

ПОЛИМОРФИЗМ ГРУПП КРОВИ ЯКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОКРАСА ШЕРСТИ И КОМОЛОСТИ

¹В.С. Деева, доктор биологических наук

¹А.С. Дуров, кандидат сельскохозяйственных наук

²Р.Б. Чысыма, доктор биологических наук

³Б.М. Луду, кандидат биологических наук

³Е.Е. Кузьмина, кандидат биологических наук

¹Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий РАН, р.п. Краснообск Новосибирской обл., Россия

²Государственное бюджетное научное учреждение Республики Тыва Центр биосферных исследований, Кызыл, Россия

³Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Кызыл, Россия

E-mail: animal@sfsca.ru

Ключевые слова: окраска, комолость, як, матка, бык, антиген, система крови.

Реферат. Яки Республики Тыва характеризуются высоким биологическим разнообразием, выраженным широкой гаммой окраски туловища и полиморфизмом групп крови. По распределению масти и полиморфных систем крови у быков и маток яков наиболее характерными окрасками являются черная, черно-пестрая, коричневая, их частота в популяции составляет 0,403; 0,148 и 0,118 соответственно. Животные других расцветок окраски встречались с частотой от 0,004 до 0,091. Дифференциация яков-быков и маток по наличию рогов или их отсутствию показала, что у комолых быков и маток частота маркеров Q, L', F систем крови B, C, F-V выше (от 0,250 до 0,846), чем у рогатых (0,100–0,500). Маркеры крови R₂, W, X₁, U' систем C, S выявлены у комолых быков и маток с частотой 0,018–0,143, которых не оказалось у рогатых быков и маток. Частота антигенов крови G₂, T₂, I₂, E'₂, Y', J₂ систем B, J выше у рогатых быков и маток (от 0,200 до 0,800), чем у комолых особей (0,054–0,464), а S₁ системы крови S выявлен только у рогатых маток. Маркеры крови I₁, Y₂, R₂, W, X₁, U' систем B, C, S не выявлены у рогатых быков и маток. У комолых и рогатых быков выше частота генов E'₂, E, X₂, V, Z систем крови B, C, F-V, Z, они выявлены с частотой от 0,333 до 1,000 независимо от масти. Комолые быки серой масти не имеют маркеров A₂, G₂, I₁, O₂, Y', Y₂, Q', Y', X₁ систем крови A, B, C, а коричневой окраски – A₂, O₂, Q', F, U, U' систем крови A, B, F-V, S, но у комолых быков с черной и коричневой окраской выявлены антигены крови I₁, X₁, которые отсутствуют у рогатых особей с различной мастью. У яков отмечены статистически значимые отличия по окраске, комолости и антигенам A₂, G₂, I₁, I₂, Q, T₂, E'₂, I', Y', R₂, W, X₁, X₂, L', F, V, J₂, H', U, U', Z.

POLYMORPHISM OF YAK BLOOD GROUPS DEPENDING ON COAT COLOR AND COLLECTION

¹V.S. Deeva, Doctor of Biological Sciences

¹A.S. Durov, PhD in Agricultural Sciences

²R.B. Chisyma, Doctor of Biological Sciences

³B.M. Ludu, PhD in Biological Sciences

³E.E. Kuzmina, PhD in Biological Sciences

¹Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnologies RAS, r.p. Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²State budgetary scientific institution of the Republic of Tyva Center for Biosphere Research, Kyzyl, Russia

³Tuva Research Institute of Agriculture, Kyzyl, Russia

E-mail: animal@sfsca.ru

Keywords: colouring, polledness, yak, uterus, bull, antigen, blood system.

Abstract. Yaks of the Republic of Tyva are characterised by high biological diversity, expressed by a wide range of body colours and polymorphism of blood groups. According to the distribution of colour and polymorphic blood systems in bulls and yak dams, the most characteristic colours are black, black-and-white, and brown; their frequency in the population is 0.403, 0.148 and 0.118, respectively. Animals of other colour patterns were

encountered with a frequency ranging from 0.004 to 0.091. Differentiation of yak bulls and dams by the presence or absence of horns showed that in polled bulls and dams, the frequency of markers Q, L', F of the blood systems B, C, F-V is higher (from 0.250 to 0.846) than in horned ones (0.100–0.500). Blood markers R2, W, X1, U' systems C, and S were identified in polled bulls and dams with a frequency of 0.018–0.143, not found in horned bulls and dams. The frequency of blood antigens G2, T2, I2, E'2, Y', J2 of systems B, J is higher in horned bulls and dams (from 0.200 to 0.800) than in polled individuals (0.054–0.464), and S1 of blood system S was detected only in horned queens. Blood markers I1, Y2, R2, W, X1, and U' systems B, C, and S were undetected in horned bulls and dams. In polled and horned bulls, the frequency of genes E'2, E, X2, V, Z of blood systems B, C, F-V, and Z is higher; they are detected with a frequency of 0.333 to 1.000, regardless of colour. Polled bulls of grey colour do not have markers A2, G2, I1, O2, Y', Y2, Q', Y', X1 blood systems A, B, C, and brown colour - A2, O2, Q', F, U, U' blood systems A, B, F-V, S. Still, in polled bulls with black and brown colours, blood antigens I1, X1 were identified, which are absent in horned individuals of different colours. In yaks, statistically significant differences were noted in colour, polledness and antigens A2, G2, I1, I2, Q, T2, E'2, I', Y', R2, W, X1, X2, L', F, V, J2, H', U, U', Z.

Сохранение и охрана генетических ресурсов для любой страны является основой спасения уникальных и находящихся под угрозой исчезновения местных пород и аборигенных популяций, которые являются источником генетического разнообразия для настоящего и будущего развития живой природы [1, 2].

Разработка учеными ведущих научно-исследовательских учреждений Россельхозакадемии федеральной программы «Сохранение генофонда малочисленных пород сельскохозяйственных животных на 1995–2005 гг.» заложила основу, в которой были определены главные цели и задачи сохранения отечественного генофонда, ресурсное обеспечение и механизм реализации [3].

Яки в силу своих биологических особенностей, приспособленности к суровым природно-климатическим условиям и выносливости успешно осваивают высокогорные пастбища, недоступные другим видам домашних животных, и позволяют получать от них разнообразную продукцию. Разведением яков занимаются в Бурятии, Хакасии, Тыве, на Алтае и Якутии, Кавказе. Приручение дикого яка ведется с древних времен [4–6].

В суровых природно-климатических условиях Республики Тыва разведение яков является одной из ведущих отраслей животноводства. Реализацию генетического потенциала животных обеспечивают альпийские и субальпийские пастбища, уровень технологических процессов и организация труда в хозяйстве, приспособленность к круглогодичному пастбищному содержанию с незначительной подкормкой в зимнее время, что обеспечивает низкую себестоимость производимой продукции [5].

