

УДК 636.082.12(575.2)

**ПОЛИМОРФИЗМ БЕЛКОВ КРОВИ У ЛОШАДЕЙ РАЗНЫХ ПОРОД  
В УСЛОВИЯХ КИРГИЗИИ****Б. Д. КАМБЕГОВ, И. Р. ГАЛИМОВ****(Кафедра коневодства)**

Методом горизонтального электрофореза на крахмальном геле исследовался полиморфизм трансферрина, альбумина, церулоплазмينا и эстеразы сыворотки крови у лошадей 4 пород, разводимых в Киргизии. Обнаружены существенные межпородные различия по распределению типов и частоте встречаемости аллелей полиморфных белков.

Исследования, проведенные на кафедре коневодства Тимирязевской академии [1—4], а также за рубежом [7, 10], показали наличие породных различий по частоте встречаемости аллелей и распределению типов белков крови лошадей. Установлено, что полиморфные типы белков и ферментов крови лошадей, такие, как трансферрин, альбумин, церулоплазмин, эстераза, карбоангидраза, каталаза и ряд других, обусловлены генетически и для них характерен кодоминантный тип наследования аллелей. Данное обстоятельство позволяет использовать белковый полиморфизм крови лошадей при изучении различных генетических вопросов и, в частности, при проверке происхождения животных, исследовании особенностей, свойственных тем или иным породам, их консолидации, для выявления генетической близости или различий, прогноза эффективности скрещивания с другими породами и сочетаемости. При этом различные аллели указанных биологических систем используются в качестве генетических маркеров.

Известно, что на те или иные биологические и хозяйственно полезные свойства домашних животных, помимо генетических факторов, значительное влияние оказывают паратипические факторы, способствуя реализации наследственных задатков в конкретных условиях содержания и разведения.

Исходя из этого мы провели исследование генетического полиморфизма некоторых белков сыворотки крови лошадей, длительное время разводившихся или прошедших адаптацию в горных условиях Киргизии.

**Методика**

Изучали образцы сыворотки крови лошадей четырех пород: чистокровной верховой — 71 гол., донской — 248, новокиргизской — 415 и киргизской — 64 гол.

Чистокровная верховая порода лошадей создана свыше двухсот лет назад в Англии путем воспроизводительного скрещивания местных и импортных кобыл восточного происхождения с арабскими, туркменскими и турецкими жеребцами при очень тщательном отборе. Лошади этой породы являются основными улучшателями других пород. В настоящее время порода получила всемирное значение. В данной работе использовалась сыворотка крови лошадей чистокровной верховой породы Исык-Кульского конного завода, где они разводятся с 1927 г. Впервые чистокровная лошадь была завезена в Киргизию в 1899 г.

Донская порода лошадей выведена в донских степях путем сложного скрещивания местных лошадей монгольского корня с восточными лошадьми, а позднее с лошадьми чистокровной верховой породы. История донского коневодства Киргизии берет свое начало от лошадей, привезенных сюда из ставропольских степей в 1910 г. В 20-е годы в Киргизии появился еще ряд конных заводов, в которых начали разводить донскую лошадь. Основная масса лошадей этих заводов позднее составила племенное ядро Исык-Кульского конного завода, ставшего крупным репродуктором донских лошадей в Средней Азии.

Киргизская лошадь имеет древнее происхождение, она является продуктом смешения монгольских и восточных лошадей. Своеобразный тип киргизской лошади в значительной мере обусловлен влиянием естественного отбора и особенностями использования их в условиях отгонного животноводства.

Новокиргизская порода лошадей выведена путем сложного скрещивания местных киргизских кобыл с донскими и частично с чистокровными верховыми жеребцами. Порода сформировалась к 1954 г.

Образцы крови лошадей киргизской и новокиргизской пород получены в хозяйствах Нарынской области.

