

Животноводство

УДК 636.367/.368:636.082.13:575

DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019640-44>

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ГЕНЕТИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ГРУБОШЕРСТНЫХ ПОРОД ОВЕЦ

М.Ю. Озеров^{1,2}, кандидат биологических наук,
М. Тапио², **Ю. Кантанен**², доктора биологических наук,
С.Н. Марзанова³, **Е.А. Корецкая**⁴, кандидаты биологических наук,
В.П. Лушников⁵, доктор сельскохозяйственных наук, **Н.С. Марзанов**⁶, доктор биологических наук

¹Университет Турку, 20014, Турку, Финляндия

²Институт природных ресурсов Финляндии,
31600, Йокиоинен, Финляндия

³Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина,
109472, Москва, ул. Академика Скрябина, 23

⁴Тверская государственная сельскохозяйственная академия,
170904, Тверь, пос. Сахарово, ул. Маршала Василевского, 7

⁵Саратовский государственный аграрный университет имени
Н.И. Вавилова, 410012, Саратов, Театральная пл., 1

⁶Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста,
142132, Московская область, Дубровицы, 60
E-mail: nmarzanov@yandex.ru

Жизнедеятельность сельского населения мира на 70% зависит от традиционных систем животноводства, основанных на местных породах. По этой причине очень важно сохранение локальных пород, обладающих устойчивостью к болезням и лучше адаптированных к меняющимся условиям окружающей среды. Изучено влияние факторов внешней среды на формирование генетической структуры 24 грубошерстных пород овец, разводимых в 9 странах Европы и Азии. Генетические исследования проводили по 20 микросателлитным локусам. Наиболее важными средовыми факторами, объясняющими генетическую изменчивость исследованных пород овец, оказались географическая широта и средняя годовая температура воздуха. Генетическая изменчивость грубошерстных пород овец была выше в низких широтах, что соотносится с данными, полученными на других видах животных. Таким образом, защита популяций, обитающих в низких широтах, может сохранить разнообразие внутри вида в значительно большей степени, чем охрана такого же количества популяций в высоких широтах. Этот факт важно учитывать в программах по сохранению биоразнообразия животных, поскольку породы, разводимые ближе к центрам одомашнивания, обладают более высокой генетической изменчивостью и могут служить источником генов, способствующим адаптации при глобальном изменении климата.

GENETIC FACTORS AFFECTING GENETIC VARIANCE IN COARSE-WOOL SHEEP

Ozerov M.Yu.^{1,2}, **Tapio M.**², **Kantanen J.**², **Marzanova S.N.**³,
Koreckaya E.A.⁴, **Lushnikov V.P.**⁵, **Marzanov N.S.**⁶

¹University of Turku, 20014, Turku, Finland

²Luke Natural Resources Institute Finland, 31600, Jokioinen, Finland

³Moscow state Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA
named after K.I. Skryabin, 109472, Moskva, ul. Akademika Skryabina, 23

⁴Tver State Agricultural Academy, 170904, Tver, ul. Vasilevskogo, 7

⁵Saratov State Agrarian University in honor of N.I. Vavilov,
410012, Saratov, Teatralnaya pl., 1

⁶Federal Science Center for Animal Husbandry,
142132, Moskovskaya oblast, Dubrovitsy, 60
E-mail: nmarzanov@yandex.ru

The life activity of the rural population in the world is 70% dependent on the traditional animal farming systems based on the domestic livestock breeds. Consequently, it is very important to preserve and enhance the local breeds of animals resistant to any diseases and better adapted to the changing environmental conditions. The environmental factors affecting the genetic structure in 24 coarse-wool breeds of sheep reared in 9 countries of Europe and Asia have been studied. The genetic surveys of twenty microsatellite loci were carried out. The most significant environmental factors causing the genetic variance in the analyzed sheep breeds appeared to be the geographical latitude and the annual mean temperature. The genetic variance of the coarse-wool sheep breeds was generally higher at low geographical latitudes, which corresponds to the data obtained for the other vertebral species. Therefore, the protection of sheep populations inhabiting the areas at the low geographical latitudes can better maintain the intraspecific diversity. This fact should be especially considered when planning the programs to conserve the biodiversity of farm animals. The breeds of sheep reared near the centers of domestication are distributed in the low latitude ranges. They have a higher genetic variance. Therefore, they can serve as the source of genes contributing to adaptation under the conditions of global climate change.

