

Н. П. Филиппова¹, Л. П. Корякина², А. И. Павлова², Т. И. Дмитриева², Н. И. Павлова³

Изучение аллелофонда эвенской породы северного оленя по локусам трансферрина и микросателлитов

Аннотация. Для разработки программ по сохранению и описанию генетических ресурсов в животноводстве используют белки крови и ДНК-маркеры, в том числе и микросателлиты. Объектом изучения послужили домашние северные олени эвенской породы, разводимые в Арктической зоне Якутии. Исследован полиморфизм сывороточного белка трансферрина у домашних северных оленей эвенской породы. Установлено, что у оленей эвенской породы по локусу трансферрина отмечается невысокий уровень полиморфизма. По данному локусу было обнаружено 16 генотипов. С высокой частотой встречаются следующие генотипы: TfC1D1 (22%), TfBD2 (18%), TfC1D1 (16%). При этом особи с типом аллеля TfD по частоте встречаемости достоверно превосходят животных с другими типами аллеля ($P < 0,001$).

Методом ДНК-анализа определены генотипы 36 оленей эвенской породы по 16 микросателлитным локусам ДНК: (Rt1, Rt6, Rt7, Rt9, Rt24, Rt30, BMS745, BMS1788, NVHRT16, OheQ, C32, C143, C217, C276, FCB193, T40). Выявлено от 2 до 12 аллельных вариантов на локус. Из 16 исследованных микросателлитных локусов у 12 — ДНК обладают высокой степенью гетерозиготности — от 0,722 до 0,889. Наиболее низкая степень гетерозиготности выявлена у локусов C143 и C217 — (по 0,333) и T40 — (0,472). Среднее число аллелей на локус составило $7,75 \pm 0,86$. Высокие показатели (Ae, Ho, He, I) локусов Rt1, Rt6, Rt7, Rt9, Rt24, Rt30, BMS745, BMS1788, NVHRT16, OheQ, C32, C276, FCB193 и Tf позволяют считать данные полиморфные локусы генетическими маркерами, пригодными для оценки генетического разнообразия домашних северных оленей.

Ключевые слова: Арктическая зона, северные олени, эвенская порода, сыворотка крови, полиморфизм, трансферрины, микросателлиты, биоразнообразие.

Авторы:

Филиппова Наталья Павловна — кандидат биологических наук; e-mail: inniah1970@list.ru;

Корякина Лена Прокопьевна — кандидат ветеринарных наук; e-mail: koryrinalp_2017@mail.ru;

Павлова Александра Иннокентьевна — доктор ветеринарных наук; e-mail: pavlova_ai2018@mail.ru;

Дмитриева Туяра Ивановна — аспирант; e-mail: dark_dell@mail.ru;

Павлова Надежда Ивановна — кандидат биологических наук; e-mail: solnishko_84@inbox.ru.

¹ Государственное бюджетное учреждение Республики Саха (Якутия) «Сахаагроплем», 677001, г. Якутск, ул. Орджоникидзе, д. 20;

² ФГБОУ ВО «Якутская государственная сельскохозяйственная академия», 677007, г. Якутск, Сергеляхское ш. 3 км, д. 3;

³ ФГНУ «Якутский научный центр комплексных медицинских проблем», 677010, г. Якутск, ул. Сергеляхское шоссе, 4.

Введение. Оленеводство относится к стратегически значимой отрасли, связанной с обеспечением населения Арктических регионов нашей страны продовольствием [1]. Оленеводство в Якутии до 1974 года было одним из самых рентабельных отраслей с поголовьем оленей более 380,7 тыс. голов. Начиная с 1994 года поголовье домашних оленей идет на спад, в отдельных районах наметилась угроза исчезновения отрасли [2].

В Якутии разводят три породы домашних северных оленей: эвенкийская, эвенская и чукотская. Всего домашним оленеводством занимаются в 21-ом районе в 117 оленеводческих хозяйствах [3]. По

состоянию на 1 января 2019 года поголовье в хозяйствах всех категорий составило 146391 оленей, в том числе племенных — 15206. Из трех разводимых пород домашних северных оленей самая многочисленная — эвенская (64%), которая разводится в 11-ти улусах (районах) республики, расположенных в разных природно-климатических зонах Арктики — от тундровой до горно-таежной. Поэтому наибольшую долю в производстве оленьины занимает мясо оленей эвенской породы [4].

