ЗООЛОГИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ, 2024, Том 103, № 6, с. 127–136

УДК 572.574.2 + 599.723.2

СРАВНЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ВОЛОС ДРЕВНЕЙ ЛЕНСКОЙ ЛОШАДИ (†*EQUUS LENENSIS* RUSSANOV 1968) И ДОМАШНЕЙ ЛОШАДИ (*EQUUS CABALLUS CABALLUS* LINNAEUS 1758) АБОРИГЕННЫХ СЕВЕРНЫХ ПОРОД

© 2024 г. Н. Н. Спасская[a,*], О. Ф. Чернова[b,], Н. В. Вдовина[c,***], И. Б. Юрьева[c,****]**

[a] *Научно-исследовательский Зоологический музей Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, 125009 Россия*

[b] *Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, Москва, 119071 Россия*

[c] *Приморский филиал Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова УрО РАН – Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства УрО РАН, Архангельск, 163020 Россия*

**e-mail: equusnns@mail.ru*

***e-mail: olga.chernova.moscow@gmail.com*

**** e-mail: vdovina.natali2014@yandex.ru*

*****e-mail: arhsel@mail.ru*

Поступила в редакцию 20.12.2023 г.
После доработки 05.07.2024 г.
Принято к публикации 06.07.2024 г.

С помощью СЭМ, в сравнительном аспекте изучена микроструктура остевых волос и выполнена морфометрия элементов их сердцевины у ленской лошади (*Equus lenensis*) и домашней лошади (*E. caballus caballus*) пяти пород. Выявлен ряд особенностей микроструктур волос, наиболее ярко проявляющихся при сравнении лошадей северной (мезенская, печорская, якутская) и южной (арабская, ахалтекинская) групп пород. Сезонные изменения в строении волос у лошадей северных пород (утолщение сердцевины волоса и увеличение объема ее воздушных полостей) свидетельствуют о повышении теплозащитных свойств шерсти в зимнее время, что имеет адаптивное значение. Показано, что и у плейстоценовых, и у современных домашних лошадей сформировались конвергентные морфологические адаптации шерсти к низким температурам воздуха.

Ключевые слова: лошадь, аборигенные породы, волос, адаптация, СЭМ, морфометрия

DOI: 10.31857/S0044513424060077, **EDN:** uilzst

Адаптационные механизмы у животных, в частности у широкоареальных видов, изучены далеко не полностью. Представители рода *Equus* в плейстоцене были широко распространены в Евразии и занимали различные климатические зоны и биотопы; в голоцене их видовое разнообразие снизилось из-за климатических трансформаций экосистем, а также антропогенных воздействий (например, Маркова и др., 2008; Косинцев и др., 2013). Но одомашненная лошадь широко расселилась и освоила экстремальные местообитания (например, пустыни, зону тундры за Полярным кругом, район Полюса холода Евразии). Большинство лошадей аборигенных пород круглогодично содержатся на подножном корме на пастбище, постоянно подвергаясь воздействию окружающей среды, что влияет на формирование и функционирование разнообразных приспособительных механизмов. Одним из важных элементов адаптационного комплекса млекопитающих оказывается структура шерстного покрова. Однако исследования в этой области представителей рода *Equus* не многочисленные, а сравнительный анализ особенностей строения проведен лишь для отдельных аспектов (Kratochvil, 1971; Соколов, 1977; Чернова и др., 2011; Спасская и др., 2012).

Целью представленной работы стало сравнение микроструктуры шерсти плейстоценовых лошадей Северо-Востока Сибири и домашних лошадей северных пород для выявления ее адаптационных особенностей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы остевых волос были взяты с холки у следующих особей.

Ленская лошадь (*Equus lenensis* Russanov 1968): (1) мумифицированные остатки жеребца (индивидуальный возраст около 16 лет; геологический возраст – не датирован), найденные в 1980 г. в Якутии, в Усть-Янском р-не, у горы Максунуоха, в 220 км к северо-востоку от пос. Казачье, коллектор И.П. Попов (хранятся в Геологическом музее Института геологии алмаза и благородных металлов СО РАН, г. Якутск, колл. № 3750); (2) мумифицированные остатки особи (индивидуальный возраст примерно 4.5 года; геологический возраст 29.5 тыс. лет), найденные в Якутии в 1981 г., оз. Дюкарское, район устья р. Индигирка, в 5 км к северу от пос. Чокурдах (хранятся в Музее мамонта СВФУ имени М.К. Аммосова, г. Якутск).

Домашняя лошадь (*Equus caballus caballus* Linnaeus 1758) – 11 взрослых жеребцов (старше 5 лет) пяти пород: якутская – летняя шерсть (1 особь), зимняя шерсть (2 особи); мезенская – летняя шерсть (2 особи), зимняя шерсть (2 особи); печорская – зимняя шерсть (2 особи); арабская – летняя шерсть (1 особь); ахалтекинская – летняя шерсть (1 особь). Бóльшая часть образцов волос были собраны Н.Н. Спасской во время экспедиционных работ в разные годы; летняя шесть лошадей мезенской породы предоставлена Р.Б. Захаровой, зимняя шерсть лошадей печорской породы – В.А. Бобровой.

