

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛЕГКИХ ГЕРЕФОРДСКОГО СКОТА

✉ Нарожных К.Н.

Новосибирский государственный аграрный университет

Новосибирск, Россия

✉ e-mail: nkn.88@mail.ru

Изучена проблема загрязнения пищи тяжелыми металлами из-за накопления их в биосистемах вследствие антропогенных воздействий. Представлены результаты исследования содержания кадмия, свинца, железа и марганца у крупного рогатого скота из Новосибирской области и Алтайского края. Цель исследования – оценить влияние эколого-географического фактора на содержание тяжелых металлов в легких бычков герефордской породы. Пробы легких взяты от 31 клинически здорового бычка герефордской породы в возрасте 16–18 мес. Пробоподготовка осуществлена в соответствии с ГОСТами 26929–94 и 30178–96. Определение химического состава проб проведено методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной и электротермической атомизацией. Медианные значения по содержанию кадмия, свинца, железа и марганца в легких бычков находились в диапазоне 0,01–0,12; 0,07–0,11; 70,9–89,1 и 0,3–0,4 мг/кг соответственно. Фенотипическая изменчивость уровня железа и марганца отмечена относительно низкой, свинца и кадмия – высокой. Дисперсии уровней свинца и кадмия в изученных группах животных зарегистрированы однородными, марганца и железа варианты были разнородными. Влияние эколого-географического фактора характерно только для уровня кадмия. Для марганца, железа, свинца и кадмия рассчитаны референтные интервалы: 0–1,12; 0–148,1 и 0–0,170 мг/кг соответственно. Они могут служить ориентировочной нормой для скота герефордской породы, разводимого на территориях Красноярского, Новосибирского, Маслянинского районов Новосибирской области и Целинного района Алтайского края.

Ключевые слова: герефордская порода, легкие, тяжелые металлы, кадмий, свинец, экология

INFLUENCE OF ENVIRONMENTAL AND GEOGRAPHICAL FACTOR ON THE HEAVY METAL CONTENT IN THE LUNGS OF HEREFORD CATTLE

✉ Narozhnykh K.N.

Novosibirsk State Agrarian University

Novosibirsk, Russia

✉ e-mail: nkn.88@mail.ru

The problem of food contamination by heavy metals due to their accumulation in biosystems as a result of anthropogenic influences has been studied. The results of cadmium, lead, iron and manganese in cattle from the Novosibirsk Region and the Altai Territory are presented. The purpose of the study was to assess the impact of the ecological and geographical factor on the heavy metal content in the lungs of Hereford bulls. Lung samples were taken from 31 clinically healthy Hereford bulls aged 16-18 months. Sample preparation was carried out in accordance with GOST 26929-94 and 30178-96. The chemical composition of the samples was determined by atomic absorption spectrometry with flame and electrothermal atomization. The median values of the content of cadmium, lead, iron and manganese in the lungs of bull-calf were in the range of 0,01-0,12; 0,07-0,11; 70,9-89,1 and 0,3-0,4 mg/kg. The phenotypic variability of the level of iron and manganese was relatively low, while that of lead and cadmium was high. The dispersions of lead and cadmium levels in the animal groups studied were homogeneous, manganese and iron variants were heterogeneous. The influence of the ecological and geographical factor is characteristic only for cadmium levels. For manganese, iron, lead and cadmium the calculated reference ranges

are: 0-1.12; 0-148.1 and 0-0.170 mg/kg respectively. They can serve as a guideline for Hereford cattle bred in the territories of Krasnozersky, Novosibirsky and Maslyaninsky districts of the Novosibirsk region and the Tselinny district of the Altai Territory.

