

Л. В. Калинкова, А. Е. Шемарыкин

Генетическая характеристика внутрипородных типов чистокровных арабских лошадей в России

Аннотация. Арабская лошадь — старейшая в мире культурная порода быстроаллюрных лошадей. Традиционно арабских лошадей разводили «в чистоте» на протяжении веков, без использования крови других пород. В наши дни чистокровные арабские лошади очень популярны во многих странах. Арабских лошадей разводят для специализированных шоу, конного спорта, гладких скачек и пробегов на длинные дистанции. Несмотря на общность происхождения всех чистокровных арабских лошадей, порода не однотипна, так как исторически критерии отбора при разведении в отдельных регионах могут значительно различаться. Современная популяция чистокровных арабских лошадей в России сформировалась в результате племенного использования ограниченного числа животных, импортированных в 20 веке, в основном из Франции, Англии и Польши. Российские коннозаводчики выделяют 4 внутрипородных типа чистокровных арабских лошадей, различающихся по морфологическим и физиологическим признакам: сиглави, кохейлан, кохейлан-сиглави и хадбан. Целью данного исследования было изучение генетической изменчивости 4-х внутрипородных типов чистокровных арабских лошадей российской популяции с использованием ДНК-маркеров. Было проведено генотипирование 263 лошадей производящего состава с использованием 17 микросателлитных маркеров: AHT4, AHT5, ASB2, ASB17, ASB23, CA425, HMS1, HMS2, HMS3, HMS6, HMS7, HTG4, HTG6, HTG7, HTG10, LEX3, VHL20. Всего в 17 локусах было идентифицировано 100 аллелей. Самый высокий уровень генетического разнообразия был обнаружен в группе лошадей типа хадбан. Самый низкий уровень генетического разнообразия был обнаружен в группе лошадей, принадлежащих к типу кохейлан-сиглави.

Ключевые слова: чистокровные арабские лошади; внутрипородные типы; генетическое разнообразие; ДНК; микросателлиты.

Авторы:

Калинкова Л. В. — кандидат сельскохозяйственных наук; e-mail: labgenetics79@gmail.com;

Шемарыкин А. Е. — научный сотрудник; e-mail: arabvniik@mail.ru.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства»; 391105, Россия, Рязанская область, Рыбновский р-он, п. Дивово.

Введение. Чистокровная арабская порода — древнейшая в мире культурная порода быстроаллюрных лошадей. Традиционно арабская порода веками разводится «в чистоте», без использования прилития крови других пород. Арабские лошади хорошо узнаваемы благодаря своему уникальному внешнему виду, утонченной красоте и грациозным движениям, а также высоко ценятся во всем мире за выдающуюся выносливость. Чистокровные арабские лошади широко использовались в создании новых и улучшении существующих конских пород. Арабы с успехом участвуют в различных видах конного спорта, но, как правило, доминируют в пробегах на длинные дистанции благодаря своей необычайной выносливости.

В наши дни чистокровная арабская порода пользуется большой популярностью во многих странах, арабские лошади используются в конном спорте, гладких скачках и в специализированных шоу. Наиболее известны популяции чистокровных арабских лошадей стран Ближнего Востока, Европы (Англия, Франция, Польша, Испания, Россия) и США. Несмотря на общность происхождения чистокровных арабских лошадей, порода не однотипна, так как исторически критерии отбора при разведении в отдельных регионах могут значительно различаться. Изучение внутрипородного генетического разнообразия показало более высокий уровень вариабельности в популяциях чистокровных арабских лошадей, разводимых в стра-

нах Ближнего Востока, т.е. на исторической родине этой древнейшей породы [1–4]. Многочисленные генетические исследования популяций чистокровных арабских лошадей, разводимых в США и Европе, демонстрируют низкий уровень генетического разнообразия и распространение ряда рецессивных мутаций, детерминирующих наследственные заболевания [5].