Для сравнительного анализа породы были сгруппированы: к северной группе отнесли представителей лесных пород, развивавшихся в наиболее северных областях Евразии, – мезенскую, печорскую и якутскую; к южной – арабскую и ахалтекинскую, формировавшихся в жарком пустынном климате. Южная группа была выбрана для более яркой демонстрации своеобразия шерсти лошадей пород Севера. Лошади северной группы пород содержались круглогодично на пастбище и в открытых загонах, представители южной группы – конюшенным способом.

Исследовали поверхность волоса на уровне основания и середины волоса (гранны), а также поперечные и продольные сечения волос (по 3–5 волос от каждой особи). Электронные изображения (электронограммы) получали при использовании обычных методов исследования объектов в сканирующем электронном микроскопе JSM 840 A (Япония)

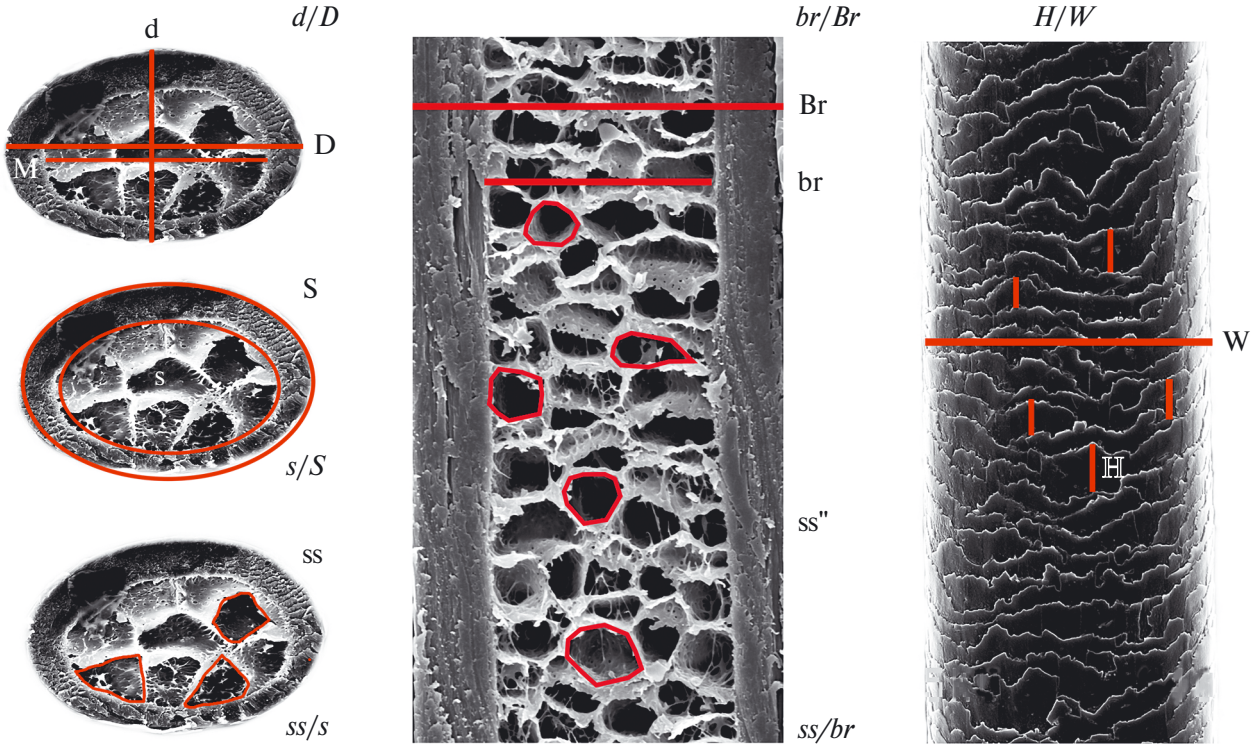

Рис. 1. Схема промеров микроструктур остевых волос лошадей. Поперечные и продольные сечения стержня: D и d – соответственно максимальный и минимальный диаметр волоса, мкм; M – максимальный диаметр сердцевинного тяжа, мкм; S и s – соответственно площадь сечений стержня и сердцевинного тяжа, мкм^2; ss – площадь отдельной воздушной полости сердцевины, мкм^2; Br – ширина волоса в поперечном сечении, мкм; br – ширина сердцевинного тяжа на поперечном сечении, мкм; ss" – площадь отдельной воздушной полости сердцевины, мкм^2. Интактный волос: H – высота чешуйки кутикулы вдоль стержня, мкм; W – ширина стержня волоса в месте измерения чешуек, мкм. Вычисленные индексы, %: *d/D*, *M/D*, *s/S*, *ss/S*, *br/Br*, *ss″/br*, *H/W*.

(Соколов и др., 1988). Волосы отмывали и обезжиривали в шампуне, затем проводили по возрастающим спиртам и наклеивали бесцветным лаком на столик, напыляли золотом и изучали в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ). Промеры микроструктур волос (рис. 1) выполнены на микрофотографиях и электронограммах в программе ImageJ (Abramoff et al., 2004). Вычисляли целый ряд индексов (рис. 1). Наиболее полная картина получилась по данным, взятым на уровне основания волос, именно эти промеры анализировались. В связи с небольшими количеством изученных особей и общим объемом исследованного материала были применены только методы описательной и непараметрической статистики (программы Exel и Statistica10).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Особенности строения волос ленской лошади

Волосы спины двух исследованных мумифицированных остатков лошадей имеют некоторые различия (рис. 2; более подробно в: Чернова и др., 2011, рис. 2 и 8). У Дюкарской мумии волос