Keywords: Hereford breed, lungs, heavy metals, cadmium, lead, ecology

Для цитирования: Нарожных К.Н. Влияние эколого-географического фактора на содержание тяжелых металлов в легких герефордского скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 5. С. 83–90. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-10>

For citation: Narozhnykh K.N. Influence of environmental and geographical factor on the heavy metal content in the lungs of Hereford cattle. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 5, pp. 83–90. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-5-10>

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Продукция животноводства – важная составляющая рациона человека. Помимо высокого содержания белка и низкого – углеводов, продукты мясной промышленности богаты биодоступными незаменимыми микроэлементами, аминокислотами и витаминами [1, 2]. В отличие от других продуктов мясо и субпродукты могут накапливать большое количество токсичных элементов [3–5]. Концентрация тяжелых металлов в мясе и субпродуктах зависит от системы животноводства [6]. При выращивании в технологии интенсификации скотоводства микроэлементы поступают в организм животных в основном в виде премиксов, которые добавляют в концентрированный корм. Кроме того, потребление минералов скотом зависит от местных условий окружающей среды [7–9]. Почва представляет собой важный источник микроэлементов, которые переходят в растения и по пищевой цепи попадают в организм животных и человека [10, 11]. При выращивании на крупных комплексах скота необходим контроль за концентрацией токсичных и основных микроэлементов в органах животных [4, 12, 13]. Это необходимо для того, чтобы в продуктах питания тяжелые металлы не превышали максимальные показатели, установленные для потребления человеком. Результаты исследований применяют для обеспечения сбалансированного питания животных с целью повышения продуктивности и увеличения хозяйственно полезного использования [14]. Данные

о содержании тяжелых металлов в органах и тканях животных дают важную информацию о загрязнении окружающей среды (естественного или антропогенного происхождения) и могут использоваться для минимизации воздействия животноводства на окружающую среду [15, 16].

Цель исследования – оценить влияние эколого-географического фактора на содержание тяжелых металлов, определить референтные интервалы в легких бычков герефордской породы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Пробы легких отобраны от 31 бычка герефордской породы в возрасте 16–18 мес, выращенных на территории Новосибирской области и Алтайского края. Животные разведены в четырех районах: Краснозерском ($n = 4$), Новосибирском ($n = 6$), Маслянинском ($n = 17$) и Целинном ($n = 4$). В анамнезе животных отсутствуют данные о перенесенных заболеваниях, на момент убоя они были клинически здоровы. Отбор проб осуществлен после забоя скота с последующей заморозкой и хранением при температуре $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ до момента анализа.

Определение химического состава тканей легких проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии с пламенной (Mn, Fe) и электротермической (Cd, Pb) атомизацией на спектрометре Shimadzu AA-7000 на базе биохимической лаборатории Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животно-

водства Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук. Пробоподготовку осуществляли в соответствии с ГОСТами 26929-94 и 30178-96.

В связи с небольшим объемом выборки в группах рассчитаны робастные показатели описательной статистики: медиана (Me), первая и третья квартили (Q_1 , Q_3), межквартильный размах (IQR), минимальное и максимальное значение признака (Min, Max). Гомогенность дисперсий оценивали с помощью критерия Флигнера-Килина. Для выявления различий между районами по концентрации тяжелых металлов в легких быков применяли тест Краскела-Уоллисла [17]. Апостериорный анализ выполняли с применением теста Данна [18] с поправкой Холма [19]. Референтные интервалы рассчитывали на основе руководства по обеспечению качества и лабораторных стандартов Американского общества ветеринарной клинической патологии [20] с учетом протоколов экспертов Института клинических и лабораторных стандартов (CLSI)¹. Статистическую обработку исходных данных проводили с использованием языка статистического про-

граммирования R и среды анализа данных RStudio, версии 1.2.5033.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Показатели описательной статистики по содержанию тяжелых металлов в легких герефордского скота с учетом района разведения представлены в табл. 1. Отмечена значительная вариабельность уровня железа и марганца у скота в Маслянинском районе. Межгрупповая фенотипическая изменчивость уровня кадмия зафиксирована относительно низкой, у свинца – высокой. Концентрация кадмия и свинца в легочной ткани животных в целом была сопоставимой.

