

На правах рукописи

**НИЯТШИН ФИДАН ИШТУГАНОВИЧ**

**ПОПУЛЯЦИОННО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
ЛОШАДЕЙ БАШКИРСКОЙ ПОРОДЫ**

06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата  
сельскохозяйственных наук

Уфа– 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет».

**Научный руководитель:** доктор биологических наук, профессор  
**Долматова Ирина Юрьевна**

**Официальные оппоненты:** **Храброва Людмила Александровна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства», лаборатория генетики, главный научный сотрудник;  
**Басс Светлана Петровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия», кафедра кормления и разведения животных, доцент кафедры.

**Ведущая организация:** ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт племенного дела».

Защита состоится 18 мая 2018 года в 15.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.003.03 при ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ по адресу: 450001, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, 2 корпус, ауд. 325.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ [www.bsau.ru](http://www.bsau.ru), а с авторефератом на сайте Министерства образования и науки Российской Федерации [www.vak.ed.gov.ru](http://www.vak.ed.gov.ru).

Автореферат разослан \_\_\_\_\_ 2018 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Гиниятуллин Марат Гиндуллинович

## 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В настоящее время в Республике Башкортостан (РБ) отрасль коневодства представлена продуктивными и спортивными направлениями. По итогам племенной работы в сельскохозяйственных предприятиях РБ, численность лошадей во всех категориях хозяйств по состоянию на 1 января 2017 г. составляет 132,8 тысяч, в том числе в сельскохозяйственных предприятиях – 33,7 тысяч голов. Общая численность лошадей башкирской породы в республике составляет более 119,5 тысяч голов (из них 6145 племенного поголовья, в том числе 2868 конематок). Всего в республике разведением лошадей башкирской породы занимаются 3 племенных завода и 9 племенных репродукторов.

Для разведения уникальных чистопородных местных пород лошадей, в частности лошадей башкирской породы, организуются племенные хозяйства, где работа по сохранению, поддержанию и дальнейшему совершенствованию их ценных особенностей наряду с генетическим разнообразием должна проводиться при мониторинге генетической ситуации.

В животноводстве, и, в частности, коневодстве для изучения генетической структуры пород и линий, для описания их генетического разнообразия, генетической дифференциации и гетерозиготности, а также для проведения генетического мониторинга происходящих в породе или линии изменений, являющихся последствием разведения и селекции по хозяйственно полезным признакам, используют локусы полиморфных систем крови и микросателлитов ДНК (Глазко В.И., 1986, 1988; Омельченко В.Т. и соавт., 1998; Храброва Л.А., 2005, 2007, 2008; Калинкова Л.В. и соавт., 2014, 2015).

Всё вышесказанное определяет актуальность настоящего исследования.

**Степень разработанности темы исследования.** Анализ генетического полиморфизма белков и ферментов, а также полиморфизма ДНК доказал свою состоятельность в решении целого ряда проблем, связанных с оценкой различий генетических структур популяций, их дифференциации и филогенетических связей. При этом традиционно используются такие популяционно-генетические параметры как частоты аллелей и генотипов отдельных кодирующих локусов, гетерозиготность по этим локусам и мультилокусная гетерозиготность.

Обширные исследования белкового полиморфизма различных пород лошадей проводились в лаборатории генетики ФГБНУ ВНИИ коневодства. Было изучено 14362 голов лошадей 16 различных пород, в том числе арабская, владимирская, орловская и русская рысистая, американская стандартбредная, тракененская, ганноверская, французская рысистая и чистокровная верховая, а также лошади таких локальных пород как башкирская, вятская, бурятская, якутская, забайкальская и шетлендский пони (Дубровская Р.М. и соавт., 1977, 1983; 1986; Зайцев А.М., 2002; Храброва Л.А. и соавт., 2005, 2007, 2008, 2011; Целовальникова М.И., 2010; Блохина Н.В., 2010, 2011; Курняк Н.Ю., 2010, 2011; Додохов В.В., Филиппова Н.П., 2015, 2016; Чысыма Р.Б., Макарова Е.Ю., 2016).

Исследования полиморфизма одного из наиболее современных классов маркеров - микросателлитных локусов ДНК у лошадей стали проводиться относительно недавно. Первые сообщения о полиморфизме микросателлитной ДНК лошадей сделаны Ellegren H. et.al., (1992) и Bertaud M., Amigues Y. et.al., (1994). По рекомендации Международного общества генетики животных (ISAG) для оценки достоверности происхождения лошадей используется набор из 17 микросателлитных локусов. С их помощью описан полиморфизм лошадей различных заводских и локальных пород (Глазко В.И., Зелёная Л.Б., 1998; Зайцев А.М., 2002; Удина И.Г., Костюченко М.В., 2004; Сулимова Г.Е. и соавт., 2005; Храброва Л.А. и соавт., 2008, 2009; Калашников В.В. и соавт., 2011; Мельник О.В. и соавт., 2013; Гавриличева И.С. и соавт., 2017), и, в частности, лошадей якутской породы (Гурьев И.П., 2009; Калинин Л.В. и соавт., 2015; Додохов В.В., Филиппова Н.П., 2016), буденовской (Храброва Л.А. и соавт., 2012, 2016), вятской (Калиникова Л.В. и соавт., 2014), чистокровной арабской (Зайцева М.А. и соавт., 2010), орловской рысистой и тяжеловозной (Калашников В.В. и соавт., 2014), костанайской (Бейшова И.С., 2014), кабардинской (Дудуев А.С. и соавт., 2015), забайкальской (Калашников В.В., 2017), кожамбердинской (Сыдыков Д.А, Оразымбетова З.С., 2017).

Генетический полиморфизм лошадей башкирской породы по биохимическим маркерам белков и ферментов сыворотки крови был описан Л.А. Храброй (2005, 2007, 2011) и Э.Э. Юмагузиной и соавт. (2007, 2014), а относительно полиморфизма микросателлитной ДНК в доступной литературе имеется одно сообщение (Калиникова Л.В. и соавт., 2016). Поэтому сведения о генетическом разнообразии лошадей башкирской породы, позволяющие охарактеризовать её популяционно-генетическую структуру как с использованием биохимических, так и ДНК-маркеров имеют важное значение с теоретической и практической точек зрения,

Настоящее исследование выполнено в рамках НИР ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ «Разработка и внедрение основ технологии поддержания и рационального использования генофонда сельскохозяйственных животных» (2009-2014 гг., № гос. регистрации 1201058946) и «Оценка генофонда и генетического разнообразия сельскохозяйственных животных в Республике Башкортостан» (2015 -2020 гг., № гос. регистрации 115101310075).

**Цель исследования** заключается в анализе генетической структуры лошадей башкирской породы сельскохозяйственных предприятий Республики Башкортостан по полиморфным вариантам белков сыворотки крови и по микросателлитам ДНК.

Поставленная цель решалась следующими задачами:

1. На основании изучения полиморфизма сывороточных белков крови (трансферрина (*Tf*), альбумина (*Alb*) и эстеразы (*Est*) провести генетико-статистический анализ аллелофонда лошадей башкирской породы и описать генетико-популяционные параметры обобщённой популяции и каждого из внутривидовых типов в отдельности;

2. Дать оценку межлинейной генетической дифференциации;

3. Провести мониторинг генетической структуры популяций;
4. Проанализировать популяционно-генетические параметры на основании изучения генетического полиморфизма по 17 локусам микросателлитной ДНК;
5. Дать сравнительную характеристику экстерьерных показателей и молочной продуктивности лошадей ирандыкского и учалинского внутривидовых типов.
6. Дать экономическую оценку результатов исследований.

**Научная новизна.** Впервые для лошадей башкирской породы дана столь широкая характеристика генетической структуры и популяционно-генетических параметров внутривидовых типов лошадей на основании анализа аллелофонда по трём полиморфным локусам системы крови (*Tf*, *Alb* и *Est*). Проведена оценка внутривидовой межлинейной дифференциации. Описан полиморфизм лошадей башкирской породы по 17 локусам микросателлитной ДНК и проведена сравнительная оценка генетического разнообразия популяций лошадей башкирской породы, полученной при использовании биохимических и ДНК-маркеров. Проведена сравнительная характеристика экстерьерных показателей и молочной продуктивности лошадей ирандыкского и учалинского внутривидовых типов.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Проведённые исследования аллелофонда лошадей башкирской породы по 3 локусам биохимических и 17 локусам ДНК-маркеров позволили получить данные о генетической структуре субпопуляций и их внутривидовой дифференциации. Показано, что по своей генетической структуре лошади башкирской породы являются консолидированной популяцией, внутривидовые типы которой обнаруживают между собой незначительные генетические расстояния и соответственно высокое генетическое сходство. При расчёте популяционно-генетических параметров изученных внутривидовых типов установлено, что данные популяции находятся на оптимальном уровне гетерозиготности, и, соответственно, в генетическом равновесии. Использование полученных данных в практической селекции позволит контролировать и сохранить генетическое разнообразие лошадей башкирской породы.

