

Марина Вячеславовна Степанова^{1✉}, Вагид Шарафудинович Пашаев²,

Заур Станиславович Хуштов³, Дарья Александровна Вильмис⁴

^{1,2,3,4}Российский биотехнологический университет, Москва, Россия

¹stepanova-marina@bk.ru

²pashaev@mgupp.ru

³zaurhustov@gmail.com

⁴vilmisda@mgupp.ru

СТРОЕНИЕ, ФУНКЦИИ И ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ШЕРСТНОМ ПОКРОВЕ СОБАК ДОМАШНИХ РАЗНЫХ ПОРОД

Цель исследования – изучить макроморфологическое строение и специфику кумуляции микроэлементов в шерстном покрове собак домашних разных пород. Задачи: изучить образцы волос собак разных пород по скорости отрастания, провести исследования уровня содержания микроэлементов в биосубстратах. Проведен эксперимент на собаках, находящихся у частных владельцев и обратившихся в ветеринарную клинику г. Москвы. Исследования выполнены на базе ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСИБИОТЕХ)» в период с 2022 по 2023 г. на основе комплекса современных биологических, экологических и статистических методов на животных следующих пород: длинношерстные – йоркширский терьер, английский коккер-спаниель, чихуахуа; среднешерстные – аляскинский кли-кай, аляскинский маламут, немецкая овчарка, черный терьер, бернский зенненхунд, австралийская овчарка, метис; короткошерстные – аргентинский дог, французский бульдог, американский стаффордширский терьер, такса. На 75 % шерстный покров собак образован остевыми волосами. Его структура варьируется в зависимости от породы. Наиболее распространена веретенообразная форма стержня волоса. Образованный кератиноцитами чешуйчатый слой не пигментированный. Тип чешуйчатого слоя шерсти собак – бугристый. Кортексный слой составляет 90 % объема волоса и отвечает за его эластичность. Медуллярный слой волоса собаки имеет среднюю толщину – 54,8 %. Диаметр волосяного покрова собак домашних в среднем составил $(91,4 \pm 11,2)$ мкм, показатель значительно варьировался при различной толщине волоса и в зависимости от породы собак в пределах от 80 до 115 мкм. Средняя скорость отрастания волоса за месяц составила $(10,6 \pm 2,4)$ мм в зависимости от породы собак и длины шерстного покрова. Анализ содержания микроэлементов в волосах животных раскрыл высокую способность биологических субстратов к аккумуляции элементов. Были разработаны центильные шкалы накопления элементов.

Ключевые слова: собаки, шерстный покров, волос, структура, микроэлементы, тяжелые металлы, биосреды

Для цитирования: Строение, функции и особенности накопления тяжелых металлов и микроэлементов в шерстном покрове собак домашних разных пород / М.В. Степанова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2024. № 11. С. 141–149. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-141-149.

Благодарности: работа выполнена в рамках темы «Этиопатогенез и разработка методов диагностики, профилактики и лечения иммунообусловленных паранеопластических офтальмопатий у животных» (шифр Минобрнауки РФ FSMF-2022-0003) научно-исследовательской лаборатории офтальмологии, онкологии и биохимии животных Российского биотехнологического университета.

Marina Vyacheslavovna Stepanova^{1✉}, Vagid Sharafudinovich Pashaev²,
Zaur Stanislavovich Khushtov³, Darya Aleksandrovna Vilmis⁴

^{1,2,3,4}Russian Biotechnology University, Moscow, Russia

¹stepanova-marina@bk.ru

²pashaev@mgupp.ru

³zaurhustov@gmail.com

⁴vilmisda@mgupp.ru

STRUCTURE, FUNCTIONS AND FEATURES OF HEAVY METALS AND TRACE ELEMENTS ACCUMULATION IN DOMESTIC DOGS COAT OF DIFFERENT BREEDS