На 01.01.2019 г. численность племенных оленей эвенской породы составляет 11673 голов или 76,76% от общего поголовья племенных оленей.

Несмотря на значительную поддержку со стороны государства и муниципалитетов, широкое внедрение научных методов нормирования в отрасли, оленеводство Якутии не достигло того уровня стабильности, которое позволяло бы перейти на товарное производство [5].

Северный олень (*Rangifer tarandus*), единственный представитель рода *Rangifer*, принадлежит к числу наиболее интересных объектов исследования генетического разнообразия [6].

Систематические исследования полиморфизма трансферринов сыворотки крови у северного оленя начались с работы Гане и Ренделя [7]. Исследования генетических вариантов трансферрина у домашних северных оленей в СССР были начаты в 1967 году [8]. У северного оленя одним из наиболее вариабельных белков является сывороточный трансферрин, который у вида (в пределах России) представлен 13 генетическими вариантами [9].

С развитием ДНК-технологий исследование генетической структуры видов и пород сельскохозяйственных животных стало важной составляющей в системе сохранения и использования биологических ресурсов [10, 11]. В последние годы по микросателлитным локусам были изучены и некоторые российские популяции северных оленей [7, 12, 13, 14]. Известно, что микросателлиты — STR (short tandem repeat) представляют собой тандемные повторы длиной от 2 до 4, иногда до 6 пар нуклеотидов в некодирующих областях генома. Приоритетность их использования в ДНК-диагностике обусловлена относительно равномерным распределением на хромосомах и широким разнообразием. Полиморфизм микросателлитных повторов настолько высок, что позволяет различать хромосомы при семейном анализе, прослеживая их передачу в поколениях, а также при идентификации принадлежности биологического образца к виду, породе, популяции [15].

Уровень генетического полиморфизма популяции (или вида в целом) считается в популяционной генетике важнейшим показателем, от которого зависят эволюционная пластичность вида, его приспособляемость к переменам среды и риск вымирания [12].

Цель и методика исследований. Целью настоящей работы является характеристика аллелофонда домашних северных оленей эвенской породы, разводимых на территории Якутии, с помощью сывороточного белка трансферрина и микросателлитов, известных также под названием STR-маркеров.

Биологическим материалом для исследований служили пробы сыворотки крови ($n=50$) и цель-

ной венозной крови ($n=36$) домашних северных оленей эвенской породы, принадлежащих МУП «Приморский» Булунского района, расположенного в Арктической зоне Якутии. Определение генотипов оленей по локусу трансферрина сыворотки крови проводили методом вертикального электрофореза в полиакриламидном геле (Smithies) [16]; анализ генетической гетерогенности белков сыворотки крови — по методике Шубина П. Н. и Эфимцевой Э. А. [9].

Геномную ДНК выделяли из цельной венозной крови набором для выделения ДНК в лаборатории генетики и селекции сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО Якутская ГСХА набором реагентов Excell Biotech (ООО «Корпорация «Эксел Биотэк», Россия). Генотипирование проводили набором COrDIS по 16 микросателлитным локусам (Rt1, Rt6, Rt7, Rt9, Rt24, Rt30, BMS745, BMS1788, NVHRT16, OheQ, C32, C143, C217, C276, FCB193, T40). Анализ ДНК, постановку ПЦР и фрагменты амплификации идентифицировали на базе молекулярно-генетической лаборатории биотехнологической компании ООО «Гордиз», г. Москва. Анализ ПЦР-продуктов проводился с использованием генетического анализатора ABI3130XL («Applied Biosystems», США).

Цифровой материал экспериментальных данных обработан методом вариационной статистики на достоверность различия сравниваемых показателей с использованием критерия Стьюдента. При статистической обработке генетических данных использовали программное обеспечение GenAlEx (v.6.5) [17].

Результаты и обсуждение.