**Методология и методы исследований.** Методологической основой данных исследований являются научные труды отечественных и зарубежных специалистов в области генетики и селекции животных. Обоснованность и достоверность полученных результатов достигалась применением как общепринятых, известных методик, так и современных молекулярно-генетических методов. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась методами вариационной статистики с использованием компьютерной программы FSTAT 2.9.3.2; генетические расстояния между популяциями рассчитывали при помощи компьютерной программы POPULATIONS 1.2.28.

### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Характеристика аллелофонда лошадей по локусам полиморфных систем крови и микросателлитов ДНК;
2. Оценка внутривидовой дифференциации на уровне субпопуляций племенных заводов;
3. Оценка генетического разнообразия и генетического равновесия субпопуляций лошадей башкирской породы с использованием двух типов генетических маркеров;
4. Характеристика экстерьерных показателей и молочной продуктивности лошадей ирандыкского и учалинского внутривидовых типов.

### **Степень достоверности и апробация результатов.**

Высокая степень достоверности результатов проведённых исследований подтверждается использованием общепринятых и современных молекулярно-генетических методов и компьютерной обработки информации. Обоснованность и достоверность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, определяется также полнотой их освещения в научных публикациях и апробацией на конференциях различного уровня. По теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 3 статьи - в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на следующих научных мероприятиях: Международных научно-практических конференциях «Аграрная наука в инновационном развитии АПК», проводимых в рамках XXV и XXVI Международных специализированных выставок «Агрокомплекс-2015», (Уфа, 15-16 марта 2015 г.) и «Агрокомплекс-2016» (Уфа, 15-17 марта 2016 г.); Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА «Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России» (Пенза, 27-28 октября 2016 г.); Международной научно-практической конференции «Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК», проводимой в рамках XXVII Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2017» (Уфа, 14-17 марта 2017 г.); XII Международной научно-практической конференции «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве» (Великие Луки, 13-14 апреля 2017 г.); 102-й научно-практической конференции студентов и аспирантов «Молодёжь – науке и практике АПК» (Витебск, 29-30 мая 2017 г.).

**Структура и объём работы.** Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, материалов и методов исследований, результатов собственных исследований и их обсуждения, заключения, предложений производству и приложений. Список использованной литературы включает 254 наименований, в т.ч. 43 - на иностранных языках. Работа изложена на 140 страницах, содержит 27 таблиц и 23 рисунка.

## 2 ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### 2.1 Материалы и методы исследований

Исследования проводили в период с 2011 по 2016 гг. в хозяйствах Республики Башкортостан и в лаборатории молекулярной генетики ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ по схеме, приведенной на рисунке 1.

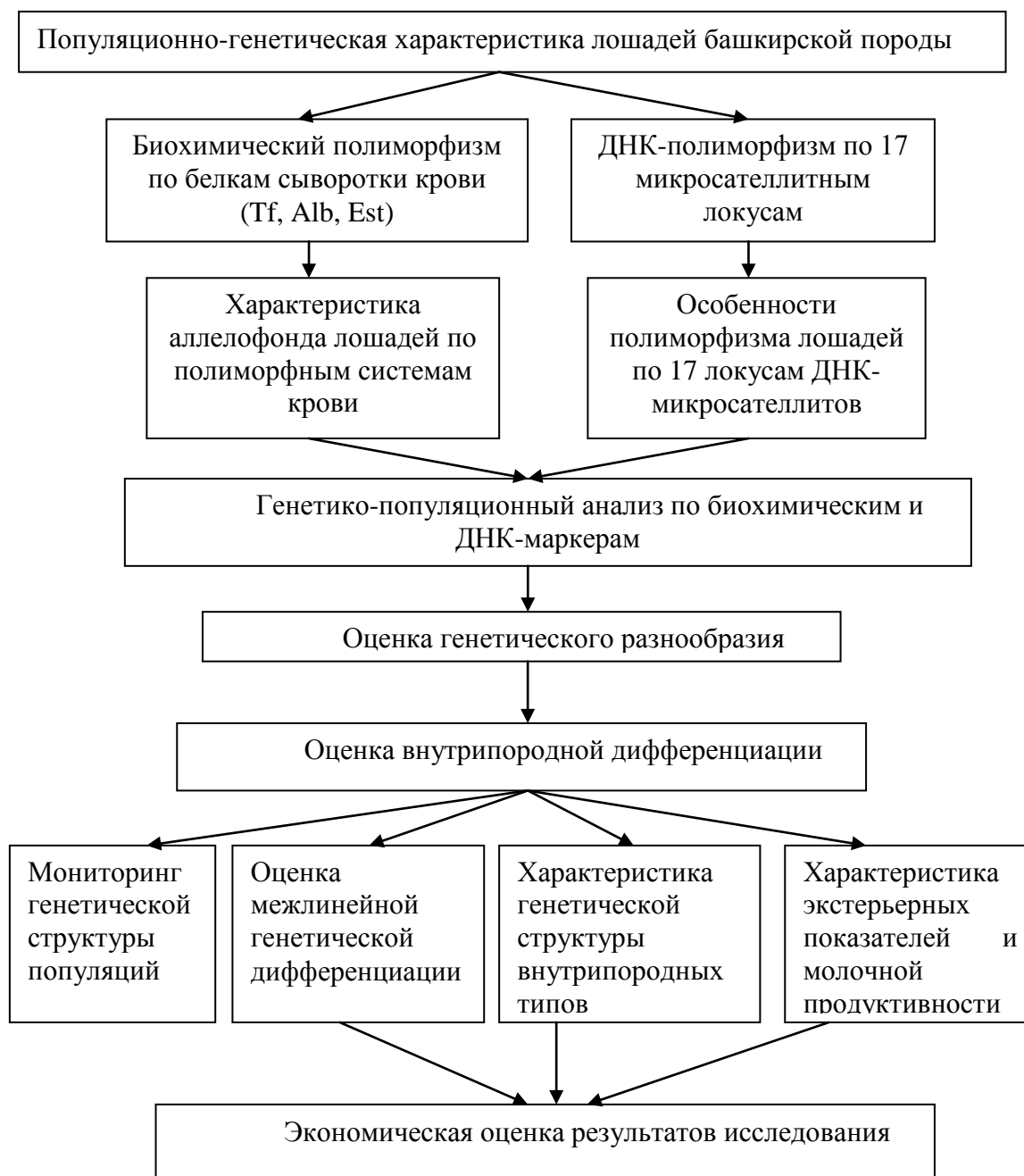


Рисунок 1 - Общая схема проведения исследований

Объектом исследования служили лошади башкирской породы (n=1923) из 33 хозяйств РБ, занимающихся их разведением.

Для оценки межлинейной генетической дифференциации служили лошади башкирской породы (n=94) ОАО «Уфимский конный завод №119» Уфимского района, принадлежащие к 5 основным генеалогическим линиям (Спектра, Гайрата, Гремучего, Малыша и Абрека). Линии выделены на основании анализа родословных племенных лошадей, записанных в 1 том Государственной племенной книги лошадей башкирской породы.

Выявление полиморфных вариантов белков и ферментов проводилось методом электрофореза в полиакриламидном геле в соответствии с методическими рекомендациями по использованию систем белков и групп крови при контроле достоверности происхождения лошадей, разработанными ВНИИ коневодства (Храброва Л.А. и соавт., 2005,2011).