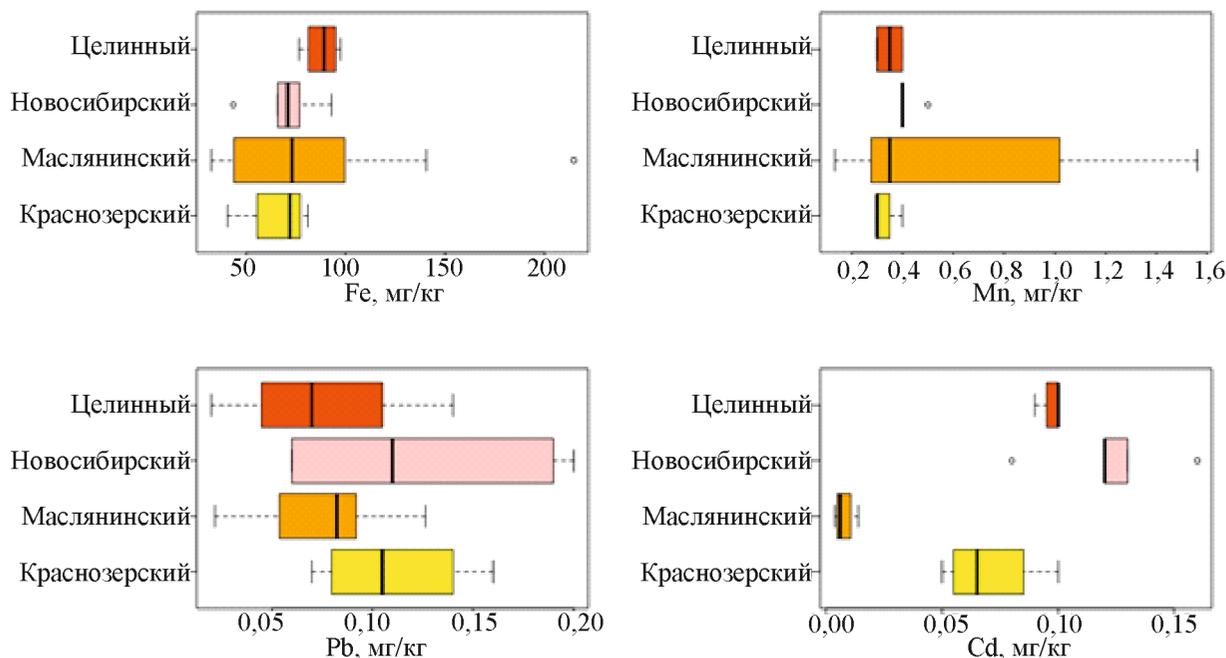
Концентрация тяжелых металлов зарегистрирована достаточно равномерной в изученных районах (см. рисунок). Только уровень кадмия обладал достаточно высокой межгрупповой изменчивостью. Так, уровень кадмия в Маслянинском районе был более чем в 10 раз ниже относительно других районов. Концентрация тяжелых металлов в легких крупного рогатого скота в настоящее время недостаточно изучена. Возможно, это связано с тем, что уровни многих микроэлементов не нормируются

Табл. 1. Содержание ТМ в легких быков герефордской породы, мг/кг

Table 1. The content of heavy metals in the lungs of Hereford bulls, mg/kg

Показатель	Район	Me	Min	Max	Q_1	Q_3	IQR
Fe	Краснозерский	71,9	40,6	81	53	77,9	24,9
Fe	Маслянинский	73	32,4	214,7	42,2	104	61,8
Fe	Новосибирский	70,9	43,6	93,1	64	78,3	14,4
Fe	Целинный	89,1	76,7	97,4	80,5	95,3	14,7
Mn	Краснозерский	0,3	0,3	0,4	0,3	0,36	0,06
Mn	Маслянинский	0,35	0,13	1,56	0,27	1,03	0,76
Mn	Новосибирский	0,4	0,4	0,5	0,4	0,41	0,01
Mn	Целинный	0,35	0,3	0,4	0,3	0,4	0,1
Pb	Краснозерский	0,11	0,07	0,16	0,08	0,14	0,07
Pb	Маслянинский	0,08	0,02	0,13	0,05	0,09	0,04
Pb	Новосибирский	0,11	0,06	0,2	0,06	0,19	0,13
Pb	Целинный	0,07	0,02	0,14	0,04	0,11	0,07
Cd	Краснозерский	0,07	0,05	0,1	0,05	0,09	0,03
Cd	Маслянинский	0,01	0,004	0,014	0,005	0,01	0,005
Cd	Новосибирский	0,12	0,08	0,16	0,11	0,14	0,03
Cd	Целинный	0,1	0,09	0,1	0,09	0,1	0,01

