

УДК 546.56:636.082:619:636.22

АССОЦИАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЛКОВОГО ОБМЕНА С УРОВНЕМ СВИНЦА В ОРГАНАХ И МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ МЯСНОГО СКОТА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

К. Н. Нарожных

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: narozhnykh@nsau.edu.ru

Ключевые слова: герефордская порода, свинец, белковый обмен, Западная Сибирь

Реферат. Установлены среднепопуляционные уровни белкового обмена у быков в возрасте 18 месяцев, которые могут быть приняты в качестве ориентировочных значений для герефордской породы в условиях Западной Сибири. Выявлены положительные корреляции между биохимическими показателями белкового обмена и содержанием свинца в мышцах, семенниках, селезенке, сердце и легких. Анализ органов и мышечной ткани на содержание свинца проводился методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрофотометре Shimadzu AA-7000. Биохимические показатели определяли на биохимическом полуавтоматическом анализаторе Photometer 5010. Проведена оценка биохимических параметров белкового обмена. Концентрации общего белка, альбуминов, мочевины, мочевой кислоты и креатинина были в пределах физиологической нормы. Выявлены значительные положительные корреляции между содержанием свинца в легких, мышцах, селезенке, семенниках и сердце с показателями белкового обмена.

FACTORS OF PROTEIN TURNOVER WITH LEAD IN MUSCULAR TISSUE OF MEAT CATTLE IN WESTERN SIBERIA

Narozhnykh K.N.

¹Novosibirsk State Agrarian University

Key words: Hereford breed, lead, protein metabolism, Western Siberia.

Abstract. The authors found out average population levels of protein metabolism of the bulls aged 18 months. These parameters can be used as guide values for Hereford cattle in western Siberia. The paper speaks about positive correlations between biochemical parameters of protein metabolism and concentration of lead in muscles, spermaries, spleen, heart and lungs. The authors analyzed the organs and muscle tissue on lead concentration by means of atomic absorption spectrometry on spectrophotometer Shimadzu AA-7000. The researchers defined biochemical parameters on biochemical analyzer Photometer 5010. The authors assessed biochemical parameters of protein metabolism where concentration of crude protein, albumens, BUN, uric acid and creatinine was within physiological standards. The researchers observed positive correlations between the concentration of lead in lungs, muscles, spleen, spermaries and heart with parameters of protein metabolism.

Белки в организме животных принимают участие в обмене веществ, катализируют протекание биохимических реакций, выполняют структурную функцию, создавая цитоскелет, поддерживающий форму клеток, участвуют в иммунном ответе и клеточном цикле [1].

Свинец и ряд других тяжелых металлов относятся к токсичным элементам и представляют опасность для здоровья животных и человека [2–11]. Токсикоз, вызванный свинцом, является одним из наиболее распростра-

ненных отравлений у сельскохозяйственных животных [12]. Свинец оказывает негативное влияние на все биологические системы, поэтому его можно рассматривать в качестве одного из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды в результате антропогенного воздействия [13]. Свинец был признан токсичным для животных более 100 лет назад, и даже сублетальные его уровни могут вызвать иммунологические и неврологические проблемы, биохимические и поведенческие изменения

и физиологические расстройства, которые могут повлиять на иммунный ответ и воспроизводительную функцию организма [14].

На молекулярном уровне механизмы токсичности свинца включают в себя способность приводить к ингибированию кальция или имитировать его действие и взаимодействовать с белками, в том числе с аминами, фосфатами, сульфгидрильными и карбоксильными группами [15]. Свинец токсичен для различных органов и систем: нервной, сердечно-сосудистой, иммунной [16, 17]. Его избыток может приводить к развитию нейродегенеративных заболеваний и снижению когнитивных функций [10], нарушению функции почек [18], а также отрицательно влиять на течение и исход беременности [19]. Для производства экологически безопасной продукции в Западной Сибири проводят постоянный мониторинг уровня тяжелых металлов в почве, воде, растениях, органах и тканях сельскохозяйственных животных [20–32].

Цель работы – выявление ассоциации уровня свинца в органах и мышечной ткани крупного рогатого скота с показателями белкового обмена.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для анализа было взято около 300 проб органов, мышечной ткани и крови от 31 быка герефордской породы, выращенного в условиях Западной Сибири. На момент убоя животные были клинически здоровы. Пробы отбирали сразу после забоя. От каждого животного было взято 100 г мышц, почек, селезенки, сердца, семенников и мышечной ткани в области диафрагмы. Отобранные пробы были заморожены в день убоя и до анализа хранились при температуре -24°C . Венозная кровь была взята из яремной вены. Затем кровь была центрифугирована в течение 15 мин при 3000 оборотах. Полученная сыворотка использовалась для биохимического анализа. В крови были определены следующие показатели белкового обмена: общий белок, альбумины, глобулины, мочевины, мо-

чевая кислота и креатенин. Биохимические исследования сыворотки крови проводили с использованием реактивов фирмы «Вектор-Бест» (Россия, Новосибирская область, р.п. Кольцово) и «Ольвекс-Диагностикум» (Санкт-Петербург, Россия), на биохимическом полуавтоматическом анализаторе Photometer 5010 (Robert Riele GmbH & Co KG, Германия).