Современная популяция чистокровных арабских лошадей России сложилась в результате племенного использования ограниченного числа животных-родоначальников, импортированных в XX веке, главным образом, из Франции, Англии и Польши [6]. Арабские лошади «русской» селекции получили большую популярность и международное признание в период 1970-х и 1980-х гг. В 1970 году в Терском конном заводе был проведен первый международный аукцион по продаже чистокровных арабских лошадей, ставший впоследствии традиционным. Рожденные в России арабские лошади высоко ценились зарубежными специалистами. В 1981 жеребец Песняр был продан на аукционе за 1 млн. долларов, в 1985 году за жеребца Пеленга было заплачено 2,35 млн. долларов. Нужно отметить, что наибольшим спросом у покупателей в этот период пользовались лошади с выдающимися экстерьерными данными: яркие, нарядные, породные, с гармоничным телосложением.

В российском коннозаводстве принято различать 4 внутрипородных типа чистокровных арабских лошадей, значительно различающихся по морфологическим и физиологическим характеристикам: сиглави, кохейлан, кохейлан-сиглави и хадбан [6,7].

Лошади типа сиглави отличаются ярко выраженной породностью и гармоничностью сложения, средним ростом и нежной плотной конституцией. Обладая красотой внешних форм, сиглави, как правило, не отличаются хорошим качеством движений и имеют неудовлетворительные скаковые способности. Типичными представителями типа сиглави были известные жеребцы-производители Насим и Асуан. Насим был куплен в конном заводе «Краббет Парк» (Англия) в 1936 году и использовался в Терском конном заводе в течение 14 лет, оказав значительное влияние на распространение в породе лошадей типа сиглави. Жеребец Асуан был подарен в 1963 году Генеральному секретарю ЦК КПСС Н. С. Хрущеву президентом Египта Абделем Насером и получил в нашей стране широкое племенное использование, став доминирующим в породе производителем.

Лошади типа кохейлан характеризуются массивным телосложением, костистостью и крепкой

конституцией, красивыми производительными движениями и удовлетворительными скаковыми способностями. Типичным кохейланом был жеребец-производитель Аракс (линии Амурата), выведенный в Польше в 1958 году и оставивший значительный след в российской популяции. Типичными кохейланами были выдающиеся жеребцы Песняр и Пеленг, проданные на международном аукционе по рекордным ценам.

Представители промежуточного типа кохейлан-сиглави сочетают в себе лучшие качества исходных типов: костистость, работоспособность и хорошее качество движений кохейланов с породностью и сухостью сиглави. Типичным представителем данного типа был рожденный в 1971 году в Терском конном заводе жеребец Мускат, ставший впоследствии национальным чемпионом США и Канады.

Лошади типа хадбан отличаются слабовыраженной породностью, более крупным ростом, хорошим строением рычагов и развитием мускулатуры, а также лучшей в породе скаковой работоспособностью [7]. Типичным хадбаном являлся выведенный в 1930 году во Франции жеребец Канн (линии Латифа), который характеризовался как лошадь с широкой и глубокой грудью, длинным, широким крупом, хорошо развитой мускулатурой и крепкими сухими конечностями [6]. Канн в течение 13 лет использовался в Терском конном заводе в качестве ведущего производителя и оставил многочисленное потомство. Лучшим сыном Канны признан жеребец Корей, ставший родоначальником самостоятельной мужской линии в породе. В 1999 году Терский конный завод взял в аренду на 2 года жеребца-производителя французской селекции Нугатина (линии Латифа), давшего в нашей стране успешно скакавших лошадей типа хадбан во главе с рекордистом Нониусом. Рост популярности скачек для лошадей чистокровной арабской породы в начале XXI века способствовал широкому использованию потомков Нугатина в племенной работе, а также дальнейшему импорту жеребцов французской селекции. Известно, что арабское коннозаводство Франции имеет скаковое направление, при котором единственным критерием отбора является успех лошадей на скаковой дорожке ипподрома. Селекция арабских лошадей в нашей стране исторически была сосредоточена на поддержании как скаковых, так и спортивных качеств с сохранением желаемого типа породы.

Актуальность темы. Популяция чистокровных арабских лошадей, разводимых в России, является немногочисленной, поэтому актуальным является вопрос о поддержании в ней генетического

разнообразия и сохранения сложившихся ценных внутрипородных типов. Один из эффективных современных методов изучения особенностей популяций и оценки генетического разнообразия в них основан на использовании высокоинформативных микросателлитных маркеров ДНК.