Выявление полиморфизма микросателлитных локусов ДНК лошадей проводилось в лаборатории генетики ВНИИ коневодства с использованием рекомендованных Международным обществом по изучению генетики животных 17 микросателлитных локусов StockMarks for Horses (Applied Biosystems Inc.) ДНК амплифицировали на термоциклере 2720 Cycler Gene Amp PCR (Applied Biosystems Inc., США). Электрофорез продуктов амплификации осуществлялся на автоматическом 4-капиллярном генетическом анализаторе 3130 DNA Analyzer (Applied Biosystems Inc., США). Расшифровка и документирование полученных графических результатов проводилась на компьютере с помощью программного обеспечения автоматической расшифровки результатов фрагментного анализа DNA Genotyper® и Gene Mapper™.

Частоты аллелей, уровень гетерозиготности и показатели F-статистики Райта рассчитывали с использованием компьютерной программы FSTAT 2.9.3.2; генетические расстояния между популяциями рассчитывали с применением компьютерной программы POPULATIONS 1.2.28.

Генетическое сходство (S) рассчитывали по формуле:

$$S = 1 - D, \text{ где } D - \text{ генетическая дистанция.}$$

Уровень полиморфности локусов определяли по формуле:

$$Na = \frac{1}{(p_a^2 + q_b^2 + \dots)}$$

где  $p_a^2, q_b^2$  - квадраты частот по каждому аллелю (Храброва Л.А., 2005).

Дендрограмма филогенетических взаимоотношений между исследованными популяциями лошадей была построена на основании значений D, методом невзвешенных парногрупповых средних (Машуров А.М., Черкашенко В.И., 1987).

Для анализа экстерьерных показателей и молочной продуктивности лошадей, полученных при бонитировке, а также для расчёта величины коэффициента корреляции между популяционно-генетическими параметрами, использовалась компьютерная программа Microsoft Excel.

Достоверность различий между средними величинами оценивалась по критерию Стьюдента.



## 2.2 Результаты собственных исследований

### 2.2.1 Аллелофонд лошадей башкирской породы по полиморфным системам трансферрина, альбумина и эстеразы

Исследования полиморфизма сывороточных белков и фермента крови, проведены в период с 2011 по 2016 гг. в 33 хозяйствах РБ (n=1923).

Шесть аллелей локуса трансферрина (*Tf*) в разных комбинациях могут обуславливать 21 генотип (таблица 1), 6 из которых являются гомозиготными ( $Tf^{DD}$ ,  $Tf^{FF}$ ,  $Tf^{HH}$ ,  $Tf^{OO}$ ,  $Tf^{RR}$ ,  $Tf^{MM}$ ). Наиболее высокую концентрацию в исследованных популяциях имеют 4 генотипа, включающие аллель  $Tf^F$  в сочетании с другими аллелями. Это гетерозиготные генотипы:  $Tf^{FO}$  (34,14%),  $Tf^{FD}$  (17,19%),  $Tf^{FH}$  (11,35%), а также один гомозиготный  $Tf^{FF}$  (9,71%). Также довольно часто (9,27%) выявляется генотип  $Tf^{DO}$ . Остальные 15 генотипов имеют частоту менее 5% (от 0,05% до 4,35%), а генотип  $Tf^{HR}$  у исследованных башкирских лошадей не выявлен.

Таблица 1 - Частоты генотипов по локусу *Tf* у лошадей башкирской породы, %

Аллель	$Tf^D$	$Tf^F$	$Tf^H$	$Tf^O$	$Tf^R$	$Tf^M$
$Tf^D$	1,69	17,19	3,09	9,27	0,39	1,01
$Tf^F$		9,71	11,35	34,14	0,48	2,61
$Tf^H$			0,18	3,43	0	0,34
$Tf^O$				4,35	0,14	0,58
$Tf^R$					0,05	0,05
$Tf^M$						0,05

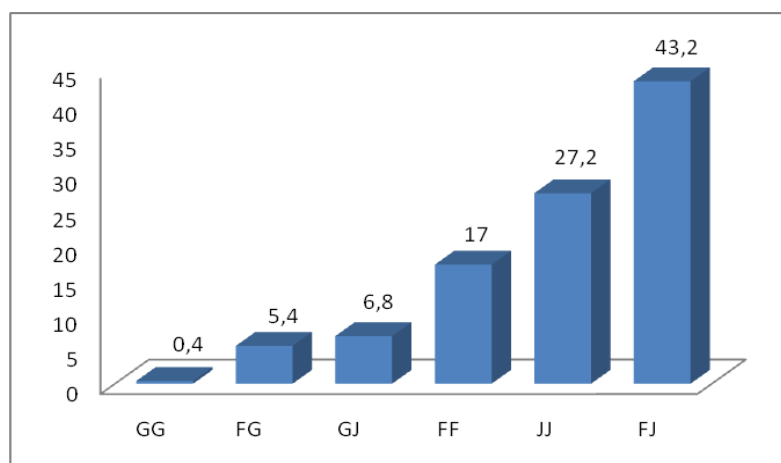


Рисунок 2 - Частоты генотипов по локусу эстеразы, %

По трехаллельному локусу эстеразы выявлено 6 генотипов (рисунок 2). Почти половина исследованных лошадей имеет гетерозиготный генотип  $Est^{FJ}$  (43,2%). Вторым по частоте является гомозиготный генотип  $Est^{JJ}$  (27,2%); третьим -  $Est^{FF}$  (17%).

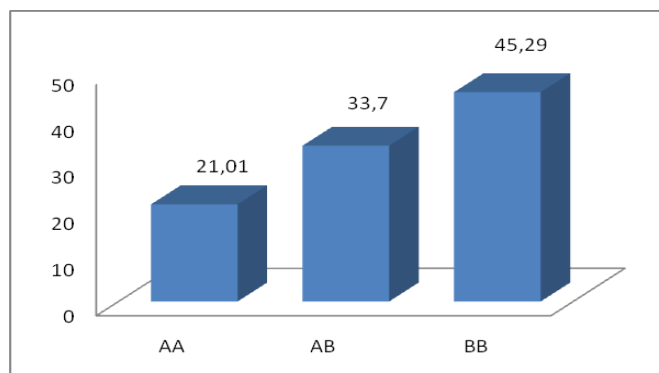


Рисунок 3 - Частоты генотипов по локусу альбумина, %

Крайне редким является генотип  $Est^{GG}$ , частота которого составляет всего 0,4%. Соответственно этому, и два других генотипа, сочетающие наряду с аллелем  $Est^G$  аллели  $Est^F$  и  $Est^J$  ( $Est^{FG}$  и  $Est^{GJ}$ ) также встречаются у лошадей башкирской породы довольно редко – 5,4% и 6,8% соответственно. В двухаллельном локусе альбумина выявлены 3 генотипа ( $Alb^{AA}$ ,  $Alb^{AB}$  и  $Alb^{BB}$ ). Из рисунка 3 следует, что названные генотипы по частоте располагаются в следующем порядке  $Alb^{BB} > Alb^{AB} > Alb^{AA}$  (45,29%, 33,70% и 21,01% соответственно).

### 2.2.2 Генетическая структура популяций лошадей по данным биохимического полиморфизма

Данные о частотах аллелей полиморфных белков являются исходным материалом для описания генетической структуры популяций, и в частности, позволяют оценить величину внутривидового инбридинга.

Таблица 2 - Популяционно-генетическая характеристика лошадей башкирской породы по данным биохимического полиморфизма

Показатель генетического разнообразия	Локус			В среднем
	<i>Alb</i>	<i>Tf</i>	<i>Est</i>	
$H_o$	0,348	0,832	0,599	0,593
$H_e$	0,460	0,691	0,466	0,539
Разница $H_o-H_e$	-0,112	0,141	0,133	0,054
$H_t$	0,474	0,709	0,468	0,557
$F_{IS}$	0,230	-0,215	-0,294	-0,093
$F_{ST}$	0,045	0,034	0,048	0,050
$F_{IT}$	0,265	-0,173	-0,232	-0,140

Примечание: Здесь и далее, в таблицах 5,6,9 -  $H_o$  – фактическая (наблюдаемая) степень гетерозиготности;  $H_e$  – ожидаемая степень гетерозиготности;  $H_t$  – общая гетерозиготность; разница  $H_o-H_e$  «+/-» - избыток/дефицит гетерозигот;  $F_{IS}$ ,  $F_{IT}$  и  $F_{ST}$  - индексы фиксации Райта

При описании средних популяционно-генетических параметров лошадей башкирской породы, представленных в таблице 2, можно отметить, что все они указывают на генетически благополучное равновесие в изученных популяциях.