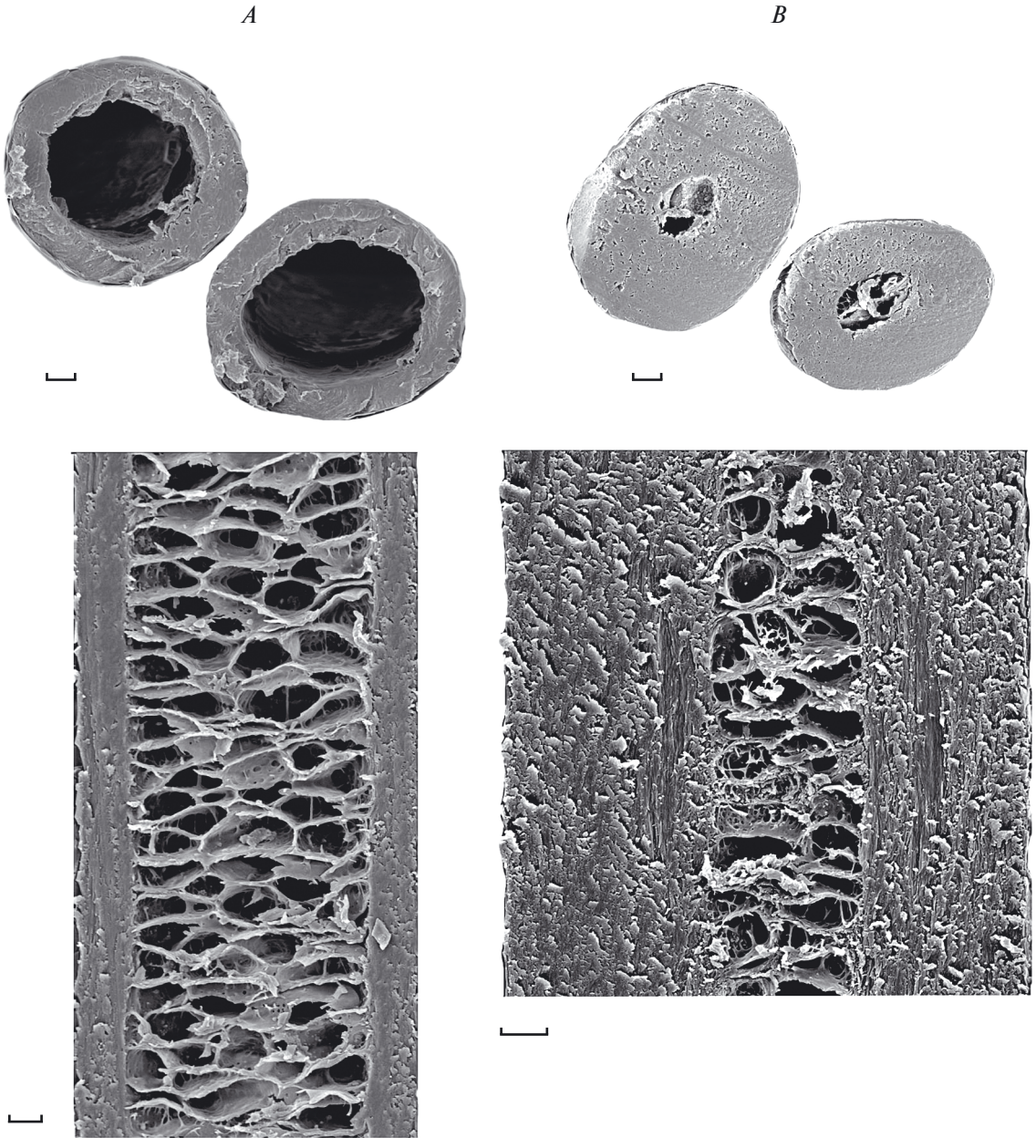

Рис. 2. Микроструктура остевых волос холки ленской лошади: *A* – Максунуохская мумия, *B* – Дюкарская мумия. Сверху вниз – поперечные сечения, продольные сечения стержня. Данные СЭМ. Масштаб 10 мкм.

Таблица 1. Морфометрия микроструктур остевых волос холки у ленской лошади

Особь (мумия)	Поперечное сечение основания волоса									
	D, мкм	d, мкм	*d/D* (%)	M, мкм	*M/D* (%)	S, мкм^2	s, мкм^2	*s/S* (%)	ss, мкм^2	*ss/s* (%)
Максунуохская	139.3 ± 10.8 $n = 4$	84.1 ± 10.2 $n = 4$	60.3	88.4 ± 8.1 $n = 4$	60.6	12447.5 ± 757.8 $n = 4$	4498.2 ± 730.5 $n = 4$	36.1	Нет данных	—
Дюкарская	33.9 ± 8.7 $n = 2$	16.4 ± 0.1 $n = 2$	48.2	20.8 ± 4.6 $n = 2$	61.2	480.1 ± 130.0 $n = 2$	86.4 ± 15.3 $n = 2$	17.9	Нет данных	—