У оленей эвенской породы по локусу трансферрина отмечается невысокий уровень полиморфизма. Всего в исследованной популяции по данному локусу обнаружено 16 генотипов: TfAC₁, TfAD₁, TfBC₁, TfBC₂, TfBD₁, TfBD₂, TfC₁C₁, TfC₁D₁, TfC₂C₂, TfC₂D₁, TfC₂D₂, TfD₁D₁, TfD₁D₂, TfD₂D₂, TfD₂E₁ и TfE₁E₁. С высокой частотой встречаются следующие генотипы: TfC₁D₁ (22%), TfBD₂ (18%), TfC₁D₁ (16%). Редкими оказались: TfAC₁, TfAD₁, TfBC₂, TfC₂C₂, TfC₂D₁, TfC₂D₂, TfD₁D₂, TfD₂E₁ и TfE₁E₁.

Частоты генов — важнейшие параметры породы, характеризующие ее генофонд [18]. В изученной популяции оленей выявлено 5 аллелей трансферринового локуса TfA, TfB, TfC₁, TfC₂, TfD₁, TfD₂ и TfE₁, где имеют высокую встречаемость аллели TfD₁ (0,380), TfB (0,200), TfD₂ (0,180), TfC₁ (0,160) (табл. 1).

При сравнении ожидаемых и фактически наблюдаемых генотипов в исследованной группе

олений выявлено нарушение генетического равновесия по локусу трансферрина ($\chi^2=69,83$; $df=9$; $P<0,001$). Сравнение наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности выявило значительный дефицит гетерозигот (11,5%), который соответствовал положительному значению индекса фиксации $F_{is}=0,153$.

По результатам анализа 16 STR-локусов в экспериментальной выборке оленей эвенской породы, их аллелофонд представлен 124 аллелями, в каждом локусе идентифицировано от 2 (C217) до 12 (OheQ) аллелей. Среднее число аллелей на локус в данной популяции северных оленей составил $7,75\pm0,86$. По данным Харзиновой В. Р. и др. (2015) этот показатель у исследованной ими популяции эвенских оленей равнялся $8,00\pm0,76$ [5].

К группе локусов, где значение уровня полиморфности ниже среднего уровня, относятся локусы — C217, C143, T40, C32, BMS745, NVHRT16, Rt7, из них минимальным значением характеризовался локус C217 (1,213). Локусы, имеющие значение уровня полиморфности, превышающие средние показатели: C276, FCB193, BMS1788, Rt9, OheQ, Rt30, Rt24, Rt6, Rt1. Максимальным уровнем полиморфности обладал локус Rt1 (6,732). Среднее эффективное число аллелей по локусу трансферрина и 16 STR-локусам составило $4,45\pm0,42$ (табл. 2).

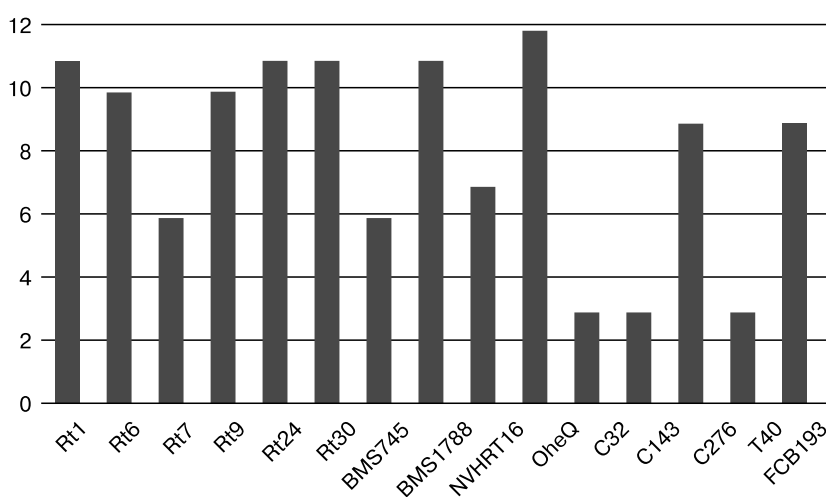


Рис. 1. Число аллелей на локус

Таблица 1. Частота встречаемости аллелей и оценка генного равновесия в локусе трансферрина (Tf) у оленей эвенской породы (n=50)

Локус/аллель							$\Sigma\chi^2$	df	P
TF									
A ₁	B	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂	E ₁			
0,020± 0,014	0,200± 0,040	0,160± 0,037	0,030± 0,017	0,380± 0,049	0,180± 0,038	0,030± 0,017	69,83	9	P<0,001

Примечание: $\Sigma\chi^2$ — распределение хи-квадрат, df — число степеней свободы, P — уровень значимости.