Определение типов сывороточных белков проводилось методом горизонтального электрофореза на крахмальном геле по Смитису [11]. Типы белков определяли согласно методикам: трансферрин (Tf) и альбумин (A1) — Гане [9], эстераза (Es)—Томашевской-Гужевич [12], церулоплазмин (Ср) — Эбертуса [8]. Для обработки полученных результатов использовали методики, принятые при генетико-статистическом анализе популяций в исследованиях биохимического полиморфизма [6].

## Результаты

В образцах сыворотки крови исследуемых лошадей выявлено 15 типов трансферрина, по 3 типа альбумина и церулоплазмينا, 10 типов эстеразы.

Установлены межпородные различия в распределении типов трансферринового локуса (табл. 1). Например, у лошадей чистокровной вер-

Т а б л и ц а 1

Частота встречаемости типов трансферрина у лошадей разных пород

Тип трансферрина	Чистокровные (n=248)	Донские (n=248)	Новокиргизские (n=415)	Киргизские (nn=64)
DD	0,042	0,065	0,039	0,031
DF	0,254	0,323	0,195	0,156
DH	0,000	0,053	0,072	0,078
DO	0,056	0,056	0,022	0,016
DR	0,014	0,056	0,053	0,047
FF	0,310	0,173	0,289	0,188
FH	0,000	0,048	0,077	0,031
FO	0,141	0,065	0,072	0,109
FR	0,141	0,117	0,101	0,078
HH	0,000	0,004	0,029	0,016
HO	0,000	0,004	0,010	0,016
HR	0,000	0,012	0,017	0,109
OO	0,000	0,004	0,007	0,016
OR	0,028	0,008	0,010	0,109
RR	0,014	0,012	0,007	0,000

ховой породы обнаружено 9 типов трансферрина, в то время как у лошадей донской и новокиргизской пород — 15, причем у донских лошадей чаще встречался тип TfDF (0,323), а у чистокровной верховой и новокиргизской пород — тип Tfff (соответственно 0,310 и 0,289). Среди киргизских лошадей имелись особи как с типом TfDF (0,156), так и с типом Tfff (0,188), но не обнаружено особей с типом TfRR. Гомозиготность по трансферриному локусу составляет у лошадей чистокровной верховой породы 36,6%, новокиргизской — 37,1, у донских и киргизских — только 25,8 и 25,1 %.

Наблюдались различия между лошадьми исследуемых пород и по частоте встречаемости различных типов альбумина, церулоплазмينا, эстеразы (табл. 2). Например, при анализе локуса альбумина установлено, что среди лошадей чистокров-

ной верховой породы часто встречались особи с гомозиготным генотипом A1SS (частота встречаемости 0,578), в то время как в поголовье киргизских лошадей таких особей было меньше (0,297). Гетерозиготных особей с типом A1FS больше всего выявлено среди лошадей новокиргизской породы (0,566), а среди чистокровных лошадей подобных особей намного меньше (0,380). Наибольшая гомозиготность по альбуминовому локусу характерна для лошадей чистокровной верховой породы (62%), высокий ее уровень наблюдался и у киргизских лошадей (57,8%), несколько ниже — у лошадей новокиргизской породы (43,4%).

Что же касается церулоплазминового локуса, то следует отметить чрезвычайно малое количество особей с типом CpFF. Частота встречае-

**Частота встречаемости типов альбумина, церулоплазмينا  
и эстеразы у лошадей разных пород**

Локус	Тип белка-	Чистокровные (n = 71)	Донские (n = 248)	Новокиргизские (n = 415)	Киргизские (n = 64)
A1	FF	0,042	0,173	0,171	0,281
»	FS	0,380	0,452	0,566	0,422
»	SS	0,578	0,375	0,263	0,297
Ср	FF	0,070	0,105	0,027	0,047
»	FS	0,690	0,730	0,686	0,750
»	SS	0,240	0,165	0,287	0,203
Es	FF	0,000	0,008	0,005	0,000
»	FG	0,000	0,016	0,015	0,000
»	FI	0,070	0,036	0,027	0,000
»	FS	0,000	0,004	0,000	0,000
»	GG	0,000	0,061	0,082	0,219
»	GI	0,099	0,254	0,137	0,172
»	GS	0,000	0,008	0,005	0,156
»	II	0,831	0,593	0,723	0,359
»	IS	0,000	0,020	0,007	0,047
»	SS	0,000	0,000	0,000	0,047

