

## ВЛИЯНИЕ ПАРАТИПИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА УРОВЕНЬ ЦИНКА В ЛЕГКИХ БЫЧКОВ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**К.Н. Нарожных**, кандидат биологических наук

**А.Н. Силованова**, магистр

*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия*

**E-mail:** nkn.88@mail.ru

**Ключевые слова:** цинк, тяжелые металлы, легкие, герефордская порода, крупный рогатый скот.

**Реферат.** Цель исследования – оценить влияние эколого-географического фактора на содержание цинка в легких бычков герефордской породы и рассчитать референсные интервалы для этого металла в данном органе. Для анализа отбирали навеску лёгких массой 100 г от клинически здоровых бычков герефордской породы в Маслянинском, Новосибирском и Краснозерском районах Новосибирской области и Целинном районе Алтайского края. Определение химического состава тканей лёгких проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии с электротермической атомизацией. Гомоскедастичность дисперсий в группах оценивали с помощью критерия Флигнера-Килина. Оценку влияния фактора проводили с использованием критерия Краскела-Уоллиса. Множественные межгрупповые сравнения осуществляли с применением теста Данна и поправкой Холма. Максимальный уровень цинка обнаружен у животных, разводимых в Маслянинском районе (26,6 мг/кг), минимальный – в Краснозёрском (13,8 мг/кг). Для скота из Маслянинского района характерна более высокая фенотипическая изменчивость содержания цинка в легких, чем в других районах. В целом изменчивость изученного металла в легких бычков находится на относительно низком уровне. Групповые дисперсии по уровню цинка в легких крупного рогатого скота гомоскедастичны ( $\chi^2 = 2,27$ ;  $P = 0,518$ ). Установлено влияние эколого-географического фактора на уровень цинка в легких герефордского скота ( $H = 12,158$ ;  $P = 0,007$ ). У бычков из Краснозёрского района концентрация цинка в легких статистически значимо ниже, чем у животных из Маслянинского района ( $Z = -2,96$ ;  $P = 0,009$ ). Между животными из других районов не выявлено статистически значимых различий по уровню цинка в тканях легких. Референсный диапазон по содержанию цинка в легких герефордского скота, разводимого в условиях Западной Сибири, составляет 12,44–24,12 мг/кг с доверительными 90%-ми границами для нижнего интервала 10,15–13,66, верхнего – 22,73–26,49 мг/кг.

## INFLUENCE OF PARATYPIC FACTORS ON THE LEVEL OF ZINC IN THE LUNGS OF THE HEREFORD BREED

**K.N. Narozhnykh**, PhD in Biological sciences

**A.N. Silovanova**, Master's Student

*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia*

**E-mail:** nkn.88@mail.ru

**Keywords:** zinc, heavy metals, lungs, Hereford breed, cattle.

**Abstract.** The study aims to evaluate the influence of the ecological and geographical factors on the zinc content of light Hereford bulls and calculate the reference intervals for this metal. Lung samples weighing 100 g were taken from clinically healthy bulls of the Hereford breed in the Maslyaninsky, Novosibirsk and Krasnozersky districts of the Novosibirsk region and the Tselinny district of the Altai Territory. The chemical composition of lung tissues was determined by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization. The homoscedasticity of dispersions in groups was assessed using the Fligner-Keelin test. The influence of the factor was determined using the Kruskal-Wallis test. Multiple intergroup comparisons were made using Dunn's test and Holm's correction. The maximum zinc level was found in animals bred in the Maslyaninsky district (26.6 mg/kg) and the minimum – in Krasnozersky (13.8 mg/kg). Cattle from the Maslyaninsky district are characterized by higher phenotypic variability in zinc content in the lungs than in other areas. Generally, the variability of the studied metal in the lungs of gobies is relatively low. Group variances in the zinc level in cattle lungs are homoscedastic ( $\chi^2 = 2.27$ ;  $P = 0.518$ ). The influence of the ecological and geographical factors on the zinc level in Hereford cattle's lungs was established ( $H = 12.158$ ;  $P = 0.007$ ). The concentration of metal in the lungs of bulls

from the Krasnozersky district is statistically significantly different from cattle from Maslyaninsky ( $Z = -2.96$ ;  $P = 0.009$ ). There were no statistically significant differences in Zn concentration in lung tissues between animals from other regions. Reference intervals for the content of zinc in the lungs of Hereford cattle in the conditions of the south of Western Siberia are 12.44–24.12 mg/kg, with 90% confidence intervals for the lower limit of 10.15–13.66 mg/kg and the upper limit of 22.73–26.49 mg/kg.