Степень наблюдаемой гетерозиготности является мерой генетической изменчивости в популяции. Частота гетерозигот — важный показатель, поскольку каждая гетерозигота несет разные аллели и иллюстрирует наличие изменчивости [19]. Наибольший уровень наблюдаемой гетерозиготности зафиксирован по локусам: BMS745 (0,889), Rt6 (0,861), Rt9 (0,861), FCB193 (0,861), Rt1 (0,833), BMS1788 (0,833), наименьший — C143 (0,333) и C217 (0,333). Средний показатель наблюдаемой ($0,715\pm0,045$) чуть выше ожидаемой ($0,711\pm0,04$) гетерозиготности.

В таблице 2 продемонстрированы основные показатели STR — локусов, которые характеризуют аллелофонд и уровень генетического разнообразия исследуемой выборки оленей. Так, эффективное число аллелей на локус составило 4,09.

Значения индекса Шеннона от 1,5 и выше зафиксировано по 12 локусам, из них высокое значение этого показателя регистрировали в локусах: Rt24 (2,024), Rt6 (2,046), Rt30 (2,075), OheQ (2,075). В локусах C217 (0,319), C143 (0,646) и T40 (0,833) индекс Шеннона имеет низкое значение. Среднее значение информационного индекса Шеннона по локусу трансферрина и 16 STR-локусам составило $1,566\pm0,14$, что свидетельствует о достаточно высоком уровне биоразнообразия в исследованной популяции оленей эвенской породы. Отрицательное значение индекса фиксации ($F_{is}=-0,057\pm0,06$) указывает на смещение равновесия в сторону избытка гетерозиготных особей.

Проведенный анализ аллелофонда по микросателлитным локусам данной выборки домашних северных оленей эвенской породы, разводимых в Булунском районе, показал, что исследованная популяция имеет свою характерную генетическую структуру.

Высокие показатели (Ae, Ho, He, I) локусов Rt1, Rt6, Rt7, Rt9, Rt24, Rt30, BMS745, BMS1788,

NVHRT16, OheQ, C32, C276, FCB193 позволяют считать данные полиморфные локусы генетическими маркерами, пригодными для оценки аллелофонда домашних северных оленей.

Таблица 2. Характеристика 16 микросателлитных и трансферринового локусов северных оленей эвенской породы Булунского района Якутии (n=36)

Локус	(Ae)	(Ho)	(He)	I	F _{is}
Rt1	6,732	0,833	0,851	2,124	0,021
Rt6	6,646	0,861	0,850	2,046	-0,014
Rt7	4,284	0,778	0,767	1,584	-0,015
Rt9	5,598	0,861	0,821	1,951	-0,048
Rt24	6,246	0,722	0,840	2,024	0,140
Rt30	6,201	0,750	0,839	2,075	0,106
BMS745	3,165	0,889	0,684	1,892	-0,299
BMS1788	5,366	0,833	0,814	1,309	-0,024
NVHRT16	3,927	0,750	0,745	1,525	-0,006
OheQ	6,000	0,806	0,833	2,075	0,033
C32	2,667	0,639	0,625	1,028	-0,022
C143	1,691	0,333	0,409	0,646	0,184
C217	1,213	0,333	0,176	0,319	-0,899
C276	4,739	0,806	0,789	1,725	-0,021
T40	1,927	0,472	0,481	0,833	0,018
FCB193	5,290	0,861	0,811	1,906	-0,062
Tf	4,088	0,640	0,755	1,580	0,153
Среднее значение	4,45±0,42	0,715±0,04	0,711±0,04	1,567±0,13	-0,044±0,06

*Примечание: Ae — эффективное число аллелей на локус, Ho — наблюдаемая гетерозиготность, He — ожидаемая гетерозиготность, I — информационный индекс Шеннона, F_{is} — коэффициент популяционного инбридинга.

