

УДК 636.085:577.17

DOI: 10.33284/2658-3135-104-3-8

**Содержание макро- и микроэлементов в шерсти коров из различных регионов России**

*С.В. Нотова, О.В. Маршинская, Т.В. Казакова*

*Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (г. Оренбург)*

**Резюме.** Проблема содержания химических элементов в организме сельскохозяйственных животных и в животноводческой продукции является крайне актуальной, в связи с этим большое значение имеет понимание региональной биогеохимии, которая является основой биогеохимического районирования и выделения биогеохимических провинций. В настоящем исследовании изучался элементный состав шерсти коров голштинской породы (n=75) из трёх областей России (Вологодская, Ленинградская и Оренбургская области). Наибольшие отличия в элементном составе шерсти коров произошли при сравнении животных из Вологодской и Ленинградской областей относительно животных Оренбургской области. У крупного рогатого скота Оренбургской области фиксировались достоверно ( $P \leq 0,05$ ) более высокие значения эссенциальных, условно-эссенциальных и токсичных элементов. Однако, несмотря на близкое расположение Вологодской и Ленинградской областей, у обследуемых коров также были обнаружены существенные отличия в элементном составе шерсти. Таким образом, биогеохимические особенности территории являются постоянно действующим экологическим фактором, способным оказывать воздействие на элементный состав и минеральный обмен животных и тем самым влиять на здоровье животных и их продуктивность. Поэтому знания биогеохимических особенностей территории могут помочь в разработке современных биогеохимических технологий в животноводстве.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, голштинская порода, шерсть (волос), биогеохимия, макроэлементы, микроэлементы.

UDC 636.085:577.17

**The content of macro- and microelements in the hair of cows from various regions of Russia**

*Svetlana V Notova, Olga V Marshinskaia, Tatiana V Kazakova*

*Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of Russian Academy of Sciences (Orenburg, Russia)*

**Abstract.** The problem of the content of chemical elements in the body of farm animals and in livestock products is extremely relevant, in this regard, an understanding of regional biogeochemistry, which is the basis of biogeochemical zoning and the allocation of biogeochemical provinces, is of great importance. In this study, the elemental composition of hair of the Holstein cows (n=75) from three regions of Russia (Vologda, Leningrad and Orenburg regions) was studied. The greatest differences in the elemental composition of cow hair occurred comparing animals from Vologda and Leningrad regions relative to the animals from Orenburg region. Significantly, higher values of essential, conditionally essential and toxic elements were registered in cattle of Orenburg region ( $P \leq 0.05$ ). However, despite the close location of Vologda and Leningrad regions, the examined cows also showed significant differences in the elemental composition of hair. Thus, the biogeochemical features of the territory are a permanent environmental factor that can affect the elemental composition and mineral metabolism of animals and, thereby, affect the health of animals and their productivity. Therefore, knowledge of the biogeochemical features of the territory can help in the development of modern biogeochemical technologies in animal husbandry.

**Keywords:** cattle, the Holstein breed, hair, biogeochemistry, macroelements, microelements.

### **Введение.**

Проблема содержания химических элементов в организме сельскохозяйственных животных и в животноводческой продукции является крайне актуальной (Kasozi KI et al., 2018; Pereira V et al., 2018; Orisakwe OE et al., 2017; Suttle NF, 2012). Макро- и микроэлементы выполняют структурную, физиологическую, каталитическую и регуляторную роль в организме животных. Таким образом, информация о содержании элементов имеет большое значение для организма, а также для достижения крупным рогатым скотом своего максимального продуктивного потенциала (Suttle NF, 2010).

Пищевая цепь является важным источником накопления химических элементов. Их значительные количества могут переноситься из почвы на растения, вызывая накопление различных элементов у пастуших жвачных животных (Lopez-Alonso M et al., 2003; Miranda M et al., 2005). Накопление определённых элементов вызывает токсические эффекты как у самих животных, так и у людей, потребляющих их мясо и молоко (Gonzalez-Weller D et al., 2006; Vromman V et al., 2008).