Ключевые слова: овцы, породы, микросателлиты, генотипы, аллели

Key words: sheep, breeds, microsatellites, genotypes, alleles

Около 90% животноводческой продукции, используемой человеком, производится 14 одомашненными видами. Каждый вид представлен породами, приспособленными к определенной среде обитания, кормам и формам содержания. Развитие животноводства и благосостояние сельского населения в мире на 70% зависит от традиционных систем, основанных на разведении местных пород. Поэтому важно сохранение локальных пород животных, недостаточно используемых в данный момент, однако способных обеспечить в будущем ценной продукцией, обладающих устойчивостью к болезням и лучшей адаптивностью к меняющимся условиям окружающей среды [1-4].

Статус породы оценивается по различным критериям: численность поголовья, соотношение полов, рождаемость и смертность, плотность расположения на определенной территории, наличие или отсутствие инбридинга. По данным информационной системы ЕЭС, в Европе из 2612 пород животных под угрозой исчезновения находится 1071 [5]. Статус местных пород определяется географической изоляцией или эпизоотической ситуацией. До сих пор факторы окружающей среды не учитываются при определении статуса пород. Географические информационные системы разрабатываются с 80-х годов XX века специально для научных исследований и управления биоресурсами на заданной территории. К приоритетным задачам по данной проблематике относятся: выявление связей между разводимыми животными и окружающей средой, рациональное использование земли, мониторинг заболеваний, сохранение генетических ресурсов. Исследования являются частью проекта Европейского регионального координатора «Разработка моделей для оценки состояния пород и их использование с учетом соответствующей географической привязки данных» [1,6].

Общеизвестно, что неоднородность внешней среды влияет на дивергенцию видов посредством давления отбора, к которому им необходимо приспосабливаться. Можно предположить, что в районах с высокой неоднородностью окружающей среды будет большая генетическая изменчивость, как между, так и внутри вида. Недавние работы в области экологической и ландшафтной генетики установили влияние факторов окружающей среды на генетическую изменчивость, поток генов и генетическую структуру популяций. Поэтому при определении статуса пород и планировании их разведения, помимо общепринятых показателей, необходимо учитывать факторы внешней среды [6-11].

Целью исследований является оценка влияния различных факторов окружающей среды на формирование генетической структуры грубошерстных пород овец.

Методика. Грубошерстные овцы 24 пород, разводимые в 9 странах Европы и Азии, были исследовали по 20 микросателлитным локусам [12]. Образцы крови были взяты у животных следующих пород в странах: Азербайджан (бозах, гала, карабах, мазех); Россия: Дагестан (андийская, дагестанская местная, лезгинская), Северная Осетия-Алания (карачаевская, тушинская), Калмыкия (каракульская, эдильбаевская), Бурятия (байдарак), Воронежская область (кучугуровская), Ярославская область (романовская), Алтайский край (кулундинская); Молдова (каракульская); Казахстан (эдильбаевская); Украина (горнокарпатская; сокольская); Польша (вжосувка, свиниарка); Сербия (праменка); Швеция (шведская гуте, рюа, готландская); Норвегия (норвежская дикая).

Полиморфизм микросателлитных локусов оцени-

вали с помощью программы FSTAT 2.93 [13,14]. Для анализа достоверности отклонений показателей F-статистики от нуля применяли пермутационный тест с 10000 случайными повторами [15]. Эта же программа была использована для оценки F-статистики для каждого локуса [16]. Программу POPULATIONS 1.2.3 [17] использовали для оценки генетических расстояний DA [18] и построения филогенетического древа методом «ближайшего соседа» [19]. Достоверность полученной дендрограммы оценивали с помощью 1000 бутстреп-повторов по каждому локусу микросателлитов. Влияние различных факторов окружающей среды на генетическую структуру пород овец проводили методом Байеса с помощью программы GESTE 2.0 [20].

