

DOI: 10.52419/issn2072-2419.2023.1.148

УДК: 636.085.3:546.23

## МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И СЕЛЕНА В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ ПРОДУКТИВНЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ

Калужная Т.В. - к.вет.н., доц. каф.ветеринарно-санитарной экспертизы (ORCID 0000-0002-8682-1840), Орлова Д.А.- к.вет.н., доц.каф. ветеринарно-санитарной экспертизы, (ORCID 0000-0002-8163-8780), Карпенко Л.Ю.- д.биол.н., проф., зав. каф. биохимии и физиологии, (ORCID 0000-0003-3005-0968), Бахта А. А.- к.биол.н, доц. каф. биохимии и физиологии, (ORCID 0000-0002-5193-2487), Дмитриева М.Н.- магистрант 2 курса факультета ветеринарно-санитарной экспертизы.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины»

**Ключевые слова:** токсичные элементы, комбикорм, тяжелые металлы, селен, железо, цинк, медь.

**Keywords:** toxic elements, compound feed, heavy metals, selenium, iron, zinc, copper.



### РЕФЕРАТ

Цель исследований заключалась в мониторинге и анализе содержания тяжёлых металлов и селена в комбикормах для продуктивных живот-

ных и птицы, реализуемых на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области как показателя токсикологической безопасности.

В рамках работы было исследовано 40 образцов комбикормов отечественного производства. На долю исследованных комбикормов для свиней и поросят пришлось 50,0 %, для бройлеров и крупного рогатого скота - по 25,0 %. На первом этапе осуществляли пробоподготовку и минерализацию проб в муфельной печи. На втором этапе с помощью атомно-абсорбционного спектрометра Thermo Scientific Solaar S4 в минерализованной пробе определяли количество меди, цинка, железа, селена руководствуясь действующими нормативными документами. На третьем этапе проводили анализ результатов в сравнении с временным максимально-допустимым уровнем по МДУ № 123-4/281-8-87 «Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках».

Обнаруженные концентрации меди, железа и селена в исследованных пробах соответствовали требованиям действующей нормативной документации и не превышали установленный МДУ. При определении цинка было выявлено, что 38 образцов из 40 отвечали требованиям нормативной документации, в оставшихся 2 образцах было установлено превышение МДУ в 1,1 и почти в 1,5 раза соответственно. Полученные результаты проведенных исследований в рамках мониторинга позволяют сделать заключение о безопасности комбикормов по содержанию тяжелых металлов и селена, реализуемых на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

## ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Согласно 21 статье Федерального закона РФ «О ветеринарии» ветеринарно-санитарной экспертизе подлежат корма и кормовые добавки растительного происхождения, используемые в сельском хозяйстве с целью получения продукции животноводства, предназначенной для реализации. Однако в настоящее время вопрос регламентирования показателей безопасности кормовых средств для продуктивных животных и птицы по части технического регулирования находится в нормативно-правовом вакууме, так как Технический регламент «О безопасности кормов и кормовых добавок» не утвержден. Данная ситуация относится и к показателям содержания токсичных элементов, к которым относятся селен и такие тяжёлые металлы как цинк, медь, железо, являющихся макро- и микроэлементами и способных к аккумуляции в организме, а также к миграции по пищевым цепям [1; 2; 3]. Количество токсичных элементов в готовой кормовой продукции зависит от множества факторов, например от содержания их, в растительном сырье и другое [4; 5].

В связи с вышеизложенным, цель исследований заключалась в мониторинге и анализе содержания тяжёлых металлов и селена в комбикормах для продуктивных животных и птицы, реализуемых на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области как показателя токсикологической безопасности.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ / MATERIALS AND METHOD

Мониторинг содержания токсичных элементов проводился на базе ФГБУ «Ленинградская МВЛ» в Лаборатории безопасности и качества кормов и зерна.

В рамках работы было исследовано 40 образцов комбикормов отечественного производства. Отбор и подготовка проб осуществлялись в соответствии с ГОСТ 13496.0-2016 «Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы отбора проб (с Поправкой)». На долю исследованных комбикормов для свиней и поросят пришлось 50,0 % (20 образцов), для бройлеров –

25,0 % (10 образцов), для крупного рогатого скота (КРС) – 25,0 % (10 образцов).

Всего было проведено 224 исследования согласно действующим государственным стандартам и установленным в них методикам (таблица 1). Распределение количества проб по определяемым элементам обусловлено задачами мониторинга.