Корма для животных традиционно дополняют микроэлементами в концентрациях, значительно превышающих физиологические потребности (Suttle NF, 2010). Однако ряд проблем привёл к необходимости более эффективной адаптации минеральной добавки к реальным физиологическим потребностям, в этом контексте большое значение имеет не только порода животного, но и место его обитания (Pereira V et al., 2018).

С учётом значимости микроэлементозов необходимо понимание региональной биогеохимии, которая является основой биогеохимического районирования и выделения биогеохимических провинций. Живое вещество и геохимическая среда – это взаимодополняющие и взаимосвязанные части биосферы. Существует понятие биогеохимического круговорота, в котором определённые количества химических элементов во внешней среде (геохимической) формируют сложные связи с внутренней средой организма (биохимической). Крупный рогатый скот, как и все остальные сельскохозяйственные животные, является одним из звеньев природных биогеохимических цепей. Элементный статус их организма может зависеть как от биогеохимических особенностей, представленных в качестве разнообразных природных факторов, так и от ряда социально-экологических особенностей (например, от состава кормов) (Горбачев А.Л., 2006).

В проведённых ранее исследованиях доказана возможность использования содержания химических элементов в шерсти крупного рогатого скота как показателя мониторинга состояния их здоровья (Miroshnikov S et al., 2019).

### **Цель исследования.**

Изучение элементного состава шерсти коров голштинской породы из трёх областей России (Вологодская, Ленинградская и Оренбургская области).

### **Материалы и методы исследования.**

**Объект исследования.** Коровы голштинской породы (n=75).

Обслуживание животных и экспериментальные исследования были выполнены в соответствии с инструкциями и рекомендациями российских нормативных актов (1987 г.; Приказ Минздрава СССР No 755 от 12.08.1977 «О мерах по дальнейшему совершенствованию организационных форм работы с использованием экспериментальных животных») и «Guide for the Care and Use of Laboratory Animals» (National Academy Press, Washington, D.C., 1996). При проведении исследований были предприняты меры для обеспечения минимума страданий животных и уменьшения количества исследуемых опытных образцов.

Дизайн экспериментов был одобрен локальным этическим комитетом Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (№ 4 от 05.02.2019).

**Схема эксперимента.** В зависимости от территориального расположения хозяйств были сформированы следующие группы: 1 группа – Вологодская область, СПК ПКЗ «Вологодский»

(n=25); 2 группа – Ленинградская область, АО ПЗ «Первомайский» (n=25); 3 группа – Оренбургская область, Агрофирма «Промышленная» (n=25). Для исследований отбирались клинически здоровые коровы второго месяца лактации. Живая масса животных в период отбора биосубстратов составляла 610-640 кг, возраст – 4-6 лет. В период исследований все животные находились в одинаковых условиях кормления и содержания. Кормление осуществлялось по принятым в хозяйствах рационам, составленными с учётом периода лактации, молочной продуктивности, живой массы и физиологического состояния (Калашников А.П. и др., 2003). Содержание микроэлементов в рационе соответствовало требованиям Государственного комитета сельского хозяйства СССР и Национального исследовательского совета США (Временный максимально-допустимый уровень., 1989; National Research Council, 2005).

В качестве биосубстратов для изучения элементного статуса использовали образцы шерсти животных. Шерсть была отобрана в соответствии с ранее разработанным методом – не менее 0,4 грамм с верхней части холки животного (Miroshnikov S et al., 2015).

Пробоподготовка осуществлялась методом озоления биосубстратов с использованием микроволновой системы разложения MD-2000.

**Оборудование и технические средства.** Аналитические исследования проводились в аккредитованной Испытательной лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (ИСО 9001:2008 сертификат 54Q10077 т 21.05.2010 г.; г. Москва, Россия). Использовались приборы атомно-эмиссионного («Optima 2000 DV», «Perkin Elmer Corp.», США) и масс-спектрального («Elan 9000», «Perkin Elmer Corp.», США) анализов с индуктивно связанной плазмой, микроволновая система разложения MD-2000 (США).