Для моделирования влияния внешней среды на популяционно-генетические характеристики пород овец использовали 5 факторов окружающей среды: географическую широту, географическую долготу, высоту над уровнем моря, среднегодовое количество осадков, среднегодовую температуру воздуха. Данные по среднегодовому количеству осадков и среднегодовой температуре в регионе разведения породы овец брали из базы данных сайта <http://climate-data.org>. С помощью программы GESTE 2.0 определяли модель с наивысшей апостериорной вероятностью, наилучшим образом объясняющую генетическую структуру изученных пород овец.

Результаты и обсуждение. Усредненная характеристика 20 локусов микросателлитов по 24 грубошерстным породам овец представлена в табл. 1.

Табл. 1. Усредненная характеристика микросателлитных локусов исследованных пород овец

Локус	Показатель				
	A	H _o	H _e	A _R	θ
BM0757	12	0,77	0,75	5,28	0,056
BM1314	17	0,84	0,85	9,05	0,062
BM1818	18	0,82	0,83	8,70	0,071
BM4621	23	0,84	0,85	9,59	0,064
BM6506	12	0,59	0,58	4,37	0,094
BM6526	15	0,75	0,75	6,29	0,054
BM8125	11	0,63	0,62	4,81	0,087
CSSM31	25	0,80	0,83	9,22	0,036
INRA23	16	0,83	0,84	8,82	0,061
MAF36	18	0,79	0,78	7,32	0,070
MAF48	13	0,76	0,77	6,40	0,066
MAF65	14	0,72	0,74	6,30	0,061
McM527	14	0,75	0,76	6,73	0,086
OarCP20	15	0,72	0,72	5,91	0,039
OarCP34	9	0,70	0,70	5,40	0,096
OarFCB128	18	0,73	0,79	6,34	0,042
OarFCB304	32	0,73	0,74	7,42	0,071
OarFCB48	16	0,73	0,73	7,02	0,054
OarHH47	17	0,80	0,83	8,27	0,046
OarVH72	10	0,71	0,74	6,11	0,068
Среднее	16	0,75	0,76	6,97	0,064

A – количество аллелей в локусе; H_o – наблюдаемая и H_e – ожидаемая гетерозиготность по локусу; A_R – количество аллелей в локусе, усредненное по минимальной выборке; θ – уровень генетического различия на локус

Табл 2. Характеристика грубошерстных пород овец по различным популяционно-генетическим параметрам и климатические условия в зонах их разведения