Цель исследования — изучение генетических особенностей культивируемых в России внутрипородных типов чистокровных арабских лошадей с использованием данных генотипирования по 17 микросателлитным маркерам.

Материалы и методы. Материалом для исследований послужили образцы ДНК и результаты визуальной оценки по внутрипородным типам 263 взрослых лошадей чистокровной арабской породы, в том числе 149 жеребцов и 114 маток из числа использовавшихся в разведении в Российской Федерации в период с 2006 по 2019 гг. ДНК выделялась из волосяных луковиц, цельной крови и криоконсервированной спермы с помощью коммерческого набора «ExtraGene™ DNA Prep 200»

(ООО «Лаборатория Изоген», Москва) в соответствии с рекомендациями производителя. Генотипирование проводилось с использованием коммерческого набора для генотипирования лошадей COrDIS Horse (ООО «ГОРДИЗ», Москва), включающего 17 микросателлитных маркеров: АНТ4, АНТ5, ASB2, ASB17, ASB23, CA425, HMS1, HMS2, HMS3, HMS6, HMS7, НТG4, НТG6, НТG7, НТG10, LEX3, VHL20. Разделение и детекция продуктов амплификации проводилась методом капиллярного электрофореза на генетическом анализаторе AB 3130 (Applied Biosystems), с размерным стандартом COrDIS S550 (ООО «ГОРДИЗ», Москва). Обработка результатов электрофореза осуществлялась в программе GeneMapper™ V.4 с использованием профиля контрольной ДНК с известным генотипом и данных международных сравнительных тестирований лошадей (Horse Comparison Tests), проводимых ISAG. Генетико-популяционный анализ проводился с определением числа аллелей в каждом локусе (A), эффективного числа аллелей (Ae), значений ожи-