мости этого типа церулоплазмينا колеблется от 0,027 у новокиргизских до 0,105 у лошадей донской породы. Среди поголовья всех исследуемых пород преобладают гетерозиготные особи. Уровень гомозиготности по церулоплазминовому локусу наиболее высокий у новокиргизских лошадей и чистокровных верховых (31,4 и 31,0 %). По этому локусу межпородные различия слабее, чем по другим рассматриваемым локусам.

Как показал анализ полученных данных по эстеразному локусу, для всех пород характерно большое количество особей с типом EsII — от 0,359 у киргизских до 0,831 у чистокровных верховых. Из выявленных типов эстеразы у чистокровных лошадей отмечены только 3, у киргизских — 6, у новокиргизских — 8, у донских — 9. Среди исследуемого поголовья отсутствуют особи с типом EsSS. Исключение составляют киргизские лошади, среди которых обнаружены 3 особи с этим типом эстеразы. Уровень гомозиготности по эстеразному локусу у лошадей всех пород довольно высокий — от 62,5 % у киргизских до 83,1 % у чистокровных верховых.

Исходя из фактического распределения типов трансферрина, альбумина, церулоплазмينا и эстеразы подсчитаны частоты встречаемости аллелей этих белковых локусов (табл. 3). Особи, в генотипе которых обнаружен аллель Tf<sup>F</sup>, оказались наиболее многочисленными, но среди

Таблица 3

**Частота встречаемости аллелей трансферринового, альбуминового,  
церулоплазминового и эстеразного локусов у лошадей разных пород**

Локус	Аллель	Чистокровные (n = 71)	Донские (n = 248)	Новокиргизские (n = 415)	Киргизские (n = 64)
Tf	D	0,204	0,308	0,210	0,180
»	F	0,577	0,450	0,512	0,375
»	H	0,000	0,063	0,116	0,133
»	O	0,113	0,071	0,064	0,140
	R	0,106	0,108	0,098	0,172
A1	F	0,232	0,399	0,454	0,492
»	S	0,768	0,601	0,546	0,508
Ср	F	0,415	0,470	0,370	0,422
»	S	0,585	0,530	0,630	0,572
Es	F	0,035	0,036	0,025	0,000
»	G	0,049	0,200	0,161	0,383
»	I	0,916	0,748	0,808	0,469
	S	0,000	0,016	0,006	0,148

лошадей разных пород частота встречаемости этого аллеля различна — от 0,577 у чистокровных верховых до 0,375 у киргизских. Характерным признаком чистокровных лошадей является полное отсутствие аллеля Tf<sup>H</sup>, в то время как у новокиргизских и киргизских лошадей частота встречаемости этого аллеля достигает довольно значимой величины (0,116 и 0,133). В локусе альбумина выявлено 2 аллеля, и если у киргизских, а также новокиргизских лошадей сдвиг в сторону уменьшения частоты аллеля A1<sup>F</sup> небольшой, то у донских и особенно у лошадей чистокровной верховой породы — весьма значительный. В локусе церулоплазмина также выявлено 2 аллеля. У лошадей всех исследуемых пород наблюдается некоторое преобладание аллеля Cr<sup>S</sup>, более заметное у новокиргизских. Особи с типом CrFF мало, однако частота встречаемости аллеля Cr<sup>F</sup> достаточно высокая благодаря гетерозиготным особям с типом CrFS.