Порода	Популяционно-генетический параметр						Фактор окружающей среды				
	n	H _E	H _O	A _R	A _M	f	географическая широта, °	географическая долгота, °	высота над уровнем моря, м	средняя годовая температура, °С	среднегодовое количество осадков, мм
Бозах	35	0,80	0,79	6,56	9,60	0,03	40,53	46,02	1968,0	7,3	615
Гала	31	0,79	0,77	6,38	8,90	0,00	40,51	47,65	18,5	14,8	406
Карабах	37	0,79	0,77	6,28	10,05	0,02	39,82	46,70	1096,0	11,8	493
Мазех	33	0,77	0,76	5,88	8,65	0,03	40,58	46,33	709,5	12,4	424
Андийская	38	0,76	0,74	6,69	8,10	0,02	42,78	46,49	1516,0	6,3	700
Дагестанская местная	20	0,79	0,78	5,22	7,90	-0,09	42,80	46,53	1217,1	5,0	719
Лезгинская	40	0,80	0,78	4,87	9,85	-0,04	43,20	46,86	58,4	11,9	381
Карачаевская	39	0,77	0,77	6,47	9,45	0,01	43,04	44,21	602,4	9,0	838
Тушинская	39	0,80	0,79	6,62	9,90	0,02	43,03	44,67	676,8	8,5	874
Каракульская ¹	37	0,81	0,77	6,97	10,10	0,05	45,37	46,04	-11,8	10,4	270
Эдильбаевская ³	32	0,79	0,78	6,44	9,55	0,00	45,25	45,82	0,2	10,5	280
Байдарак	34	0,78	0,80	5,74	9,20	-0,03	50,85	105,44	1167,7	1,0	473
Кучугуровская	40	0,71	0,78	6,42	7,60	0,02	51,62	39,41	100,9	6,5	557
Романовская	29	0,72	0,73	5,12	6,40	-0,01	57,85	39,53	135,9	3,9	589
Кулундинская	40	0,78	0,77	6,42	9,20	-0,02	51,97	82,99	323,2	3,2	507
Каракульская ²	30	0,76	0,76	6,75	8,15	0,02	46,93	28,75	106,9	9,6	532
Эдильбаевская ⁴	25	0,79	0,76	5,79	9,20	0,00	52,32	77,03	142,3	2,3	278
Горнокарпатская	35	0,80	0,80	6,42	9,25	0,00	48,55	23,01	210,4	9,0	704
Сокольская	30	0,80	0,81	6,86	8,55	0,01	49,63	34,59	81,3	7,3	562
Вжосувка	40	0,75	0,75	6,61	8,00	0,03	49,63	20,21	963,6	7,7	603
Свиниарка	40	0,70	0,73	6,07	6,55	-0,01	50,06	19,95	214,6	8,2	678
Праменка	25	0,77	0,79	6,59	7,50	0,04	44,74	20,44	95,9	12,3	663
Шведская гуте	20	0,64	0,62	4,08	4,90	0,03	57,51	18,44	34,0	7,3	528
Рюа (ландрас)	31	0,67	0,62	5,02	6,60	0,08	62,03	14,49	0,0	2,9	622
Готландская	30	0,66	0,64	4,42	5,65	0,03	63,36	16,17	0,0	2,9	579
Норвежская дикая	37	0,72	0,69	5,17	6,95	0,05	62,53	7,75	0,0	6,2	997

Примечание: ¹ каракульская порода Калмыкии, ² каракульская порода Молдовы, ³ эдильбаевская порода Калмыкии, ⁴ эдильбаевская порода Казахстана.
n - размер выборки; H_E - ожидаемая и H_O - наблюдаемая гетерозиготность; A_R - количество аллелей, усредненное по минимальной выборке; A_M - среднее количество аллелей; f - коэффициент инбридинга.

По 20 локусам микросателлитов было выявлено 325 аллелей, количество аллелей на локус составило от 9 (OarCP34) до 32 (OarFCB304), в среднем – 16. Ожидаемая гетерозиготность (H_E) на локус варьировала от 0,58 (BM6506) до 0,85 (BM4621) при среднем значении 0,76. Уровень генетического различия на локус (θ) изменялся от 0,036 (CSSM31) до 0,096 (OarCP34) со средним показателем 0,064. Всего 34 из 520 комбинаций локус – популяция показали отклонение от генетического равновесия по Харди-Вайнбергу при уровне достоверности 5% (P<0,05). Однако при последующей коррекции по Бонферрони (α=0,00096) ни одна из комбинаций не осталась статистически достоверной.

Средняя ожидаемая гетерозиготность по 20 микросателлитным локусам практически не отличалась от наблюдаемой, колебавшаяся от 0,64 у породы овец гуте до 0,81 у каракульской из Калмыкии, и составила в среднем 0,76. Количество аллелей, усредненное по минимальной выборке (A_R), составило от 4,08 (гуте) до 6,97 (каракульская из Калмыкии) при среднем значении 5,99 (табл. 2). Среднее количество аллелей (A_M)

варьировало от 4,90 у породы гуте до 10,10 у каракульских овец Калмыкии. Значения показателя f для каждой породы статистически значимо не отличались от нуля, т.е. избытка или дефицита гетерозиготности по локусам не было выявлено. Полученные данные ни по одной из изученных пород не отклонялись от генетического равновесия по Харди-Вайнбергу.