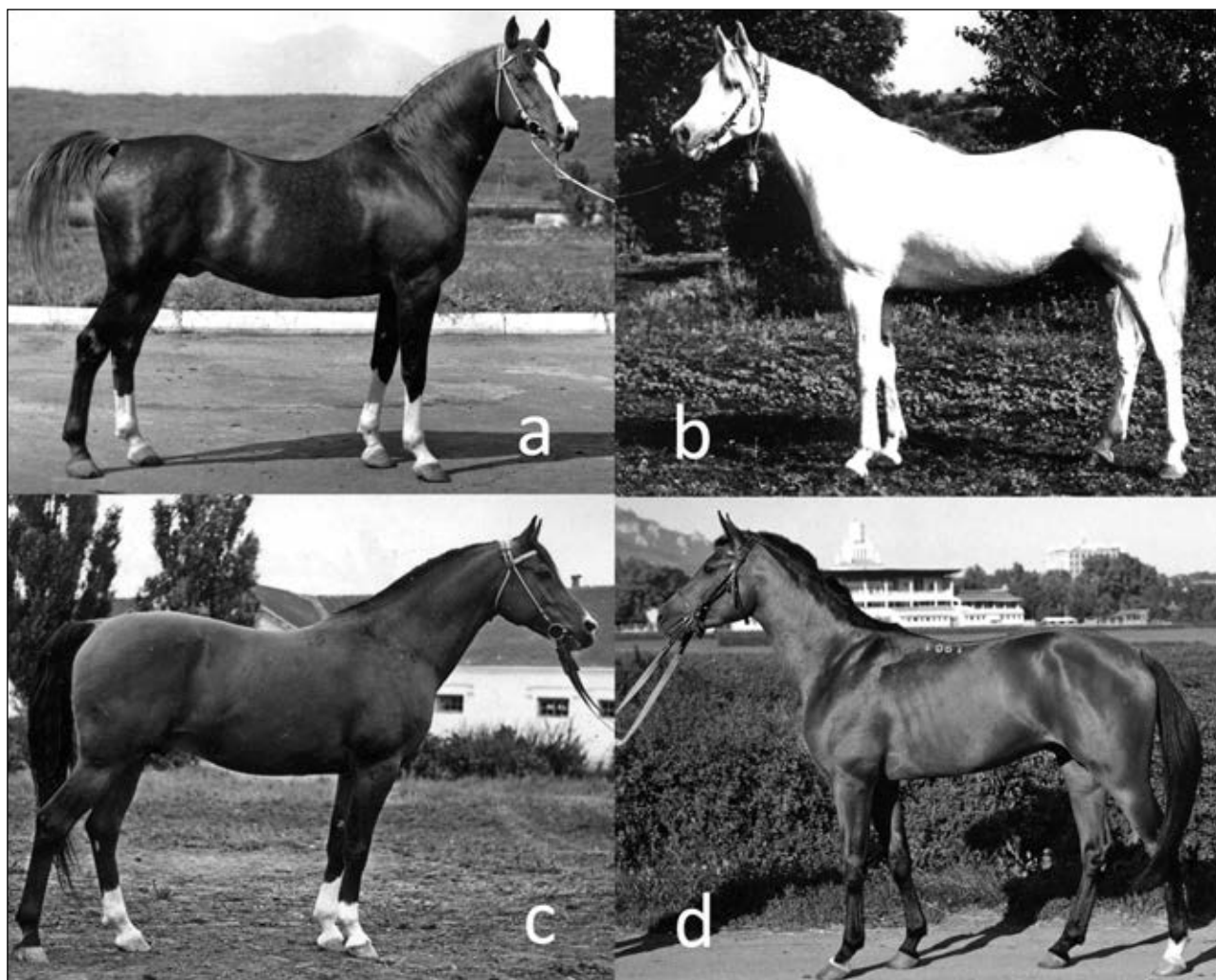


Рис. 1. Внутрипородные типы арабских лошадей:
a) — кохейлан-сиглави; b) — сиглави; c) — кохейлан; d) — хадбан

даемой (He) и наблюдаемой (Ho) гетерозиготности, коэффициента инбридинга Fis.

Результаты и обсуждение. Чистокровные арабские лошади типа хадбан составили самую многочисленную группу в экспериментальной выборке (112 голов), что объясняется повышенным спросом на лошадей, пригодных для скачек. Среди хадбанов преобладают потомки жеребца Латифа (Табл. 1). Достаточно широкое распространение в производящем составе породы имеют лошади типа кохейлан, происходящие из линий Насима, Кохейлана I, Амурата и Корея. Самой малочисленной группой (25 голов) являются лошади типа сиглави, представленные в основном потомками Мансура и Амурата. Лошади промежуточного типа кохейлан-сиглави составили 17% экспериментальной выборки (рис. 2).

При анализе генетических профилей 263 лошадей экспериментальной выборки по 17 микросателлитным маркерам нами было идентифицировано 100 аллелей (табл. 2). В исследованных группах лошадей были обнаружены значительные различия по частоте встречаемости отдельных аллелей. При этом 76 аллелей встречались в каждой из 4-х групп, остальные 24 аллеля встречались не во всех группах, в том числе 8 аллелей отсутствовали только в одной группе и 11 аллелей являлись приватными для определенной группы (т.е. отсутствовали у лошадей всех остальных групп).

В группе сиглави было обнаружено минимальное в рамках данного исследования количество аллелей микросателлитных локусов (табл. 3). Лошади типа сиглави характеризуются отсутствием ряда аллелей (АНТ4-Н, ASB23-S, HMS3-O, НТG4-N, LEX3-Н), а также наличием приватного ал-

леля ASB17-Q, который не был обнаружен у лошадей других групп. Группа лошадей сиглави отличается также преобладанием в локусе LEX03, расположенном на X-хромосоме, аллеля М с частотой встречаемости 0,640. Генотип LEX03-М

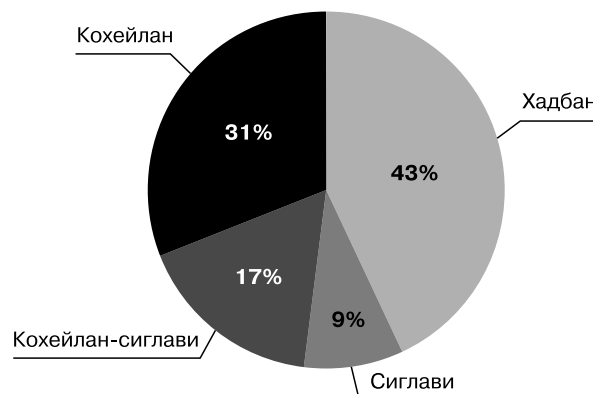


Рис. 2. Распределение арабских лошадей экспериментальной выборки по внутривидовым типам