The aim of the study is to investigate the macromorphological structure and specificity of microelement accumulation in the coat of domestic dogs of different breeds. Objectives: hair samples of dogs of different breeds were studied for regrowth rate, the level of microelements in biosubstrates was studied. An experiment was conducted on dogs owned by private owners and those who sought help from a veterinary clinic in Moscow. The studies were carried out at the Russian Biotechnology University (ROSIBIOTECH) from 2022 to 2023 using a range of modern biological, ecological and statistical methods on animals of the following breeds: long-haired – Yorkshire Terrier, English Cocker Spaniel, Chihuahua; medium-haired – Alaskan Klee Kai, Alaskan Malamute, German Shepherd, Black Terrier, Bernese Mountain Dog, Australian Shepherd, crossbreed; short-haired – Argentine Dogo, French Bulldog, American Stafford Terrier, Dackshund. The guard hairs make up 75 % of the dog's coat. Its structure varies depending on the breed. The most common is the spindle-shaped hair shaft. The scaly layer formed by keratinocytes is not pigmented. The scaly layer type of dog hair is tuberosus. The cortex layer makes up 90 % of the hair volume and is responsible for its elasticity. The medullary layer of dog hair has an average thickness of 54.8 %. The average diameter of the hair of domestic dogs was $(91.4 \pm 11.2) \mu\text{m}$, the indicator varied significantly with different thicknesses and depending on the breed of dogs within the range of 80 to 115 μm . The average hair regrowth rate per month was $(10.6 \pm 2.4) \text{mm}$ depending on the breed of dogs and the length of the coat. Analysis of the content of trace elements in animal hair revealed the high ability of biological substrates to accumulate elements. Centile scales of element accumulation were developed.

Keywords: dogs, coat, hair, structure, microelements, heavy metals, bioenvironments

For citation: Structure, functions and features of heavy metals and trace elements accumulation in domestic dogs coat of different breeds / M.V. Stepanova [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2024;(11): 141–149 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-11-141-149.

Acknowledgments: the work was carried out within the framework of the topic "Etiopathogenesis and development of methods for diagnosis, prevention and treatment of immune-mediated paraneoplastic ophthalmopathy in animals" (code of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation FSMF-2022-0003) of the research laboratory of ophthalmology, oncology and animal biochemistry of the Russian Biotechnological University.

Введение. В условиях увеличения техногенного загрязнения окружающей среды возникает особая необходимость изучения особенностей обитания организмов, которые постоянно подвергаются воздействию различных видов загрязнителей. Имеет особый интерес поиск предела, на котором происходят необратимые изменения в живых системах. В рамках этого исследования особое значение приобретает изучение млекопитающих, так как именно они обладают наибольшей адаптивной устойчивостью,

что позволяет им поддерживать гомеостаз в условиях, когда концентрация поллютантов в окружающей среде находится на низком уровне. Механизм адаптации животного к изменениям температуры окружающей среды во многом зависит от структуры волосяного покрова данного животного.

У собак несколько типов шерсти, каждый из которых выполняет определенную функцию. Первый вид – это первичный тип волос, остевые волосы. Этот слой образует самый верхний

и внешний слой, который покрывает большую часть поверхности кожи. Они толстые, длинные и жесткие. Остевые волосы регулярно расположены широкими полосками, повторяющими контур тела и придающими шерсти животного гладкий вид. На каждый первичный фолликул вырастает один волос, а остевые волосы образуют водонепроницаемый защитный верхний слой, покрывающий подшерсток. Остевые волосы наиболее многочисленны на спине собаки.

Вторичный тип волос – подшерсток (пуховой волос). Они тонкие, короткие и мягкие, придают шерсти мягкость и обеспечивают изоляцию. У этого типа шерсти отсутствует сердцевина. Третий тип волос – вибриссы. Они намного толще, чем волосы остевого или подшерсткового покрова, имеют одинаковую структуру. Нахождение основания тактильных волос в синусе повышает чувствительность волос.

Маркелевские клетки представляют собой тактильные рецепторы, которые связаны с осязательными волосками и расположены на верхней, боковой и нижней поверхностях головы, включая усики, брови. Они тесно связаны с функциями слуха и зрения. В отличие от других типов волос тактильные волосы линяют гораздо медленнее, сохраняя свою целостность на протяжении длительного времени.

Волосы состоят из экзокератина – белка, обеспечивающего непроницаемость кожи, образованы тремя слоями, включая кутикулу, которая является самым внешним слоем волос. Затем идет кора, которая является самой толстой частью внутри кутикулы и образует промежуточную область. Эти клетки содержат пигментные гранулы, обеспечивающие цвет волос. Самая внутренняя область называется мозговым веществом. Он образует центральное ядро из рыхло упакованных клеток. Волосы могут быть полыми, что увеличивает изоляционные свойства шерсти. Диаметр волосков уменьшается при увеличении количества волос на фолликул. Форма волос определяется формой фолликула. Прямые фолликулы производят прямые волосы, а вьющиеся фолликулы – вьющиеся волосы.