¹Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory – 3th ed. CLSI Document C28-A3c. Approved guideline – Wayne, Pa, USA: CLSI, 2010. 59 p.



Содержание тяжелых металлов в легких герефордского скота по районам разведения
The content of heavy metals in the lungs of Hereford cattle by breeding area

в легких. Кроме того, легкие не являются широко употребляемым в пищу органом. Тем не менее, существуют работы, где изучалась аккумуляция тяжелых металлов в легких животных.

Показатели свинца в аналогичных исследованиях [21–23] были в 2–8 раз выше, чем в нашей работе. Минимальный уровень свинца (0,004 мг/кг) установлен в пробах легких телят, выращенных на фермах в Италии. Такая значительная разница между нашими и приведенными исследованиями может быть объяснима только ранним возрастом животных, от которых были взяты образцы [24]. По-видимому, свинец с возрастом значительно аккумулируется, и разница между молодыми и зрелыми животными может быть существенной. Уровень кадмия в нашей работе сопоставим с данными ранее изученных проб легких крупного рогатого скота [22]. В работе А.А. Farmer и А.М. Farmer [23] показано, что концентрация этого элемента в легких скота может варьировать в широком диапазоне от 0,02 до 0,33 мг/кг в зависимости от района разведения. В нашей работе кадмий

также показал наибольшую межгрупповую изменчивость в зависимости от места разведения. Для выявления влияния эколого-географического фактора необходимо было провести однофакторный дисперсионный анализ. Исходные данные проверены на выполнение условий анализа. В результате теста Флигнера-Килина можно отклонить нулевую гипотезу о гомоскедастичности дисперсий для концентрации марганца и железа (см. табл. 2). Межгрупповые дисперсии поллютантов кадмия и свинца были однородны. Оценка распределения признаков

Табл. 2. Оценка гомоскедастичности дисперсий тяжелых металлов в легких скота методом Флигнера-Килина

Table 2. Evaluation of the homoscedasticity of dispersions of heavy metals in cattle lungs by the Fligner-Kilin method

ТМ	χ^2	df	p
Кадмий	6,9092	3	0,07485
Свинец	4,1719	3	0,2435
Железо	9,0672	3	0,02841
Марганец	12,429	3	0,00605

на соответствие гауссовскому невозможна в силу малочисленности некоторых групп. Поэтому принято решение использовать тест Краскела-Уоллиса. В результате только в уровне кадмия в легких бычков установлено значимое влияние изучаемого фактора, во всех остальных случаях различия носили случайный характер (см. табл. 3).

Апостериорный анализ показал, что животные, выращенные в Маслянинском районе, существенно отличались по уровню кадмия в легких от скота из других районов Новосибирской области и Алтайского края (см. табл. 4). Возможно, данные

Табл. 3. Влияние фактора районирования на уровень тяжелых металлов в легких животных герефордской породы

Table 3. The influence of the zoning factor on the level of heavy metals in the lungs of Hereford breed animals

Переменные	<i>N</i>	<i>df</i>	<i>p</i>
Кадмий-Район	21,513	3	0,0001
Свинец-Район	4,6744	3	0,1972
Железо-Район	2,2547	3	0,5213
Марганец-Район	3,3696	3	0,3381

Табл. 4. Межгрупповое сравнение районов по содержанию кадмия в легких герефордского скота

Table 4. Intergroup comparison of areas by the content of cadmium in the lungs of Hereford cattle

Район	Показатель	Краснозерский	Маслянинский	Новосибирский
Маслянинский	<i>Z</i>	2,379008	–	–
	<i>p</i>	0,0347		
Новосибирский	<i>Z</i>	–1,042339	–3,973060	–
	<i>p</i>	0,4459	0,0002	
Целинный	<i>Z</i>	–0,474417	–2,689774	0,461292
	<i>p</i>	0,6352	0,0179	0,3223

Примечание. *Z* – критерий; *p* – уровень значимости с учетом поправки Холма.