В 2021 г. зарегистрирован новый тип яков бай-талский Республики Тыва. Признание экотипов яков, которые разводят в условиях хозяйств республики, будет иметь большое

экономическое значение для развития животноводства [7].

Популяции яков в хозяйствах Республики Тыва имеют оттенки окраски от черной до белой, характерные для культурных пород, что говорит о влиянии человеческого фактора, а также о приспособленности организма яков к суровым условиям обитания и уровне племенной работы. Масть имеет биологическую связь с температурной регуляцией организма и имеет весьма существенное значение для общей характеристики животных [5, 8].

Использование иммуногенетического метода для выявления полиморфизма групп крови в раскрытии генофонда животных позволяет вести селекцию животных на более высоком уровне. Группы крови позволяют получить характеристику каждого животного, выявить его особенности, установить сходство и различия пород, вести контроль происхождения племенных особей, который приобретает особую значимость в селекционно-племенной работе со стадом при искусственном осеменении сельскохозяйственных животных с целью повышения продуктивности, выявления племенной ценности выдающихся быков-производителей, работающих в стаде, и отбора продолжателей [9].

Ряд авторов исследовали генофонд по группам крови яков Монголии, Бурятии, Киргизии, Прибайкалья, Таджикистана и буйволов, принадлежащих к другому роду подсемейства, и выявили свои особенности, сходство и различия между популяциями по частоте встречаемости антигенов крови. Наши исследования по якам, разводимым в условиях Республики Тыва, дополняют данные, полученные в других регионах [4, 9–13].

Особый интерес представляет исследование связи антигенов крови яков с окрасом шерсти, наличием или отсутствием у них рогов.

При анализе частот антигенов групп крови улучшенного зебувидного скота горной зоны Республики Таджикистан исследователи обнаружили различия между группами животных с различной окраской волосяного покрова [14, 15].

У домашних животных наблюдается широкий спектр окраски шерсти – от черной до красной, от желтой до белой с различными оттенками и наличием «звездочек», отсутствующих у диких видов особей. В естественных условиях такие варианты могут быть связаны с пониженной жизнеспособностью. У домашних особей культурных пород по сравнению с дикими формами наблюдается широкая гамма оттенков окраски и её изменчивость. Однако domestикация не сопровождается уменьшением способности к адаптации к новым условиям среды, а также не приводит к полной зависимости существования вида от человека. С точки зрения адаптационной способности яков к климатическим условиям Республики Тыва представляет определённый интерес вопрос частоты встречаемости антигенов крови с учетом разнообразия мастей животных, не объединяемых по оттенкам [16–19].

В популяции яка Северной Америки получены данные о детерминации генетических систем (гаплотипов) и окраски, что способствует накоплению данных о процессах в стадах оцениваемых животных [20].

В этом аспекте проведен анализ взаимосвязи окраса волосяного покрова животных, в частности яков Республики Тыва, а также наличия или отсутствия рогов с носительством определенных антигенов групп крови.

Исследование окраски яков показало широкое разнообразие – от черного до белого цвета. Животных по окраске шерсти можно разделить на три группы: первая – черная и черно-пестрая; вторая – серая, белая, светлая и пестрая; третья – бурая, коричневая и пестро-бурая [21].

Целью настоящих исследований является оценка полиморфизма групп крови в связи с изменчивостью окраски шерсти и комолости (рогатости) тувинского яка. Результаты исследований были использованы при форомирвании нового типа тувинского яка бай-талский.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Научные исследования проведены в яководческих хозяйствах «Бай-Тал» и «Тоолайлыг-Кашпал» Республики Тыва на поголовье яков породы сарлык. Проанализирован генофонд по группам крови яка различных популяций. Для написания работы были использованы собственные исследования по оценке генофонда тувинского яка.

По результатам паспортизации племенных животных выявили частоту антигенов нескольких генетических систем крови. Группы крови определяли гемолитическими тестами [22].

Биометрическая обработка проведена по общепринятой методике [23–25].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Яки Республики Тыва характеризуются широкой гаммой окраски шерсти туловища – от коричневого до белого цвета. В табл. 1 представлены данные по распределению масти у быков и маток яков Республики Тыва. Наиболее характерная окраска у яков – черная, черно-пестрая, коричневая, их частота в популяции составляет 0,403; 0,148 и 0,118 соответственно. Животные другой окраски встречались с частотой от 0,004 до 0,091.

Таблица 1

Распределение окраски яков Республики Тыва
Colour distribution of yaks in the Republic of Tuva

Масть	Группа		Всего (n = 263)
	быки (n = 113)	матки (n = 150)	
1	2	3	4
Коричневая	0,088±0,021	0,140±0,028	0,118±0,020
Черная	0,416±0,056	0,393±0,040	0,403±0,030
Черно-пестрая	0,133±0,033	0,160±0,030	0,148±0,022
Серая	0,080±0,026	0,100±0,024	0,091±0,018

1	2	3	4
Белая	0,062±0,023	0,067±0,020	0,065±0,015
Черная с белой головой	0,062±0,023	0,067±0,020	0,061±0,015
Светлая	-	0,020±0,011	0,011±0,007
Мышастая	0,018±0,012	-	0,008±0,005
Светло-коричневая	0,097±0,029	-	0,042±0,012
Палевая	0,018±0,012	-	0,008±0,005
Коричнево-пестрая	0,027±0,015	0,033±0,015	0,030±0,011
Белая с черными пятнами	-	0,007±0,007	0,004±0,004
Черная с белым лбом	-	0,007±0,007	0,004±0,004
Коричневая с белой головой	-	0,007±0,007	0,004±0,004

В поголовье яков-быков выявлены мышастая, светло-коричневая, палевая масти, которых не оказалось у маток, но у быков отсутствуют такие типы окраски, как белая с черными пятнами, черная с белым лбом, коричневая с белой головой. Достоверных различий между яками и ячихами по частоте масти не установлено.

Наблюдается большее количество быков и маток коричневой, черной, черно-пестрой и серой окраски, чем особей белой и черной с белой головой (табл. 2, 3). В популяции быков-яков частота антигенов X₂, V, Z систем крови С, F-V, Z независимо от окраски составила от 0,667 до 1,000, несколько ниже показатели частот маркеров крови G₂, E'₂, E, R₂, L', H' системы В, С, S – 0,136–1,000. Наблюдаются достоверные отличия (P≥0,95) от стада по антигенам X₁, X₂ у яков-быков коричневой окраски, по антигенам R₂, X₂ – белой, U – чёрной.

Следует отметить высокую частоту маркера крови V системы F-V у яков-быков, среда обитания которых в высокогорных труднодоступных территориях, приспособленных к суровым климатическим условиям среды, очевидно, положительно связана с адаптацией организма животных. Данное положение было отмечено и в исследованиях, проведенных ранее на яках Бурятии [4].