**Статистическая обработка.** Обработку полученных данных проводили при помощи методов вариационной статистики с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» с применением программы «Excel» («Microsoft», США) и обработкой данных в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). Проверку соответствия полученных данных нормальному закону распределения проводили при помощи критерия согласия Колмогорова. Гипотеза о принадлежности данных нормальному распределению отклонена во всех случаях с вероятностью 95 %, что обосновало применение непараметрических процедур обработки статистических совокупностей (U-критерий Манна-Уитни). Полученные данные представлены в виде медианы (Me) и 25-75-го квартилей (Q<sub>25</sub>-Q<sub>75</sub>). Во всех процедурах статистического анализа рассчитывали достигнутый уровень значимости (P), при этом критическим уровнем значимости принимали P≤0,05.

#### **Результаты исследования.**

Различия содержания элементов в шерсти коров разделённых в зависимости от территориального расположения хозяйства, представлены в таблице 1.

Среди макроэлементов в 1 группе относительно животных из 2 группы наблюдалось увеличение значений Ca на 88 %, Mg – на 67 % и снижение K на 31,5 %, Na – на 35 %. При изучении содержания эссенциальных элементов наблюдалось увеличение значений Co на 94 %, Fe – на 209 %, I – на 120 %, однако фиксировалось снижение концентрации Cu на 12 %. Отмечалось увеличение содержания всех условно-эссенциальных элементов, исключение составил Si, значение которого было ниже на 39 %. При сравнении уровней токсичных элементов, было выявлено увеличение As на 376 %, Cd – на 176 %, Sr – на 140 %, содержание Sn и Pb не претерпели значительных изменений.

Наибольшие отличия в элементном составе шерсти коров произошли при сравнении животных из 1 и 2 групп (Вологодская и Ленинградская области соответственно) относительно животных из 3 группы (Оренбургская область). При сравнении коров 1 группы относительно 3 группы наблюдалось снижение содержания Ca на 29 %, Mg – на 23 % и увеличение K на 104 %, Na – на 123 % и P – на 19 %. Фиксировалось снижение практически всех эссенциальных и условно-эссенциальных элементов, исключение составили I и Se, уровень которых был выше на 215 % и 40 % соответственно. Значения всех токсичных элементов в шерсти коров 1 группы относительно коров из 3 группы были снижены. Аналогичная тенденция наблюдалась при сравнении животных 2 группы относительно 3 группы.

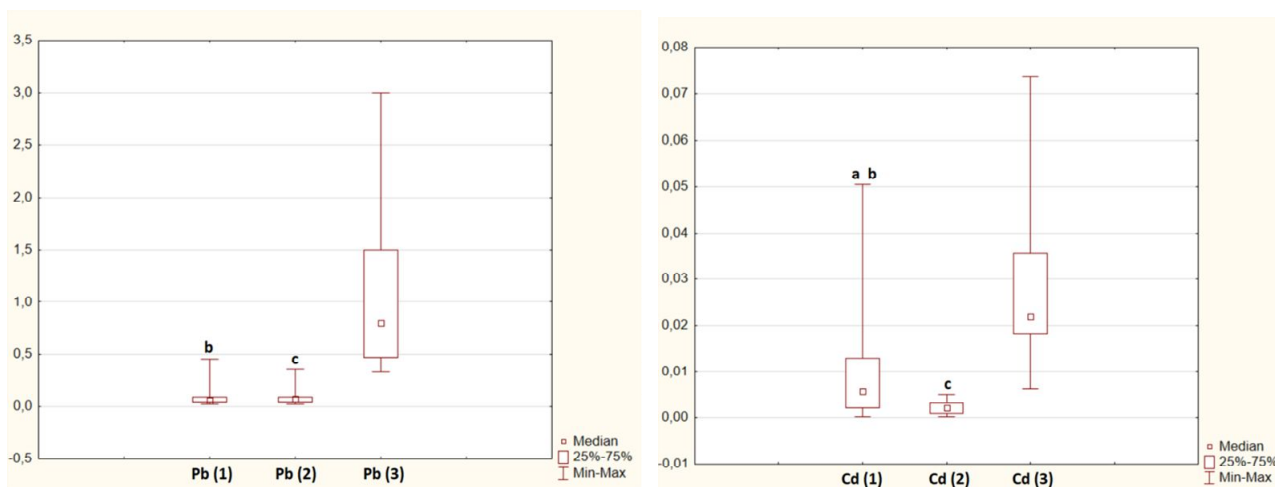
Таблица 1. Содержание микроэлементов в шерсти коров голштинской породы, разделённых в зависимости от территориального расположения хозяйства, мг/кг