Так, в целом, по всем локусам отмечается небольшое преобладание фактически наблюдаемого количества гетерозигот над теоретически ожидаемым, которое составляет 0,054. Отрицательное значение индексов  $F_{IS}$  (-0,093) и  $F_{IT}$  (-0,140) указывает на то, что в популяциях изменения частот генов (в сторону уменьшения или увеличения гетерозиготности) обусловлены не близкородственными спариваниями, а случайными (генетико-автоматическими) процессами.

### 2.2.3 Генетическая дифференциация внутривидовых типов лошадей башкирской породы

В настоящее время в башкирской породе лошадей выделяют 2 внутривидовых типа: ирандыкский (молочный, зарегистрирован в 1991 году) и учалинский (мясной, зарегистрирован в 2002 году). Генетическую основу ирандыкского типа составило потомство четырех производителей башкирской породы – Гремучего, Гайрата, Гордого и Мамаю. Учалинский тип был выведен путем скрещивания лошадей башкирской породы с производителями из Казахстана и Якутии. Третий внутривидовый тип лошадей (так называемый основной) сформирован при отдалённом прилитии крови заводских пород с последующим возвратным скрещиванием и по типу телосложения напоминает верхово-молочный тип, а по направлению продуктивности является высокомолочным.

Объектом для анализа генетической дифференциации внутривидовых типов лошадей башкирской породы служили лошади ( $n=1044$ ) из 26 хозяйств РБ (9 хозяйств представлены типичными лошадьми ирандыкского типа, 4 – учалинского и 13 – основного).

В таблицах 3 и 4 представлены частоты аллелей систем трансферрина ( $Tf$ ), альбумина ( $Alb$ ) и эстеразы ( $Est$ ) в исследованных субпопуляциях внутривидовых типов лошадей башкирской породы

Таблица 3 - Частота встречаемости аллелей систем трансферрина в исследованных субпопуляциях лошадей башкирской породы

Внутривидовый тип	N	Аллели трансферрина					
		$Tf^D$	$Tf^F$	$Tf^H$	$Tf^O$	$Tf^R$	$Tf^M$
Основной	297	0,145	0,430	0,102	0,279	0,014	0,031
Ирандыкский	453	0,128	0,440	0,117	0,296	0,001	0,018
Учалинский	294	0,243	0,400	0,139	0,213	0,003	0,002
В среднем	-	0,172	0,423	0,119	0,263	0,006	0,017

По системе трансферрина изученные популяции лошадей отличаются друг от друга незначительно, за исключением популяции учалинского типа. У лошадей данного внутривидового типа частота аллеля  $Tf^D$  (0,243) почти в два раза больше по сравнению с другими типами, в то время как частота аллеля  $Tf^M$  несколько ниже.

Таблица 4 - Частота встречаемости аллелей систем альбумина и эстеразы в исследованных субпопуляциях лошадей башкирской породы

Внутрипородный тип	N	Аллели альбумина		Аллели эстеразы		
		<i>Alb<sup>A</sup></i>	<i>Alb<sup>B</sup></i>	<i>Est<sup>F</sup></i>	<i>Est<sup>G</sup></i>	<i>Est<sup>I</sup></i>
Основной	297	0,387	0,613	0,437	0,173	0,390
Ирандыкский	453	0,353	0,647	0,387	0,177	0,435
Учалинский	294	0,277	0,723	0,392	0,150	0,458
В среднем	-	0,339	0,661	0,405	0,167	0,427

Лошади учалинского внутрипородного типа имеют также отличающиеся от других исследованных популяций частоты аллелей *Alb<sup>A</sup>* и *Alb<sup>B</sup>* системы альбумина. По частотам аллелей эстеразы каких-либо заметных различий между изученными группами не отмечается.

Генетическое разнообразие изученных типов лошадей башкирской породы охарактеризовано средней гетерозиготностью (таблица 5) и коэффициентами генной дифференциации ( $F$  – статистики Райта). Как видно из таблицы 5, все внутрипородные типы характеризуются относительно высокой степенью гетерозиготности, которая составляет в среднем от 0,576 в популяции ирандыкского типа до 0,615 в популяции лошадей основного типа.

Ожидаемая гетерозиготность ( $H_e$ ) во всех трёх изученных популяциях несколько ниже фактически наблюдаемого значения, что указывает на небольшой избыток гетерозигот. Об этом же свидетельствует и отрицательное значение индекса фиксации ( $F_{IS}$  составляет от  $-0,042$  в популяции ирандыкского типа до  $-0,085$  в популяции лошадей основного типа). Анализ степени фактической гетерозиготности в аспекте отдельных локусов показал, что минимальное её значение наблюдается в двухаллельном локусе *Alb* (от 0,255 до 0,347), а максимальное – в шестиаллельном локусе *Tf* (0,823 до 0,860)

Таблица 5 - Фактическая и наблюдаемая степени гетерозиготности изученных внутрипородных типов башкирской лошади

Внутрипородный тип	Показатели генетического разнообразия	Локусы			В среднем
		<i>Alb</i>	<i>Tf</i>	<i>Est</i>	
Основной	$H_o$	0,347	0,847	0,651	0,615
	$H_e$	0,474	0,704	0,492	0,557
	Разница $H_o-H_e$	$-0,127$	0,143	0,159	0,058
	$F_{IS}$	0,267	$-0,201$	$-0,321$	$-0,085$
Ирандыкский	$H_o$	0,304	0,823	0,603	0,576
	$H_e$	0,457	0,688	0,477	0,541
	Разница $H_o-H_e$	$-0,153$	0,135	0,126	0,035
	$F_{IS}$	0,333	$-0,196$	$-0,262$	$-0,042$
Учалинский	$H_o$	0,255	0,860	0,656	0,590
	$H_e$	0,400	0,716	0,473	0,530
	Разница $H_o-H_e$	$-0,145$	0,144	0,183	0,060
	$F_{IS}$	0,363	$-0,201$	$-0,389$	$-0,076$

В таблице 6 представлены коэффициенты F-статистик Райта, позволяющие оценить степень генетической подразделенности лошадей башкирской породы, а также вклад в нее случайных и неслучайных факторов.

При анализе внутрипопуляционной и межпопуляционной дифференциации лошадей башкирской породы с использованием F-статистик Райта, показано, что индекс  $F_{ST}$ , который служит мерой инбридинга в субпопуляциях по отношению ко всей выборке в целом, находится в пределах от 0,003 до 0,009 при среднем значении 0,006 и незначительном межлокусном разбросе величин. Это указывает на незначительные генетические различия между внутрипородными типами.

В объединённой популяции отмечается небольшой избыток гетерозигот, о чём свидетельствует отрицательное значение индекса фиксации ( $F_{IS} = -0,068$ ). Разница между наблюдаемым (0,594) и ожидаемым (0,543) значениями гетерозиготности является незначительной и составляет 0,051, что указывает на равновесное, близкое к естественным популяциям состояние объединенной популяции башкирской лошади. О равновесном состоянии популяции башкирской лошади также свидетельствует значение коэффициента  $F_{IT}$ . Его величина, измеряющая возрастание гетерозиготности за счёт случайных факторов, т.е. генетико-автоматических процессов, составляет  $-0,062$ , что практически не отличается от значения коэффициента  $F_{IS}$ .

Таблица 6 - Характеристика генетического разнообразия внутрипородных типов лошадей башкирской породы

Показатель генетического разнообразия	Локусы			В среднем
	Alb	Tf	Est	
$H_o$	0,302	0,844	0,637	0,594
$H_e$	0,445	0,704	0,481	0,543
$H_t$	0,448	0,708	0,482	0,546
$F_{IS}$	-0,199	0,318	-0,324	-0,068
$F_{IT}$	-0,192	0,325	-0,321	-0,062
$F_{ST}$	0,006	0,009	0,003	0,006
Разница $H_o - H_e$	-0,143	0,140	0,156	0,051

Самое высокое значение показателя гетерозиготности (0,844) отмечается нами в 6-ти аллельном локусе *Tf*, а самое низкое (0,302). – в двухаллельном локусе *Al*. Локус *Est* по наблюдаемому уровню гетерозиготности занимает промежуточное значение (0,637).