Собаки, как правило, имеют составные фолликулы, обычно с одним первичным волосом и от 2 до 15 вторичных прядей волос. Все эти пряди волос разделены на группы по три через

сальные железы и кольцевую соединительную ткань дермы. Длина, толщина, плотность и цвет различаются у разных особей и особенно у разных пород. В отличие от цвета шерсти генетическая детерминация роста волос определяется всего несколькими генами.

В последнее время становится актуальным вопрос изучения скрининга микроэлементного состава биосред организма теплокровных животных. Микроэлементы (не только эссенциальные, но и некоторые токсичные) играют значительную роль в организме [1–4]. Загрязнение окружающей среды, которое в последние годы набирает стремительные обороты, может выступать как провокатор многих пагубных изменений в организме животных [5]. Крайне важно при изучении окружающей среды проводить исследования по анализу уровня элементов в организме животных, так как они обладают высокими накопительными свойствами и могут провоцировать развитие патологии различного характера [6, 7].

По результатам мониторинговых работ, проведенных в некоторых регионах, были обнаружены отклонения в уровне содержания микроэлементов в продуктах питания, питьевой и водопроводной воде и депонирующих средах [6, 8, 9]. На настоящий момент времени важно всестороннее изучение кумуляции микроэлементов в организме животных, которые живут рядом с человеком в условиях повышенного техногенеза, так как количество домашних животных в разных странах за последние годы значительно увеличилось [1, 10].

В зависимости от породы, возраста и размера собаки покровы составляют 12–14 % массы тела животного. Внешний слой кожи собак покрыт волосами, которые служат барьером, защищающим организм от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды. Состояние кожи и шерсти собак является надежным показателем здоровья животного в целом [11].

Цель исследования – изучить макроморфологическое строение и специфику кумуляции микроэлементов в шерстном покрове собак домашних разных пород.

Задачи: изучить образцы волос собак разных пород по скорости отрастания; провести исследования уровня содержания микроэлементов в биосубстратах.

Материалы и методы. Был проведен эксперимент на собаках, находящихся у частных владельцев, обратившихся в ветеринарную клинику г. Москвы. Исследования выполнены на базе ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСИБИОТЕХ)» на животных следующих пород: длинношерстные – йоркширский терьер (n = 12), английский кокер-спаниель (n = 6), чихуахуа (n = 5); среднешерстные – аляскинский кли-кай (n = 6), аляскинский маламут (n = 10), немецкая овчарка (n = 9), черный терьер (n = 6), бернский зенненхунд (n = 7), австралийская овчарка (n = 10), метис (n = 12); короткошерстные – аргентинский дог (n = 6), французский бульдог (n = 6), американский стаффордширский терьер (n = 8), такса (n = 6).

Исследования проводились в период с 2022 по 2023 г. на основе комплекса современных биологических, экологических и статистических методов на различных породах собак. Скорость отрастания шерсти определялась путем выбривания участка поверхности тела размером 1,0 × 1,0 см. Через 10 дней производились замеры отросшей шерсти по длине волокон. Произведя расчеты с использованием формулы, получили результат, отражающий дистальное отрастание волос за определенный период

$$L = S \cdot I,$$

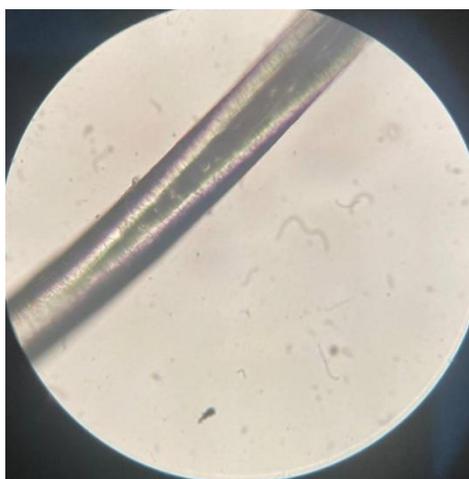
где L – дистальное расстояние, отмеряемое от корня волос, мм; S – скорость роста волос, мм/сут; I – изучаемый возрастной период, сут.

Для проведения микроэлементного скрининга шерстного покрова пробы отбирались настригом со спины, затем упаковывались в конверты, после чего маркировались. Затем была проведена очистка проб волос в ацетоне в лабораторных условиях. Пробы выдерживались в стеклянной посуде с закрытой пробкой в течение суток. После чего пробы были промыты дистиллированной водой и высушены до постоянной массы.