Table 1. The content of microelements in hair of Holstein cows, grouped depending on the farm location, mg/kg

Элемент / Element	1 группа (Вологодская область) / group 1 (Vologda region)	2 группа (Ленинградская область) / group 2 (Leningrad region)	3 группа (Оренбургская область) / group 3 (Orenburg region)
<b>Макроэлементы / Macroelement</b>			
Ca	2468 (1301-2949) <sup>a b</sup>	1309 (830-2408) <sup>c</sup>	3493 (1937-4247)
K	4271 (3630-5628) <sup>a b</sup>	6237 (5471-7094) <sup>c</sup>	2092 (1585-2485)
Mg	582 (281-760) <sup>a b</sup>	347 (229-551) <sup>c</sup>	757 (617-953)
Na	1488 (1254-1641) <sup>a b</sup>	2302 (1825-2722) <sup>c</sup>	666 (518-1 012)
P	255 (222-295) <sup>b</sup>	274 (247-300) <sup>c</sup>	214 (191-234)
<b>Эссенциальные элементы / Essential elements</b>			
Co	0,035 (0,024-0,062) <sup>a b</sup>	0,018 (0,011-0,021) <sup>c</sup>	0,312 (0,264-0,414)
Cr	0,168 (0,135-0,234) <sup>b</sup>	0,061 (0,055-0,088) <sup>c</sup>	1,750 (1,280-2,210)
Fe	129 (52,2-203) <sup>a b</sup>	41,7 (30,1-58,6) <sup>c</sup>	695 (535-1 073)
Cu	8,15 (7,61-8,67) <sup>a</sup>	9,28 (8,42-10,26) <sup>c</sup>	8,35 (7,78-9,01)
I	2,05 (1,54-3,47) <sup>a b</sup>	0,93 (0,63-1,09) <sup>c</sup>	0,65 (0,47-0,91)
Mn	3,13 (2,27-4,06) <sup>b</sup>	2,17 (1,94-2,73) <sup>c</sup>	29,62 (25,90-42,72)
Se	0,76 (0,53-0,86) <sup>b</sup>	0,60 (0,48-0,79)	0,54 (0,42-0,66)
Zn	113 (103-141) <sup>b</sup>	119 (108-128) <sup>c</sup>	173 (137-213)
<b>Условно-эссенциальные элементы / Conditionally essential elements</b>			
Li	0,32 (0,29-0,41) <sup>a b</sup>	0,18 (0,12-0,22) <sup>c</sup>	0,58 (0,41-0,76)
B	8,7 (2,64-10,43) <sup>a</sup>	1,93 (1,12-5,99) <sup>c</sup>	5,80 (3,30-7,16)
Ni	0,178 (0,126-0,265) <sup>a b</sup>	0,105 (0,079-0,147) <sup>c</sup>	1,520 (1,210-1,940)
Si	2,3 (1,4-3,8) <sup>a b</sup>	3,8 (2,7-5,8) <sup>c</sup>	7,8 (4,9-11,3)
V	0,034 (0,021-0,045) <sup>a b</sup>	0,018 (0,014-0,024) <sup>c</sup>	1,330 (1,080-1,610)
<b>Токсичные элементы / Toxic elements</b>			
As	0,143 (0,112-0,185) <sup>a b</sup>	0,030 (0,023-0,042) <sup>c</sup>	0,215 (0,176-0,279)
Cd	0,0058 (0,0021-0,0129) <sup>a b</sup>	0,0021 (0,0010-0,0032) <sup>c</sup>	0,0219 (0,0183-0,0357)
Sn	0,0060 (0,0032-0,0235) <sup>b</sup>	0,0069 (0,0047-0,0104) <sup>c</sup>	0,0219 (0,0147-0,0331)
Sr	5,26 (2,80-7,44) <sup>a b</sup>	2,19 (1,38-2,92) <sup>c</sup>	14,85 (8,93-20,96)
Pb	0,053 (0,042-0,090) <sup>b</sup>	0,068 (0,041-0,088) <sup>c</sup>	0,8490 (0,4760-1,340)