различия обусловлены значительной изменчивостью кадмия, которая характерна для однородных популяций крупного рогатого скота² и ограниченными выборками из районов. Необходимо продолжать мониторинг уровень кадмия у скота и выявить отдельные факторы, которые оказывают влияние на его изменчивость.

В результате эксперимента установлено, что концентрация свинца, железа и марганца однородна в популяциях скота в изученных районах. Следовательно, можно объединить животных в одну группу и рассчитать референтные интервалы. Данные по референтным интервалам концентрации тяжелых металлов в легких герефордского скота представлены в табл. 5.

Референтные значения по уровню свинца были меньше в 3 раза по нижнему интервалу, чем предложенные R. Puls [25]. Подобные отличия могут указывать на высокую изменчивость свинца в различных популяциях скота, кроме того, в исследовании R. Puls [25] не уточняются место разведения, порода, возраст и пол скота. Эти факторы следует учитывать при разработке региональных стандартов по содержанию тяжелых металлов в органах и тканях животных.

Табл. 5. Референтные интервалы с 90%-ми доверительными интервалами (ДИ) для содержания тяжелых металлов в легких герефордского скота, мг/кг

Table 5. Reference intervals with 90% confidence intervals (CI) for the content of heavy metals in the lungs of Hereford cattle, mg/kg

Показатель	Референтный интервал	Нижний предел 90% ДИ	Верхний предел 90% ДИ
Mn	0–1,12	0–0	0,879–1,421
Fe	0–148,1	0–18,59	124,0–190,8
Pb	0–0,170	0–0,009	0,145–0,204

²Petukhov V.L., Syso A.I., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Sebezshko O.I., Kamaldinov E.V., Osadchuk L.V., Soloshenko V.A., Myadelets M.A., Titova T.V., Tsygankova A.R., Saprykin A.I. Cadmium level in soil, coarse fodder, organs and tissue of cattle West Siberia // 18th International Conference on Heavy Metals in the Environment: Proceeding of Abstract, 12-15 September 2016. Ghent, Belgium, 2016. S10-P07.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования установлено существенное влияние эколого-географического фактора на содержание кадмия в легких бычков герефордской породы. В Маслянинском районе уровень кадмия у герефордского скота в 7–12 раз ниже, чем в Новосибирском, Краснозерском и Целинном районах. Не выявлено различий между показателями содержания железа, марганца и свинца в легких животных изученных районов. Фенотипическая изменчивость уровня кадмия в легких значительно выше, чем у других тяжелых металлов. Полученные референтные значения содержания железа, марганца и свинца в легких могут служить условной нормой для герефордского скота, разводимого на территориях Краснозерского, Новосибирского, Маслянинского районов Новосибирской области и Целинного района Алтайского края.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Domaradzki P., Florek M., Staszowska A., Litwińczuk Z. Evaluation of the Mineral Concentration in Beef from Polish Native Cattle // *Biological trace element research*. 2016. Vol. 171, P. 328–332. DOI: 10.1007/s12011-015-0549-3.
2. Pilarczyk R. Concentrations of toxic and nutritional essential elements in meat from different beef breeds reared under intensive production systems // *Biological trace element research*. 2014. Vol. 158. N 1. P. 36–44.
3. Akawu B., Junaidu A.U., Salihu M.D., Agaie B.M. Determination of some heavy metals residues in slaughtered cattle at Sokoto and Gusau modern abattoirs, Nigeria // *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*. 2020. Vol. 12. N 2. P. 48–54.
4. Ryavkina K.S., Konovalova T.V., Moruzi I.V., Korotkevich O.S., Sebezshko O.I., Tarasenko E.I., Narozhnykh K.N. Deposition of iron and manganese in the muscle tissue of pikeperch in the Ob reservoir // *Trace Elements and Electrolytes*. 2021. Vol. 38. N 3. P. 154.
5. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Shishin N.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Zheltikov A.I., Marenkov V.G., Nezavitin A.G., Osadchuk L.V., Chysyma R.B., Kuzmina E.E. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017. Vol. 9. N 9. P. 1530–1535.