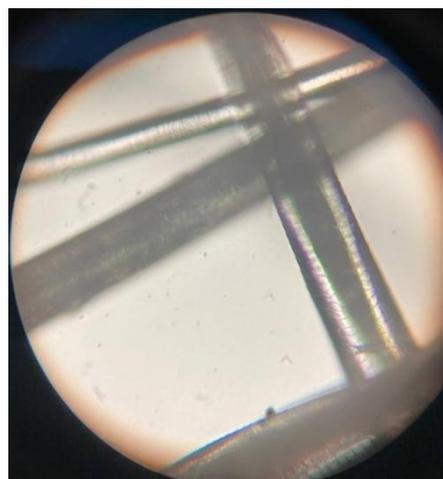
Анализы были проведены для определения содержания свинца, цинка, железа, меди и кадмия. Для этого использовался атомно-абсорбционный спектрометр «Аквилон А-2». Исследования проводились с соблюдением повторяемости и промежуточной прецизионности. Кроме того, были определены длина и толщина волос с помощью макроморфологических методов окулярным винтовым микрометром «Микмед-1».

Полученные результаты обрабатывали статистически с помощью программы Statistica версия 10.0: рассчитан непараметрический W-критерий Шапиро – Уилка, t – тест Стьюдента и коэффициент корреляции Спирмена.

Результаты и их обсуждение. Шерстный покров собак состоит из остевых, пуховых и покровных волос. У остевых волос наблюдали следующие слои: чешуйчатый, корковый и сердцевина (рис. 1). Эти волосы прикрывают подшерсток и защищают его от промокания.