Поскольку величина индекса  $F_{IT}$  указывает на незначительные генетические различия между внутрипородными типами лошадей, логичным продолжением данного анализа является расчёт коэффициентов генетического сходства между ними, который показал, что все три популяции имеют достаточно высокое генетическое сходство между собой (от 0,9902 до 0,9975). Однако даже при таком высоком генетическом сходстве, можно отметить, что наиболее отдалённым от популяции основного типа лошадей является популяция, представленная лошадьми учалинского типа, а наименее –

популяция, представленная лошадьми ирандыкского типа. Коэффициент же генетического сходства между лошадьми ирандыкского и учалинского типов составляет 0,9927, т.е. имеет промежуточное значение.

#### 2.2.4 Межлинейная генетическая дифференциация лошадей башкирской породы

Основной целью предпринятого исследования является оценка разрешающей способности полиморфных белковых локусов в выявлении межлинейных различий лошадей башкирской породы.

На основании анализа родословных племенных лошадей, записанных в 1 том Государственной племенной книги лошадей башкирской породы было выделено 5 основных генеалогических линий лошади башкирской породы: Спектра, Гайрата, Гремучего, Малыша и Абрека (n=166).

Анализ генетической структуры названных линий показал, что они довольно заметно различаются по концентрации аллелей альбумина и трансферрина. Так, особенностью лошадей линии Гайрата и Спектра оказалось преобладание частоты аллеля  $Alb^B$  над аллелем  $Alb^A$  (частоты 0,64 и 0,36 соответственно), в то время как в других линиях и в среднем по породе наблюдалось обратное распределение аллелей:  $Alb^A > Alb^B$ . По локусу трансферрина аллель  $Tf^F$  наиболее часто встречался у представителей линии Гайрата, Малыша и Абрека (0,56; 0,5 и 0,48 соответственно), в то время как в линии Гремучего его частота ниже средней по всей популяции (0,42) и составляет 0,32. Вторым по частоте встречаемости является аллель  $Tf^O$ . Его частота колеблется от 0,17 в линии Гайрата до 0,36 в линии Гремучего. Самый редкий в башкирской породе аллель  $Tf^R$  присутствует только в линии Спектра с частотой 0,01. А аллель  $Tf^M$  не выявлен только у лошадей линии Гремучего.

По полиморфной системе фермента эстеразы у исследованных линий лошадей частоты трёх выявленных аллелей ( $Est^F$ ,  $Est^G$  и  $Est^J$ ) встречаются примерно с одинаковой частотой. При этом наибольшая частота отмечается для аллеля  $Est^F$  (от 0,40 до 0,51), а наименьшая – для аллеля  $Est^G$  (от 0,10 до 0,23).

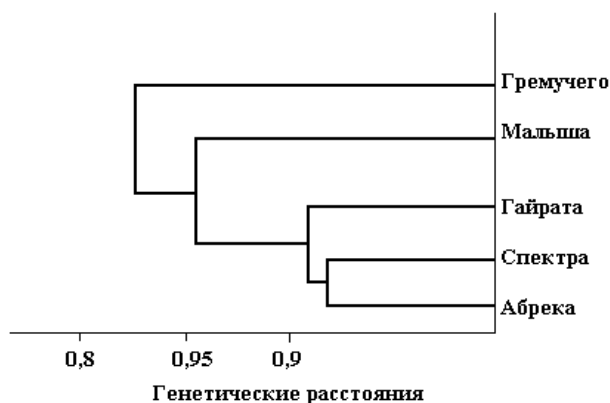


Рисунок 4 - Дендрограмма филогенетических взаимоотношений между исследованными линиями лошадей башкирской породы

Линия Спектра имеет наибольшее генетическое сходство со всеми четырьмя линиями, а именно: с линией Малыша - 0,984; Абрека - 0,979; Гайрата - 0,976; Гремучего – 0,923. Наименьшее генетическое сходство отмечается между линиями Гремучего и Абрека (0,906), а также Гайрата и Гремучего (0,898). На основании коэффициентов генетического сходства построена дендрограмма (рисунок 4) из которой следует, что по своей генетической структуре линии лошадей башкирской породы являются достаточно консолидированной группой.

## 2.2.5 Генетический мониторинг лошадей башкирской породы

Объектом исследования служили лошади башкирской породы (ирандыкский тип) из 3 племенных хозяйств (ООО «Казмаш», ООО «Якташ-Н» и СПК «Идель+») Абзелиловского района Республики Башкортостан. Впервые тестирование лошадей из названных трёх хозяйств по 3 полиморфным локусам сывороточных белков было проведено в 2011 году (n=143), повторно - в 2016 году (n=144), что позволило сравнить изменения в генетической структуре популяций за пять прошедших лет.

В таблице 7 представлены частоты аллелей систем трансферрина (*Tf*), альбумина (*Alb*) и эстеразы (*Est*) в динамике. Наиболее часто встречающимися аллелями в системе трансферрина во всех трёх исследованных племенных хозяйствах являются аллели  $Tf^F$  (0,359 – 0,528) и  $Tf^O$  (0,283 – 0,535). Наименьшая частота отмечена для аллелей  $Tf^R$  и  $Tf^M$ , которые встречаются только в одной (СПК «Идель+») из трёх исследованных популяций. По системе альбумина наиболее высока частота аллеля  $Alb^B$ ; по системе эстеразы - аллели  $Est^F$  и  $Est^J$  имеют примерно одинаковую частоту, а наиболее редким для всех трёх хозяйств является аллель  $Est^G$ .

Таблица 7 - Частота встречаемости аллелей систем трансферрина, альбумина и эстеразы в исследованных популяциях в 2011 и 2016 гг.

Локус	Аллели	ООО «Казмаш»		ООО «Якташ-Н»		СПК «Идель+»		В среднем	
		2011г. (n=52)	2016г. (n=43)	2011г. (n=53)	2016г. (n=71)	2011г. (n=38)	2016г. (n=30)	2011г. (n=143)	2016г. (n=144)
<i>Tf</i>	$Tf^D$	0,087	0,116	0,094	0,049	0,105	0,083	0,095	0,082
	$Tf^F$	0,510	0,407	0,528	0,359	0,500	0,433	0,513	0,399
	$Tf^H$	0,058	0,105	0,057	0,056	0,012	0,133	0,042	0,098
	$Tf^O$	0,346	0,372	0,321	0,535	0,289	0,283	0,319	0,397
	$Tf^R$	0	0	0	0	0,013	0	0,004	0
	$Tf^M$	0	0	0	0	0,079	0,067	0,026	0,022
<i>Alb</i>	$Alb^A$	0,227	0,372	0,340	0,451	0,237	0,383	0,268	0,402
	$Alb^B$	0,663	0,628	0,660	0,549	0,763	0,617	0,695	0,598
<i>Est</i>	$Est^F$	0,365	0,407	0,368	0,542	0,368	0,483	0,367	0,477
	$Est^G$	0,180	0,177	0,192	0,182	0,220	0,165	0,197	0,175
	$Est^J$	0,455	0,416	0,440	0,276	0,412	0,352	0,436	0,348

Данные генетического мониторинга показывают, что за период с 2011 по 2016 гг. во всех трёх хозяйствах произошло незначительное снижение частот аллелей  $Tf^F$  трансферрина и  $Est^J$  эстеразы. Частота аллеля  $Tf^H$  стала выше в двух (ООО «Казмаш» и ООО «Идель+») из трёх исследованных хозяйств; частота аллеля  $Alb^A$  повысилась во всех хозяйствах. Частоты остальных аллелей остались практически неизменными.

В 2016 году выявлена элиминация редкого для башкирской породы лошадей аллеля  $Tf^R$ , выявленного в СПК «Идель+» в 2011 году. Аллели  $Tf^R$  и  $Tf^M$  отсутствовали в ООО «Казмаш» и «Якташ-N» как в 2011, так и в 2016 гг.

Анализ динамики фактической и наблюдаемой степени гетерозиготности изученных трех популяций башкирской лошади показал, что в 2016 году, также как и в 2011 г., ожидаемая гетерозиготность ( $H_e$ ) несколько ниже фактически наблюдаемого ( $H_o$ ) значения, что указывает на незначительный избыток гетерозигот. Об этом же свидетельствует и отрицательное значение индекса фиксации ( $F_{IS} = -0,559$  в 2011 г. и  $-0,131$  – в 2016 г.). Следует отметить довольно значительный межлокусный разброс значений, а именно: в двухаллельном локусе  $Alb$ , в отличие от шестиаллельного локуса  $Tf$  и трёхаллельного локуса  $Est$  наблюдается дефицит гетерозигот, особенно выраженный в 2011 году.