На основе характеристики аллелей 20 микросателлитных локусов был проведен кластерный анализ по 24 породам овец, и построена дендрограмма (рис. 1). На дендрограмме выделено 4 кластера: а) юго-восточная группа пород, разводимых на Кавказе, Средней Азии (каракульская и эдильбаевская) и в Бурятии (байдарак); б) юго-западная группа пород, распространенных на юге России, Украины и Сербии; в) северо-западный кластер, включающий породы Швеции, Норвегии и Польши; г) кластер овец шубного направления продуктивности (романовская и кулундинская).

В свою очередь кластер юго-восточных пород овец подразделяется на подкластер курдючных пород Азербайджана (мазех, бозах и карабах) и Северной

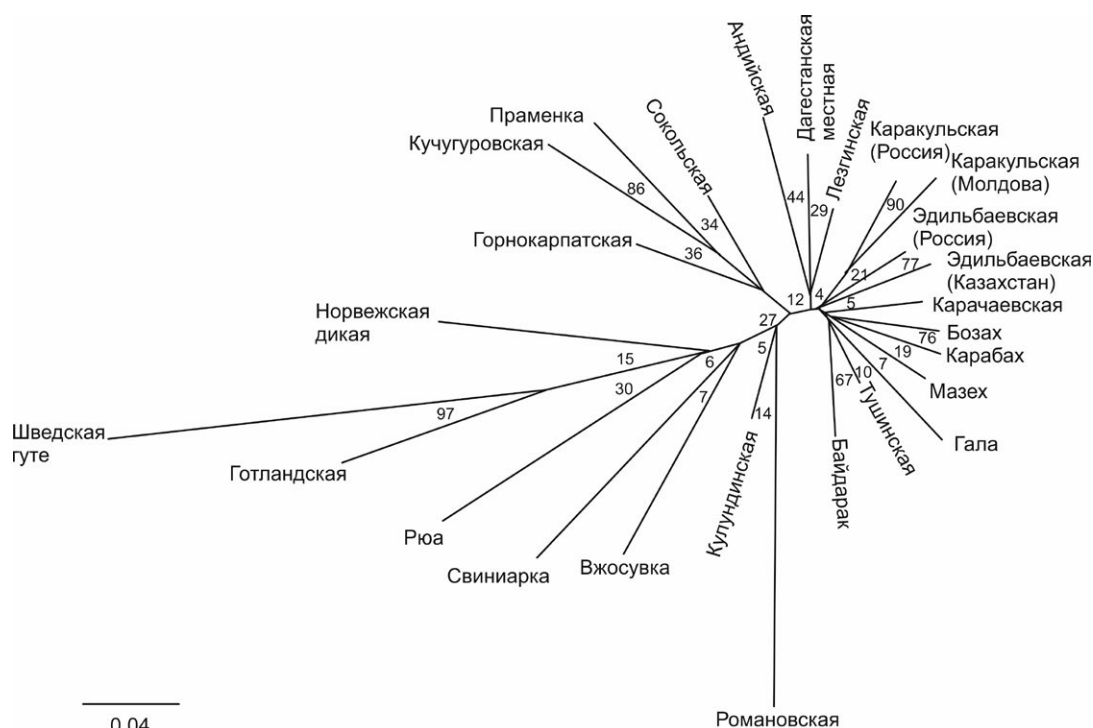


Рис. 1. Дендрограмма филогенетического родства 24 грубошерстных пород овец: цифры у оснований внутренних узлов соответствуют бутстреп-значениям (%), полученным после 1000 повторов.

Осетии-Алании (карачевская и тушинская), а также байдарак (Бурятия). В другой подкластер вошли породы, разводимые в Республике Дагестан (андийская, лезгинская и дагестанская местная).