6. Pereira V., Miranda M., Sierra J., Benedito J.L., Lopez-Alonso M. Toxic and essential trace element concentrations in different tissues of extensively reared sheep in northern Spain // *Journal of Food Composition and Analysis*. 2021. Vol. 96. P. 103709.
7. Sharaf S., Khan M.U.R., Aslam A., Rabbani M. Comparative study of heavy metals residues and histopathological alterations in large ruminants from selected areas around industrial waste drain // *Pakistan Veterinary Journal*. 2019. Vol. 40. N 1. P. 55–60. DOI: 10.29261/pakvetj/2019.111.
8. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Kamaldinov E.V., Syso A.I., Marmuleva N.I., Narozhnykh K.N., Barinov E.Y., Osadchuk L.V., Sokolov V.A. Comparative assessment of radioactive strontium and cesium contents in the feedstuffs and dairy products of Western Siberia // *Indian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 44. N 3. P. 662–666.
9. Narozhnykh K.N., Sebezshko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Tarasenko E.I. Manganese content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia // *Trace Elements and Electrolytes*. 2021. Vol. 38. N 3. P. 149.
10. Ali A.I.M., Sandi S., Riswandi R. Heavy metals accumulation in forages and buffalo hair on flooded pasture in South Sumatra, Indonesia // *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2021. P. 1–6. DOI: 10.1007/s13762-021-03424-w.
11. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev J.I., Shishin N.I., Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Marenkov V.G., Osintseva L.A., Reimer V.A., Nezavitin A.G., Demetiev V.N., Osadchuk L.V., Syso A.I. Lead content in soil, water, forage, grains, organs and the muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia) // *Indian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 45. N 4. P. 866–871.
12. Rodriguez-Marin N., Hardisson A., Gutierrez A.J., Luis-Gonzalez G., González-Weller D., Rubio C., Paz S. Toxic (Al, Cd, and Pb) and trace metal (B, Ba, Cu, Fe, Mn, Sr, and Zn) levels in tissues of slaughtered steers: risk assessment for the consumers // *Environmental science and pollution research*. 2019. Vol. 26. N 28. P. 28787–28795.
13. Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Sebezshko O.I., Korotkevich O.S., Shishin N.I., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L. Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions

of the Altai Region // *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. 2017. Vol. 31. N 1. P. 35–42.