Примечание: <sup>a</sup> – P≤0,05 при сравнении 1 группы со 2 группой<sup>b</sup> – P≤0,05 при сравнении 1 группы с 3 группой<sup>c</sup> – P≤0,05 при сравнении 2 группы с 3 группойNote: <sup>a</sup> – P≤0.05 when comparing group 1 with group 2<sup>b</sup> – P≤0.05 when comparing group 1 with group 3<sup>c</sup> – P≤0.05 when comparing group 2 with group 3

Таким образом, можно отметить увеличение значений эссенциальных, условно-эссенциальных и токсичных элементов в 3 группе. Особенно важно отметить увеличение содержания токсичных элементов (рис. 1).



**Рис. 1 – Концентрация Pb и Cd в шерсти коров голштинской породы в зависимости от территориального расположения хозяйства, мг/кг**  
**Figure 1 – Concentration of Pb and Cd in hair of the Holstein cows, depending on farm location, mg/kg**

Примечание: a –  $P \leq 0,05$  при сравнении 1 группы со 2 группой  
 b –  $P \leq 0,05$  при сравнении 1 группы с 3 группой  
 c –  $P \leq 0,05$  при сравнении 2 группы с 3 группой

Note: a –  $P \leq 0.05$  when comparing group 1 with group 2  
 b –  $P \leq 0.05$  when comparing group 1 with group 3  
 c –  $P \leq 0.05$  when comparing group 2 with group 3

#### Обсуждение полученных результатов.

Образцы волос очень популярны в токсикологических, биогеохимических и экологических исследованиях (Pozebon D et al., 2017), что показывает возможность использования с данной целью шерсть крупного рогатого скота. Из результатов исследования видно, что окружающая среда различных регионов России оказывает существенное влияние на уровень элементов шерсти голштинского скота.

Наибольшие отличия в элементном составе шерсти коров произошли при сравнении животных из Вологодской и Ленинградской областей относительно животных Оренбургской области. Выявленные различия содержания элементов в шерсти, скорее всего, связаны с тем, что Вологодская и Ленинградская области входят в состав Северо-Западного федерального округа и территориально удалены от Оренбургской области, входящей в Приволжский федеральный округ.

По данным национального экологического рейтинга за первую половину 2021 года, Оренбургская область занимает 71 место среди 85 субъектов РФ, Ленинградская область – 60, Вологодская область – 19. Таким образом, Вологодская и Ленинградская области в целом считаются относительно благоприятными регионами на фоне Оренбургской области (Афтанас Л.И. и др., 2012), что и подтверждает наше исследование.

Шерсть животных из Оренбургской области характеризовалась более высокими значениями эссенциальных и условно-эссенциальных элементов. Это связано с тем, что в пределах Южно-уральского субрегиона, к которому относится Оренбургская область, выделены медно-цинковые и никель-кобальтово-медные биогеохимические провинции (Скальный А.В. и др., 2016). Важно отметить тот факт, что исключение составили Se и I, содержание которых было значительно ниже в образцах шерсти коров Оренбургской области. Данное обстоятельство также обусловлено биогеохимическими особенностями территории, так как они являются дефицитными по селену и йоду

(Скальный А.В. и др., 2014). Важным признаком элементного статуса животных Оренбургской области, относительно Вологодской и Ленинградской областей является более высокое содержание в шерсти животных токсичных элементов. Термин «токсичные элементы» широко признан и обычно применяется к таким элементам, как кадмий, свинец, мышьяк и т. д., которые в большинстве случаев связаны с вопросами загрязнения окружающей среды (Malhat F et al., 2012). Оренбургская область является регионом с высоким уровнем антропогенной нагрузки (Скальный А.В. и др., 2016). По данным экологического мониторинга за 2020 год, объём выбросов составил около 900 тыс. тонн. В Оренбургской области добывается большое количество полезных ископаемых, включая газ, нефть, бурый уголь, железные руды и т. д. В связи с этим на территории области находится большое количество производственных предприятий, заводов и фабрик. Например, крупнейшими промышленными предприятиями являются: Оренбургский газоперерабатывающий завод, Гайский горно-обогатительный комбинат, Медногорский медно-серный комбинат и другие.