Остальные два подкластера образованы российским и молдавским типами каракульской породы и эдильбаевскими овцами России и Казахстана. Кластер юго-западной группы сформировали две породы овец из Украины (сокольская и горнокарпатская) и кучугуровская порода. К ней примыкает сербская праменка. В северо-западный кластер вошли польские породы овец (вжосувка и свиноарка), а также скандинавские породы – норвежская дикая и три шведские: готландская, рюа и гуте.

Важными факторами влияния окружающей среды, объясняющими генетическую изменчивость исследованных пород овец, оказались географическая широта и средняя годовая температура. Сумма их апостериорных вероятностей составила 43,1% и 17,8%, что превышает другие факторы почти в 9 и 6 раз (табл. 3).

Установлена отрицательная корреляция между показателями генетического разнообразия (H_o , H_e и A_R) и географической широтой ($r = -0,76 - 0,61$; $P < 0,001$), что указывает на снижение генетического разнообразия в высоких широтах.

Корреляционная зависимость показателей генетического разнообразия от среднегодовой температуры была положительной, однако, статистически не достоверной ($r = 0,34 - 0,38$; $P = 0,057 - 0,089$).

Ожидаемым результатом оказалось высокое влияние географической широты и среднегодовой температуры на генетическую дифференциацию локальных пород овец. Это связано с тем, что внутривидовая генетическая изменчивость многих видов позвоночных повышается в низких широтах, близких к экватору, и снижается в высоких географических ши-

ротах, когда популяции обитают относительно ближе к географическим полюсам [21].

В отличие от результатов, полученных по 6 породам овец Китая, в нашей работе не было обнаружено достоверного влияния среднегодового количества осадков и высоты над уровнем моря на генетическую изменчивость исследованных пород овец. Вероятно, это связано с широким географическим охватом нашего исследования, выявившего общие закономерности влияния температуры воздуха и широты на генетическую изменчивость грубошерстных овец по сравнению с анализом местных пород, локализованных на относительно ограниченной территории [22]. Зависимость генетического разнообразия от географической широты и температуры, обнаруженная при анализе наших данных, в целом соотносится с общим градиентом межвидового генетического разнообразия.

Таким образом, защита популяций, обитающих в низких широтах, может сохранить разнообразие внутри вида в значительно большей степени, чем охрана

Табл. 3. Связь между генетическими различиями грубошерстных пород овец и факторами окружающей среды

Фактор	Сумма апостериорных вероятностей
Географическая широта, °	0,431
Географическая долгота, °	0,062
Высота над уровнем моря, м	0,062
Средняя годовая температура, °С	0,178
Среднегодовое количество осадков, мм	0,048

такого же количества популяций в высоких широтах. Этот факт важно учитывать в программах по сохранению биоразнообразия животных, поскольку породы, разводимые ближе к центрам одомашнивания, обладают более высокой генетической изменчивостью и могут служить источником генов, способствующим адаптации при глобальном изменении климата.

Литература.