По локусу эстеразы выявлены существенные межпородные различия. У лошадей всех исследуемых пород и особенно у чистокровных верховых аллель Es<sup>1</sup> встречается чаще других аллелей. Отмечена также определенная консолидация чистокровной верховой породы по аллелю Es<sup>1</sup> У киргизских лошадей концентрация этого аллеля минимальная. Киргизские лошади характеризуются значительной частотой аллеля Es<sup>G</sup> (0,383). Особи с аллелем Es<sup>S</sup> не обнаружены среди поголовья лошадей чистокровной верховой породы, а с аллелем Es<sup>F</sup> — среди киргизских.

О межпородных различиях свидетельствуют также данные о полиморфности белков у исследуемого поголовья. Уровень полиморфности популяции (число эффективно действующих аллелей) является показателем генотипического разнообразия.

Из табл. 4 следует, что в целом по четырем локусам у лошадей чистокровной верховой породы наименьшее генотипическое разнообразие. В данном случае можно говорить о явлении, когда специализированность породы приводит к большей гомозиготности и к снижению уровня полиморфизма белков сыворотки крови, т. е. о консолидации породы по определенным аллелям. Исследования, проведенные с помощью генетических маркеров, показывают, что высокоотсеleccionированные породы, к которым относятся и чистокровная верховая, отличаются наименьшим генетическим размахом изменчивости и что на распределение аллелей полиморфных локусов наряду с дрейфом генов оказывает влияние отбор как искусственный, так и естественный.

Т а б л и ц а 4

Уровень полиморфности исследуемых белков у лошадей				
Локус	Чистокровные	Донские	Новокиргизские	Киргизские
Tf	2,51	3,14	3,00	4,17
A1	1,55	1,92	1,98	1,99
Cr	1,94	1,99	1,87	1,98
Es	1,19	1,66	1,47	2,57

Первый помогает выявлять животных, у которых в значительной мере проявляется какой-либо хозяйственный признак, второй — животных со средними показателями, но с лучшими приспособительными свойствами. Несомненно, на частоту встречаемости аллелей у лошадей чистокровной верховой породы оказал свое действие искусственный отбор. Чем он жестче, тем меньше размах генетической изменчивости, меньше уровень полиморфности и больше консолидация породы, а следовательно, генетическая структура по исследуемым полиморфным белкам в определенной степени является результатом влияния приемов искусственной селекции на генетико-автоматические процессы.

В возникновении и поддержании полиморфизма не последнюю роль играет определенная адаптивная ценность аллелей. Хотя, как уже отмечалось, на формирование генетической структуры групп и пород животных большое влияние оказывает искусственный отбор, но, по мнению некоторых исследователей [5], адаптивная генетическая изменчивость —

это ключ к успеху в селекции при любой форме искусственного отбора.

Термин «гемотип» означает комплексный генотип отдельной особи по всем изучаемым полиморфным системам [10]. В нашем случае гемотип состоит из 4 электрофоретических вариантов соответствующих белковых локусов. В каждой отдельной породе большинство особей отличаются друг от друга своим гемотипом (табл. 5). Процент особей с идентичными гемотипами в чистокровной верховой породе не превыша-

Таблица 5

Распределение гемотипов у лошадей разных пород

Порода	n	Всего гемотипов	Единичные гемотипы	Количество особей с единичными гемотипами, %
Чистокровная верховая	71	36	23	32,3
Донская	248	116	68	27,4
Новокиргизская	415	138	64	15,4
Киргизская	64	50	41	64,1

ет 7,0, в новокиргизской — 6,7, в киргизской — 6,3, в донской — 4,8. Процент единичных (неповторяющихся) гемотипов наиболее высокий у киргизских лошадей (64,1), а самый низкий у лошадей новокиргизской породы (15,4). У лошадей чистокровной верховой породы насчитывается 7 наиболее часто встречающихся гемотипов, у донских — 4, у новокиргизских и киргизских — по 3. Все это дает возможность рассматривать гемотипы в качестве генетико-биохимических «паспортов» животных. Использование таких «паспортов» позволит избежать случайной или преднамеренной фальсификации происхождения конкретной особи.