Для получения экологически безопасной продукции животноводства необходимо проводить перманентный мониторинг содержания тяжелых металлов в экосистеме с целью коррекции их накопления в организме животных [1–5]. Поскольку цинк в основном поступает в организм животных вместе с кормом, необходимо контролировать его минеральный состав, который зависит от качества сырья, минерального состава почвы, pH, климатических условий, внесения удобрений и проч. [6]. Сбалансированный по минеральному составу рацион обеспечивает стабильный рост продуктивности и устойчивость к воздействию патогенов [7]. Недостаточное потребление цинка у бычков приводит к задержке полового созревания и роста, анемии, снижению резистентности организма [8], повышенное же его содержание запускает механизм апоптоза церебрального и лёгочного эндотелия и создает условия для окислительного стресса вследствие выработки реактивных форм кислорода [9].

В исследованиях по элементологии обычно изучается уровень металлов в волосе [10–13] и реже в крови, мышцах, печени и почках [14–18]. Поэтому изучение элементного состава и определение референсных интервалов уровня цинка в легких герефордского скота позволит в дальнейшем использовать эти данные в области экологии, ветеринарии и животноводства. Можно также рассматривать полученные референсные диапазоны в качестве физиологической нормы [19, 20].

Цель исследования – оценить влияние эколого-географического фактора на содержание цинка в легких бычков герефордской породы и рассчитать референсные интервалы для этого металла в данном органе.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Образцы тканей легких были взяты от бычков 16–18-месячного возраста герефордской породы. Отбор проб осуществлялся сразу после забоя, затем они были заморожены и

хранились при температуре  $-24^{\circ}\text{C}$  до момента анализа. Животных выращивали в четырех районах: Новосибирском, Краснозерском, Маслянинском Новосибирской области и Целинном Алтайского края. Клинически все животные на момент убоя были здоровы. Определение химического состава тканей лёгких проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии в соответствии с Методическими указаниями (МУК 4.1.991-2000) и ГОСТ 26929-94 и 30178-96.

Были рассчитаны робастные показатели описательной статистики: минимальное и максимальное значение признака (Min, Max), первый и третий квартили ( $Q_1$ ,  $Q_3$ ), медиана (Me) и межквартильный размах (IQR). Гомоскедастичность дисперсий в группах оценивали с помощью критерия Флигнера-Килина. Выявление влияния фактора проводили с использованием критерия Краскела-Уоллиса. Множественные межгрупповые сравнения осуществляли с применением теста Данна и поправкой Холма. Референсные интервалы рассчитывали на основе рекомендаций экспертов Института клинических и лабораторных стандартов [21] и ГОСТ Р 53022.3-2008. Статистический анализ и визуализацию исходных данных проводили с использованием языка статистического программирования R и среды анализа RStudio.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные по содержанию цинка в легких бычков герефордской породы по районам представлены в табл. 1. Максимальное содержание цинка в лёгких зафиксировано у животных из Маслянинского района, минимальное – из Краснозёрского. Наибольшей фенотипической изменчивостью обладают животные из Маслянинского района (рисунок). Напротив, в Новосибирском районе наблюдалась наименьшая вариабельность. Об этом свидетельствует минимальный показатель межквартильного размаха.

Таблица 1

Содержание цинка в лёгких бычков герефордской породы, мг/кг  
Zinc content in lungs of Hereford steers, mg/kg

Район	n	Me	Min	Max	Q <sub>1</sub>	Q <sub>3</sub>	IQR
Краснозерский	4	15,2	13,8	18,4	14,4	17,1	2,68
Маслянинский	17	19,8	16,2	26,6	17,8	21,2	3,41
Новосибирский	6	16,4	15,5	19,2	16	18,2	2,23
Целинный	4	17,6	16,1	21,3	16,6	19,8	3,24

Примечание. n – объем совокупности; Me – медиана; Min – минимальное значение; Max – максимальное значение; Q<sub>1</sub> – первый квартиль; Q<sub>3</sub> – третий квартиль; IQR – межквартильный размах.

