, воспроизводства, эксплуатации, кормления, технологии производства молочной и мясной продукции, использования для возрождения национального спортивного и продуктивного коневодства.

Книга рассчитана и предлагается инспекторам племенной службы, коневодам республики и татарским диаспорам в других регионах России, любителям лошадей, преподавателям и студентам зооветеринарных вузов и колледжей.

ISBN 978-5-6053963-0-7

© Министерство сельского хозяйства
и продовольствия РТ, 2025
© Казанская государственная академия
ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана, 2025
© Фолиант, оригинал-макет, 2025