Особь (мумия)	Продольное сечение основания волоса					Интактный волос, мкм		
	Br, мкм	br, мкм	*br/Br* (%)	ss″, мкм^2	*ss″/br* (%)	W, мкм	H, мкм	*H/W* (%)
Максунуохская	91.8 ± 0.7 $n = 3$	65.1 ± 1.1 $n = 3$	70.9	143.5 ± 38.2 $n = 15$	220.2	65.5 ± 0.3 $n = 3$	8.6 ± 1.8 $n = 15$	13.1
Дюкарская	27.7 ± 0.5 $n = 3$	10.1 ± 1.7 $n = 3$	36.3	47.8 ± 18.3 $n = 7$	474.7	48.5 ± 0.7 $n = 3$	8.9 ± 0.9 $n = 15$	18.4

Примечания. Для каждого промера приведены среднее арифметическое значение и стандартное отклонение; *n* – число промеров; D и d – соответственно максимальный и минимальный диаметр волоса, мкм; M – максимальный диаметр сердцевинного тяжа, мкм; S и s – соответственно площадь срезов стержня и сердцевинного тяжа, мкм^2; ss – площадь отдельной воздушной полости сердцевины, мкм^2; Br – ширина волоса в поперечном сечении, мкм; br – ширина сердцевинного тяжа на поперечном сечении, мкм; ss″ – площадь отдельной воздушной полости сердцевины, мкм^2. Интактный волос: H – высота чешуйки кутикулы вдоль стержня, мкм; W – ширина стержня волоса в месте измерения чешуек, мкм.

оказывается более сплющенным (*d/D*, табл. 1), что может быть вызвано тафономическими причинами. Относительный размер сердцевины у Максунуохской мумии в 1.9–2.0 раза больше, чем у Дюкарской, как на поперечном, так и на продольном срезах (*s/S, br/Br*, $p > 0.05$; табл. 1). Но при этом относительный размер воздушных полостей сердцевины у Максунуохской меньше в 2.1 раза (*SS″/br*, табл. 1), но это удалось измерить только на продольном срезе волоса, так как на поперечных срезах перегородки полостей оказались разрушенными. Оба представителя ленской лошади имеют невысокие чешуйки кутикулы (H, *H/W*, табл. 1).

При сравнении ленской лошади и современных северных пород лошадей следует отметить следующее: по относительному размеру сердцевины волоса Максунуохская мумия сходна с зимней шерстью якутской и мезенской лошадей, а Дюкарская – с летней (*s/S, br/Br,* табл. 1 и 2).

Породные особенности микроструктуры волос домашних лошадей

У лошади ахалтекинской породы на уровне основания стержня волоса сердцевина отсутствует и появляется она только ближе к середине стержня. В этой связи некоторые рассчитанные средние показатели и отношения показателей для группы южных пород относятся только к арабской породе (табл. 2).

У представителя арабской породы волос на поперечном срезе более овальный, чем, например, у ахалтекинца (рис. 3*C*) и мезенской породы (табл. 2, *d/D*, рис. 2*A*, 2*B*). По относительному размеру чешуек кутикулы эти две южные породы различаются незначительно (табл. 2, *H/W*). У арабской сердцевина плохо структурирована (стенки воздушных полостей рыхлые, плохо очерчены), поэтому определить площадь ее полостей на продольном срезе стержня не удалось (Чернова и др., 2011, рис. 40).

У мезенской породы волосы толстые по абсолютным размерам как в летней, так и в зимней шерсти (табл. 2, D, W), с хорошо развитыми сердцевиной (табл. 2, *M/D*, *br/Br*) и воздушными полостями (табл. 2, ss, ss″), с наиболее высокими чешуйками кутикулы (табл. 2, H).

Волосы печорской лошади из всех северных пород в зимней шерсти имеют наиболее развитую сердцевину (табл. 2, *M/D*, *s/S*) и наиболее крупные воздушные полости (табл. 2, ss, ss″, *ss”/br*).

Остевые волосы лошади якутской породы оказались более тонкими как в летней, так и в зимней шерсти, чем волосы у других пород – волосы тоньше только у ахалтекинской (табл. 2, D, d), при этом на продольном сечении волосы определены

Таблица 2. Морфометрия микроструктур остевых волос холки у домашней лошади разных пород в летнее и зимнее время

Сезон / порода	Поперечное сечение основания волоса									
	D, мкм	d, мкм	*d/D* (%)	M, мкм	*M/D* (%)	S, мкм^2	s, мкм^2	*s/S* (%)	ss, мкм^2	*ss/s* (%)
Зима Мезенская	131.4 ± 32.7 *n* = 10	88.0 ± 19.9 *n* = 10	66.9	88.7 ± 20.8 *n* = 10	68.2	9556.5 ± 4483.3 *n* = 10	3506.4 ± 1323.1 *n* = 10	39.4	260.4 ± 59.2 *n* = 20	8.0
Печорская	133.9 ± 70.0 *n* = 10	100.4 ± 39.1 *n* = 10	75.0	98.5 ± 58.3 *n* = 10	70.5	12341.0 ± 9515.1 *n* = 10	6372.6 ± 5355.3 *n* = 10	46.8	543.2 ± 313.0 *n* = 20	13.1
Якутская	59.3 ± 6.0 *n* = 10	42.3 ± 3.6 *n* = 10	71.8	39.2 ± 6.6 *n* = 10	65.9	2042.8 ± 338.1 *n* = 10	827.4 ± 240.7 *n* = 10	40.3	125.3 ± 57.2 *n* = 20	16.0
Лето Мезенская	86.3 ± 14.5 *n* = 10	59.1 ± 18.6 *n* = 10	68.4	42.1 ± 10.1 *n* = 10	48.6	4165.7 ± 1946.1 *n* = 10	862.2 ± 700.2 *n* = 10	20.2	107.6 ± 64.1 *n* = 15	16.2
Якутская	67.8 ± 1.6 *n* = 5	38.4 ± 4.7 *n* = 5	56.6	38.5 ± 1.7 *n* = 5	56.9	2110.7 ± 185.9 *n* = 5	522.6 ± 80.3 *n* = 5	24.8	84.8 ± 29.3 *n* = 15	16.2
Арабская	72.8 ± 8.6 *n* = 5	48.9 ± 3.2 *n* = 5	67.2	26.3 ± 12.3 *n* = 5	36.2	2800.8± 485.0 *n* = 5	332.9 ± 248.8 *n* = 5	11.9	Нет данных	–
Ахалтекинская	45.9 ± 5.5 *n* = 5	40.7 ± 6.5 *n* = 5	88.5	Нет данных	–	Нет данных	Нет данных	–	Нет данных	–