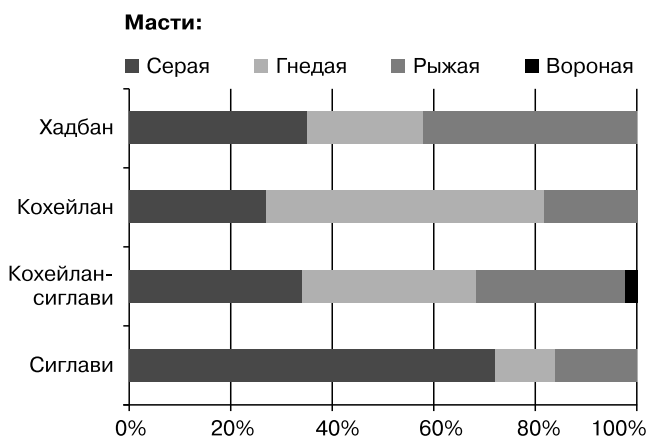


Рис. 3. Распределение чистокровных арабских лошадей исследуемых внутривидовых типов по мастям

Таблица 1. Происхождение арабских лошадей различных внутривидовых типов по прямой мужской линии

Родоначальники мужских линий	Количество лошадей, голов			
	Сиглави	Кохейлан-сиглави	Кохейлан	Хадбан
Амурат (n=37)	6	12	15	4
Латиф (без потомков Корея) (n=34)	—	—	—	34
Латиф (через потомков Корея) (n=44)	4	9	13	18
Кохейлан I (n=60)	—	9	19	32
Крыжик (n=10)	—	1	6	3
Кухайлан Афас (n=5)	1	1	3	—
Мансур (n=28)	13	6	5	4
Насим (n=37)	—	6	19	12
Фетиш (n=3)	—	—	2	1
Прочие линии (n=5)	1	—	—	4
Итого (n=263)	25	44	82	112

имел популярный жеребец-производитель Асуан — типичный сиглави, оставивший многочисленное потомство в Российской популяции арабских лошадей.

Кохейланы характеризуются большей частотой встречаемости аллелей АНТ5-Н, АСВ17-Р, НМС3-М, отсутствием аллеля НМС6-О и наличием приватного аллеля НМС1-Н. Общее число обнаруженных у кохейланов аллелей составило 87.

Лошади промежуточного типа кохейлан-сиглави выделяются на общем фоне породы более высокой частотой встречаемости аллелей НТГ10-Л и VHL20-Л, а также отсутствием аллелей АНТ4-І и VHL20-М.

Для группы лошадей типа хадбан характерно наличие 9 приватных аллелей, отсутствующих у лошадей других групп: АНТ4-Р, АСВ2-С, СА425-І, СА425-Л, СА425-М, НМС7-О, НТГ10-М, НТГ10-Н, LEX3-О. Общее число аллелей, идентифицированных у хадбанов составило 97.

В целом, группа лошадей типа хадбан значительно превосходит остальные внутрипородные типы по уровню полиморфности ($A_e=3,26$) и гетерозиготности ($H_o=0,685$) в исследованных микросателлитных локусах (таблица 3). Наименьший уровень полиморфизма ($A_e=2,71$) и гетерозиготности ($H_o=0,606$) обнаруживает группа лошадей типа кохейлан-сиглави.

Принято считать, что тип кохейлан-сиглави является уникальным достижением российских селекционеров, т.к. лошади данного типа очень удачно сочетают в себе наиболее ценные качества типов кохейлан и сиглави [6]. Анализ родословных лошадей типа кохейлан-сиглави показал, что все они получены с использованием инбридинга, при этом среднее значение коэффициента инбридинга в группе исследованных нами лошадей составляет 5,75, что значительно превышает средний показатель по породе [8].

Одной из важнейших морфологических характеристик любой конской породы является масть.