14. Sharaf S., Aslam A., Rabbani M., Sharf A., Ijaz M., Anjum A., Hussain N. Toxicopathological effects of heavy metals from industrial drainage wastewater on vital organs of small ruminants in Lahore // *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 28. N 3. P. 3533–3543.
15. Marshinskaia O.V., Kazakova T.V., Notova S.V. Elemental status of farm animals from different regions with different environmental loads // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 624. N 1. P. 012199.
16. 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 // *Environmental Science and Pollution Research*. 2019. Vol. 26. N 18. P. 18554–18564.
17. Kruskal W.H., Wallis A. Use of ranks in one-criterion variance analysis // *Journal of the American Statistical Association*. 1952. Vol. 47. P. 583–621.
18. Dunn O.J. Multiple comparisons using rank sums // *Technometrics*. 1964. Vol. 6. P. 241–252.
19. Holm S. A simple sequentially rejective multiple test procedure // *Scandinavian Journal of Statistics*. 1979. Vol. 6. P. 65–70.
20. Friedrichs K.R., Harr K.E., Freeman K.P., Szladovits B., Walton R.M., Barnhart K.F., Blanco-Chavez J. ASVCP reference interval guidelines: determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics // *Veterinary clinical pathology*. 2012. Vol. 41. N 4. P. 441–453.
21. Omede S.N., Ichado A.S. Assessment of Heavy Metals in the Lungs, Hearts and Muscles of Cow from Abattoirs in Anyigba, Ejule and Ankpa // *International Journal for Advance Research and Development*. 2018. Vol. 3. N 2. P. 233–238.
22. Jukna C., Jukna V., Siugzdaite J. Determination of heavy metals in viscera and muscles of cattle. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*. 2006. Vol. 9. N 1. P. 35–41.
23. Farmer A.A., Farmer A.M. Concentrations of cadmium, lead and zinc in livestock feed and organs around a metal production centre in eastern Kazakhstan // *Science of the Total Environment*. 2000. Vol. 257. N 1. P. 53–60.
24. Forte G., Bocca B. Quantification of cadmium and lead in offal by SF-ICP-MS: Method development and uncertainty estimate // *Food chemistry*. 2007. Vol. 105. N 4. P. 1591–1598.
25. Puls R. Mineral Levels in Animal Health. Diagnostic data. Columbia: Sherpa International, 1988. 168 p.

REFERENCES

1. Domaradzki P., Florek M., Staszowska A., Litwińczuk Z. Evaluation of the Mineral Concentration in Beef from Polish Native Cattle. *Biological trace element research*, 2016, vol. 171, pp. 328–332. DOI: 10.1007/s12011-015-0549-3.
2. Pilarczyk R. Concentrations of toxic and nutritional essential elements in meat from different beef breeds reared under intensive production systems. *Biological trace element research*, 2014, vol. 158, no. 1, pp. 36–44.
3. Akawu B., Junaidu A.U., Salihu M.D., Agaie B.M. Determination of some heavy metals residues in slaughtered cattle at Sokoto and Gusau modern abattoirs, Nigeria. *Journal of Veterinary Medicine and Animal Health*, 2020, vol. 12, no. 2, pp. 48–54.
4. Ryavkina K.S., Konovalova T.V., Moruzi I.V., Korotkevich O.S., Sebezshko O.I., Tarasenko E.I., Narozhnykh K.N. Deposition of iron and manganese in the muscle tissue of pikeperch in the Ob reservoir. *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, vol. 38, no. 3, pp. 154.
5. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Shishin N.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Zheltikov A.I., Marenkov V.G., Nezavitin A.G., Osadchuk L.V., Chysyma R.B., Kuzmina E.E. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the Republic of Tyva. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, vol. 9, no. 9, pp. 1530–1535.
6. Pereira V., Miranda M., Sierra J., Benedito J.L., Lopez-Alonso M. Toxic and essential trace element concentrations in different tissues of extensively reared sheep in northern Spain. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2021, vol. 96, pp. 103709.
7. Sharaf S., Khan M.U.R., Aslam A., Rabbani M. Comparative study of heavy metals residues and histopathological alterations in large ruminants from selected areas around industrial waste drain. *Pakistan Veterinary Journal*, 2019, vol. 40, no. 1, pp. 55–60. DOI: 10.29261/pakvetj/2019.111.
8. Sebezshko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Kamaldinov E.V., Syso A.I., Marmuleva N.I., Narozhnykh K.N., Barinov E.Y., Osadchuk L.V., Sokolov V.A. Comparative assessment of radioactive strontium and cesium contents in the feedstuffs and dairy products of Western Siberia. *Indian Journal of Ecology*, 2017, vol. 44, no. 3, pp. 662–666.