А



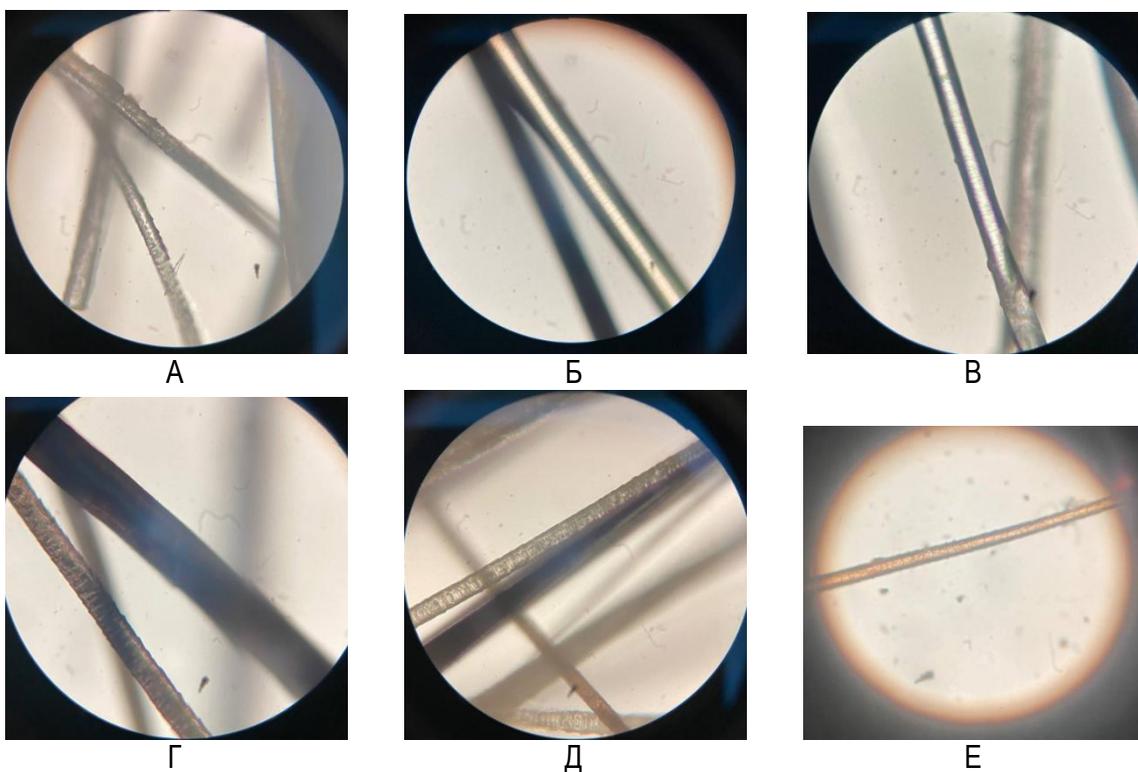
Б

Рис. 1. Остевой волос собак домашних пород: А – кли-кай; Б – метис

Структура волоса собаки представляет собой веретенообразный стержень, обладающий чешуйчатым слоем. Он формируется из уплотненных кератиновых клеток, не имеющих пигментации, и выполняет защитную функцию по отношению к корковому слою волоса. Чешуйчатый слой волоса собаки обладает волнистой формой, аналогичной форме коркового слоя. Корковый слой играет ключевую роль в упругости волоса, составляя около 90 % его объема. Этот слой состоит из клеток, еще не полностью кератинизированных, и со временем постепенно разрушается. Медуллярный слой волоса собаки имеет среднюю толщину в 54,8 % и шарообразную форму. Особенностью этого вида является то, что мозговой материал находится в виде

отдельных островков на определенном расстоянии от луковицы, а затем сливается в непрерывную массу (см. рис. 1).

Чешуйки на поверхности меха у разных пород отличаются по размеру и расположению. Но типы остевых волос схожи. Поверхностные чешуйки волосков рыхлые, поперечные, разнообразны по форме и размеру, с хорошо выраженными бороздками по краям. Поверхностный размер кутикулы неравномерно волнистый, черешок с широким основанием, вершина обычно заканчивается тупоугольными зубчиками или имеет форму черепицы размером 3–4 × 80 мкм (рис. 2). Мозаичная структура волосков придает меху жесткость и предотвращает возможные повреждения.



*Рис. 2. Макроморфологические особенности шерсти разных пород собак домашних:
А – аргентинский дог, самка, кличка Габриэль; Б – такса, самка, кличка Ухтя; В – французский бульдог, самка, кличка Бэлла; Г – американский стаффордширский терьер, самка, кличка Ева;
Д – метис, самец, кличка Лозло; Е – немецкая овчарка*

Результаты исследования показали, что толщина анализируемых волосков значительно различается у разных видов животных.

Исследованиями установлено, что диаметр волосяного покрова собак домашних в среднем составил $(91,4 \pm 11,2)$ мкм, показатель значительно варьировался при различной толщине от

корня до кончика и в зависимости от породы собак в пределах от 80 до 115 мкм.

После проведения подготовительных работ определялась длина волос, выросших в определенном возрасте, которая отражает уровень метаболических процессов и химических элементов, протекающих в конкретном возрастном

периоде, с учетом даты взятия проб, в пределах одного возрастного интервала.

Волосы были разделены на участки в соответствии с естественным процессом их отрастания. Учитывая известную среднюю скорость от-

растания волос ($(10,6 \pm 2,4)$ мм/мес.) (табл. 1), были выделены зоны, которые соответствовали дистальному росту волос за зимний и летний периоды.

Таблица 1

Скорость отрастания волоса собак в зависимости от типа шерстного покрова, мм/мес.

Тип шерстного покрова	Скорость отрастания
Короткошерстные (n = 26)	3,5±0,3
Средняя длина шерсти (n = 60)	11,1±0,7
Длинношерстные (n = 23)	17,5±0,9
В среднем	10,6±2,4

Исходя из конкретной методики эксперимента, было установлено, что длительность изучаемых сезонов составляет 90 дней. Применяя представленную выше формулу, удалось определить скорость прироста волос за один месяц:

$$L = 0,35 \text{ мм/сут} \cdot 30 \text{ сут} = 10,6 \text{ мм};$$

короткошерстные:

$$L = 0,115 \text{ мм/сут} \cdot 30 \text{ сут} = 3,45 \text{ мм} \approx 3,5 \text{ мм};$$

средняя длина шерсти:

$$L = 0,37 \text{ мм/сут} \cdot 30 \text{ сут} = 11,1 \text{ мм};$$

длинношерстные:

$$L = 0,59 \text{ мм/сут} \cdot 30 \text{ сут} = 17,7 \text{ мм} \approx 17,5 \text{ мм}.$$

В связи с тем, что волосы – это легкодоступный биологический материал, его часто используют как аналитическую мишень для диагности-

ки ятрогенных отравлений, заболеваний и нарушений метаболизма. Отбор проб осуществляется легко и удобно и не требует сложного инструментального обеспечения. Волосы можно хранить длительный период времени [12].