Сезон / порода	Продольное сечение основания волоса					Интактный волос, мкм		
	Br, мкм	br, мкм	*br/Br* (%)	ss", мкм^2	*ss″/br* (%)	W, мкм	H, мкм	*H/W* (%)
Зима Мезенская	98.6 ± 7.4 *n* = 5	51.6 ± 4.7 *n* = 5	52.8	102.8 ± 56.3 *n* = 30	193.7	113.6 ± 18.0 *n* = 5	31.6 ± 20.9 *n* = 30	26.0
Печорская	90.9 ± 23.3 *n* = 5	51.3 ± 19.4 *n* = 5	55.0	143.8 ± 37.6 *n* = 30	317.0	61.3 ± 4.4 *n* = 5	12.6 ± 4.4 *n* = 30	21.0
Якутская	107.3 ± 37.8 *n* = 5	72.0 ± 21.6 *n* = 5	68.3	108.2 ± 23.3 *n* = 30	165.3	61.8 ± 3.3 *n* = 5	14.9 ± 2.9 *n* = 30	24.1
Лето Мезенская	71.4 ± 27.1 *n* = 5	23.5 ± 7.2 *n* = 5	33.8	89.7 ± 28.1 *n* = 30	400.1	77.2 ± 25.7 *n* = 5	12.5 ± 3.0 *n* = 30	17.2
Якутская	67.2 ± 0.5 *n* = 5	43.6 ± 0.4 *n* = 5	64.9	65.9 ± 29.3 *n* = 15	66.9	57.5 ± 0.3 *n* = 5	7.5 ± 0.7 *n* = 15	13.0
Арабская	41.0 ± 1.3 *n* = 5	10.7 ± 1.6 *n* = 5	26.2	32.5 ± 14.5 *n* = 5	303.1	37.2 ± 0.9 *n* = 5	6.4 ± 1.4 *n* = 15	17.1
Ахалтекинская	46.8 ± 1.6 *n* = 5	Нет данных	–	Нет данных	–	45.5 ± 0.3 *n* = 5	8.5 ± 2.0 *n* = 15	18.7

Примечания. Обозначения как в табл. 1.

как наиболее толстые из волос всех других лошадей северных пород (что, возможно, связано с небольшим смещением места сечения волоса). Волос в летней шерсти в поперечном сечении овальный, в зимней – более округлый (табл. 2, *d/D*). Сердцевина волоса у этой породы хорошо выражена как на поперечных, так и на продольных сечениях (табл. 2, *M/D*, *s/S*, *br/Br*). Однако площадь воздушных полостей сердцевины волоса