В поголовье маток, как и быков, больше численность животных коричневой, черной, черно-пестрой и серой окраски – от 15 до 59 голов по сравнению с животными белой, черной с белой головой и светлой окраски – 3–10 (см. табл. 3). Встречаемость маркеров X₂, L', V, Z систем крови С, F-V, Z независимо от окра-

ски – в пределах от 0,600 до 1,000. Частота маркеров крови Q, X₁, F, H' систем В, С, F-V, S несколько ниже – 0,190 (Q) – 1,000 (F). Частота других маркеров крови яков с учётом окраски шерсти варьирует, некоторые гены выявлены, другие отсутствуют.

У маток коричневой окраски отмечено достоверное отличие по антигену I₂; чёрной – I₂, H'; чёрно-пестрой – I₂, E'₂, F; серой – X₂; белой – A₂, L', V; чёрной с белой головой – A₂, I₂, X₁, H'; светлой – X₂, L', F, V. Можно предположить наличие особенностей естественного отбора по системам крови в зависимости от окраски.

Результаты анализа полиморфизма крови яков-быков с учетом отсутствия (комолые) и наличия рогов (рогатые) хозяйства «Байталское» приведены в табл. 4. Маркеры E'₂, E, R₂, X₂, V, Z систем крови В, С, F-V, Z независимо от того, комолые яки или рогатые, выявлены с частотой от 0,433 до 1,000, значительно ниже показатели встречаемости генов G₂, Y₂, H'' систем крови В, S – 0,133–0,233. Сравнение частот встречаемости антигенов крови с учетом комолости и наличия рогов у яков-быков показывает, что у комолых животных выше показатели В₂, G₂, W, Z систем крови В, С, Z (от 0,154 до 0,615), чем у рогатых (0,033–0,433). У рогатых особей маркеры R₂, X₂ системы крови С выявлены с частотой от 0,833 до 0,867 против 0,538–0,692 у комолых. У комолых быков не выявлены маркеры A₂, O₂, Q', Y', систем крови А, В, которые встречаются у рогатых с частотой 0,033–0,067, а антиген F системы крови F-V отсутствует у рогатых животных.

Таблица 2

Частота антигенов крови яков-быков в зависимости от окраски
Frequency of blood antigens in bull yak depending on color

Сис-тема	Анти-ген	Окраска шерсти								По стаду (n = 109)
		коричневая (n = 22)	чёрная (n = 46)	чёрно-пёстрая (n = 15)	серая (n = 13)	белая (n = 7)	чёрная с белой головой (n = 6)			
A	A ₂	0,182±0,082	0,043±0,030	0,200±0,103	0,154±0,100	-	-	-	-	0,101±0,029
	B ₂	0,273±0,095	0,065±0,036	-	0,077±0,074	-	-	-	-	0,092±0,028
B	G ₂	0,182±0,082	0,261±0,065	0,267±0,114	0,154±0,100	0,143±0,132	0,500±0,204	0,500±0,204	0,500±0,204	0,239±0,041
	I ₁	0,045±0,044	0,065±0,036	0,067±0,064	-	-	0,167±0,152	0,167±0,152	0,167±0,152	0,055±0,022
	I ₂	0,091±0,061	0,174±0,056	0,333±0,122	0,077±0,074	0,571±0,187	0,500±0,204	0,500±0,204	0,500±0,204	0,211±0,039
	O ₂	0,045±0,044	0,022±0,022	0,067±0,064	0,077±0,074	-	-	-	-	0,037±0,018
	Q	0,182±0,082	0,239±0,063	0,600±0,126	0,385±0,135	-	0,333±0,192	0,333±0,192	0,333±0,192	0,284±0,043
	Y ₂	0,364±0,103	0,130±0,050	0,067±0,064	0,077±0,074	0,143±0,132	-	-	-	0,156±0,035
C	E' ₂	0,591±0,105	0,457±0,073	0,267±0,114	0,308±0,128	0,714±0,171	0,333±0,192	0,333±0,192	0,167±0,152	0,450±0,048
	I'	0,091±0,061	0,022±0,022	0,067±0,064	-	0,143±0,132	0,167±0,152	0,167±0,152	0,167±0,152	0,055±0,022
	Q'	-	0,065±0,036	-	-	0,143±0,132	-	-	-	0,037±0,018
	Y'	0,091±0,061	0,087±0,042	0,133±0,088	0,077±0,074	-	0,333±0,192	0,333±0,192	0,333±0,192	0,101±0,029
	E	0,455±0,106	0,326±0,069	0,333±0,122	0,692±0,128	0,143±0,132	0,333±0,192	0,333±0,192	0,333±0,192	0,385±0,047
	R ₂	0,591±0,105	0,457±0,073	0,200±0,103	0,462±0,138	0,429±0,187*	0,167±0,152	0,167±0,152	0,167±0,152	0,431±0,047
F-V	W	0,091±0,061	0,087±0,042	0,067±0,064	-	0,143±0,132	-	-	-	0,073±0,025
	X ₁	0,136±0,073*	0,109±0,046	0,200±0,103	0,231±0,117	-	0,167±0,152	0,167±0,152	0,167±0,152	0,138±0,033
	X ₂	0,864±0,073*	0,870±0,050	0,800±0,103	1,000±0,000	0,857±0,132*	0,667±0,192	0,667±0,192	0,667±0,192	0,862±0,033
	L'	0,136±0,073	0,304±0,068	0,667±0,122	0,385±0,135	0,714±0,171	1,000±0,000	1,000±0,000	1,000±0,000	0,394±0,047
	F	-	0,196±0,058	0,533±0,129	0,231±0,117	0,143±0,132	0,333±0,192	0,333±0,192	0,333±0,192	0,211±0,039
	V	1,000±0,000	0,870±0,050	0,733±0,114	1,000±0,000	0,857±0,132	0,833±0,152	0,833±0,152	0,833±0,152	0,890±0,030
S	H'	0,136±0,073	0,196±0,058	0,400±0,126	0,308±0,128	0,286±0,171	0,500±0,204	0,500±0,204	0,500±0,204	0,248±0,041
	U	-	0,065±0,036*	0,133±0,088	-	0,143±0,132	0,167±0,152	0,167±0,152	0,167±0,152	0,064±0,023
	U'	-	0,022±0,022	0,133±0,088	-	0,143±0,132	-	-	-	0,037±0,018
	H''	0,136±0,073	0,130±0,050	-	-	0,286±0,171	-	-	-	0,101±0,029
Z		0,773±0,089	0,674±0,069	1,000±0,000	0,846±0,100	1,000±0,000	1,000±0,000	1,000±0,000	1,000±0,000	0,798±0,038

Примечание: Здесь и далее: «-» антиген не выявлен; *P≥0,95; **P≥0,99; ***P≥0,999.