Несмотря на близкое расположение Вологодской и Ленинградской областей, у обследуемых коров также были обнаружены существенные отличия в элементном составе шерсти. Наблюдались более высокие значения Ca, Mg, Co, Fe, I, а также практически всех условно-эссенциальных и токсических элементов у животных из Вологодской области относительно животных Ленинградской области.

#### **Выводы.**

Таким образом, проведённое изучение минерального состава шерсти коров показало, что особенности биогеохимической провинции являются одним из определяющих факторов элементного гомеостаза, что наглядно демонстрирует необходимость установления региональных норм для оценки минерального обмена у крупнорогатого скота.

**Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2023 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0526-2019-0001)**

#### Литература

1. Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках: утв. ГУВ Госагропрома СССР 07.08.1987 г. № 123-4/281-87. М.: Агропромиздат, 1989. С. 1-2. [Vremennyi maksimal'no-dopustimiyi uroven' nekotorykh khimicheskikh elementov i gossipola v kormakh dlya sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh: utv. GUV Gosagroproma SSSR 07.08.1987 g. № 123-4/281-87. Moscow: Agropromizdat; 1989:1-2. (In Russ)].
2. Горбачев А.Л. Элементный статус населения в связи с химическим составом питьевой воды // Микроэлементы в медицине. 2006. Т. 7. № 2. С.11-24. [Gorbachev AL. Elemental status of population in connection with chemistry of drinking water. Trace Elements in Medicine. 2006;7(2):11-24. (In Russ)].
3. Изучение взаимосвязи биоаккумуляции цинка в продуктах питания и организме человека на территории Оренбургской области / А.В. Скальный, Е.В. Сальникова, О.В. Кван, А.Н. Сизенцов, И.А. Сальников // Вестник Оренбургского государственного университета. 2016. № 10(198). С. 79-81. [Skalny AV, Salnikova EV, Kvan OV, Sizentsov AN, Salnikov IA. Examine the relationship of zinc bioaccumulation in food and human organism in the Orenburg region. Vestnik Orenburg State University. 2016;10(198):79-81. (In Russ)].
4. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справ. пособие / А.П. Калашников и др. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 2003. 456 с. [Kalashnikov AP, et al. Normy i raciony kormleniya sel'skokozyaistvennykh zhivotnykh: sprav. posobie. 3-izd., pererab. i dop. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p. (In Russ)].
5. Региональные особенности элементного гомеостаза как показатель эколого-физиологической адаптации / А.В. Скальный, С.А. Мирошников, С.В. Нотова, И.П. Болодурина,

С.В. Мирошников, И.Э. Алиджанова // Экология человека. 2014. № 9. С. 14-17. [Skalny AV, Mirosnikov SA, Notova SV, Mirosnikov SV, Bolodurina IP, Alidzhanova IE. Regional features of the elemental homeostasis as an indicator of ecological and physiological adaptation. *Ekologiya cheloveka* (Human Ecology). 2014;9:14-17. (In Russ)].

6. Элементный статус населения России: монография / Л.И. Афтанас и др. СПб: Медкнига "ЭЛСБИ-СПб", 2012. 448 с. [Aftanas LI et al. Elementnyj status naseleniya Rossii: monografiya. Sankt-Peterburg: Medkniga "ELSBI-SPb"; 2012:448 p. (In Russ)].

7. Gonzalez-Weller D, Karlsson L, Caballero A, Hernández F, Gutierrez A, Gonzalez-Iglesias T, Marino M, Hardisson A. Lead and cadmium in meat and meat products consumed by the population in Tenerife Island, Spain. *Food Addit Contam.* 2006;23(8):757-763. doi: <https://doi.org/10.1080/02652030600758142>

8. Kasozi KI, Natabo PC, Namubiru S, Tayebwa DS, Tamale A, Bamaayi PH. Food safety analysis of milk and beef in Southwestern Uganda. *J Environ Public Health.* 2018;2018:1627180. doi: <https://doi.org/10.1155/2018/1627180>

9. Lopez-Alonso M, Montaña FP, Miranda M, Castillo C, Hernandez J, Benedito JL. Cadmium and lead accumulation in cattle in NW Spain. *Vet Hum Toxicol.* 2003;45(3):128-130.