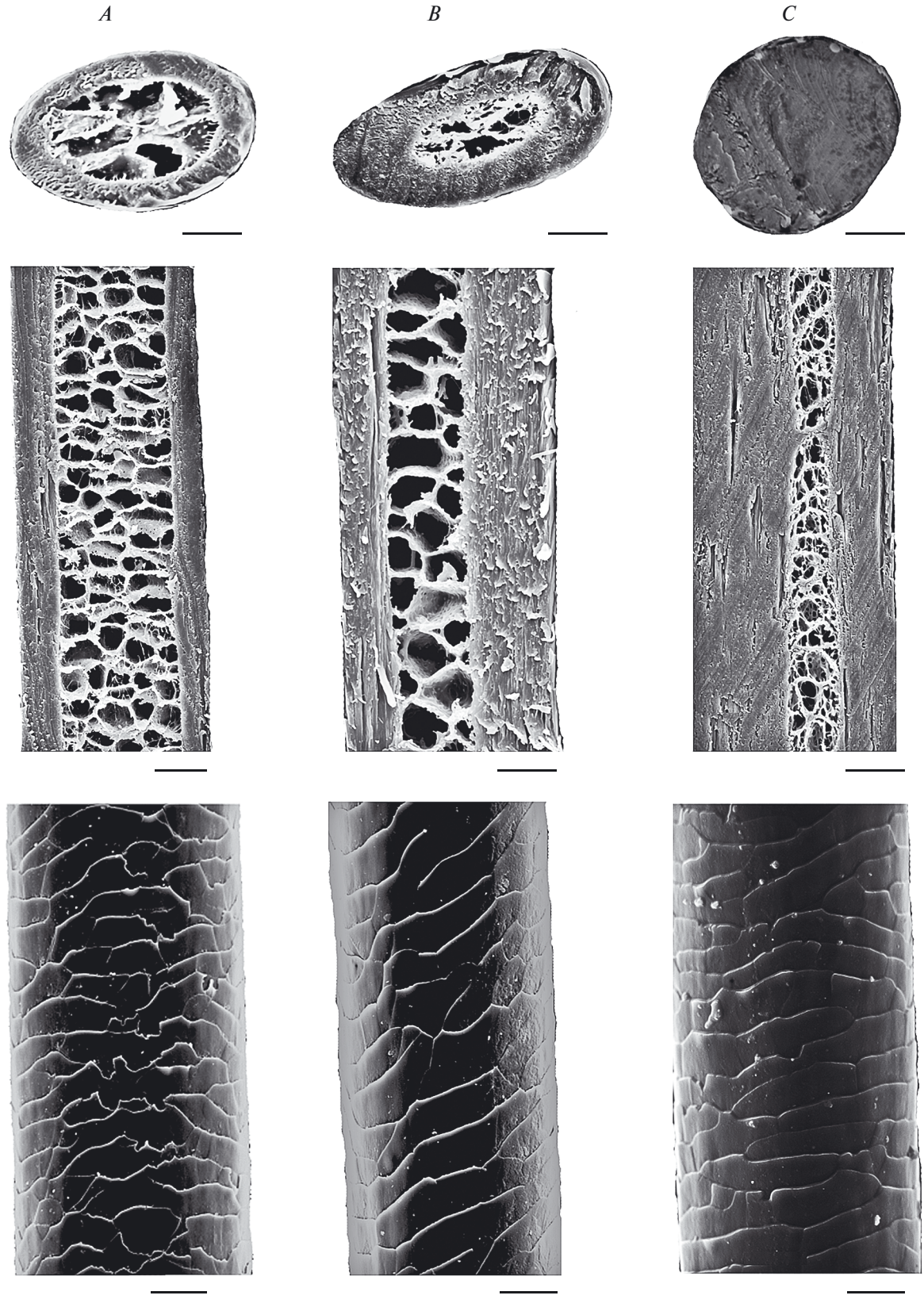

Рис. 3. Микроструктура остевых волос холки домашней лошади мезенской (*A*, *B*) и ахалтекинской (*C*) пород. *A* – ость зимней шерсти; *B*, *C* – ость летней шерсти. Сверху вниз – поперечные сечения, продольные сечения стержня, орнамент кутикулы. Данные СЭМ. Масштаб 10 мкм.

у якутской породы по абсолютным размерам меньше, чем у других северных пород (табл. 2, ss, ss″).

Сравнение микроструктуры волос у лошадей северной и южной групп пород

Анализ провели только по летней шерсти, так как преимущественно стойловое содержание лошадей южной породной группы, вероятно, не позволяет сформироваться у них морфологическим особенностям зимней шерсти в полной мере. Летняя шерсть северных пород отличается по нескольким параметрам. Волосы оказываются более толстыми – в 1.3 и 1.6 раза (D, W соответственно, $p > 0.05$, табл. 3); с более развитой сердцевиной волоса – в 2.9, 1.9 и 2.0 раза для соотношений *M/D*, *s/S* и br/Br, соответственно ($p > 0.05$). Также у животных этой группы более высокие чешуйки кутикулы (табл. 3, H) – в среднем в 1.3 раза ($p > 0.05$).

Сезонные различия строения шерсти лошадей северной группы пород

Зимняя шерсть у лошадей этой группы имеет более толстые волосы, чем летняя (табл. 3; параметры D и W – в 1.2–1.4 раза, $p > 0.05$), с более выраженной сердцевиной (в 1.2–1.9 раза для соотношений *M/D*, *s/S* и *br/Br*; достоверные различия определены только для абсолютных значений s и S, $p < 0.001$), и более высокими чешуйками кутикулы (в 1.9 и 1.6 раза для параметров H и *H/W*, $p > 0.05$). В зимней шерсти увеличивается в 1.5–3.0 раза абсолютная площадь воздушных полостей сердцевины (ss, ss″; $p < 0.01$), но не их относительная площадь (табл. 3; *ss/s* и *ss″/br*).

ОБСУЖДЕНИЕ

Для эффективной теплозащиты организма в первую очередь имеет значение длина и густота шерсти. В этом отношении более изученными оказываются якутские лошади. Зимой на разных частях тела длина волос у них составляет в среднем 24.2–40.8 мм (Рогалевич, 1941, с. 30), выявлены сезонное увеличение длины волос – в среднем с 12.7 мм летом до 29.2 мм зимой, а также их густоты – с 812 до 1264 шт./см^2 (Алексеев, 1985, с. 79–80). А отношение остевых волос к пуховым в зимней шерсти составляет у взрослых

Таблица 3. Морфометрия микроструктур остевых волос холки у домашней лошади из разных групп пород в летнее и зимнее время