Note: Here and below: “-” antigen not detected; *P≥0,95; **P≥0,99; ***P≥0,999.

Таблица 3

Частота антигенов крови яков-маток в зависимости от окраски шерсти
Frequency of blood antigens in dam yaks depending on coat color

система	антиген	Окраска шерсти										По выборке (n = 142)
		коричневая (n = 21)	черная (n = 59)	чёрно-пёстрая (n = 24)	серая (n = 15)	белая (n = 10)	чёрная с белой головой (n = 10)	светлая (n = 3)				
A	A ₂	0,286±0,099	0,424±0,064	0,292±0,093	0,400±0,126	0,100±0,095*	0,100±0,095*	0,667±0,272	0,338±0,04			
	B ₂	0,238±0,093	0,068±0,033	0,083±0,056	0,133±0,088	-	0,100±0,095	-	0,099±0,025			
B	G ₂	0,429±0,108	0,220±0,054	0,292±0,093	0,200±0,103	0,400±0,155	0,300±0,145	-	0,275±0,037			
	I ₁	0,190±0,086	0,051±0,029	0,083±0,056	0,067±0,064	0,200±0,126	0,300±0,145	-	0,106±0,026			
	I ₂	0,476±0,109*	0,153±0,047*	0,083±0,056**	0,333±0,122	0,400±0,155	0,600±0,155*	-	0,254±0,037			
	O ₂	0,048±0,046	0,085±0,036	0,125±0,068	-	0,100±0,095	-	-	0,070±0,021			
	Q	0,190±0,086	0,271±0,058	0,292±0,093	0,400±0,126	0,400±0,155	0,400±0,155	0,333±0,272	0,296±0,038			
	Y ₂	-	0,034±0,024	-	-	-	0,100±0,095	-	0,021±0,012			
	A' ₂	0,048±0,046	-	-	0,067±0,064	-	0,100±0,095	-	0,021±0,012			
	E' ₂	0,524±0,109	0,356±0,062	0,167±0,076*	0,400±0,126	0,200±0,126	0,400±0,155	-	0,338±0,04			
	I'	0,095±0,064	0,102±0,039	0,125±0,068	0,133±0,088	0,100±0,095	0,200±0,126	-	0,113±0,027			
	K'	-	0,034±0,024	0,042±0,041	0,067±0,064	-	-	-	0,028±0,014			
C	O'	0,143±0,076	0,051±0,029	0,042±0,041	-	-	0,100±0,095	-	0,056±0,019			
	Q'	0,048±0,046	0,085±0,036	0,083±0,056	0,067±0,064	-	-	-	0,063±0,02			
	Y'	0,048±0,046	0,085±0,036	0,042±0,041	0,067±0,064	0,100±0,095	-	-	0,063±0,02			
	G''	-	0,017±0,017	0,042±0,041	-	-	0,100±0,095	-	0,021±0,012			
	E	0,286±0,099	0,153±0,047	0,167±0,076	0,267±0,114	0,200±0,126	0,300±0,145	-	0,197±0,033			
	R ₂	0,286±0,099	0,356±0,062	0,333±0,096	0,533±0,129	0,300±0,145	0,200±0,126	-	0,338±0,04			
	W	0,048±0,046	0,102±0,039	0,083±0,056	-	-	0,100±0,095	-	0,070±0,021			
	X ₁	0,429±0,108	0,610±0,063	0,625±0,099	0,6±0,126	0,400±0,155	0,200±0,126**	0,667±0,272	0,542±0,042			
	X ₂	0,714±0,099	0,881±0,042	0,917±0,056	1,000±0,000***	0,800±0,126	0,900±0,095	1,000±0,000***	0,873±0,028			
	L'	0,810±0,086	0,678±0,061	0,792±0,083	0,667±0,122	1,000±0,000***	0,600±0,155	1,000±0,000***	0,739±0,037			
F-V	F	0,381±0,106	0,576±0,064	0,750±0,088*	0,533±0,129	0,300±0,145	0,400±0,155	1,000±0,000***	0,549±0,042			
	V	0,952±0,046	0,864±0,045	0,917±0,056	0,800±0,103	1,000±0,000***	0,800±0,126	1,000±0,000***	0,887±0,027			
M	M	0,048±0,046	-	-	0,067±0,064	-	0,100±0,095	-	0,021±0,012			
	S ₁	-	0,017±0,017	-	-	-	-	-	0,007±0,007			
S	H'	0,333±0,103	0,644±0,062**	0,417±0,101	0,533±0,129	0,300±0,145	0,200±0,126*	0,333±0,272	0,486±0,042			
	U	0,048±0,046	0,085±0,036	-	0,067±0,064	-	0,100±0,095	-	0,056±0,019			
	U'	0,048±0,046	0,034±0,024	-	0,067±0,064	-	-	-	0,028±0,014			
	H''	-	0,017±0,017	-	-	-	-	-	0,007±0,007			
Z	Z	1,000±0,000	1,000±0,000	1,000±0,000	1,000±0,000	1,000±0,000	1,000±0,000	1,000±0,000	1,000±0,000			

Частота встречаемости антигенов крови у комолых и рогатых яков
Frequency of occurrence of blood antigens in polled and horned yaks

Система	Антиген	Быки	
		комолые (n = 13)	рогатые (n = 30)
A	A ₂	-	0,067±0,046
B	B ₂	0,308±0,128	0,067±0,046
	G ₂	0,231±0,117	0,133±0,062
	O ₂	-	0,033±0,033
	Y ₂	0,231±0,117	0,233±0,077
	E' ₂	0,692±0,128	0,633±0,088
	Q'	-	0,067±0,046
	Y'	-	0,033±0,033
C	E	0,538±0,138	0,467±0,091
	R ₂	0,538±0,138	0,833±0,068
	W	0,154±0,100	0,033±0,033
	X ₂	0,692±0,128	0,867±0,062
F-V	F	0,077±0,074	-
	V	1,000±0,000	1,000±0,000
S	H''	0,231±0,117	0,233±0,077
Z	Z	0,615±0,135	0,433±0,090

Следует отметить, что все яки-быки – и комолые, и рогатые, являются носителями антигена V системы крови F-V, по данной системе крови 92,3% животных являются носителями гомозиготного генотипа V/V, за исключением незначительной части комолых быков – носителей антигена F, частота которого на уровне 0,077. Достоверных отличий по группам крови комолых и рогатых быков не установлено.

Ряд антигенов: I₁, I₂, Q, I', O', G'', X₁, L', M, S₁, H', U, U' – систем крови B, C, M, S не выявлены ни у комолых, ни у рогатых быков. С целью экономии места данные маркеры не приводятся в табл. 4.