Таблица 2. Перечень аллелей, идентифицированных у чистокровных арабских лошадей экспериментальной выборки (n=263)

Локусы	Аллели
АНТ4	Н, І*, J, K, M, O, P*
АНТ5	J, K, M, N, O*
АСВ17	G*, M*, N, O, Q*, R
АСВ2	B, C*, І*, J*, K, M*, O, Q
АСВ23	I, J*, K, L, S, U*
СА425	I*, J, L*, M*, N, O
НМС1	I, J, L*, M, N*
НМС2	Н, І*, K*, L, M, P*, R
НМС3	I, M, N, O, P
НМС6	K*, L, M*, O*, P
НМС7	J, K, L, M, N, O*
НТГ4	K, L, M, N, P*
НТГ6	G, J, O
НТГ7	K, N, O
НТГ10	I, K*, L, M*, N*, O, R*, S*
LEX3	F, H, I, L*, M, N*, O*, P
VHL20	I, L, M*, N, P*, Q*, R

* отмечены редкие аллели с частотой встречаемости менее 0,05.

Таблица 3. Сравнительная генетико-популяционная характеристика внутрипородных типов чистокровных арабских лошадей по 17 локусам микросателлитов (N_a — среднее число аллелей на локус, A_e — эффективное число аллелей на локус, H_e — ожидаемая гетерозиготность, H_o — наблюдаемая гетерозиготность)

Группа лошадей (тип)	Общее число аллелей	N_a	A_e	H_e	H_o	F_{is}
Сиглави (n=25)	82	4,82	2,75	0,606	0,623	-0,028
Кохейлан-сиглави (n=44)	83	4,88	2,71	0,593	0,606	-0,022
Кохейлан (n=82)	87	5,12	2,86	0,611	0,608	0,005
Хадбан (n=112)	97	5,71	3,26	0,663	0,685	-0,033

Чистокровная арабская порода характеризуется наличием только четырех мастей: серой, гнедой, рыжей и вороной. Серая, гнедая и рыжая масти являются типичными для породы, вороная встречается крайне редко [9]. Наше исследование демонстрирует, что в группе лошадей типа сиглави преобладает серая масть, у кохейланов — гнедая, у хадбанов — рыжая. Среди лошадей типа кохейлан-сиглави в равной степени распространены 3 основные масти (серая, гнедая и рыжая), а также встречаются лошади редкой для породы вороной масти (рис. 3).

Заключение. Изучение генетических особенностей культивируемых в России 4-х внутривидовых типов чистокровных арабских лошадей с использованием микросателлитных маркеров ДНК показало наличие значительных различий между ними по спектру встречающихся аллелей, а также по уровню генетического разнообразия. Лошади типа хадбан значительно превосходят остальные внутривидовые типы арабских лошадей по уровню полиморфности и гетерозиготности. Наименьший уровень полиморфизма наблюдается среди лошадей типа кохейлан-сиглави.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ (проект № 19-76-20058)

Литература

1. Almarzook S. Genetic diversity of Syrian Arabian horses / S. Almarzook, M. Reissmann, D. Arends, G. A. Brockmann // *Animal Genetics*. — 2017. — Vol. 48. — P. 486–489.
2. Cosgrove E. J. et al. Genome diversity and the origin of the Arabian horse / E. J. Cosgrove et al. // *Scientific reports*. — 2020. — Vol. 10. — P. 9702.
3. Khanshour A. Microsatellite analysis of genetic diversity and population structure of Arabian horse populations / A. Khanshour, E. Conant, R. Juras, E. G. Cothran // *The Journal of Heredity*. — 2013. — Vol. 104. — P. 386–398.
4. Sadeghi R. Genetic diversity of Persian Arabian horses and their relationship to other native Iranian horse breeds / R. Sadeghi et al. // *The Journal of Heredity*. — 2019. — Vol. 110. — P. 173–182.
5. Bailey E. F., Brooks, S. A. *Horse genetics*. CABI, 2013.
6. Балакшин О. А. Арабская лошадь России. В кн.: Арабская лошадь. — Москва: Центрполиграф, 2003. — С. 232–378.
7. Васильева А. П. Внутривидовые типы лошадей арабской породы и их связь с работоспособностью / А. П. Васильева, В. Х. Хотов // *Коневодство и конный спорт*. — 2010. — № 6. — С. 3–5.
8. Халилов Р. А. Инбридинг в чистокровной арабской породе лошадей / Р. А. Халилов, Г. В. Королева, А. Е. Шемарыкин // *Коневодство и конный спорт*. — 2019. — № 4. — С. 8–10.
9. Flade J. E. *Das Araberpfed*. A. Ziemsen Verlag, 1989.