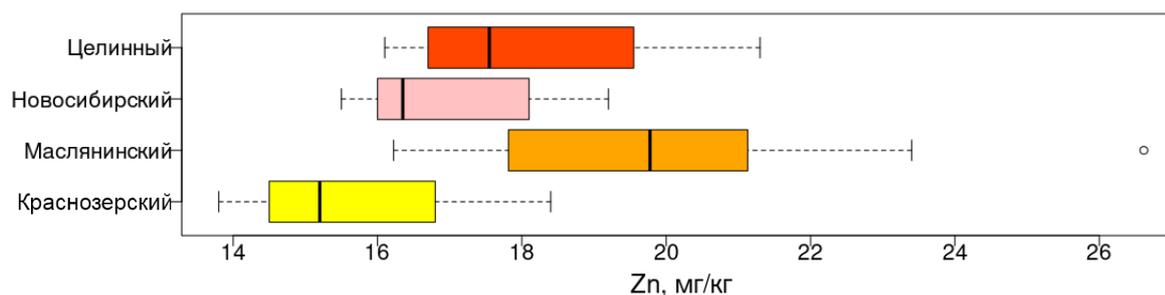


Диаграмма размаха уровня цинка в легких герефордского скота  
Diagram of the range of zinc levels in the lungs of Hereford cattle

У скота из Марокко уровень цинка в легких был ниже примерно в 2 раза по сравнению с нашими данными [22]. Это может быть связано с различием в паратипических факторах, например, с полноценностью рационов или условиями содержания. У животных чернопестрой породы уровень цинка в легких был примерно на том же уровне, что и в нашем исследовании [23]. Возможно, влияние среды

более существенно для концентрации металла в легких, чем генетические факторы.

Несмотря на гомоскедстичность дисперсий, из-за малого количества наблюдений в группах оценка влияния фактора проводилась с помощью критерия Краскела-Уоллиса. В результате установлено, что на уровень цинка в легких оказывает влияние эколого-географический фактор (табл. 2).

Таблица 2

Оценка гомогенности дисперсий и влияния фактора районирования на уровень цинка в лёгких герефордского скота

Assessment of homogeneity of variance and the effect of the zoning factor on zinc levels in lungs of Hereford cattle

Критерий	df	Значение критерия	p
Флигнера-Килина	3	2,270	0,518
Краскела-Уоллиса	3	12,158	0,007

При апостериорном анализе осуществлялось попарное сравнение районов по уровню цинка в легких животных. Значимые различия выявлены только между скотом, разводимым в Маслянинском и Краснозёрском районах (табл. 3). Такие большие различия между районами могут быть связаны с условиями среды. Так, в зависимости от типа почв и их химического состава изменяется количество

цинка в кормах и соответственно в органах и тканях животных. В выбранных районах Новосибирской области преобладают аллювиальные (30–40 мг/кг), серые-лесные почвы (28–65 мг/кг), чернозёмы (24–90 мг/кг), а в Алтайском крае – засоленные почвы (11–79 мг/кг) [24] с различным содержанием цинка.

Таблица 3

Попарное множественное сравнение районов по содержанию цинка в лёгких герефордского скота\*  
Pairwise multiple comparisons of districts by zinc content in lungs of Hereford cattle

Район	Краснозерский	Маслянинский	Новосибирский
Маслянинский	0,009		
Новосибирский	0,226	0,037	
Целинный	0,300	0,388	0,410

\*Указаны значения ошибок первого рода с учётом поправки Холма.

Имеется корреляция между уровнем цинка в тканях животных и его содержанием в растениях и почве [25]. Данная особенность характерна для территорий с низким содержанием цинка, что только усиливает необходимость контроля содержания тяжёлых металлов в различных районах [26].

Так как в Маслянинском, Новосибирском и Целинном районах уровень цинка значимо

не различался, можно объединить животных из этих районов в одну группу с целью расчета значений референсных интервалов (табл. 4). Эти данные можно использовать как среднепопуляционные значения, характерные для герефордского скота, разводимого в условиях южной части Западной Сибири.

Таблица 4

Референсные интервалы уровня цинка в легких (мг, кг) с 90%-ми доверительными интервалами (ДИ), мг/кг

Reference intervals for lung zinc levels (mg, kg) with 90% confidence intervals (CI), mg/kg

Показатель	Референсный интервал	Нижний предел 90%-го ДИ	Верхний предел 90%-го ДИ
Минимум	12,44	10,15	22,73
Максимум	24,12	13,66	26,49

В перспективе необходимо установить референсные интервалы для других микроэлементов не только в легких, но в других органах и тканях животных, что впоследствии позволит оценить изменения концентрации и соотношения химических элементов в органах и тканях скота при различных патологических процессах и заболеваниях. Результаты исследования могут служить основой для описания элементного профиля герефордского скота.