Яки-быки (комолые и рогатые) – носители антигенов E'₂, E, X₂, V, Z систем крови B, C, F-V, Z выявлены с частотой от 0,333 до 1,000. Следует отметить, что маркер Z чаще встречается у комолых быков – 0,889–0,909, чем у рогатых, – 0,500–0,857 независимо от масти (табл. 5). У комолых яков факторы крови I₁, X₁ систем B, C выявлены только у животных с черной и коричневой окраской, их частота

составила 0,063–0,156, но их не оказалось у рогатых.

У рогатых яков-быков частота встречаемости генов E'₂, R₂, H'' систем крови B, C, S (от 0,143 до 0,714) выше, чем у комолых (0,063–0,636), независимо от масти. Антигенов Q, I', W, F, H' систем крови B, C, F-V не оказалось у серых и коричневых рогатых быков.

Среди комолых быков с антигенами G₂, I₁, Y₂ системы крови B не оказалось особей серой масти, а Y' отсутствует у комолых и рогатых быков серой окраски, O₂ выявлен только у комолых быков черной масти и рогатых особей коричневой окраски с частотой 0,063–0,111 соответственно, у рогатых быков коричневой масти не выявлены антигены I₂, T₂, L' систем крови B, C.

Отмечены достоверные (P≥0,95–0,999) различия между комолыми и рогатыми быками чёрной масти по антигенам Q, R₂, L', F, H', Z, серой масти – L', коричневой – X₂.

Частота антигенов крови комолых и рогатых яков-быков с учётом масти
Frequency of blood antigens in polled and horned yak bulls, taking into account colour

Сис-тема	Анти-ген	Окраска шерсти					
		чёрная		серая		коричневая	
		комолые (n = 32)	рогатые (n = 24)	комолые (n = 9)	рогатые (n = 7)	комолые (n = 11)	рогатые (n = 9)
A	A ₂	-	-	-	-	-	0,222±0,139
B	B ₂	0,031±0,031	-	-	-	0,273±0,134	0,222±0,139
	G ₂	0,375±0,086	0,292±0,093	-	0,286±0,171	0,182±0,116	0,222±0,139
	I ₁	0,156±0,064	-	-	-	0,091±0,087	-
	I ₂	0,375±0,086	0,167±0,076	0,333±0,157	0,286±0,171	0,182±0,116	-
	O ₂	0,063±0,043	-	-	-	-	0,111±0,105
	Q	0,406±0,087***	0,042±0,041	0,333±0,157	-	0,182±0,116	-
	T ₂	0,063±0,043	0,042±0,041	0,111±0,105	0,143±0,132	0,091±0,087	-
	Y ₂	0,094±0,052	0,042±0,041	-	0,286±0,171	0,273±0,134	0,444±0,166
	E' ₂	0,438±0,088	0,542±0,102	0,333±0,157	0,714±0,171	0,636±0,145	0,667±0,157
	Г'	0,063±0,043	0,042±0,041	0,111±0,105	-	0,182±0,116	-
	Q'	-	0,042±0,041	-	0,143±0,132	-	-
Y'	0,156±0,064	0,125±0,068	-	-	0,091±0,087	0,111±0,105	
C	E	0,375±0,086	0,333±0,096	0,556±0,166	0,571±0,187	0,455±0,150	0,556±0,166
	R ₂	0,094±0,052***	0,625±0,099	0,222±0,139	0,571±0,187	0,455±0,150	0,667±0,157
	W	0,094±0,052	0,042±0,041	0,111±0,105	-	0,182±0,116	-
	X ₁	0,063±0,043	-	-	-	0,091±0,087	-
	X ₂	0,844±0,064	0,917±0,056	0,889±0,105	1,000±0,000	1,000±0,000*	0,667±0,157
	L'	0,719±0,079***	0,125±0,068	0,778±0,139*	0,286±0,171	0,273±0,134	-
F-V	F	0,344±0,084**	0,042±0,041	0,111±0,105	-	-	-
	V	0,750±0,077	0,875±0,068	0,889±0,105	1,000±0,000	1,000±0,000	1,000±0,000
S	H'	0,313±0,082**	0,042±0,041	0,222±0,139	-	0,091±0,087	-
	U	0,125±0,058	0,083±0,056	0,111±0,105	-	-	-
	U'	0,094±0,052	-	0,111±0,105	-	-	-
	H''	0,063±0,043	0,167±0,076	0,111±0,105	0,143±0,132	0,091±0,087	0,222±0,139
Z	Z	0,906±0,052***	0,500±0,102	0,889±0,105	0,857±0,132	0,909±0,087	0,556±0,166

Анализ частот маркеров крови быков и маток, дифференцированных на комолых и рогатых, показал широкий полиморфизм антигенов у комолых животных хозяйства «Тоолайлых–Кашпал» Республики Тыва (табл. 6). Антигены I₂, E'₂, X₂, L', V, Z систем крови B, C, F-V, Z выявлены с частотой от 0,200 до 1,000 независимо от того, комолые животные или рогатые, кроме маркеров L' и Z, которые отсутствуют у

рогатых, а частота антигенов Y', J₂, H', U систем крови B, J, S несколько ниже – 0,100–0,800.

У комолых быков частота встречаемости маркеров Q, L', F, H' систем крови B, C, F-V, S выше – от 0,282 до 0,846, тогда как у рогатых животных ниже – 0,100 – 0,500, а маркеры O₂, R₂, W, X₁, U', H'' систем крови B, C, S выявлены с частотой 0,026–0,103, которых не оказалось у рогатых быков.

Частота антигенов G₂, T₂, I₂, E'₂, Y', J₂ систем крови В, J у рогатых быков (от 0,200 до 0,700) выше, чем у комолых (0,103–0,436).

Достоверные отличия между комолыми и рогатыми яками хозяйства «Тоолайлыг-Кашпал» отмечены по частотам антигенов крови G₂, T₂, Q, I₂, E'₂, I', Y', X₂, L', F, V, J₂, M, H', U (P≥0,95–0,999).

При анализе частот генов крови комолых и рогатых маток наблюдаем широкий полимор-

физм антигенов у комолых. Поголовье животных в основном состоит из комолых животных, а число рогатых ограничено. У рогатых маток частота встречаемости некоторых маркеров крови выше, чем у комолых. Антиген S1 системы крови S выявлен только у рогатых маток. Антигены П₁, Y₂, R₂, W, X₁, U' систем крови В, С, S не выявлены у рогатых быков и маток.