Литература

- Ильина Л. А. Возрастные отличия бактериального состава рубца северных оленей Российской Федерации / Л. А. Ильина [и др.] // Генетика и разведение животных. — 2018. — № 1. — С. 74–81.
- Борисов В. Д., Борисов Т. Д. Особенности управления оленеводством в Республике Саха (Якутия) // ПСЭ. 2017. № 3 (63). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-upravleniya-olenevodstvom-v-respublike-saha-yakutia>.
- Корякина Л. П., Павлова А. И., Дмитриева Т. И. Морфофизиологическая характеристика крови домашних северных оленей эвенской и эвенкийской пород // Сб. материалов научно-практической конференции, посвященной Дню Российской науки (9-10 февраля 2019 г.). — Якутск: Издательство ЯРО РГО «Академия», 2019. — С. 72–74.
- Азарова Л. В. Современное состояние оленеводства в Якутии / Л. В. Азарова // Молодой ученый. — 2013. — № 5. — С. 831–833.
- Южаков А. А. Роль личных оленей в сохранении северного оленеводства (на примере ЯНАО) / Инновационные подходы к проблемам и перспективам развития АПК в Республике Саха (Якутия): материалы докладов Межд. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения профессора М. Г. Сафронова и 60-летию Якутского НИИ сельского хозяйства им. М. Г. Сафронова (г. Якутск, 9 декабря 2016 г.). — Воронеж: Издат-Принт, 2017. — С. 338–344.
- Харзинова В. Р. Разработка мультиплексной панели микросателлитов для оценки достоверности происхождения и степени дифференциации популяций северного оленя Rangifer tarandus / В. Р. Харзинова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. — 2015. — Т. 50. — №6. — С. 756–765.
- Gahne B., Rendel J. Blood and serum groups in reindeer compared with those in cattle / B. Gahne, J. Rendel // Nature. — 1961. — Vol. 192. — P. 529.
- Шубин П. Н. Генетика трансферринов северного оленя и европейского лося / П. Н. Шубин // Генетика. — 1969. — Т. 5. — № 1. — С. 37–41.

9. Шубин П. Н., Ефимцева Э. А. Биохимическая и популяционная генетика северного оленя / П. Н. Шубин, Э. А. Ефимцева. — Л.: Наука, 1988. — 103 с.
10. Столповский Ю. А. Концепция и принципы генетического мониторинга для сохранения in situ пород domesticiрованных животных // Сельскохозяйственная биология. — 2010. — № 6. — С. 3–8.
11. Stolpovskii Yu. A. Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii / Yu. A. Stolpovskii // 2013. — № 17(4/2). — Р. 900–902.
12. Харзинова В. Р. Изучение аллелофонда и степени генетической интрогрессии домашней и дикой популяций северного оленя (*Rangifer tarandus* L., 1758) с использованием микросателлитов / В. Р. Харзинова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. — 2016. — Т. 51. — № 6. — С. 811–823.
13. Кол Н. В. Генетический полиморфизм в популяции северного оленя (*Rangifer tarandus*) Республики Тыва (Тоджинского района). Автореф. канд. дис. — М., 2006. — 18 с.
14. Брызгалов Г. Я. Оценка генетической структуры чукотской породы северных оленей / Г. Я. Брызгалов // Вестник ДВО РАН. — 2016. — № 2(186). — С. 108–112.
15. Jarne P. Microsatellites, from molecules to populations and back. / P. Jarne, P. J. L. Lagoda // Trends in Ecology & Evolution. — 1996. — 11(10). — P. 424–429. Doi: 10.1016/0169-5347(96)10049-5.
16. Smithies O. Zone electrophoresis in starch gels / O. Smithies // Biochemistry Journal. — 1955. — Vol. 61. — P. 629–641.
17. Peakall R. GenAEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research — an update / R. Peakall, P. E. Smouse // Bioinformatics. — 2012. — Vol. 28. — P. 2537–2539.
18. Южаков А. А. Ненецкая аборигенная порода северных оленей: автореферат дис. ... доктора сельскохозяйственных наук: 06.02.04, 06.02.01 / Сиб. науч.-исслед. и проект.-технол. ин-т животноводства. — Новосибирск, 2004. — 52 с.
19. Лазовский А. А. Селективная и адаптационная значимость генетического полиморфизма: учеб.-метод. пособие / А. А. Лазовский; М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Витеб. гос. акад. ветеринар. медицины. — Витебск, 2005. — 30 с.