Согласно данным представленным в таблице, доля исследований содержания указанных элементов от общего числа в соответствии с задачами мониторинга имеет следующее распределение: медь – 35,7 % (из них на долю проб комбикормов для свиней – 50,0 %, для КРС – 25,0 %, для бройлеров – 25,0 %); цинк – 35,7 % (из них на долю проб комбикормов для свиней – 50,0 %, для КРС – 25,0 %, для бройлеров – 25,0 %); железо – 16,1 % (из них на долю проб комбикормов для свиней – 61,1 %, для КРС – 22,2 %, для бройлеров – 16,7 %); селен – 12,5 % (из них на долю проб комбикормов для свиней – 21,4 %, для КРС – 7,2 %, для бройлеров – 71,4 %).

Исследования проводили поэтапно. На первом этапе осуществляли пробоподготовку путем взвешивания и измельчения проб. Затем осуществляли минерализацию проб с помощью муфельной печи Nabertherm L5/12/P320 (Nabertherm, Германия). На втором этапе с помощью атомно-абсорбционного спектрометра Thermo Scientific Solaar S4 (Thermo Elemental, США) в минерализованной пробе определяли количество меди, цинка, железа, руководствуясь, ГОСТ 32343-2013 (ISO 6869:2000) «Корма, комбикорма. Определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектрометрии (Издание с Поправкой)», селена – ГОСТ 31651-2012 «Средства лекарственные для животных, корма, кормовые добавки. Определение массовой доли селена методом атомно-абсорбционной спектрометрии (с Поправкой)». На третьем этапе проводили анализ полученных результатов в сравнительном аспекте с временным максимально-

**Таблица 1**

**Количество исследованных проб на содержание эссенциальных элементов в образцах комбикормов**

Показатель содержания, элемент	Количество проб комбикормов			Количество проб (всего, по показателю)
	для свиней, ед.	для КРС, ед.	для бройлеров, ед.	
Медь (Cu)	40	20	20	80
Цинк (Zn)	40	20	20	80
Железо (Fe)	22	8	6	36
Селен (Se)	6	2	20	28
Всего исследований	108	50	66	224

допустимым уровнем по МДУ № 123-4/281-8-87 «Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках».

Полученные результаты проведенных исследований обрабатывали с помощью программного обеспечения Microsoft Excel, и методом вариационной статистики с вычислением средних арифметических значений, где  $\bar{M}$  – среднее арифметическое,  $m$  – ошибка среднего арифметического.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ/ RESULTS AND DISCUSSION

Анализируя полученные результаты, установили, что при определении цинка 38 образцов из 40 отвечало требованиям нормативной документации, в оставшихся 2 образцах было установлено превышение МДУ в 1,1 и почти в 1,5 раза соответственно. Согласно временному максимально-допустимому уровню по МДУ № 123-4/281-8-87 «Временный максимально-допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках» корма, содержание токсичных элементов в которых не превышает нормируемое значение в 10 раз, рекомендуется подвергнуть подсортировке другими кормами из такого расчета, чтобы общий уровень не превышал показатели МДУ.

Результаты мониторинга образцов комбикормов по содержанию тяжелых металлов и селена, представленные в таблице 2.

В результате проведенных исследований было установлено, что в образцах комбикормов для свиней наименьшее количество меди составило  $17,2 \pm 0,2$  мг/кг, а наибольшее –  $25,8 \pm 0,5$  мг/кг. В комбикормах для КРС и бройлеров наименьшее количество меди составило  $13,2 \pm 0,1$  мг/кг и  $5,5 \pm 0,4$  мг/кг, а наибольшее –  $20,2 \pm 0,3$  мг/кг и  $9,7 \pm 0,1$  мг/кг соответственно. Доля содержания меди во всех образцах комбикормов не превышала 68%.

Доля содержания цинка относительно МДУ в комбикормах для свиней составила не более 52 % при наименьшем обнаруженном количестве  $28,2 \pm 0,4$  мг/кг и наибольшем –  $56,8 \pm 0,6$  мг/кг; в комбикормах для КРС – не более 68 % при наименьшем содержании показателя  $44,2 \pm 0,3$  мг и наибольшем  $67,8 \pm 0,1$  мг/кг; в комбикормах для бройлеров – не более 28 % при наименьшем содержании  $20,8 \pm 0,6$  мг и наибольшем  $31,4 \pm 0,4$  мг/кг. Несоответствие требованиям нормативной документации было выявлено в двух образцах комбикормов для свиней: содержание цинка составило в одном образце  $146,8 \pm 3,8$  мг/кг, во втором –  $109,3 \pm 8,3$  мг/кг, что превышает установленное значение для этого показателя в 1,47 и в 1,1 раза соответственно.