Таблица 6

Частота встречаемости антигенов крови комолых и рогатых яков в хозяйстве «Тоолайлыг-Кашпал»
Frequency of occurrence of blood antigens of polled and horned yaks on the farm "Toolailykh-Kashpal"

Система	Антиген	Быки		Матки	
		комолые (n = 39)	рогатые (n = 10)	комолые (n = 56)	рогатые (n = 5)
A	A ₁	-	-	-	-
B	B ₂	-	-	0,054 ± 0,030	-
	G ₂	0,282±0,072***	0,700±0,145	0,393 ± 0,065***	0,400 ± 0,219
	O ₂	0,051±0,035	-	0,018 ± 0,018	0,200 ± 0,179
	T ₂	0,103±0,049*	0,200±0,126	0,054 ± 0,030*	0,400 ± 0,219
	Q	0,462±0,08***	0,100±0,095	0,357 ± 0,064**	0,200 ± 0,179
	I ₁	0,154±0,058	-	0,125 ± 0,044	-
	I ₂	0,436±0,079***	0,600±0,155	0,464 ± 0,067***	0,800 ± 0,179
	Y ₂	0,077±0,043	-	0,018 ± 0,018	-
	E' ₂	0,385±0,078***	0,500±0,158	0,446 ± 0,066***	0,800 ± 0,179
	K'	-	-	0,054 ± 0,030	-
	I'	0,128±0,054*	0,100±0,095	0,125 ± 0,044	-
	Y'	0,154±0,058**	0,300±0,145	0,161 ± 0,049*	0,400 ± 0,219
	P ₂	-	-	0,018 ± 0,018	-
	G''	-	-	0,071 ± 0,034	0,200 ± 0,179
C	E	0,385 ± 0,078	0,300±0,145	0,357 ± 0,064	-
	R ₂	0,077±0,043	-	0,018 ± 0,018	-
	W	0,103±0,049	-	0,125 ± 0,044	-
	X ₁	0,077±0,043	-	0,143 ± 0,047	-
	X ₂	0,949 ± 0,035***	0,900±0,095	0,786 ± 0,055***	0,200 ± 0,179
	L'	0,846±0,058***	0,500±0,158	0,821 ± 0,051	-
F-V	F	0,282±0,072**	0,100±0,095	0,250 ± 0,058	-
	V	0,769±0,067***	0,700±0,145	0,732 ± 0,059***	0,200 ± 0,179
J	J ₂	0,282±0,072***	0,400±0,155	0,393 ± 0,065***	0,800 ± 0,179
M	M	-	-	0,036 ± 0,025**	0,600 ± 0,219
S	S ₁	-	-	-	0,400 ± 0,219
	H'	0,333±0,075***	0,100±0,095	0,196 ± 0,053*	0,200 ± 0,179
	U	0,128±0,054*	0,200±0,126	0,161 ± 0,049*	0,400 ± 0,219
	U'	0,103±0,049	-	0,089 ± 0,038	-
	H''	0,026±0,025	-	0,018 ± 0,018	0,200 ± 0,179
Z	Z	1,000±0,000	1,000±0,000	1,000 ± 0,000	-

Из 61 головы рогатых яков-маток оказалось всего 5 особей, поэтому при сравнении выявленных маркеров крови у маток основное внимание уделено комолым (табл. 7). Следует

отметить, что у рогатых животных с черной мастью чаще встречаются антигены G₂, I₂, O₂, T₂, E'₂, Y', X₁ систем крови В, С – 0,250–0,750, чем у комолых этой же окраски – 0,069 (X₁) –

0,483 (E₂). Рогатых маток с серой мастью не оказалось.

Антигены X₂, L', V систем крови С, F-V выявлены у комолых с частотой 0,690–0,923 независимо от окраски. У них несколько реже встречаются гены G₂, I₂, Q, E'₂, E, J₂ систем крови В, С, J – от 0,214 до 0,643, а частота факторов I₁, K', X₁, H', U, U' систем крови В, С, S составила 0,034–0,286.

У комолых маток с серой мастью не выявлены гены В₂, I', G'', W, M систем крови В, С, М, маркеров крови O₂, T₂, Y₂, R₂, H'', систем В, С, S не оказалось у комолых животных серой и коричневой окраски, а ген Z присутствует только у маток серой масти. Достоверных отличий не отмечено.

Таблица 7

Частота встречаемости антигенов крови комолых и рогатых яков-маток в зависимости от окраски
Frequency of occurrence of blood antigens in polled and horned dam yaks depending on color

Сис-тема	Анти-ген	Масть					
		чёрная		серая		коричневая	
		комолые (n=29)	рогатые (n = 4)	комолые (n = 13)	рогатые (n = 0)	комолые (n = 14)	рогатые (n = 1)
В	B ₂	0,069±0,047	-	-	-	0,071±0,069	-
	G ₂	0,379±0,090	0,500±0,250	0,385±0,135	-	0,429±0,132	-
	I ₁	0,172±0,070	-	0,077±0,074	-	0,071±0,069	-
	I ₂	0,414±0,091	0,500±0,250	0,462±0,138	-	0,571±0,132	1,000±0,000
	O ₂	0,034±0,034	0,250±0,217	-	-	-	-
	Q	0,345±0,088	-	0,538±0,138	-	0,214±0,110	1,000±0,000
	T ₂	0,103±0,057	0,500±0,250	-	-	-	-
	Y ₂	0,034±0,034	-	-	-	-	-
	E' ₂	0,483±0,093	0,750±0,217	0,308±0,128	-	0,500±0,134	1,000±0,000
	I'	0,103±0,057	-	-	-	0,286±0,121	-
	K'	0,034±0,034	-	0,077±0,074	-	0,071±0,069	-
	Y'	0,138±0,064	0,500±0,250	0,154±0,100	-	0,214±0,110	-
	G''	0,103±0,057	0,250±0,217	-	-	0,071±0,069	-
С	E	0,414±0,091	0,250±0,217	0,385±0,135	-	0,214±0,110	-
	R ₂	0,034±0,034	-	-	-	-	-
	W	0,172±0,070	-	-	-	0,143±0,094	-
	X ₁	0,069±0,047	0,250±0,217	0,154±0,100	-	0,286±0,121	-
	X ₂	0,793±0,075	0,500±0,250	0,846±0,100	-	0,714±0,121	1,000±0,000
	L'	0,759±0,079	0,500±0,250	0,923±0,074	-	0,857±0,094	1,000±0,000
F-V	F	0,379±0,090	0,250±0,217	0,077±0,074	-	0,143±0,094	1,000±0,000
	V	0,690±0,086	0,250±0,217	0,769±0,117	-	0,786±0,110	-
J	J ₂	0,345±0,088	0,250±0,217	0,231±0,117	-	0,643±0,128	1,000±0,000
M	M	0,034±0,034	-	-	-	0,071±0,069	-
S	H'	0,207±0,075	-	0,154±0,100	-	0,214±0,110	1,000±0,000
	U	0,207±0,075	-	0,077±0,074	-	0,143±0,094	-
	U'	0,069±0,047	-	0,077±0,074	-	0,143±0,094	1,000±0,000
	H''	0,034±0,034	-	-	-	-	-
Z	Z	-	1,000±0,000	1,000±0,000	-	-	1,000±0,000

ВЫВОДЫ

1. У яков Республики Тыва выявлены различные окраски и оттенки шерсти от черного до белого цвета. В популяции яков-быков и маток маркеры X₂, L', V, Z систем крови С, F-V, Z

чаще встречаются у животных с коричневой, черной, черно-пестрой и серой окраской (от 0,600 до 1,000), чем с белой, черной с белой головой и другими оттенками масти (P≥0,95-0,99).