Filippova N.¹, Koryakina L.², Pavlova A.², Dmitriyeva T.², Pavlova N.³

Assessment of genetic structure of reindeer of the even breed

Abstract. For development of programs for preservation and the description of genetic resources in livestock production use proteins of blood and DNA markers including microsatellites. The domestic reindeers of the Even breed divorced in the Bulunsky district of Yakutia served as object of studying. The polymorphism of serum protein of a transferrin at domestic reindeers of the Even breed is investigated. It is established that at deer of the Even breed on a locus of a transferrin not the high level of polymorphism is noted, on this locus 16 genotypes were revealed. With high frequency the following genotypes meet: TfC1D1 (22%), TfBD2 (18%), TfC1D1 (16%). At the same time individuals with type аллеля Tfdpo to occurrence frequency authentically surpass animals with other types аллеля ($P < 0.001$).

The method of the DNA analysis determined genotypes of 36 domestic reindeers of the Even breed by 16 microsatellite loci of DNA: (Rt1, Rt6, Rt7, Rt9, Rt24, Rt30, BMS745, BMS1788, NVHRT16, OheQ, C32, C143, C217, C276, FCB193, T40). From 2 to 12 allelic options on a locus are revealed. From 16 studied microsatellite loci at 12 — DNA possess high degree of heterozygosity — from 0.722 to 0.889. The lowest degree of heterozygosity is revealed at loci of C143 and C217 — (on 0.333) and T40 — (0.472). The average of alleles on a locus made 7.75 ± 0.86 . High rates (Ai, But, Not, I) loci of Rt1, Rt6, Rt7, Rt9, Rt24, Rt30, BMS745, BMS1788, NVHRT16, OheQ, C32, C276, FCB193 and Tfpovolyayut to consider these polymorphic loci the genetic markers suitable for assessment of a genetic variety of domestic reindeers.

Key words: Arctic zone, reindeers, Even breed of deer, blood serum, polymorphism, transferrina, microsatellites, biodiversity».

Authors:

Filippova N. — PhD (Biol. Sci.); e-mail: inniah1970@list.ru;

Koryakina L. — PhD (Vet. Sci.); e-mail: koryinalp_2017@mail.ru;

Pavlova A. — Dr. Habil. (Vet. Sci.); e-mail: pavlova_ai2018@mail.ru;

Dmitriyeva T. — graduate student; e-mail: dark_dell@mail.ru;

Pavlova N. — PhD (Biol. Sci.); e-mail: solnishko_84@inbox.ru.

- ¹ State budgetary institution of the Republic of Sakha (Yakutia) «Sakhaagroplem», 677001, Yakutsk, Ordzhonikidze str., 20;
- ² Federal public budgetary educational institution of the higher education «Yakut state agricultural academy», 677007, Yakutsk, St. Sergelyakhskoe highway, 3 km, str., 3;
- ³ Federal state scientific institution «Yakut scientific center of complex medical problems», 677010, Yakutsk, St. Sergelyakhskoe highway, 4.