Доля содержания железа относительно МДУ в комбикормах для свиней составила не более 62 % (наименьшее количество –  $88,9 \pm 0,7$  мг/кг, наибольшее –  $133,7 \pm 0,4$  мг/кг); в комбикормах для КРС – не более 53 % (наименьшее количество –  $85,1 \pm 1,1$

Таблица 2

**Содержание эссенциальных элементов в образцах комбикормов растительного происхождения, мг/кг**

Материал исследования (количество образцов, n)	Нормируемое значение МДУ	Среднее фактическое значение*	Оценка (доля от МДУ, %)	Несоответствующих образцов, ед.
Содержание меди, мг/кг				
Комбикорм для свиней (n=20)	80,0	21,5±4,3	Соответствует (26,9±5,4 %)	Не обнаружено
Комбикорм для КРС (n=10)	30,0	16,7±3,5	Соответствует (55,7 ±11,6 %)	
Комбикорм для бройлеров (n=10)	20,0 (откорм)	7,6±2,1	Соответствует (38,0 ±10,5 %)	
Содержание цинка, мг/кг				
Комбикорм для свиней (n=20)	100,0	42,5±9,3	Соответствует (42,5 ±9,3%)	2
Комбикорм для КРС (n=10)	100,0	56,0±11,8	Соответствует (56,0 ±11,8%)	Не обнаружено
Комбикорм для бройлеров (n=10)	100,0 (откорм)	26,1±5,3	Соответствует (26,1 ±5,3%)	
Содержание железа, мг/кг				
Комбикорм для свиней (n=11)	200,0	111,3±12,4	Соответствует (55,7 ±6,2%)	Не обнаружено
Комбикорм для КРС (n=4)	200,0	94,8±9,7	Соответствует (47,4 ±4,9%)	
Комбикорм для бройлеров (n=3)	200,0 (откорм)	63,9±2,4	Соответствует (31,9±1,3 %)	
Содержание селена, мг/кг				
Комбикорм для свиней (n=1)	1,0	0,6±0,2**	Соответствует (60,0 ±20,0%)	Не обнаружено
Комбикорм для КРС (n=10)	1,0	0,2±0,1	Соответствует (20,0 ±10%)	
Комбикорм для бройлеров (n=3)	1,0 (откорм)	0,4±0,2	Соответствует (40,0 ±20%)	
* - среднее арифметическое и ошибка среднего арифметического были вычислены по значениям для образцов				
** - среднее арифметическое и ошибка среднего арифметического были вычислены для двух проб из одного образца				

мг/кг, наибольшее – 104,5±0,5 мг/кг); в комбикормах для бройлеров – не более 34 % (наименьшее количество – 61,5±0,9 мг/кг, наибольшее – 66,3±0,3 мг/кг).

В образце комбикорма для свиней селен был определен в количестве 0,6±0,2 мг/кг, среднее фактическое значение показателя в образцах комбикормов для

КРС – 0,2±0,1 мг/кг, комбикормов для бройлеров – 0,4±0,2 мг/кг, что составило не более 80,0 %, 30,0 % и 60,0 % от МДУ соответственно.

#### **ВЫВОДЫ / CONCLUSION**

Таким образом, анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что количественное содержание меди, железа

и селена во всех исследованных образцах комбикормов для сельскохозяйственных животных и птицы соответствует требованиям токсикологической безопасности кормов для продуктивных животных по МДУ № 123-4/281-8-87 «Временный максимально-допустимый уровень».

Полученные результаты, проведенные исследования в рамках мониторинга, позволяют сделать заключение о безопасности комбикормов по содержанию тяжелых металлов и селена, реализуемых на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Однако следует отметить, что ветеринарно-санитарная экспертиза кормовых средств по показателям безопасности затруднена отсутствием актуальной нормативно-технической документации, а также необходим дальнейший мониторинг благополучия кормовой базы для сельскохозяйственных животных и птицы в ветеринарно-санитарном отношении в профилактических целях.

**MONITORING OF THE CONTENT OF HEAVY METALS AND SELENIUM IN COMPOUND FEEDS FOR PRODUCTIVE ANIMALS AND POULTRY.** Kaluzhnaya T.V. – PhD of veterinary science, Associate Professor; Orlova D.A. – PhD of veterinary science, Associate Professor; Karpenko L.Yu. – Doctor of biological sciences, Professor; Bakhta A.A. – PhD of biological sciences, Associate Professor; Dmitrieva M.N. – 2st year master's student of the Faculty of Veterinary and Sanitary Expertise. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "SPbSUVM"  
**ABSTRACT**

Currently, the issue of regulating the safety indicators of feed for productive animals and poultry in terms of technical regulation is in a regulatory vacuum, since the Technical Regulation "On the safety of feed and feed additives" has not been approved. This situation also applies to indicators of the content of toxic elements, which include selenium and heavy metals such as zinc, copper, iron, capable of accumulation in the body and migration through food chains. In connection with the above, the purpose of

the research was to monitor and analyze the content of heavy metals and selenium in compound feeds for productive animals and poultry sold on the territory of St. Petersburg and the Leningrad region as an indicator of toxicological safety.