Концентрацию свинца в органах и мышечной ткани определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре Shimadzu AA-7000 (Япония). Пробоподготовку проводили способом сухой минерализации. Пробу массой 100 г гомогенизировали и высушивали при температуре $60\text{--}70^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы. Затем из полученного остатка брали навеску 3 г, которую озоляли в муфельной печи при 250°C , повышая затем температуру на 50°C через каждые 30 мин до 450°C , продолжительность озоления составляла примерно 2–3 ч до получения серой золы. Зольный остаток обрабатывали азотной кислотой и высушивали на электрической плитке до получения золы белого цвета. Затем этот остаток разводили в 25 мл бидистиллированной воды. Полученный раствор использовали для анализа.

Исходные данные по содержанию железа были протестированы на нормальность распределения с помощью критерия Шапиро-Уилка. В итоге распределение некоторых признаков не соответствовало нормальному, поэтому мы использовали формулу для вычисления показателей описательной статистики, предложенную для небольших выборок с ненормальным распределением [33]:

$$\bar{x} \approx \frac{a + 2m + b}{4} + \frac{a - 2n + b}{4n};$$

$$S^2 \approx \frac{1}{n-1} \left(a^2 + m^2 + b^2 + \left(\frac{n-3}{2} \right) \frac{(a+m)^2 + (m+b)^2}{4} - n \left(\frac{a + 2m + b}{4} + \frac{a - 2n + b}{4n} \right)^2 \right),$$

где n – величина выборки; a – минимальное значение признака; b – максимальное значение признака; m – медиана; S^2 – дисперсия.

Определение ассоциаций между показателями белкового обмена и концентрацией

свинца в органах и мышечной ткани определяли при помощи рангового коэффициента корреляции Кендалла (τ).

Статистическую анализ полученных результатов рассчитывали на персональном компьютере с использованием программного обеспечения STATISTICA и Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В зоне разведения герефордского скота не выявлено превышения предельно допустимой концентрации (ПДК) по тяжелым металлам

[27]. Биохимические показатели белкового обмена представлены в табл. 1. Установлена высокая изменчивость уровня глобулинов и креатинина. Уровень альбуминов, общего белка и содержание конечных продуктов белкового обмена, таких как мочевины и мочевая кислота, не превышали физиологической нормы для крупного рогатого скота. Однако у отдельных животных отмечалось его содержание как выше, так и ниже референтных значений [34]. Низкая индивидуальная изменчивость была характерна для общего белка и альбуминов, а для глобулинов – высокая.

Таблица 1

Некоторые биохимические параметры белкового обмена
Some biochemical parameters of protein metabolism

Показатель	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	σ	Lim	Отношение крайних вариантов
Общий белок, г/л	74,3±3,9	21,6	38,4–117,2	1:3,1
Альбумины, г/л	36,7±2,1	11,7	15,2–57,8	1:3,8
Глобулины, г/л	39,1±4,0	21,6	3,3–83,1	1:25,2
Мочевина, ммоль/л	7,1±0,5	2,9	2,5–13,0	1:5,2
Мочевая кислота, ммоль/л	202,7±21,7	120,7	55,6–488,7	1:8,8
Креатинин, мкмоль/л	155,3±19,4	142,4	62,1–298,3	1:4,8

Уровень свинца в селезенке достигал максимальных значений (0,155±0,014 мг/кг), а концентрация этого элемента в почках (0,042±0,005 мг/кг) и сердце (0,055±0,009 мг/кг) была минимальной. В целом для свинца характерна высокая индивидуальная вариация в органах и мышечной ткани, наибольшей изменчивость была в сердце, почках и семенниках, а минимальной – в скелетной мускулатуре. Содержание свинца в органах и тканях было значительно ниже ПДК [35].

В легких, мышцах, селезенке, семенниках и сердце установлены положительные ассоциации свинца с показателями белкового обмена (табл. 2). Так, выявлена средняя положительная ранговая корреляция концентрации общего белка и свинца в сердце и мышечной ткани.

Схожие результаты были получены в эксперименте на крысах, которые были подвергнуты воздействию высоких концентраций свинца, вследствие чего у них наблюдалось значительное увеличение уровня общего белка, IgE и гистамина в легких [18]. Уровень альбуминов коррелировал с концентрацией свинца в семенниках. Возможно, это связано с защитными механизмами организма, так как воспроизводительная система является важной с точки зрения сохранения вида в процессе эволюции. Поэтому уровень альбуминов повышается при попадании высоких доз свинца. Рост концентрации свинца в селезенке ведет к увеличению количества глобулинов в крови, что может указывать на силу иммунного ответа организма на действие токсического агента.