References

1. Ilyina L. A. Age differences of bacterial structure of a hem of reindeers of the Russian Federation / L. A. Ilyina [etc.] // Genetics and animal husbandry. — 2018. — №. 1. — P. 74–81.
2. Borisov V. D., Borisov T. D. Features of reindeer husbandry management in the Republic of Sakha (Yakutia) // PSE. 2017. No. 3 (63). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-upravleniya-olenevodstvom-v-respublike-sakha-yakutia>.
3. Koryakina L. P., Pavlov A. I., Dmitriyeva T. I. Morpho-physiological characteristic of blood of domestic reindeers of the Even and Evenki breeds / Sb. materials of the scientific and practical conference devoted to the Day of Russian Science (on February 9–10, 2019). — Yakutsk: Publishing house YaRO RGO «Academy», 2019. — P. 72–74.
4. Azarova L. V. Sovremennoe sostoyanie olenevodstva v Yakutii / L.V. Azarova // Molodoj uchenyj. — 2013. — № 5. — P. 831–833.
5. Yuzhakov A. A. A role of personal deer in preservation of northern reindeer breeding (on the example of YaNAO) / Innovative approaches to problems and the prospects of development of agrarian and industrial complex in the Sakha (Yakutia) Republic: materials of reports Mezhd. nauch. — prakt. konf., posvyashch. to the 100 anniversary since the birth of professor M.G. Safronov and to the 60 anniversary of the Yakut scientific research institute of agriculture of M.G. Safronov (Yakutsk, on December 9, 2016). — Voronezh: Izdat-Print, 2017. — P. 338–344.
6. Harzinova V. R. Development of the multiplex panel of microsatellites for assessment of reliability of origin and extent of differentiation of populations of a reindeer of Rangifer tarandus / V. R. Harzinova [etc.] // Agricultural biology. — 2015. — Vol. 50. — № 6. — P. 756–765.
7. Gahne B. Blood and serum groups in reindeer compared with those in cattle / B. Gahne, J. Rendel // Nature. — 1961. — Vol. 192. — P. 529.
8. Choubin P. N. Genetics of transferrin of a reindeer and European elk / P. N. Choubin // Geneticist. — 1969. — Vol. 5. — № 1. — P. 37–41.
9. Choubin P. N., Efimtseva E. A. Biochemical and population genetics of a reindeer / P. N. Choubin, E. A. Efimtseva. — L.: Science, 1988. — 103 p.
10. Stolpovsky Yu. A. The concept and the principles of genetic monitoring for preservation of in situ of breeds the domestitsirovannykh of animals. Agricultural biology. — 2010. — No. 6. — P. 3–8.
11. Stolpovskii Yu. A. Vavilovskii zhurnal genetiki i seleksii / Yu. A. Stolpovskii // 2013. — № 17(4/2). — P. 900–902.
12. Harzinova V. R. Studying of an allelofond and extent of genetic introgression of house and wild populations of a reindeer (Rangifer tarandus L., 1758) with use of microsatellites / V. R. Harzinova [etc.] // Agricultural biology. — 2016. — Vol. 51. — № 6. — P. 811–823.
13. Kol N. V. Genetic polymorphism in population of a reindeer (Rangifer tarandus) of the Republic of Tyva (Todzhinsky district). Avtoref. edging. yew. M, 2006. 18 p.
14. Bryzgalov G. Ya. Assessment of genetic structure of the Chukchi breed of reindeers / G. Ya. Bryzgalov // Messenger of the FEB RAS. — 2016. — № 2(186). — P. 108–112.
15. Jarne P. Microsatellites, from molecules to populations and back. / P. Jarne, P. J. L. Lagoda // Trends in Ecology & Evolution. — 1996. — 11(10). — P. 424–429 (doi: 10.1016/0169-5347(96)10049-5).
16. Smithies O. Zone electrophoresis in starch gels / O. Smithies // Biochemistry Journal. — 1955. — Vol. 61. — P. 629–641.
17. Peakall R. GenAlEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research — an update / R. Peakall, P. E. Smouse // Bioinformatics. — 2012. — Vol. 28. — P. 2537–2539.
18. Yuzhakov A. A. Nenets native breed of reindeer: abstract of the dis. ... doctor of agricultural Sciences: 06.02.04, 06.02.01 / Sib. science.-research. and the project.- technol. in-t of animal husbandry. — Novosibirsk, 2004. — 52 p.
19. Lazovsky A. A. Selective and adaptation importance of genetic polymorphism: studies. — a method. grant / A. A. Lazovsky; M-in villages. hoz-v and food of Republic Belarus, Viteb. state. academician veterinarian. medicine. — Vitebsk, 2005. — 30 p.