## **2.3 Генетическая структура популяций лошадей башкирской породы по данным полиморфизма микросателлитных локусов ДНК**

### **2.3.1 Полиморфизм микросателлитных локусов ДНК**

Всего в 17-ти локусах микросателлитной ДНК у лошадей башкирской породы выявлено 160 аллелей (таблица 8), причём их количество составляет от 7 (локусы  $HTG4$ ,  $HTG6$ ,  $AHT5$  и  $HMS1$ ) до 16 (локус  $ASB17$ ) аллелей, при средней величине 9,41. Среднее значение генного разнообразия составляет 0,729 (от 0,573 в локусе  $HTG6$  до 0,865 в локусе  $ASB17$ ). Следует отметить, что в локусе  $ASB17$  выявлено также и наибольшее количество аллелей (16).

Корреляция между генным разнообразием локуса и количеством его аллелей является средней (0,577), т.е. генное разнообразие локуса зависит не только от количества аллелей, но и от частоты их встречаемости. Так, в локусе  $VHL20$  выявлено 9 аллелей, его генное разнообразие составляет 0,861, а в локусе  $HNS7$ , также имеющем 9 аллелей, этот показатель составляет 0,584. Уровень полиморфности, который рассчитывается по каждому локусу и в среднем по всем протестированным полиморфным локусам, является важным интегральным показателем, который характеризует число активно действующих аллелей в популяции. Из данных таблицы 8 следует, что средний уровень полиморфности локуса, рассчитанный для всей выборки, составил 5,00 единиц. Значение полиморфности ниже среднего уровня имеют локусы  $HTG4$ ,  $HMS7$ ,  $HTG6$  и  $HMS6$ . Минимальным значением числа эффективно действующих аллелей отличается локус  $HTG4$  (2,35). Максимальным уровнем



полиморфности (в порядке убывания) выделяются локусы *ASB17* (7,75), *VNL20* (7,46) *HMS1* (6,99) *ASB23* (6,17) и *ASB2* (6,06). Остальные локусы имеют значения показателя полиморфности, близкие к среднему.

Таблица 8 - Сводная характеристика полиморфизма лошадей башкирской породы по микросателлитным локусам

№п/п	Локус	Показатель полиморфизма локусов		
		количество аллелей в локусе	генное разнообразие локуса	уровень полиморфности локуса
1	<i>VHL20</i>	9	0,861	7,46
2	<i>HTG4</i>	7	0,579	2,35
3	<i>AHT4</i>	10	0,666	4,42
4	<i>HMS7</i>	9	0,584	3,32
5	<i>HTG6</i>	7	0,573	3,03
6	<i>AHT5</i>	7	0,675	5,37
7	<i>HMS6</i>	8	0,753	3,98
8	<i>ASB23</i>	11	0,684	6,17
9	<i>ASB2</i>	11	0,812	6,06
10	<i>HTG10</i>	9	0,740	4,31
11	<i>HTG7</i>	8	0,736	3,98
12	<i>HMS3</i>	9	0,763	4,54
13	<i>HMS2</i>	9	0,789	5,03
14	<i>ASB17</i>	16	0,865	7,75
15	<i>LEX3</i>	12	0,806	5,58
16	<i>HMS1</i>	7	0,736	6,99
17	<i>CA425</i>	11	0,770	4,65
В среднем на локус		9,41	0,729	5,00

Корреляция между генным разнообразием локуса и уровнем его полиморфности является высокой и составляет 0,758, т.е. генное разнообразие коррелирует не только с количеством аллелей в локусе, но и с наличием редких (приватных) аллелей. Такие приватные аллели, встречающиеся только в одной из 7 исследованных популяций выявлены в локусах: *HTG4* (аллель *N* с частотой 0,017); *AHT4* (аллель *R* с частотой 0,017); *HMS7* (аллели *G* с частотой 0,028 и *P* с частотой 0,045); *ASB23* (аллель *G* с частотой 0,028); *ASB2* (аллель *B* с частотой 0,050); *LEX3* (аллель *J* с частотой 0,017 и аллель *Q* с частотой 0,077); *CA425* (аллель *K* с частотой 0,017 и аллель *P* с частотой 0,045).

В локусе *HTG4*, имеющем 7 аллелей и наименьший уровень полиморфности (2,35) частота аллеля *M* в 7 исследованных популяциях составляет более 50% (от 0,528 в АФ «Байрамгул» до 0,714 в ООО «Юлдаш» Учалинского района РБ). А в локусе *VHL20*, имеющем всего на 2 аллеля больше и самый высокий уровень полиморфности (7,46), не выявлено аллелей, которые встречались бы с частотой более 20%.

### 2.3.2 Генетическая структура популяции лошадей по данным полиморфизма микросателлитных локусов

Популяционно-генетические характеристики лошадей башкирской породы, полученные на основании анализа полиморфизма микросателлитной ДНК представлены в таблице 9.

В объединённой популяции отмечается небольшой избыток гетерозигот, о чём свидетельствует и отрицательное значение индекса фиксации ( $F_{IS} = -0,015$ ). Разница между наблюдаемым (0,734) и ожидаемым (0,725) значениями гетерозиготности является очень незначительной (0,009), что указывает на равновесное, близкое к естественным популяциям состояние объединённой популяции башкирской лошади. Индекс  $F_{ST}$  находится в пределах от 0,030 до 0,081 при среднем значении 0,056 и незначительном межлокусном разбросе величин. Наибольший вклад в коэффициент генетической дифференциации внесли локусы, показатель ожидаемой гетерозиготности которых выше наблюдаемой: *ASB23* ( $F_{ST}=0,081$ ), *LEX3* ( $F_{ST}=0,076$ ) и *ASB23* ( $F_{ST}=0,071$ ). Наименьший вклад в коэффициент генетической дифференциации отмечен для локусов *HTG4* ( $F_{ST}=0,032$ ) и *HMS6* ( $F_{ST}=0,030$ ).

Таблица 9 - Популяционно-генетическая характеристика лошадей башкирской породы по данным полиморфизма локусов микросателлитной ДНК

Локус	Генетическое разнообразие						
	$H_O$	$H_E$	$H_T$	$H_O - H_E$	$F_{IS}$	$F_{ST}$	$F_{IT}$
<i>VHL20</i>	0,856	0,823	0,864	0,033	-0,040	0,047	0,008
<i>HTG4</i>	0,562	0,554	0,573	0,008	-0,013	0,032	0,019
<i>AHT4</i>	0,749	0,724	0,777	0,025	-0,035	0,067	0,035
<i>HNS7</i>	0,734	0,657	0,698	0,077	-0,117	0,058	-0,052
<i>HTG6</i>	0,684	0,634	0,669	0,050	-0,079	0,052	-0,022
<i>AHT5</i>	0,874	0,757	0,813	0,117	-0,154	0,068	-0,075
<i>HMS6</i>	0,852	0,725	0,748	0,127	-0,175	0,030	-0,140
<i>ASB23</i>	0,682	0,767	0,835	-0,085	0,111	0,081	0,183
<i>ASB2</i>	0,764	0,774	0,834	-0,010	0,014	0,071	0,084
<i>HTG10</i>	0,742	0,709	0,753	0,033	-0,045	0,058	0,016
<i>HTG7</i>	0,706	0,702	0,740	0,004	-0,005	0,051	0,046
<i>HMS3</i>	0,698	0,726	0,764	-0,028	0,039	0,049	0,086
<i>HMS2</i>	0,823	0,757	0,801	0,066	-0,086	0,054	-0,027
<i>ASB17</i>	0,790	0,824	0,882	-0,034	0,042	0,065	0,105
<i>LEX3</i>	0,565	0,759	0,821	-0,194	0,254	0,076	0,311
<i>HMS1</i>	0,691	0,701	0,734	-0,010	0,013	0,043	0,057
<i>CA425</i>	0,719	0,734	0,785	-0,015	0,019	0,065	0,083
В среднем	0,734	0,725	0,770	0,009	-0,015	0,056	0,040

В таблице 10 представлены коэффициенты генетических расстояний (правая верхняя часть таблицы) и генетического сходства (левая нижняя часть таблицы) между изученными популяциями лошадей башкирской породы, рассчитанные по данным полиморфизма микросателлитных локусов.