2. Особое внимание следует обратить на высокую частоту маркера крови V системы F-V, который выявлен у яков независимо от окраски и пола в пределах 0,733–1,000, а также уровень гетерозиготного генотипа F/V системы F-V. Можно предположить, что данный ген положительно связан с адаптацией животных к условиям среды обитания.

3. Дифференциация яков-быков и маток по наличию рогов (рогатые) или их отсутствию (комолые) хозяйства «Тоолайлыг–Кашпал» (Республика Тыва) с учетом частот генов крови показала, что у комолых быков и маток частота маркеров Q, L', F, систем крови B, C, F-V, выше (от 0,250 до 0,846), чем у рогатых (0,100–0,500). Гены R₂, W, X₁, U' систем крови C, S выявлены у комолых быков и маток с частотой 0,018–0,143, которых не оказалось у рогатых быков

и маток. Частота антигенов G₂, T₂, I₂, E'₂, Y', J₂ систем B, J выше у рогатых быков и маток (от 0,200 до 0,800), чем у комолых особей (0,054–0,464). Антиген S1 системы крови S выявлен только у рогатых маток. Антигены I₁, Y₂, R₂, W, X₁, U' систем крови B, C, S не выявлены у рогатых быков и маток.

4. Выявление частот антигенов групп крови яков (комолых и рогатых) в зависимости от окраски позволяет констатировать, что одни маркеры встречаются в популяции с высокой частотой, другие – с низкой или отсутствуют.

5. В популяции яков отмечены статистически значимые отличия по антигенам A₂, G₂, II, I₂, Q, T₂, E'₂, I', Y', R₂, W, X₁, X₂, L', F, V, J₂, H', U, U', Z между группами оценённых животных по отношению к средней частоте по стаду.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Сохранение и рациональное использование генофонда отечественных пород* / И.А. Паронян, О.П. Юрченко, Н.Д. Филиппова, А.С. Смирнов // Зоотехния. – 2000. – № 8. – С. 25–27.
2. *Паронян И.А.* Современное состояние генофонда молочных и молочно-мясных пород крупного рогатого скота в Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 6. – С. 79–83. – DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10615.
3. *Прохоренко П.Н., Паронян И.А.* Программа сохранения генетического фонда сельскохозяйственных животных России // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1994. – № 1. – С. 22.
4. *Иммуногенетические* показатели крови высокогорных яков Бурятии / Н.О. Сухова, Э.Т. Матурова, В.С. Деева, Ю.М. Убеев // Доклады Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина. – 1983. – № 10. – С. 39.
5. *Чысыма Р.Б.* Генофонд тувинского яка: Сохранение и рациональное использование / Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. регион. отд.-ние. Тув. НИИ сел. хоз-ва. – Новосибирск, 2009. – 210 с.
6. *Differential expression of skeletal muscle mitochondrial proteins in yak, dzo, and cattle: a proteomics-based study* / L. Long, Y. Zhu, Z. Li [et al.] // J Vet Med Sci. – 2020. – Aug 28; Vol. 82 (8). – P. 1178–1186. – DOI: 10.1292/jvms.19-0218. Epub 2020 Jul 9.
7. *Патент* на селекционное достижение 11905. Як домашний (*Poephagus grunniens*, L.) Бай-Талский: №80582260: заявл. 11.11.2019, опубл. 10.09.2021. / С.М. Оюн, В.А. Солошенко, А.С. Дуров [и др.]. – Бюл. № 7(267).
8. *Аспекты дифференциации генофонда групп крови в популяциях мясного скота, яков и их гибридов* / С.И. Фарсыханов, Г.С. Лозовая, О.Ю. Головченко, А.М. Машуров, И.П. Заднепрмянский // Известия академии наук Таджикской ССР. Отделение биологических наук. – 1988. – № 2. – С. 52–56.
9. *Сороковой П.Ф., Букаров Н.Г., Загосурен Е.* Сравнительные исследования групп крови у местного монгольского скота, яков и их гибридов // Материалы народной конференции по группам крови и биохимическому полиморфизму животных. – Л.: ВНИИГРЖ, 1978. – С. 41.
10. *Сороковой П.Ф., Быковченко Ю.Г.* Видовые особенности антигенов групп крови крупного рогатого скота и яка // Вопросы биохимической генетики человека и сельскохозяйственных животных. – Самарканд, 1973. – С. 77–80.
11. *Использование групп крови для анализа генофонда яков, калмыцкого скота и их гибридов* / В.С. Яковлев, И.П. Заднепрмянский, А.Ф. Коркин, В.М. Шошин // Сельскохозяйственная биология. – 1985. – Т. 20, № 9. – С. 81–83.