9. Narozhnykh K.N., Sebezhko O.I., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Tarasenko E.I. Manganese content in muscles of sons of different Holstein bulls reared in Western Siberia. *Trace Elements and Electrolytes*, 2021, vol. 38, no. 3, pp. 149.
10. Ali A.I.M., Sandi S., Riswandi R. Heavy metals accumulation in forages and buffalo hair on flooded pasture in South Sumatra, Indonesia. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2021, pp. 1–6. DOI: 10.1007/s13762-021-03424-w.
11. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyayev J.I., Shishin N.I., Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Marenkov V.G., Osintseva L.A., Reimer V.A., Nezavitin A.G., Demetiev V.N., Osadchuk L.V., Syso A.I. Lead content in soil, water, forage, grains, organs and the muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia). *Indian Journal of Ecology*, 2018, vol. 45, no. 4, pp. 866–871.
12. Rodriguez-Marin N., Hardisson A., Gutiérrez A.J., Luis-Gonzalez G., González-Weller D., Rubio C., Paz S. Toxic (Al, Cd, and Pb) and trace metal (B, Ba, Cu, Fe, Mn, Sr, and Zn) levels in tissues of slaughtered steers: risk assessment for the consumers. *Environmental science and pollution research*, 2019, vol. 26, no. 28, pp. 28787–28795.
13. Osadchuk L.V., Kleshchev M.A., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Shishin N.I., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L. Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai Region. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2017, vol. 31, no. 1, pp. 35–42.
14. Sharaf S., Aslam A., Rabbani M., Sharf A., Ijaz M., Anjum A., Hussain N. Toxicopathological effects of heavy metals from industrial drainage wastewater on vital organs of small ruminants in Lahore. *Environmental Science and Pollution Research*, 2021, vol. 28, no. 3, pp. 3533–3543.
15. Marshinskaia O.V., Kazakova T.V., Notova S.V. Elemental status of farm animals from different regions with different environmental loads. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 624, no. 1, pp. 012199.
16. 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. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, vol. 26, no. 18, pp. 18554–18564.
17. Kruskal W.H., Wallis A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of the American Statistical Association*, 1952, vol. 47, pp. 583–621.
18. Dunn O.J. Multiple comparisons using rank sums. *Technometrics*, 1964, vol. 6, pp. 241–252.
19. Holm S. A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal of Statistics*, 1979, vol. 6, pp. 65–70.
20. Friedrichs K.R., Harr K.E., Freeman K.P., Szladovits B., Walton R.M., Barnhart K.F., Blanco-Chavez J. ASVCP reference interval guidelines: determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics. *Veterinary clinical pathology*, 2012, vol. 41, no. 4, pp. 441–453.
21. Omede S.N., Ichado A.S. Assessment of Heavy Metals in the Lungs, Hearts and Muscles of Cow from Abattoirs in Anyigba, Ejule and Ankpa. *International Journal for Advance Research and Development*, 2018, vol. 3, no. 2, pp. 233–238.
22. Jukna C., Jukna V., Siugzdaite J. Determination of heavy metals in viscera and muscles of cattle. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 2006, vol. 9, no. 1, pp. 35–41.
23. Farmer A.A., Farmer A.M. Concentrations of cadmium, lead and zinc in livestock feed and organs around a metal production centre in eastern Kazakhstan. *Science of the Total Environment*, 2000, vol. 257, no. 1, pp. 53–60.
24. Forte G., Bocca B. Quantification of cadmium and lead in offal by SF-ICP-MS: Method development and uncertainty estimate. *Food chemistry*, 2007, vol. 105, no. 4, pp. 1591–1598.
25. Puls R. *Mineral Levels in Animal Health. Diagnostic data*. Columbia: Sherpa International, 1988, 168 p.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

✉ **Нарожных К.Н.**, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 630039, Новосибирск, Добролюбова, 160; e-mail: nkn.88@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Kirill N. Narozhnykh**, Candidate of Science in Biology, Head of Laboratory; **address:** 160, Dobrolyubova St., Novosibirsk, 630039, Russia; e-mail: nkn.88@mail.ru

Дата поступления статьи / Received by the editors 15.07.2021
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 08.10.2021
Дата публикации / Published 25.11.2021