Таблица 10 - Генетические расстояния между популяциями башкирской лошади

Генетическое расстояние

Популяция	1	2	3	4	5	6	7
1	****	0,129	0,178	0,122	0,122	0,119	0,084
2	0,874	****	0,217	0,177	0,157	0,154	0,119
3	0,822	0,783	****	0,245	0,240	0,207	0,156
4	0,878	0,823	0,755	****	0,181	0,162	0,143
5	0,878	0,843	0,760	0,819	****	0,179	0,112
6	0,881	0,846	0,793	0,838	0,821	****	0,120
7	0,916	0,881	0,844	0,857	0,888	0,880	****

Генетическое сходство

Примечание: Цифрами обозначены следующие популяций: 1-АФ «Байрамгул» Учалинский р-н; 2- КФ Идиатуллина Иглинский р-н; 3 - ООО «Колонсак» Баймакский р-н; 4 - ООО «Юлдаш» Учалинский р-н; 5- ООО «Казмаш» Абзелиловский р-н; 6 - ООО «Якташ-Н» Абзелиловский р-н; 7- ГЗК «Уфимская»

Наибольшее генетическое сходство (0,916) отмечено между лошадьми из АФ «Байрамгул» Учалинского района и ГЗК «Уфимская», а наименьшее (0,755) - между ООО «Колонсак» Баймакского района и ООО «Юлдаш» Учалинского района РБ. Остальные исследованные популяции находятся в отношении друг друга практически на равноудалённых расстояниях (от 0,793 до 0,881), что наглядно отражает дендрограмма генетического сходства между ними, построенная методом невзвешенных парногрупповых средних на основании значений D (рисунок 5).

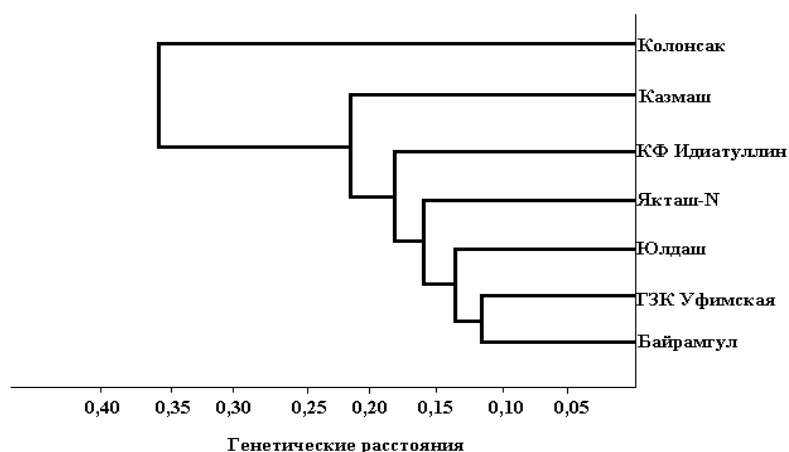


Рисунок 5 - Дендрограмма филогенетических взаимоотношений между исследованными популяциями лошадей башкирской породы по данным полиморфизма микросателлитных локусов

Из представленной дендрограммы видно, что по уровню генетического сходства не выделено отдельных, значительно отличающихся друг от друга кластеров, а все изученные субпопуляции являются достаточно консолидированной группой.

## 2.4 Характеристика экстерьерных показателей башкирской лошади

В данном разделе приведены результаты сравнительного анализа экстерьерных показателей лошадей ирандыкского и учалинского внутривидовых типов.

В качестве типичных представителей служили лошади племенных хозяйств: ирандыкского типа - ООО «Пегас» Баймакского района, а учалинского – АФ «Байрамгул» Учалинского района РБ. Данные о промерах и молочной продуктивности получены при бонитировке, проводимой в племенных хозяйствах ежегодно. Бонитировка проводилась для полновозрастных лошадей. Для более полной характеристики изученных внутривидовых типов приводятся данные Государственной книги племенных лошадей башкирской породы.

Анализ экстерьерных показателей лошадей из названных хозяйств показал, что и жеребцы и кобылы как ирандыкского, так и учалинского внутривидовых типов превышают стандарт породы по всем основным промерам. Так, кобылы и жеребцы ирандыкского типа по сравнению со стандартом имеют высоту в холке и косую длину туловища на 4 см больше, обхват груди – на 6 см, обхват пясти – на 0,6 см. Также выше у них и живая масса. Такое же примерно отношение к стандарту имеют и жеребцы ирандыкского типа. Однако лошади ООО «Пегас» несколько проигрывают по размерам лошадям из ГКП. По косой длине туловища, обхвату груди, а также по живой массе различия как у жеребцов, так и у кобыл являются достоверными.

Лошади учалинского типа, описанные в ГКП, значительно крупнее лошадей АФ «Байрамгул» по обхвату груди и живой массе. Остальные промеры у них практически совпадают.

При сравнении двух внутривидовых типов между собой можно отметить, что кобылы и жеребцы учалинского типа выше таковых ирандыкского типа на 2 см и 5 см соответственно; по косой длине туловища кобылы не различаются, а учалинские жеребцы на 2 см короче ирандыкских; по обхвату груди учалинские жеребцы на 2 см крупнее ирандыкских, а кобылы не отличаются по данному параметру. Некоторые различия между двумя типами имеются по живой массе, а именно: учалинские кобылы тяжелее ирандыкских на 21 кг, а жеребцы, напротив – легче на 10 кг. Индексы телосложения как ирандыкского, так и учалинского внутривидовых типов либо полностью совпадают со стандартом лошадей башкирской породы, либо отличаются от стандарта чуть более, чем на 1%. Так, ирандыкские жеребцы и учалинские кобылы превышают стандарты своих внутривидовых типов по индексу формата на 1,5%. Индекс компактности ирандыкских жеребцов и учалинских кобыл больше стандарта на 1,3%, учалинские жеребцы имеют индекс компактности на 3,5% больше стандарта.

Молочная продуктивность лошадей обоих внутривидовых типов значительно превышает требования стандарта. Так, учалинский тип имеет молочную продуктивность на 362 кг, а ирандыкский – на 692 кг больше

стандарта башкирской породы. Также значительно и достоверно ( $p < 0,001$ ) различается и молочная продуктивность двух внутрипородных типов между собой, а именно: ирандыкский тип обильномолочнее учалинского на 330 кг. Вместе с тем, ни один из описанных нами внутрипородных типов, несколько не дотягивает до показателей, имеющих в ГКП лошадей башкирской породы.

## 2.5 Экономическая оценка результатов исследований

Оценка экономической эффективности производства кумыса от кобыл двух внутрипородных типов (таблица 11) показала, что в результате разной молочной продуктивности две сравниваемые группы различаются и по объёму произведённого кумыса (на 1 581,2 кг в пользу кобыл ирандыкского типа), поэтому и себестоимость производства 1 кг кумыса у них ниже (54,4 руб.) по сравнению с производством кумыса от кобыл учалинского типа (63,5 руб.) Соответственно, и рентабельность производства кумыса от кобыл ирандыкского внутрипородного типа (47,1%) почти вдвое (на 21,2%) выше по сравнению с таковой от кобыл учалинского внутрипородного типа (25,9%).

Таблица 11 - Экономическая оценка результатов исследований

Показатель	Внутрипородный тип	
	ирандыкский	учалинский
Поголовье кобыл, гол.	10	10
Молочная продуктивность, кг	2292,2±8,1	1962,5±9,5
Валовое производство молока, кг	22 922	9 625
Валовое производство кумыса, кг	11 002,6	9 421,4
Затраты - всего, руб.	598	598
Себестоимость 1 кг кумыса, руб.	54,4	63,5
Общая себестоимость произведённого кумыса, руб	598 541,4	598 258,9
Цена реализации 1 кг кумыса, руб.	80,0	80,0
Выручка от реализации, руб.	880 208	753 712
Прибыль, руб.	281 666,6	155 453,1
Рентабельность, %	47,1	25,9

## 3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведённых исследований и их анализ позволяют сделать следующие выводы:

1. По системе трансферрина наиболее часто встречающимся аллелем у лошадей башкирской породы является аллель  $Tf^F$ . Его частота в среднем

составляет 0,422 и колеблется от 0,242 до 0,546. Вторым по частоте аллелем является  $Tf^O$ , средняя частота которого по всей выборке составляет 0,265 с диапазоном от 0,183 до 0,389. Самую низкую концентрацию (0,023 и 0,006 соответственно), имеют аллели  $Tf^M$  и  $Tf^R$  причём аллель  $Tf^M$  не выявлен ровно у половины исследованных популяций, а аллель  $Tf^R$  идентифицирован только в 9 популяциях из 33.