12. Давыдов В.Н. Экологические основы расселения домашних и диких яков // Вестник Бурятского государственного университета. Биология. География. – 2012. – №4. – С. 130–132.
13. Сороковой П.Ф., Кязимов С.Б. Сравнительные иммуногенетические исследования групповых эритроцитарных антигенов у крупного рогатого скота и буйволов // Генетика. – 1969. – Т. 5, № 41. – С. 44–49.
14. Лозовая Г.С., Головченко О.Ю. Группы крови мясного и аборигенного скота горной зоны Таджикистана // Генетика. – 1985. – Т. 21, № 7. – С. 1225–1228.
15. Лозовая Г.С., Машуров А.М. Иммуногенетические показатели сходства и различия швицезебувидного скота Таджикистана с другими популяциями подсемейства бычьих // Молекулярно генетические маркеры животных. – Киев, 1996. – С. 60–61.
16. Belyaev D.K., Plyusnina I.Z., Trut L.N. Domestication in the silver fox (*Vulpes fulvus* Desm): Changes in physiological boundaries of the sensitive period of primary socialization // Applied Animal Behaviour Science. – 1985. – Vol. 13, Is. 4. – P. 359–370.
17. Belyaev D.K., Trut L.N. Genetic interrelations of specific changes in standard coat color of silver foxes during domestication // Genetika. – 1986. – Vol. 22, N 1. – P. 119–128.
18. Глазко В.И. Доместикация как генетический феномен // Современные концепции эволюционной генетики. – Новосибирск, 2000. – С. 334–340.
19. Глазко В.И. Доместикация как генетический феномен // Доклады ТСХА. – 2006. – Вып. 279, ч. 1. – С. 318–321.
20. MC1R and KIT Haplotypes Associate With Pigmentation Phenotypes of North American Yak (*Bos grunniens*) / J.L. Petersen, T.S. Kalbfleisch, M. Parris [et al.] // J. Hered. – 2020. – Apr. 2, Vol. 111(2). – P. 182–193. – DOI: 10.1093/jhered/esz070.
21. Атлас номадных животных / В.А. Тайшин, Б.Б. Лхасаранов, Р. Джеймс [и др.]; Рос. акад. наук. Сиб. отд-ние. Байкал. ин-т природопользования. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1999. – 283 с.
22. Матоушек Й. Группы крови у крупного рогатого скота. – Киев: Урожай, 1964. – 145 с.
23. Серебровский А.С. Генетический анализ. – М.: Наука, 1970. – 343 с.
24. Машуров А.М., Сухова Н.О. Фонд антигенов пород крупного рогатого скота и родственных ему видов. – Новосибирск, 1994. – 125 с.
25. Группы крови крупного рогатого скота и их использование в селекционной работе: метод. рекомендации / Н.О. Сухова, В.С. Деева, И.Н. Лепехин, Д.В. Говорухин. – Новосибирск, 1992. – 48 с.

REFERENCES

1. Paronjan I.A., Jurchenko O.P., Filippova N.D., Smirnov A.S., Zootehnika, 2000, No. 8, pp. 25–27. (In Russ.)
2. Paronjan I.A., Dostizhenija nauki i tehniki APK, 2020, T. 34, No. 6, pp. 79–83, DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10615. (In Russ.)
3. Prohorenko P.N., Paronjan I.A., Vestnik Rossijskoj akademii sel'skhozjajstvennyh nauk, 1994, No. 1, pp. 22. (In Russ.)
4. Suhova N.O., Maturova Je.T., Deeva V.S., Ubeev Ju.M., Doklady Vsesojuznoj akademii sel'skhozjajstvennyh nauk im. V.I. Lenina, 1983, No. 10, pp. 39. (In Russ.)
5. Chysyma R.B., Genofond tuvinskogo jaka: Sohranenie i racional'noe ispol'zovanie (Gene pool of the Tuvan yak: Conservation and rational use), Novosibirsk, 2009, 210 p.
6. Long L., Zhu Y., Li Z. [et al.], Differential expression of skeletal muscle mitochondrial proteins in yak, dzo, and cattle: a proteomics-based study, J Vet Med Sci., 2020, Aug 28; Vol. 82 (8), pp. 1178–1186, DOI: 10.1292/jvms.19-0218. Epub 2020 Jul 9.
7. Ojun S.M., Soloshenko V.A., Durov A.S., Tip Baj-talskij, Patent № 11905 ot 10.09.2021 s datoj prioriteta po zajavke № 79671 ot 11.11.2019. (In Russ.)
8. Farsyhanov S.I., Lozovaja G.S., Golovchenko O.Ju. [et al.], Izvestija akademii nauk Tadzhikskoj SSR. Otdelenie biologicheskikh nauk, 1988, No. 2, pp. 52–56. (In Russ.)

9. Sorokovoj P.F., Bukarov N.G., Zagosuren E., Materialy narodnoj konferencii po gruppam krovi i biohimicheskomu polimorfizmu zhivotnyh, Leningrad: VNIIGRZh, 1978, pp. 41. (In Russ.)
10. Sorokovoj P.F., Bykovchenko Ju.G., Voprosy biohimicheskoj genetiki cheloveka i sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh, Samarkand, 1973, pp. 77–80. (In Russ.)
11. Jakovlev V.S., Zadneprijanskij I.P., Korkin A.F., Shoshin V.M., Sel'skohozjajstvennaja biologija, 1985, T. 20, № 9, pp. 81–83. (In Russ.)
12. Davydov V.N., Vestnik Burjatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologija. Geografija, 2012, No. 4, pp. 130–132. (In Russ.)
13. Sorokovoj P.F., Kjazimov S.B., Genetika, 1969, T. 5, No. 41, pp. 44–49. (In Russ.)
14. Lozovaja G.S., Golovchenko O.Ju., Genetika, 1985, T. 21, No. 7, pp. 1225–1228. (In Russ.)
15. Lozovaja G.S., Mashurov A.M., Molekuljarno geneticheskie markery zhivotnyh, Kiev, 1996, pp. 60–61. (In Russ.)
16. Belyaev D.K., Plyusnina I.Z., Trut L.N., Domestication in the silver fox (*Vulpes fulvus* Desm): Changes in physiological boundaries of the sensitive period of primary socialization, Applied Animal Behaviour Science, 1985, Vol. 13, Is. 4, pp. 359–370.
17. Belyaev D.K., Trut L.N., Genetic interrelations of specific changes in standard coat color of silver foxes sines and star arising during domestication, Genetika, 1986, Vol. 22, No. 1, pp. 119–128. (In Russ.)
18. Glazko V.I., Sovremennye koncepcii jevoljucionnoj genetiki, Novosibirsk, 2000, pp. 334–340. (In Russ.)
19. Glazko V.I., Doklady TSHA, 2006, Vyp. 279, Ch. 1, pp. 318–321. (In Russ.)
20. Petersen JL, Kalbfleisch TS, Parris M, Tietze SM, Cruickshank J., MC1R and KIT Haplotypes Associate With Pigmentation Phenotypes of North American Yak (*Bos grunniens*), J. Hered, 2020, Apr. 2, Vol. 111 (2), pp. 182–193, DOI: 10.1093/jhered/esz070.
21. Tajshin V.A., Lhasaranov B.B., Dzhejms R. [i dr.], Atlas nomadnyh zhivotnyh (Atlas of nomadic animals), Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 1999, 283 p.
22. Matoushek J., Gruppy krovi u krupnogo rogatogo skota (Blood types in cattle), Kiev: Urozhaj, 1964, 145 p.
23. Serebrovskij A.S., Geneticheskij analiz (Genetic analysis), Moscow: Nauka, 1970, 343 p.
24. Mashurov A.M., Suhova N.O., Fond antigenov porod krupnogo rogatogo skota i rodstvennyh emu vidov (Foundation of antigens of cattle breeds and related species), Novosibirsk, 1994, 125 p.
25. Suhova N.O., Deeva V.S., Lepehin I.N., Govoruhin D.V., Gruppy krovi krupnogo rogatogo skota i ih ispol'zovanie v selekcionnoj rabote (Cattle blood groups and their use in breeding work), Novosibirsk, 1992, 48 p.