10. Malhat F, Hagag M, Saber A, Fayz AE. Contamination of cows milk by heavy metal in Egypt. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2012;88(4):611-613. doi: <https://doi.org/10.1007/s00128-012-0550-x>

11. Miranda M, López-Alonso M, Castillo C, Hernández J, Benedito JL. Effects of moderate pollution on toxic and trace metal levels in calves from a polluted area of northern Spain. *Environ Int.* 2005;31(4):543-548. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.09.025>

12. Mirosnikov S, Kharlamov A, Zavyalov O, Frolov A, Bolodurina I, Arapova O, Duskaev G. Method of sampling beef cattle hair for assessment of elemental profile. *Pakistan Journal of Nutrition.* 2015;14(9):632-636. doi: <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.632.636>

13. Mirosnikov S, Zavyalov O, Frolov A, Sleptsov I, Sirazetdinov F, Poberukhin M. The content of toxic elements in hair of dairy cows as an indicator of productivity and elemental status of animals. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2019;26(18):18554-18564. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05163-5>

14. National Research council. Mineral tolerance of animals. Washington, DC: The National Academies Press; 2005:510 p. doi: <https://doi.org/10.17226/11309>.

15. Orisakwe OE, Oladipo OO, Ajaezi GC, Udowelle NA. Horizontal and vertical distribution of heavy metals in farm produce and livestock around lead-contaminated goldmine in Dareta and Abare, Zamfara State, Northern Nigeria. *J Environ Public Health.* 2017;2017:3506949. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/3506949>

16. Pereira V, Carbajales P, López-Alonso M, Miranda M. Trace element concentrations in beef cattle related to the breed aptitude. *Biol Trace Elem Res.* 2018;186(5):135-142. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1276-3>

17. Pozebon D, Scheffler GL, Dressler VL. Elemental hair analysis: A review of procedures and applications. *Analytica Chimica Acta.* 2017;992(1):1-23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2017.09.017>

18. Suttle NF. Copper imbalances in ruminants and humans: unexpected common ground. *Adv Nutr.* 2012;3(5):666-674. doi: <https://doi.org/10.3945/an.112.002220>

19. Suttle NF. Mineral nutrition of livestock. 4th edn. CAB International: Oxfordshire, UK; 2010:579 p. doi: [10.1079/9781845934729.0000](https://doi.org/10.1079/9781845934729.0000)

20. Vromman V, Saegerman C, Pussemier L, Huyghebaert A, De Temmerman L, Pizzolon JC, Waegeneers N. Cadmium in the food chain near non-ferrous metal production sites. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess.* 2008;25(3):293-301. doi: <https://doi.org/10.1080/02652030701509980>

#### References

1. Maximum Permissible Level of content of some chemical elements and gossypol in feed for farm animals and feed additives: approved. GUV Gosagroprom of the USSR 08/07/1987, No. 123-4/281-87. M.: Agropromizdat; 1989:1-2.

2. Gorbachev AL. Elemental status of population in connection with chemistry of drinking water. *Trace Elements in Medicine.* 2006;7(2):11-24.