Сезон / группа пород	Поперечное сечение волоса									
	D, мкм	d, мкм	*d/D* (%)	M, мкм	*M/D* (%)	S, мкм^2	s, мкм^2	*s/S* (%)	ss, мкм^2	*ss/s* (%)
Зима Северная	108.2 ± 53.7 *n* = 30	76.9 ± 34.6 *n* = 30	71.10	75.5 ± 42.3 *n* = 30	68.2	7980.1 ± 7116.7 *n* = 30	3568.8 ± 3742.8 *n* = 30	42.2	309.6 ± 270.1 *n* = 60	12.36
Лето Северная	77.1 ± 15.0 *n* = 15	48.7 ± 18.5 *n* = 15	63.24	40.3 ± 8.7 *n* = 15	52.8	3138.2 ± 1901.4 *n* = 15	692.4 ± 613.1 *n* = 15	22.9	100.0± 58.5 *n* = 30	15.19
Южная	59.4 ± 16.2 *n* = 10	44.8 ± 6.0 *n* = 10	75.43	*26.3 ± 12.3* *n* = 5	36.2	*2800.8 ± 485.0* *n* = 5	*332.9 ± 248.8* *n* = 5	*11.9*	Нет данных	–

Сезон / группа пород	Продольное сечение волоса					Интактный волос		
	Br, мкм	br, мкм	*br/Br* (%)	ss″, мкм^2	*ss″/br* (%)	W, мкм	H, мкм	*H/W* (%)
Зима Северная	98.9 ± 25.4 *n* = 15	58.3 ± 18.8 *n* = 15	58.7	118.3 ± 44.9 *n* = 90	225.3	78.9 ± 27.2 *n* = 15	19.7 ± 15.0 *n* = 90	23.7
Лето Северная	69.3 ± 21.5 *n* = 10	33.5 ± 11.6 *n* = 10	49.4	77.8 ± 28.4 *n* = 45	233.5	67.4 ± 22.2 *n* = 10	10.0 ± 3.4 *n* = 45	15.1
Южная	43.9 ± 1.3 *n* = 10	*10.7 ± 1.6* *n* = 5	*26.2*	*32.5 ± 14.5* *n* = 5	*303.1*	41.4 ± 4.6 *n* = 10	7.4 ± 2.0 *n* = 30	17.9

Примечания. Обозначения как в табл. 1; курсивом выделены данные, полученные только для лошади арабской породы.

лошадей 1 : 0.07 (для сравнения у овец 1 : 1) (Рогалевич, 1941, с. 30). Данные по длине и густоте шерсти для остальных рассматриваемых пород в настоящий момент отсутствуют.

Из всех исследованных микроструктур волос лошадей наиболее очевидными адаптивными свойствами обладает сердцевина с воздушными полостями: создавая дополнительную воздушную прослойку, она способствует теплозащите тела. В этой связи слабое развитие сердцевины у арабской и фактическое ее отсутствие у ахалтекинской пород оказывается весьма показательным. Алексеев (1985, с. 81–83) ранее также обнаружил, что соотношение сердцевины к диаметру волоса у якутских лошадей зимой увеличивается, а толщина волос несколько уменьшается (последнее противоречит полученным нами результатам).

Эффективность теплозащиты шерстного покрова исследована у якутской породы. В частности, установлено, что температура тела на поверхности их шерсти, по сравнению с орловскими рысаками, ниже и изменяется более плавно на разных участках тела, а теплопотери при сходных внешних условиях в 1.8 раза меньше; разница температуры между опушенными и оголенными участками кожи туловища может составлять несколько десятков градусов (Попов и др., 2002). У чистопородных якутских лошадей, в отличие от метизированных, температура под кожей холки, измеренная вживленным термографом, в зимний период практически не зависит от колебаний температуры окружающей среды и постоянно поддерживается на достаточно высоком уровне (Соломонов и др., 2009).

Ленская лошадь обитала на Северо-Востоке Сибири в позднем плейстоцене и начале голоцена, то есть в период последнего оледенения. В волосах спины двух мумий ленской лошади также выявлено наличие крупной сердцевины с воздушными полостями, что можно расценивать как адаптивный признак к низким температурам. Сравнение строения шерсти Максунуохской и Дюкарской мумий позволило определить различия, которые могут быть обусловлены сезонным влиянием, по аналогии с особенностями строения волос северных пород домашних лошадей. Сезон гибели этих ленских лошадей не известен, но с большой вероятностью можно предположить, что Дюкарская лошадь погибла в теплый период года.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые с помощью СЭМ изучены микроструктуры волос и выполнена их морфометрия у ленской лошади (*Equus lenensis*) и домашней лошади (*Equus caballus caballus*) пяти пород. Выявлен ряд особенностей микроструктур волос, наиболее ярко проявляющихся при сравнении лошадей северной (мезенская, печорская, якутская) и южной (арабская, ахалтекинская) групп пород. Сезонные изменения в строении волос у лошадей северных пород (утолщение сердцевины волоса и увеличение объема ее воздушных полостей) свидетельствуют о повышении теплозащитных свойств шерсти в зимнее время, что имеет адаптивное значение. Использованная доступная выборка материала (количество особей, количество волос, локализация на теле и т.п.), безусловно, недостаточна для исключения возможного влияния индивидуальной изменчивости и/или случайных факторов и проведения полноценного статистического анализа. Тем не менее показано, что и у плейстоценовых, и у современных домашних лошадей сформировались конвергентные морфологические адаптации шерсти к низким температурам воздуха.

БЛАГОДАРНОСТИ

Мы выражаем искреннюю признательность Р.Б. Захаровой и В.А. Бобровой за предоставление образцов шести лошадей мезенской и печорской пород; П.А. Лазареву, И.Н. Белолюбскому и Г.Г. Боескорову за предоставленный материал по ленской лошади.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках НИР № 121032300105-0 (Н.Н. Спасская), НИР № 121122200210-0 (О.Ф. Чернова), НИР № 122011700241-5 (И.Б. Юрьева, Н.В. Вдовина).