Содержание анализируемых микроэлементов (цинк, железо, медь, кадмий и свинец) представлено в таблице 2. Содержание элементов в шерстном покрове собак располагается в следующем ранжированном ряду: Fe > Zn > Cu > Cd > Pb. Уровень содержания элементов определяется составом рациона питания, взаимным влиянием металлов, поступлением из среды и физиологическим состоянием животных [1, 13].

Таблица 2

Содержание химических элементов в шерстном покрове разных пород собак (M ± δ), мг/кг

Порода собак	Микроэлементы и тяжелые металлы				
	Цинк	Железо	Медь	Кадмий	Свинец
1	2	3	4	5	6
Короткошерстные					
Аргентинский дог	258,02±216,29	235,62±293,03	40,76±52,34	0,034±0,02	0,64±0,77
Французский бульдог	107,17±7,59	29,67±4,25	13,17±0,2	0,04±0,02	0,01±0,00
Американский стаффордширский терьер	479,96±136,67	189,45±150,91	9,63±2,13	0,025±0,02	0,01±0,00
Такса	242,68±18,15	65,07±16,02	18,6±7,23	0,01±0,00	1,47±1,66
В среднем	271,96±38,75	129,95±19,77	20,54±5,09	0,02±0,01	0,70±0,18
Средняя длина шерсти					
Аляскинский кли-кай	140,08±13,96	257±12,81	25,5±11,26	0,01±0,00	0,42±0,59
Аляскинский маламут	84,57±27,8	87,25±33,33	7,96±4,22	3,63±5,44	0,15±0,22
Немецкая овчарка	123,05±18,42	5,08±1,01	7,1765±0,84	0,01±0,00	0,16±0,04
Черный терьер	181,61±29,48	152,88±23,84	13,54±4,51	0,03±0,01	0,36±0,11
Бернский зенненхунд	156,57±17,84	76,24±11,57	9,89±2,41	0,03±0,01	1,46±0,18
Австралийская овчарка	154,25±24,89	111,69±26,84	17,19±4,18	0,02±0,01	2,02±0,18
Метис	135,72±17,67	241,35±243,79	21,93±13,34	0,007±0,01	0,01±0,00
В среднем	131,66±76,61	137,60±38,41	13,10±6,86	1,83±0,91	0,59±0,26

1	2	3	4	5	6
Длинношерстные					
Йоркширский терьер	226,94±17,54	140,01±34,84	7,51±1,32	0,52±0,09	0,01±0,00
Английский коккер-спаниель	119,22±25,71	184,95±11,94	5,26±1,42	0,81±0,12	0,01±0,00
Чихуахуа	182,80±28,71	435,03±84,71	31,47±8,51	0,21±0,09	2,56±0,48
В среднем	188,98±68,82	199,01±37,48	12,94±2,27	0,36±0,13	0,64±0,16

Уровни кумуляций тяжелых металлов были распределены в зависимости от даты отбора, длины шерсти и сезона отбора (летний и зим-

ний). Данные о колебаниях уровня накопления химических веществ шерсти собак представлены в таблице 3.

Таблица 3

Содержание химических элементов в шерстом покрове собак в разные сезоны года, мг/кг

Группа	Сезон	Микроэлементы и тяжелые металлы				
		Цинк	Железо	Медь	Кадмий	Свинец
		M±δ				
Короткошерстные	Зима	201,94±64,74	97,77±1,44*	15,69±1,61	0,01±0,00	0,03±0,01*
	Лето	327,41±35,34	155,71±8,73*	34,31±9,89	0,03±0,00	1,64±0,58*
Средняя длина шерсти	Зима	130,32±24,26	237,66±22,29	14,61±7,70	0,09±0,03*	0,96±0,04
	Лето	195,89±12,36	135,87±33,93	21,72±2,55	2,08±0,67*	1,32±0,33
Длинношерстные	Зима	168,58±38,24	135,88±44,50	9,09±1,74	0,09±0,02	0,02±0,00*
	Лето	146,59±39,15	137,97±42,31	11,12±2,73	0,72±0,33	0,37±0,13*

*Достоверные отличия (p < 0,05).

Как видно из таблицы 3, шерсть, которая сформирована в разные сезоны, содержит разную концентрацию химических элементов. В случае с железом, свинцом и кадмием различия в уровнях содержания в мехе собак были статистически значимыми (p < 0,05). Большинство элементов в биологической матрице накапливались летом, что непосредственно свидетельствует о том, что они поступали в организм из окружающей среды, пищи и при участии физиологических процессов.