в Краснозёрском районе, а максимальный – в Маслянинском.

2. Для бычков из Новосибирского района характерна низкая фенотипическая изменчивость содержания цинка в легких.

3. Эколого-географический фактор оказывает влияние на содержание цинка в лёгких.

4. Установлены референсные интервалы по уровню цинка в легких бычков герефордской породы, разводимых в условиях южной части Западной Сибири.

**ВЫВОДЫ**

1. Минимальный уровень цинка в легких герефордского скота зафиксирован

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-76-00003, <https://rscf.ru/project/22-76-00003/>.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Ефанова Ю.В., Нарожных К.Н., Короткевич О.С. Содержание цинка в некоторых органах и мышечной ткани бычков герефордской породы // Главный зоотехник. – 2012. – № 11. – С. 30–33.
2. Закономерности аккумуляции тяжелых металлов в лёгких бычков герефордской породы / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – С. 1447.

3. *Influence of elevated Zn on the hematology, serum biochemistry and productive indicator in laying hens* / V.L. Petukhov, I.A. Afonina, O.I. Sebezhenko [et al.] // *Indian Journal of Ecology*. – 2019. – Vol. 46 (4). – P. 901–906.
4. *Interspecies differences in Zn content in liver of animal of the Siberian region* / T.V. Konovalova, K.N. Narozhnykh, Y.I. Fedyaev [et al.] // 33. Joint Annual Meeting of the German Society for Minerals and Trace Elements (GMS) with Zinc-UK and Zinc-Net COST Training School. Zinc and other Transition Metals in Health. – German. – 2017. – P. 40.
5. *Патент на изобретение RU 2548774 С1. Способы оценки кадмия в печени и легких крупного рогатого скота* / О.С. Короткевич, К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова [и др.]. – Заявка № 2014111570/15 от 25.03.2014.; Оpubл. 20.04.2015.
6. *Khan Z.I. A comparative study on mineral status of blood of small ruminants and pastures in Punjab, Pakista* // *Pakistan J Bot.* – 2008. – Vol. 40. – P. 1143–1151.
7. *Rabiee A.R. Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: a meta-analysis.* // *J Dairy Sci.* – 2010. – Vol. 93. – P. 4239–4251.
8. *Noaman V. Assessment of some serum trace elements in Holstein dairy cattle on industrial farms of Istafan Province, Iran* // *World Appl Sci J.* – 2013. – Vol. 21. – P. 1158–1161.
9. *Thambiayya K. Functional Role of Intracellular Labile Zinc in Pulmonary Endothelium* // *Pulm. Circ.* – 2012. – Vol. 2 (4). – P. 443–451.
10. *The reference values of hair content of trace elements in dairy cows of holstein breed* / S.A. Miroshnikov, A.V. Skalny, O.A. Zavyalov [et al.] // *Biological Trace Elements Research*. – 2020. – Vol. 194 (1). – P. 145–151.
11. *Assessment of gender effects and reference values of mane hair trace element content in english thoroughbred horses (North Caucasus, Russia) using ICP-DRC-MS* / V.V. Kalashnikov, A.M. Zajcev, M.M. Atroshchenko [et al.] // *Biological Trace Element Research*. – 2019. – Vol. 191(2). – P. 382–388.
12. *Референсные интервалы концентраций химических элементов в шерсти молочных коров* / С.А. Мирошников, О.А. Завьялов, А.Н. Фролов [и др.] // *Животноводство и кормопроизводство*. – 2019. – Т. 102, № 3. – С. 33–45.
13. *Оценка элементного статуса организма мясных коров различного физиологического состояния* / А.Н. Фролов, О. А. Завьялов, А.В. Харламов [и др.] // *Вестник мясного скотоводства*. – 2017. – № 1. – С. 44–49.
14. *Some toxic elements in liver, kidney and meat from calves slaughtered in Asturias (Northern Spain)* / M. Miranda, M. López-Alonso, C. Castillo [et al.] // *Eur. Food Res. Technol.* – 2003. – Vol. 216. – P. 284–289.
15. *Effects of moderate pollution on toxic and trace metal levels in calves from a polluted area in northern Spain* / M. Miranda, M. López-Alonso, C. Castillo [et al.] // *Environ. Int.* – 2005. – Vol. 31. – P. 543–548.
16. *Korenekova B., Skalicka M., Nad P. Concentration of some heavy metals in cattle reared in the vicinity of a metallurgic industry* // *Veterinarski arhiv.* – 2002. – Vol. 72(5). – P. 259–267.
17. *Rahimi E., Rokni N. Measurement of cadmium residues in muscle, liver and kidney of cattle slaughtered in Isfahan abattoir using graphite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS): A preliminary study* // *Iranian Journal of Veterinary Research*. – 2008. – N 9. – P. 174–177.
18. *Detection of cadmium (Cd) residue in kidney and liver of slaughtered cattle in Sokoto central abattoir, Sokoto state, Nigeria* / A. Bala, M.A. Saulawa, A.U. Junaidu [et al.] // *J. Vet. Adv.* – 2012. – Vol. 2 (4). – P. 168–172.
19. *Мирошников С.А., Болодурина И.П., Арапова О.С. Закономерности формирования элементного состава биосубстратов человека и животных как основа технологии оценки и коррекции элементозов* // *Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН*. – 2014. – № 4. – С. 1.
20. *Мирошников С.А., Лебедев С.В. Диапазон концентраций (референсные значения) химических элементов в теле животных* // *Вестник Оренбургского государственного университета*. – 2009. – № 6 (112). – С. 241–243.