### Выводы

1. Лошади исследуемых пород существенно различаются по распределению типов и частоте встречаемости аллелей полиморфных белков.

2. Уровень белкового полиморфизма наиболее высокий у местных киргизских лошадей, в то же время чистокровные верховые лошади характеризуются низким уровнем генотипического разнообразия.

3. На распределение типов и частоту встречаемости аллелей полиморфных локусов определенное влияние наряду с генетико-автоматическими процессами оказал искусственный отбор. Чем он жестче, тем сильнее консолидируется порода, следовательно, уменьшается уровень полиморфизма.

4. Наибольшая гомозиготность по локусам трансферрина и церулоплазмина отмечена у новокиргизских лошадей, а по локусам эстеразы и альбумина — у лошадей чистокровной верховой породы.

5. Многочисленные сочетания аллелей обуславливают широкие наследственные различия между животными по гемотипу, который может служить своеобразным паспортом животного, так как количество наиболее распространенных гемотипов среди поголовья лошадей чистокровной верховой породы не превышает 7 %, новокиргизской — 6,7, киргизской — 6,3 и донской — 4,8 %.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Камбегов Б. Д., Храброва Л. А. Генетический полиморфизм белков и ферментов крови лошадей разных пород. — Изв. ТСХА, 1980, вып. 1, с. 156—163. — 2. Камбегов Б. Д., Лукаш Н. С., Есяян А. М., Шингалов В. А. Типы альбумина и их наследование у лошадей разных пород. — Изв. ТСХА, 1983, вып. 4, с. 148—151. — 3. Климчук О. М. Особности генетического полиморфизма белков крови лошадей в связи с межпородной дифференциацией. — Докл. ТСХА, 1978, вып. 240, с. 132—135. — 4. Галимов И. Р. Полиморфизм трансферрина и церулоплазмина у лошадей некоторых пород, разводимых в Киргизии. — В сб.: Генетич. аспекты селекции в Киргизии. Фрунзе, 1984, с. 181—186. — 5. Левонтин Р. Генети-

ческие основы эволюции. — М.: Мир, 1978. — **6.** Меркурьева Е. К. Генетические основы селекции в скотоводстве. — М.: Колос, 1977. — **7.** Blokhuis H. I., Buis R. C. — *Animal Blood Groups biochem Genetics*, 1979, N 10, p. 27—38. — **8.** Ebertus R. — *Fortpf 1. Besamung u. Aufr.-Haust.*, 1967, N 3—4, S. 265—270. — **9.** Gahne B. — *Genetics*, 1966, vol. 53, N 4, p. 681—694. — **10.** Каминский М.,

Urbanska-Nicolas H. — *Biochemical Systematics and Ecology*, 1979, vol. 7, p. 229—237. — **11.** Smithies O. — *Biochem. J.*, 1955, N 4, p. 629—641. — **12.** Tomaszewska-Guszkiewicz K. — *Polska A. N. Pozprawi habilitacyjne*, t. 2—1, 1971.

*Статья поступила 1 августа 1986 г.*

#### SUMMARY

Polymorphism of transferrin, albumin, ceruloplasmin, and esterase of blood serum in 4 breeds of horses bred in Kirghizia was investigated by horizontal electrophoresis on starch gel. Essential breed differences in distribution of types and frequency of polymorphic protein alleles have been found. In native Kirgizian horses the level of protein polymorphism is the highest, while in Thoroughbred horses which are subject to rigid selection it is the lowest. It is established that complex genotype (gemotype) by 4 polymorphic loci may be an additional characteristic of a concrete animal, which allows to avoid falsification of the origin of certain individual.