Использование данного метода даст возможность улучшить эффективность и точность определения статуса элементов собак с дальнейшей своевременной корректировкой дисбаланса уровня содержания химических веществ, предупредить развитие заболеваний.

Заключение. Результаты исследования показали, что 75 % шерсти собак составляет остью волос. Его структура варьируется в зависимости от породы. Форма стержня остового волоса – фузиформная. Чешуйчатый слой образован плоскими кератиноцитами. Они не пигментированы и защищают корковый слой воло-

са. Тип чешуйчатого слоя волоса собаки – вогнутый. Корковый слой составляет 90 % объема волоса и отвечает за сохранение его эластичности. Средняя толщина коркового слоя шерсти собаки составляет 54,8 %. Исследования показали, что средний диаметр шерсти домашней собаки составляет (91,4 ± 11,2) мкм, при этом показатели толщины варьируются от корня до кончика шерсти, со значительными различиями между 80 и 115 мкм в зависимости от породы и длины волоса. Анализ волос животных на содержание микроэлементов показал, что биологическая матрица обладает высокой способностью к накоплению этих элементов, которые были ранжированы и для которых были определены факторы, способствующие их накоплению.

Список источников

1. Строение, функции и особенности накопления тяжелых металлов и микроэлементов в волосяном покрове лосей разных возрастных групп / В.Ф. Позднякова [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2019. № 12 (153). С. 88–97.

- DOI: 10.36718/1819-4036-2019-12-88-97. EDN IGDTKT.
2. Барашков Г.К., Краснова И.А., Марисюк А.Р. Содержание микроэлементов (МЭ) в шерсти и крови кроликов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2012. № 12. С. 8–11.
 3. Быкова Е.А., Гашев С.Н. Особенности накопления микроэлементов в организме мелких млекопитающих в условиях урбанизации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16, № 1 (4). С. 1144–1148.
 4. Дерхо М.А., Елисеенкова М.В. Особенности сезонной миграции микроэлементов в триаде «почва – растение – животный организм» в степном ландшафте заповедника «Аркаим» // Аграрный вестник Урала. 2009. № 9 (63). С. 67–69.
 5. Онтогенетические особенности биоэлементного состава шерсти собак / Н.В. Ефанова [и др.] // Инновации и продовольственная безопасность. 2023. № 1 (39). С. 66–70. DOI: 10.31677/2311-0651-2023-39-1-66-70. EDN WJAGGU.
 6. Park S.B., Choi S.W., Nam A.Y. Hair trace elements in patients with goiter // Klin. Lab. Diagn. 2006. Vol. 8. P. 19–21.
 7. Blanco-Penedo I., et al. Influence of copper status on the accumulation of toxic and essential metals in cattle // Environment International. 2006. Vol. 32, № 7. P. 901–906.
 8. Ермохин Ю.И., Синдирева А.В. Основные критерии агроэкологической оценки действия микроэлементов в системе почва-растение-животное // Проблемы агрохимии и экологии. 2008. № 3. С. 19–22.
 9. Senchenko M., Stepanova M., Pozdnyakova V., Olenchuk E. Migration of microelements and heavy metals in the system «soil-plant-plant-based products» // Journal of microbiology, biotechnology and food sciences. 2021. Vol. 10, № 6. DOI: 10.15414/jmbfs.3169.
 10. Химическая экология птиц-урбофилов на примере серой вороны / В.А. Пономарев [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. URL: <http://science-education.ru/128-22143> (дата обращения: 13.10.2022).
 11. Баяров Л.И., Михеева К.Д. Свойства собачьей шерсти и возможные пути ее использования // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022. № 176. С. 16–35. DOI: 10.21515/1990-4665-176-002.
 12. Информативность биосубстратов при оценке элементного статуса сельскохозяйственных животных (обзор) / А.В. Харламов [и др.] // Вестник мясного скотоводства. 2014. № 4 (87). С. 53–58.
 13. Nwude D.O., Babayemi J.O., Abbulimen I.O. Metal quantification in cattle: A case of cattle at slaughter at Ota Abattoir, Nigeria // Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences. 2011. Vol. 3 (9). P. 271–274.