21. Gary L. Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory, 3th ed.; CLSI Document C28-A3c. Approved guideline – Wayne, Pa, USA: CLSI. – 2010. – P. 59.
22. *Distribution of trace elements and heavy metals in liver, lung, meat, heart and kidney of cattle, sheep, camel and equine slaughtered in Casablanca City-Morocco* / C. Abdelbasset, E. Rabia, B. Abdallah [et al.] // *International Journal of Scientific & Engineering Research*. – 2014. – Vol. 5, N 2. – P. 294–303.
23. *Accumulation of Cu and Zn in the soils, rough fodder, organs and muscle tissues of cattle in Western Siberia* / V.L. Petukhov, A.I. Syso, K.N. Narozhnykh [et al.] // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2016. – Vol. 7 (4). – P. 2458–2464.
24. Самофалова И.А. Химический состав почв и почвообразующих пород / М-во сел. хоз-ва РФ, ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА». – Пермь: Перм. ГСХА, 2009. – 132 с.
25. Makridis C. Transfer of Heavy Metal Contaminants from Animal Feed to Animal Products // *J. Agr. Sci. Tech.* – 2012. – Vol. 2(A). – P. 149–154.
26. Самохин В.Т. Профилактика нарушений обмена микроэлементов у животных. – Воронеж: Воронеж. ГАУ, 2003. – 136 с.