As part of the work, 40 samples of mixed feeds of domestic production were examined. The share of the studied compound feeds for pigs and piglets accounted for 50.0%, for broilers and cattle - 25.0% each. At the first stage, sample preparation and mineralization of samples were carried out in a muffle furnace. At the second stage, using the atomic absorption spectrometer Thermo Scientific Solaar S4, the amount of copper, zinc, iron, selenium in the mineralized sample was determined in accordance with the current regulatory documents. At the third stage, the results were analyzed in comparison with the temporary maximum permissible level according to MDU No. 123-4/281-8-87 "Temporary maximum permissible level (MDU) of the content of certain chemical elements and gossypol in animal feed and feed additives".

The detected concentrations of copper, iron and selenium in the studied samples met the requirements of the current regulatory documentation and did not exceed the established MDU. When determining zinc, it was revealed that 38 samples out of 40 met the requirements of regulatory documentation, in the remaining 2 samples, an excess of MDU was found to be 1.1 and almost 1.5 times, respectively. The obtained results of the monitoring studies allow us to draw a conclusion about the safety of compound feeds in terms of the content of heavy metals and selenium sold on the territory of St. Petersburg and the Leningrad region.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Калюжная, Т. В. Анализ токсикологической безопасности кормов методом атомно-абсорбционной спектроскопии / Т. В. Калюжная, Д. А. Орлова // *Международный вестник ветеринарии*. – 2022. – № 2. – С. 69-73. – DOI 10.52419/issn2072-2419.2022.2.69.
2. Орлова, Т. В. Комплексный анализ аккумуляции тяжелых металлов растения-

ми / Т. В. Орлова, А. В. Питрюк // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2017. – № 7. – С. 94-99.

3.Xu, D. Effects of soil properties on heavy metal bioavailability and accumulation in crop grains under different farmland use patterns / D. Xu, Z. Shen, C. Dou, Z. Dou, Y. Li, Y. Gao [et al.] // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12. - No 1. - P. 9211. – DOI 10.1038/s41598-022-13140-1.

4.Rezapour, S. Urbanization influences the distribution, enrichment, and ecological health risk of heavy metals in croplands / S. Rezapour, S. Siavash Moghaddam, A. Nouri, K. Khosravi Aqdam // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12. - No 1. - P. 3868. – DOI 10.1038/s41598-022-07789-x.

5.Ramlan, Pollution and contamination level of Cu, Cd, and Hg heavy metals in soil and food crop / Ramlan, M. Basir-Cyio, M. Napitupulu, A. Anshary, Mahfudz, Isrun, M. Rusydi, Golar, Sulbadana & R. Bakri // International Journal of Environmental Science and Technology . – 2022. – Vol. 19. - P. 1153–1164. –DOI10.1007/s13762-021-03345-8.

#### REFERENCES

1.Kalyuzhnaya, T. V. Analysis of toxicologi-

cal safety of feed by atomic absorption spectroscopy [Международный вестник ветеринарии]. 2022;2:69-73. doi 10.52419 [in Russ.]

2.Orlova, T. V. Complex analysis of accumulation of heavy metals by plants [Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ"]. 2017; 7: 94-99 [in Russ.]

3.Xu D, Shen Z, Dou C, Dou Z, Li Y, Gao Y, et al. Effects of soil properties on heavy metal bioavailability and accumulation in crop grains under different farmland use patterns. Sci Rep 2022; 12 (1). doi 10.1038/s41598-022-13140-1.

4.Rezapour S, Siavash Moghaddam S, Nouri A, Khosravi Aqdam K. Urbanization influences the distribution, enrichment, and ecological health risk of heavy metals in croplands. Sci Rep 2022; 12 (1). doi 10.1038/s41598-022-07789-x.

5.Ramlan, Basir-Cyio M, Napitupulu M, Inoue T, Anshary A, Mahfudz, et al. Pollution and contamination level of Cu, Cd, and Hg heavy metals in soil and food crop. Int J Environ Sci Technol 2022;19 (3): 1153-1164. doi 10.1007/s13762-021-03345-8.