References

1. Stroenie, funkcii i osobennosti nakopleniya tyazhelyh metallov i mikro`elementov v volosyanom pokrove losej raznyh vozrastnyh grupp / V.F. Pozdnyakova [i dr.] // Vestnik KrasGAU. 2019. № 12 (153). S. 88–97. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-12-88-97. EDN IGDTKT.
2. Barashkov G.K., Krasnova I.A., Marisyuk A.R. Soderzhanie mikro`elementov (M`E) v shersti i krovi krolikov // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. 2012. № 12. S. 8–11.
3. Bykova E.A., Gashev S.N. Osobennosti nakopleniya mikro`elementov v organizme melkih mlekopitayuschih v usloviyah urbanizacii // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. 2014. T. 16, № 1 (4). S. 1144–1148.
4. Derho M.A., Eliseenkova M.V. Osobennosti sezonnoj migracii mikro`elementov v triade «pochva – rastenie – zhivotnyj organizm» v stepnom landshafte zapovednika «Arkaim» // Agrarnyj vestnik Urala. 2009. № 9 (63). S. 67–69.
5. Ontogeneticheskie osobennosti bio`elementnogo sostava shersti sobak / N.V. Efanova [i dr.] // Innovacii i prodovol'stvennaya bezopasnost'. 2023. № 1 (39). S. 66–70. DOI: 10.31677/2311-0651-2023-39-1-66-70. EDN WJAGGU.

6. *Park S.B., Choi S.W., Nam A.Y.* Hair trace elements in patients with goiter // *Klin. Lab. Diagn.* 2006. Vol. 8. P. 19–21.
7. *Blanco-Penedo I., et al.* Influence of copper status on the accumulation of toxic and essential metals in cattle // *Environment International.* 2006. Vol. 32, № 7. P. 901–906.
8. *Ermohin Yu.I., Sindireva A.V.* Osnovnye kriterii agro`ekologicheskoy ocenki dejstviya mikro`elementov v sisteme pochva-rastenie-zhivotnoe // *Problemy agrohimii i `ekologii.* 2008. № 3. S. 19–22.
9. *Senchenko M., Stepanova M., Pozdnyakova V., Olenchuk E.* Migration of microelements and heavy metals in the system «soil-plant-plant-based products» // *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences.* 2021. Vol. 10, № 6. DOI: 10.15414/jmbfs.3169.
10. Himicheskaya `ekologiya ptic-urbofilov na primere seroj vorony / *V.A. Ponomarev* [i dr.] // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya.* 2015. № 5. URL: <http://science-education.ru/128-22143> (data obrascheniya: 13.10.2022).
11. *Bayurov L.I., Miheeva K.D.* Svoystva sobach'ej shersti i vozmozhnye puti ee ispol'zovaniya // *Politematicheskij setevoj `elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2022. № 176. S. 16–35. DOI: 10.21515/1990-4665-176-002.
12. Informativnost' biosubstratov pri ocenke `elementnogo statusa sel'skhozyajstvennyh zhivotnyh (obzor) / *A.V. Harlamov* [i dr.] // *Vestnik myasnogo skotovodstva.* 2014. № 4 (87). S. 53–58.
13. *Nwude D.O., Babayemi J.O., Abhulimen I.O.* Metal quantification in cattle: A case of cattle at slaughter at Ota Abattoir, Nigeria // *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences.* 2011. Vol. 3 (9). P. 271–274.

Статья принята к публикации 08.10.2024 / The paper accepted for publication 08.10.2024.

Информация об авторах:

Марина Вячеславовна Степанова¹, заведующая кафедрой биоэкологии и биологической безопасности, доктор биологических наук, доцент

Вагид Шарафудинович Пашаев², доцент кафедры биоэкологии и биологической безопасности, кандидат биологических наук, доцент

Заур Станиславович Хуштов³, аспирант кафедры биоэкологии и биологической безопасности

Дарья Александровна Вильмис⁴, доцент кафедры болезней мелких домашних лабораторных и экзотических животных, кандидат ветеринарных наук

Data on authors:

Marina Vyacheslavovna Stepanova¹, Head of the Department of Bioecology and Biological Safety, Doctor of Biological Sciences, Docent

Vagid Sharafudinovich Pashaev², Associate Professor at the Department of Bioecology and Biological Safety, PhD in Biology, Docent

Zaur Stanislavovich Khushtov³, Postgraduate student at the Department of Bioecology and Biological Safety

Darya Aleksandrovna Vilmis⁴, Associate Professor at the Department of Diseases of Small Domestic Laboratory and Exotic Animals, Candidate of Veterinary Sciences