### REFERENCES

1. Efanova Yu.V., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S., *Glavnyi zootekhnik*, 2012, No. 11, pp. 30–33. (In Russ.)
2. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S. [et al.], *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, No. 6, pp. 1447. (In Russ.)
3. Petukhov V.L., Afonina I.A., Sebezshko O.I. [et al.], Influence of elevated Zn on the hematology, serum biochemistry and productive indicator in laying hens, *Indian Journal of Ecology*, 2019, Vol. 46, No. 4, pp. 901–906.
4. Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Fedyaev Y.I. [et al.], Interspecies differences in Zn content in liver of animal of the Siberian region, 33. *Joint Annual Meeting of the German Society for Minerals and Trace Elements (GMS) with Zinc-UK and Zinc-Net COST Training School. Zinc and other Transition Metals in Health*, German, 2017, p. 40. (In Russ.)
5. Korotkevich O.S. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V. [et al.], *Patent na izobretenie RU 2548774 CI*, Sposoby otsenki kadmiya v pecheni i legkikh krupnogo rogatogo skota, Zayavka № 2014111570/15 ot 25.03.2014; Opubl. 20.04.2015. (In Russ.)
6. Khan Z.I., A comparative study on mineral status of blood of small ruminants and pastures in Punjab, Pakista, *Pakistan J Bot*, 2008, Vol. 40, pp. 1143–1151.
7. Rabiee A.R., Effects of feeding organic trace minerals on milk production and reproductive performance in lactating dairy cows: a meta-analysis, *J Dairy Sci*, 2010, Vol. 93, pp. 4239–4251.
8. Noaman V., Assessment of some serum trace elements in Holstein dairy cattle on industrial farms of Istafan Province, Iran, *World Appl Sci J*, 2013, Vol. 21, pp. 1158–1161.
9. Thambiayya K., Functional Role of Intracellular Labile Zinc in Pulmonary Endothelium, *Pulm. Circ*, 2012, Vol. 2 (4), pp. 443–451.
10. Miroshnikov S.A., Skalny A.V., Zavyalov O.A. [et al.], The reference values of hair content of trace elements in dairy cows of holstein breed, *Biological Trace Elements Research*, 2020, Vol. 194 (1), pp. 145–151.
11. Kalashnikov V.V., Zajcev A.M., Atroshchenko M.M. [et al.], Assessment of gender effects and reference values of mane hair trace element content in english thoroughbred horses (North Caucasus, Russia) using ICP-DRC-MS, *Biological Trace Element Research.*, 2019, Vol. 191 (2), pp. 382–388.
12. Miroshnikov S.A., Zav'yalov O.A., Frolov A.N. [et al.], *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo*, 2019, Vol. 102, No. 3, pp. 33–45. (In Russ.)
13. Frolov A.N., Zav'yalov O.A., Kharlamov A.V. [et al.], *Vestnik myasnogo skotovodstva*, 2017, No. 1, pp. 44–49. (In Russ.)
14. Miranda M., López-Alonso M., Castillo C. [et al.], Some toxic elements in liver, kidney and meat from calves slaughtered in Asturias (Northern Spain), *Eur. Food Res. Technol.*, 2003, Vol. 216, pp. 284–289.

15. Miranda M., Lopez-Alonso M., Castillo C. [et al.], Effects of moderate pollution on toxic and trace metal levels in calves from a polluted area in northern Spain, *Environ. Int.*, 2005, Vol. 31, pp. 543–548.
16. Korenekova B., Skalicka M., Nad P., Concentration of some heavy metals in cattle reared in the vicinity of a metallurgic industry, *Veterinarski arhiv*, 2002, Vol. 72 (5), pp. 259–267.
17. Rahimi E., Rokni N., Measurement of cadmium residues in muscle, liver and kidney of cattle slaughtered in Isfahan abattoir using grafite furnace atomic absorption spectrometry (GFAAS): A preliminary study, *Iranian Journal of Veterianry Research*, 2008, No. 9, pp. 174–177.
18. Bala A., Saulawa, M.A., Junaidu, A.U. [et al.], Detection of cadmium (Cd) residue in kidney and liver of slaughtered cattle in Sokoto central abattoir, Sokoto state, *Nigeria, J. Vet. Adv.*, 2012, No. 2 (4), pp. 168–172.
19. Miroshnikov S.A., Bolodurina I.P., Arapova O.S., *Byulleten' Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN*, 2014, No. 4, pp. 1. (In Russ.)
20. Miroshnikov S.A., Lebedev S.V., *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2009, No. 6 (112), pp. 241–243. (In Russ.)
21. Gary L., *Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory*, 3th ed.; CLSI Document C28-A3c. Approved guideline, Wayne, Pa, USA: CLSI, 2010, pp. 59.
22. Abdelbasset C., Rabia E., Abdallah B. [et al.], Distribution of trace elements and heavy metals in liver, lung, meat, heart and kidney of cattle, sheep, camel and equine slaughtered in Casablanca City-Morocco, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 2014, Vol. 5, No. 2, pp. 294–303.
23. Petukhov V.L., Syso A.I., Narozhnykh K.N. [et al.], Accumulation of Cu and Zn in the soils, rough fodder, organs and muscle tissues of cattle in Western Siberia, *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, Vol. 7(4), pp. 2458–2464.
24. Samofalova I.A., *Khimicheskii sostav pochv i pochvoobrazuyushchikh porod* (Chemical composition of soils and parent rocks), Perm': Permskaya GSKhA, 2009, 132 p.
25. Makridis C., Transfer of Heavy Metal Contaminants from Animal Feed to Animal Products, *J. Agr. Sci. Tech*, 2012, Vol. 2, No. A, pp. 149–154.
26. Samokhin V.T., *Profilaktika narushenii obmena mikroelementov u zivotnykh* (Prevention of metabolic disorders of microelements in animals), Voronezh: Voronezhskii GAU, 2003, 136 p.