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Все этические стандарты соблюдены. В ходе работы соблюдались все применимые международные, национальные и ведомственные рекомендации по уходу и использованию животных. Никаких манипуляций с живыми животными не проводилось.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы подтверждают отсутствие конфликтов интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев Н.Д., 1985. Адаптация лошадей к температурным факторам среды. Дис. ... канд. биол. наук. Рязань: ВНИИ коневодства. 199 с.

Косинцев П.А., Пластеева Н.А., Васильев С.К., 2013. Дикие лошади (*Equus* (*Equus*) s. l.) Западной Сибири в голоцене // Зоологический журнал. Т. 92. № 9. С. 1107–1116.

Маркова А.К., ван Кольфсхотен Т., Бохнкке Ш., Косинцев П.А., Мол И., Пузаченко А.Ю., Симакова А.Н., Смирнов Н.Г., Верпоорте А., Головачев И.Б., 2008. Эволюция экосистем Европы при переходе от плейстоцена к голоцену (24–8 тыс. л.н.). М.: Товарищество научных изданий КМК. 556 с.

Попов Р.А., Владимиров Л.Н., Сергиенко С.С., 2002. Моделирование теплоотдачи якутской лошади при отрицательных температурах окружающей среды // Научные основы сохранения и совершенствования пород лошадей. Сб. науч. трудов. ВНИИ коневодства. С. 28–45.

Рогалевич М.И., 1941. Коневодство Якутской АССР // Труды Якутской экспедиции АН СССР. М. – Л.: АН СССР. 76 с.

Соколов В.Е., 1977. Кожный покров ископаемой лошади из Селерикана / Фауна и флора антропогена Северо-Востока Сибири // Труды ЗИН. Т. 63. Л.: Наука. С. 186–200.

Соколов В.Е., Скурат Л.Н., Степанова Л.В., Сумина Е.Б., Шабадаш С.А., 1988. Руководство по изучению кожного покрова млекопитающих. М.: Наука. 280 с.

Соломонов Н.Г., Ануфриев А.И., Ядрихинский В.Ф., Исаев А.П., 2009. Изменение температуры тела у чистопородных и гибридных якутских лошадей в условиях Якутии // Доклады Академии наук. Т. 427. № 3. С. 426–429.

Спасская Н.Н., Чернова О.Ф., Ибраев М.В., 2012. Особенности микроструктуры волос плейстоценовой мумии Билибинской лошади (Equidae, Perissodactyla) // Вестник Московского Университета. Серия 16. Биология. № 1. С. 41–50. http://elibrary.ru/item.asp?id=17637054

Чернова О.Ф., Перфилова Т.В., Спасская Н.Н., Киладзе А.Б., Ибраев М.В., 2011. Атлас микроструктуры волос лошадей. (Библиотека судебного эксперта). М.: Товарищество научных изданий КМК. 231 с.

Abramoff M.D., Magalhaes P.J., Ram S.J., 2004. Image Processing with ImageJ // Biophotonics International. V. 11. № 7. P. 36–42.

Kratochvil Z., 1971. Microscopic evaluation of the hairs of the mane and tail of the wild horse (*Equus przewalskii*) in comparison with the modern and historical domesticated horse (*Equus przewalskii* f. *caballus*) // Acta Veterinaria Brno. V. 40. P. 23–31.

COMPARISON OF THE FINE STRUCTURE OF HAIR IN THE ANCIENT LENA HORSE (†*EQUUS LENENSIS* RUSSANOV 1968) AND THE DOMESTIC HORSE (*EQUUS CABALLUS CABALLUS* LINNAEUS 1758) OF NATIVE NORTHERN BREEDS

N. N. Spasskaya[1,*], O. F. Chernova[2,], N. V. Vdovina[3,***], I. B. Yurieva[3,****]**

[a] *Zoological Museum, Lomonosov Moscow State University, Moscow, 125009 Russia*

[b] *A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119071 Russia*

[c] *N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Ural Branch, Russian Academy of Sciences – Arkhangelsk Research Institute of Agriculture (FCIArctic' Branch in the Primorskiy District, Arkhangelsk, 163020 Russia*

**e-mail: equusnns@mail.ru*

***e-mail: olga.chernova.moscow@gmail.com*

**** e-mail: vdovina.natali2014@yandex.ru*

*****e-mail: arhsel@mail.ru*

Using SEM and morphometry, the fine structure of guard hairs and the elements of their medulla were compared in the Lena horse (*Equus lenensis*) and the domestic horse (*E. caballus caballus*) of five breeds. A number of features of hair fine structures have been identified, most clearly revealed when comparing horses of the northern (Mezen, Pechora, Yakut) and southern (Arabian, Akhal-Teke) groups of breeds. Seasonal changes in the structure of hair in horses of northern breeds (thickening of the hair medulla and an increase in the volume of its air cavities) indicate an increase in the heat-protecting properties of wool in winter, this being of adaptive significance. Both Pleistocene and recent domestic horses are shown to have developed convergent morphological adaptations of wool to low air temperatures.

Keywords: horse, aboriginal breeds, guard hair, medulla, adaptation, SEM, morphometry