1. Alderson L. Breeds at risk: Definition and measurement of the factors which determine endangerment // *Livestock Science*. – 2009. – Vol.123. – P.23–27.
2. Marcos-Carcavilla An., Mutikainen M., González C., Calvo J.H., Kantanen J., Sanz A., Marzanov N.S., Pérez-Guzmán M.D., Serrano M. A SNP in the HSP90AA1 gene 5' flanking region is associated with the adaptation to differential thermal conditions in the ovine species // *Cell Stress and Chaperones*. – 2010. – Vol.15. – P.95–100.
3. McManus C., Hermuche P., Paiva S.R., Moraes J.C.F., Barros de Melo C. Mendes C. Geographical distribution of sheep breeds in Brazil and their relationship with climatic and environmental factors as risk classification for conservation // *Brazilian Journal of Science and Technology*. – 2014. – Vol.1. – N3. DOI:10.1186/2196-288X-1-3.
4. Boettcher P.J., Hoffmann I., Baumung R., Drucker A.G., McManus C., Berg P., Stella A., Nilsen L.B., Moran D., Naves M., Thomson M.C. Genetic resources and genomics for adaptation of livestock to climate change // *Frontiers in Genetics*. – 2015. – Vol.5. – Article 461. – 3 p.
5. Ligda C. ERFP WG “documentation and information”. ERFP Annual Assembly, 25-26 August 2012. Bratislava, Slovakia, 2012. https://www.animalgeneticresources.net/wp-content/uploads/2018/05/ERFP-Assembly_Bratislava2012_WGDocu_Ligda.pdf. Дата обращения 5 сентября 2019 года.
6. Nevo E. The evolution of genome-phenome diversity under environmental stress // *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. – 2001. – Vol.98. – P.6233–6240.
7. Joost S., Colli L., Baret P.V., Garcia J.F., Boettcher P.J., Tixier-Boichard M., Ajmone-Marsan P. The GLOBALDIV Consortium, 2010. Integrating georeferenced multiscale and multidisciplinary data for the management of biodiversity in livestock genetic resources // *Animal Genetics*. – 2010. – Vol.41. – N1. – P.47–63.
8. Joost S., Colli L., Baret P.V., Garcia J.F., Boettcher P.J., Tixier-Boichard M., Ajmone-Marsan P. The GLOBALDIV Consortium, 2010. Integrating georeferenced multiscale and multidisciplinary data for the management of biodiversity in livestock genetic resources // *Animal Genetics*. – 2010. – Vol.41. – N1. – P.47–63.
9. Nevo E. The evolution of genome-phenome diversity under environmental stress // *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. – 2001. – Vol.98. – P.6233–6240.
10. Manel S., Schwartz M.K., Luikart G., Taberlet P. Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics // *Trends in Ecology and Evolution*. – 2003. – Vol.18. – P.189–197.
11. Guillot G., Estoup A., Mortier F., Cosson J.C. A spatial statistical model for landscape genetics // *Genetics*. – 2005. – Vol.170. – P.1261–1280.
12. Tapio M., Ozerov M., Tapio I., Toro M.A., Marzanov N., Cinkulov M., Goncharenko G., Kiselyova T., Murawski M., Kantanen J. Microsatellite-based genetic diversity and population structure of domestic sheep in northern Eurasia // *BMC Genetics*. – 2010. – Vol.11(76). – P.1–36.
13. El Mousadik A., Petit R.J. High level of genetic differentiation for allelic richness among populations of the argan tree [*Argania spinosa* (L.) Skeels] endemic to Morocco // *Theoretical and Applied Genetics*. – 1996. – Vol.92. – P.832–839.
14. Goudet J. FSTAT (version 1.2): a computer program to calculate F-statistics // *J. Heredity*. – 1995. – Vol.86. – P.485–486.
15. Веір Б. Анализ генетических данных. – М.: Изд-во «Мир», 1995. – 400 с.
16. Weir B.S., Cockerham C.C. Estimating F-statistics for the analysis of population structure // *Evolution*. – 1984. – Vol.38(6). – P.1358–1370.
17. Langella O. (2002) POPULATIONS 1.2.28. Population genetic software (individuals or populations distances, phylogenetic trees). Available from <http://bioinformatics.org/~tryphon/populations>.
18. Nei M., Tajima F., Tateno Y. Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data // *J. Mol. Evol.* – 1983. – Vol.19. – P.153–170.
19. Saitou N., Nei M. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees // *Mol. Biol. Evol.* – 1987. – Vol.4. – P.406–425.
20. Foll M., Gaggiotti O. Identifying the environmental factors that determine the genetic structure of populations // *Genetics*. – 2006. – Vol.174. – P.875–891.
21. Adams R.I., Hadly E.A. Genetic diversity within vertebrate species is greater at lower latitudes // *Evolutionary Ecology*. – 2012. – Vol.27. – P.133–143.
22. Sun W., Chang H., Musa H.H., Yang Z.P., Tsunoda K., Ren Z.J., Geng R.Q. Influence of environmental factors on the genetic diversity of sheep // *Journal of Animal and Veterinary Advances*. – 2009. – Vol.8. – P.1070–1074.

Поступила в редакцию 04.12.18
После доработки 21.01.19
Принята к публикации 09.04.19