По системе альбумина преобладающим по частоте аллелем является аллель  $Alb^B$ , средняя частота которого по всем хозяйствам составила 0,623.

По трёхаллельной системе эстеразы, аллели  $Est^F$  и  $Est^J$  имеют примерно одинаковую частоту встречаемости (0,405 и 0,427 соответственно)

2. Три популяции, представленные внутривидовыми типами лошадей башкирской породы, характеризуются высокой степенью гетерозиготности, которая составляет в среднем от 0,576 в популяции ирандыкского внутривидового типа лошадей до 0,615 в популяции лошадей основного типа.

При анализе внутривидовой и межвидовой дифференциации популяций лошадей башкирской породы на основании изучения биохимического полиморфизма с использованием F-статистик Райта, показано равновесное, близкое к естественным популяциям состояние объединенной популяции башкирской лошади.

3. Анализ межвидовой генетической дифференциации показал, что линия Спектра имеет наибольшее генетическое сходство со всеми четырьмя линиями, а именно: с линией Малыша - 0,984; Абрека - 0,979; Гайрата - 0,976; Гремучего – 0,923. Наименьшее генетическое сходство отмечается между линиями Гремучего и Абрека (0,906), а также Гайрата и Гремучего (0,898). Это указывает на то, что по своей генетической структуре линии лошадей башкирской породы являются достаточно консолидированной группой.

4. Данные генетического мониторинга показывают, что за период с 2011 по 2016 гг. в трёх исследованных хозяйствах произошло незначительное снижение частот аллелей  $Tf^F$  трансферрина и  $Est^J$  эстеразы. Частота аллеля  $Tf^H$  стала выше в двух (ООО «Казмаш» и ООО «Идель+») из трёх исследованных хозяйств; частота аллеля  $Alb^A$  повысилась во всех хозяйствах. Частоты остальных аллелей остались практически неизменными. В 2016 году выявлена элиминация редкого для башкирской породы лошадей аллеля  $Tf^R$ , выявленного в СПК «Идель+» в 2011 году.

5. Всего в 17-ти локусах микросателлитной ДНК лошадей башкирской породы идентифицировано 160 аллелей, причём их количество составляет от 7 (локусы *HTG4*, *HTG6*, *ANT5* и *HMS1*) до 16 (локус *ASB17*) аллелей, при средней величине 9,41. Среднее значение генного разнообразия составляет 0,729 (с диапазоном от 0,573 до 0,865). В локусе *ASB17* выявлено наибольшее количество аллелей (16). Корреляция между генным разнообразием локуса и количеством его аллелей является средней (0,577).

6. При анализе полиморфизма микросателлитных локусов, также как и анализе биохимического полиморфизма, показано, что наблюдаемое значение

гетерозиготности (0,734) в популяции башкирской лошади чуть превышает ожидаемое (0,725), что указывает на равновесие её генетической структуры

7. Наибольшее генетическое сходство по данным полиморфизма микросателлитных локусов (0,916) отмечено между лошадьми из АФ «Байрамгул» Учалинского района и ГЗК «Уфимская», а наименьшее (0,755) - между ООО «Колонсак» Баймакского района и ООО «Юлдаш» Учалинского района РБ. Остальные исследованные популяции находятся в отношении друг друга практически на равноудалённых расстояниях (от 0,793 до 0,881), что указывает на то, что все изученные субпопуляции являются достаточно консолидированной группой.

8. Индексы телосложения (формата, компактности и костистости) как ирандыкского, так и учалинского внутривидовых типов либо полностью совпадают со стандартом лошадей башкирской породы либо отличаются от стандарта чуть более, чем на 1%. Различия между двумя внутривидовыми типами отмечаются только у жеребцов по индексу формата, который на 2,9% больше у ирандыкских по сравнению с учалинскими.

9. Рентабельность производства кумыса от кобыл ирандыкского внутривидового типа (47,1%) почти вдвое (на 21,2%) выше по сравнению с таковой от кобыл учалинского внутривидового типа (25,9%).

### **Предложение производству**

С целью сохранения уникального генофонда и поддержания генетического разнообразия лошадей башкирской породы следует проводить генотипирование лошадей по биохимическим и ДНК-маркерам, а также осуществлять мониторинг генетической структуры популяций.

### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

Дальнейшая разработка настоящей темы является перспективной в плане мониторинга генетической структуры популяций лошадей башкирской породы с целью сохранения их генетического разнообразия. Изучение полиморфизма белков и ферментов сыворотки крови и ДНК полиморфизма необходимо также для проведения оценки достоверности племенных лошадей и их генетической паспортизации.

### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

#### **В журналах, рекомендованных ВАК РФ:**

1. **Ниятшин Ф.И.** Генеалогическая структура дойного табуна лошадей башкирской породы/ **Ф.И. Ниятшин, Н.А. Маершина, И.Ю. Долматова** //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2015.- №5 (55).- С.156-158.

2. Долматова, И.Ю. Аллелофонд лошадей башкирской породы по полиморфным системам крови/И.Ю. Долматова, **Ф.И. Ниятшин** //Вестник

Башкирского государственного аграрного университета. - 2017. - №1 (41). – С. 23-28.

3. Долматова, И.Ю. Популяционно-генетическая характеристика лошадей башкирской породы по микросателлитам ДНК/ И.Ю. Долматова, **Ф.И. Ниятшин**, Р.Ф. Уразбахтин // Коневодство и конный спорт. - 2017.- №4. - С.18-21.

**В других изданиях:**

4. **Ниятшин, Ф.И.** Анализ генетической структуры лошадей башкирской породы по полиморфным белкам и ферментам крови / **Ф.И. Ниятшин**, И.Ю. Долматова, И.Н. Ганиева //Аграрная наука в инновационном развитии АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции в рамках XXV Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2015». -Уфа: Башкирский ГАУ, 2015. - С.139-142.

5. Ганиева, И.Н. Межлинейная дифференциация лошадей башкирской породы /И.Н Ганиева, **Ф.И. Ниятшин**, И.Ю. Долматова //Аграрная наука в инновационном развитии АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции в рамках XXVI Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2016». - Уфа: Башкирский ГАУ, 2016. - ч.II. - С. 58-62.

6. Алтынаманова, Г.Р. Генетический полиморфизм белков сыворотки крови у лошадей башкирской породы / Г. Р. Алтынаманова, **Ф. И. Ниятшин** // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России: сборник материалов Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященная 65-летию ФГБОУ ВО Пензенская ГСХА / Пенза: РИО ПГСХА, 2016. - Т.1.- С.186-189.

7. Долматова, И.Ю. Полиморфизм лошадей башкирской породы по микросателлитам ДНК / И.Ю Долматова, **Ф.И. Ниятшин** //Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК: сборник материалов Международной научно-практической конференции а рамках XXVII Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2017».- Уфа: Башкирский ГАУ, 2017. - С. 20-23.

8. **Ниятшин, Ф.И.** Молочная продуктивность кобыл башкирской породы /**Ф.И. Ниятшин**, Г.Р. Алтынаманова // Молодёжь – науке и практике АПК: сборник материалов 102-й научно-практической конференции студентов и аспирантов. - Витебск: РИО ВГАВМ, 2017. - С.91-92.

9. Алтынаманова, Г.Р. Сравнительная характеристика экстерьера различных заводских типов лошадей башкирской породы / Г.Р. Алтынаманова, **Ф.И. Ниятшин**, И.Ю. Долматова //Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции. - Великие Луки: Великолукская ГСХА, 2017. - С.98- 102.

10. **Ниятшин, Ф.И.** Генетический мониторинг лошадей башкирской породы/ **Ф.И. Ниятшин**, И.Ю. Долматова // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: сборник материалов XII Международной научно-практической конференции. - Великие Луки: Великолукская ГСХА, 2017. - С.154-159.