3. Skalny AV, Salnikova EV, Kvan OV, Sizentsov AN, Salnikov IA. Examine the relationship of zinc bioaccumulation in food and human organism in the Orenburg region. *Vestnik Orenburg State University*. 2016;10(198):79-81.
4. Kalashnikov AP, et al. Standards and diets of farm animals: Ref. book. 3rd ed., rework. and add. Moscow: Agropromizdat; 2003:456 p.
5. Skalny AV, Miroshnikov SA, Notova SV, Miroshnikov SV, Bolodurina IP, Alidzhanova IE. Regional features of the elemental homeostasis as an indicator of ecological and physiological adaptation. *Ekologiya cheloveka (Human Ecology)*. 2014;9:14-17.
6. Aftanas LI et al. Elemental status of the population of Russia: monograph. Sankt-Peterburg: Medical book "ELSBi-SPb", 2012:448 p.
7. Gonzalez-Weller D, Karlsson L, Caballero A, Hernández F, Gutierrez A, Gonzalez-Iglesias T, Marino M, Hardisson A. Lead and cadmium in meat and meat products consumed by the population in Tenerife Island, Spain. *Food Addit Contam*. 2006;23(8):757-763. doi: <https://doi.org/10.1080/02652030600758142>
8. Kasozi KI, Natabo PC, Namubiru S, Tayebwa DS, Tamale A, Bamaiyi PH. Food safety analysis of milk and beef in Southwestern Uganda. *J Environ Public Health*. 2018;2018:1627180. doi: <https://doi.org/10.1155/2018/1627180>
9. Lopez-Alonso M, Montaña FP, Miranda M, Castillo C, Hernandez J, Benedito JL. Cadmium and lead accumulation in cattle in NW Spain. *Vet Hum Toxicol*. 2003;45(3):128-130.
10. Malhat F, Hagag M, Saber A, Fayz AE. Contamination of cows milk by heavy metal in Egypt. *Bull Environ Contam Toxicol*. 2012;88(4):611-613. doi: <https://doi.org/10.1007/s00128-012-0550-x>
11. Miranda M, López-Alonso M, Castillo C, Hernández J, Benedito JL. Effects of moderate pollution on toxic and trace metal levels in calves from a polluted area of northern Spain. *Environ Int*. 2005;31(4):543-548. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2004.09.025>
12. Miroshnikov S, Kharlamov A, Zavyalov O, Frolov A, Bolodurina I, Arapova O, Duskaev G. Method of sampling beef cattle hair for assessment of elemental profile. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2015;14(9):632-636. doi: <https://doi.org/10.3923/pjn.2015.632.636>
13. Miroshnikov S, Zavyalov O, Frolov A, Sleptsov I, Sirazetdinov F, Poberukhin M. The content of toxic elements in hair of dairy cows as an indicator of productivity and elemental status of animals. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2019;26(18):18554-18564. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05163-5>
14. National Research council. Mineral tolerance of animals. Washington, DC: The National Academies Press; 2005:510 p. doi: <https://doi.org/10.17226/11309>.
15. Orisakwe OE, Oladipo OO, Ajaezi GC, Udowelle NA. Horizontal and vertical distribution of heavy metals in farm produce and livestock around lead-contaminated goldmine in Dareta and Abare, Zamfara State, Northern Nigeria. *J Environ Public Health*. 2017;2017:3506949. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/3506949>
16. Pereira V, Carbajales P, López-Alonso M, Miranda M. Trace element concentrations in beef cattle related to the breed aptitude. *Biol Trace Elem Res*. 2018;186(5):135-142. doi: <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1276-3>
17. Pozebon D, Scheffler GL, Dressler VL. Elemental hair analysis: A review of procedures and applications. *Analytica Chimica Acta*. 2017;992(1):1-23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2017.09.017>
18. Suttle NF. Copper imbalances in ruminants and humans: unexpected common ground. *Adv Nutr*. 2012;3(5):666-674. doi: <https://doi.org/10.3945/an.112.002220>
19. Suttle NF. Mineral nutrition of livestock. 4th edn. CAB International: Oxfordshire, UK; 2010:579 p. doi: [10.1079/9781845934729.0000](https://doi.org/10.1079/9781845934729.0000)
20. Vromman V, Saegerman C, Pussemier L, Huyghebaert A, De Temmerman L, Pizzolon JC, Waegeners N. Cadmium in the food chain near non-ferrous metal production sites. *Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*. 2008;25(3):293-301. doi: <https://doi.org/10.1080/02652030701509980>

**Нотова Светлана Викторовна**, доктор медицинских наук, профессор, и.о. заведующего лаборатории молекулярно-генетических исследований и металломики в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, д. 29, e-mail: [snotova@mail.ru](mailto:snotova@mail.ru)



**Маршинская Ольга Владимировна**, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований и металломики в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук; 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, e-mail: m.olja2013@yandex.ru

**Казакова Татьяна Витальевна**, младший научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований и металломики в животноводстве, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук; 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29, e-mail: vaisvais13@mail.ru

Поступила в редакцию 23 августа 2021 г.; принята после решения редколлегии 13 сентября 2021 г.; опубликована 30 сентября 2021 г. / Received: 23 August 2021; Accepted: 13 September 2021; Published: 30 September 2021