Kalinkova L., Shemarykin A.

Genetic character of intra-breed types of purebred Arabian horses in Russia

Abstract. *The Arabian horse is the world's oldest cultural breed of hot-blooded horses. Traditionally, the Arabian horse has been bred «pure» for centuries, without using the blood of other breeds. Nowadays purebred Arabian horses are very popular in many countries. Arabian horses are bred for shows, equestrian sports, flat races and endurance races. In spite of the common origin of all purebred Arabian horses, the breed is subdivided into different types as historically selection criteria for breeding in some regions can vary significantly. The modern population of purebred Arabian horses in Russia has been developed as a result of the breeding use of a limited number of animals imported in the 20th century, mainly from France, England and Poland. The Russian*

horse breeders distinguish 4 intra-breed types of purebred Arabian horses that differ in morphological and physiological characteristics: «Siglavi», «Koheilan», «Koheilan-Siglavi», «Hadbans». The aim of this study was to investigate the genetic variability in 4 intra-breed types of purebred Arabian horses of the Russian population using DNA markers. A total number of 263 adult horses were genotyped by using 17 microsatellite markers: AHT4, AHT5, ASB2, ASB17, ASB23, CA425, HMS1, HMS2, HMS3, HMS6, HMS7, HTG4, HTG6, HTG7, HTG10, LEX3, VHL20. A total of 100 alleles were identified across all estimated loci. The highest level of genetic diversity was found in the group of «Hadbans». The lowest level of genetic diversity was detected in the group of «Koheilan-Siglavies».

Key words: purebred Arabian horses; intra-breed types; genetic diversity; DNA; microsatellites.

Authors:

Kalinkova L. — PhD (Agr. Sci.); e-mail: labgenetics79@gmail.com;

Shemarykin A. — researcher; e-mail: arabvniik@mail.ru.

«All-Russian Research Institute for Horse Breeding»; 391105, Russia, Ryazan Region, Rybnoe District, Divovo.

References

1. Almarzook S. Genetic diversity of Syrian Arabian horses / S. Almarzook, M. Reissmann, D. Arends, G. A. Brockmann // *Animal Genetics*. — 2017. — Vol. 48. — P. 486–489.
2. Cosgrove E. J. et al. Genome diversity and the origin of the Arabian horse / E. J. Cosgrove et al. // *Scientific reports*. — 2020. — Vol. 10. — P. 9702.
3. Khanshour A. Microsatellite analysis of genetic diversity and population structure of Arabian horse populations / A. Khanshour, E. Conant, R. Juras, E. G. Cothran // *The Journal of Heredity*. — 2013. — Vol. 104. — P. 386–398.
4. Sadeghi R. Genetic diversity of Persian Arabian horses and their relationship to other native Iranian horse breeds / R. Sadeghi et al. // *The Journal of Heredity*. — 2019. — Vol. 110. — P. 173–182.
5. Bailey E. F., Brooks, S. A. *Horse genetics*. CABI, 2013.
6. Balakshin O. A. Arabian horse of Russia. In the book: *Arabian horse*. — Moscow: Tsentrpoligraf, 2003. — P. 232–378.
7. Vasilyeva A. P. Intra-breed types of horses of the Arabian breed and their connection with working capacity / A. P. Vasilyeva, V. Kh. Hotov // *Horse breeding and equestrian sport*. — 2010. — № 6. — P. 3–5.
8. Khalilov R. A. Inbreeding in the thoroughbred Arabian breed of horses / R. A. Khalilov, G. V. Koroleva, A. E. Shemarykin // *Horse breeding and equestrian sport*. — 2019. — № 4. — P. 8–10.
9. Flade J. E. *Das Araberpfard*. A. Ziemsen Verlag, 1989.