Таблица 2

Ассоциация уровня свинца в органах герефордского скота с биохимическими показателями белкового обмена
Relation between the concentration of lead in the organs of Hereford cattle and biochemical parameters of protein metabolism

Коррелирующие признаки	τ	Коррелирующие признаки	τ
Общий белок – Pb мышцы	0,29*	Креатинин – Pb легкие	0,38*
Общий белок – Pb сердце	0,37*	Глобулины – Pb селезенка	0,27*
Креатинин – Pb семенники	0,37*	Альбумины – Pb семенники	0,31*

* $P < 0,05$

Выявлены положительные корреляции между уровнем креатинина и содержанием свинца в легких и семенниках. Ранее в эксперименте на мышах, которые получали высокие дозы свинца (200–400 мг/кг) с кормом, также было зафиксировано увеличение креатинина в сравнении с контролем [36]. Вместе с этим общий белок и альбумины у животных в данном исследовании снижались, в отличие от полученных нами данных. Причиной этого могут быть высокие дозы свинца, введенные мышам с кормом, и межвидовые различия в физиологии животных. Некоторые биохимические, генетические и химические показатели могут быть использованы в качестве маркеров накопления поллютантов в органах и тканях животных [37–41].

ВЫВОДЫ

1. Установлены среднепопуляционные уровни белкового обмена у быков в возрасте 18 месяцев, которые могут быть приняты в качестве ориентировочных значений для герефордской породы в условиях Западной Сибири.

2. Аккумуляция свинца в легких, мышцах, селезенке, семенниках и сердце приводила к изменениям некоторых параметров белкового обмена.

3. Выявлены связи биохимических показателей (общий белок, альбумины, глобулины и креатинин) с уровнем свинца в семенниках, легких, мышцах, селезенке и сердце, которые можно использовать в селекционной работе.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 15–16–30003).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Goudoever J. B., Matthews D. E. General concepts of protein metabolism / Fetal and neonatal physiology. – 2017. – P. 436–444. – DOI: 10.1016/B978-0-323-35214-7.00044-5.
2. Ефанова Ю. В., Нарожных К. Н., Короткевич О. С. Содержание марганца в некоторых органах бычков герефордской породы // Зоотехния. – 2013. – № 4. – С. 18.
3. 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.
4. Нарожных К. Н., Стрижкова М. В., Коновалова Т. В. Межпородные различия по уровню макро- и микроэлементов в мышечной ткани крупного рогатого скота Западной Сибири // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2–10. – С. 2158–2163.
5. Нарожных К. Н. Содержание, изменчивость и корреляция химических элементов в волосе герефордского скота // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2014. – № 4. – С. 74–78.
6. Генофонд и фенофонд сибирской северной породы и сибирской чернопестрой породной группы свиней / В. Л. Петухов, В. Н. Тихонов, А. И. Желтиков [и др.] – Новосибирск: НГАУ, 2012. – 579 с.
7. The content of lead in some organs and tissues of Hereford bull-calves / K. N. Narozhnyh, Y. V. Efanova, V. L. Petukhov [et al.] // 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 23–27 September 2012. – Rome (Italy). – 2013. – DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130115003>.
8. Siddiqui M. F., Rajurkar G. R. Lead -An Emerging threat to livestock // Veterinary World. – 2008. – Vol. 1 (7). – P. 213–216.
9. Longitudinal associations between lead dose and renal function in lead workers / V. M. Weaver, M. Griswold, A. C. Todd [et al.] // Environ Res. – 2009. – Vol. 109 (1). – P. 101–107.
10. Cumulative lead exposure and prospective change in cognition among elderly men: the VA Normative Aging Study / M. G. Weisskopf, R. O. Wright, J. Schwartz [et al.] // Am. J. Epidemiol. – 2004. – 160 (12). – P. 1184–1193.
11. Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves / O. A. Zaiko, V. L. Petukhov, T. V. Konvalova [et al.] // 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract. – 2014. – P. 76.
12. Veterinary medicine / O. M. Radostits, C. C. Gray, D. C. Blood [et al.] – WB Saunders Co., 2000. – 1575 p.

13. *Patra R. C., Swarup D.* Effect of lead on erythrocytic antioxidant defense, lipid peroxide level and thiol groups in calves // *Research of Veterinary Science.* – 2000. – Vol. 68. – P. 71–74.
14. *Pain D., Fisher I. J., Thomas V. G.* A global update of lead poisoning in terrestrial birds from ammunition sources // *R. T. Watson, M. Fuller, M. Pokras, W. G. Hunt, edit. Ingestion of lead from spent ammunition: Implications for wildlife and humans.* – The Peregrine Fund, 2009. – P. 99–118.
15. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR).* Toxicological profile for lead. – Atlanta: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2005.
16. *Bellinger D. C.* Very low lead exposures and children's neurodevelopment // *Current opinion in pediatrics.* – 2008. – Vol. 20 (2). – P. 172–177.
17. *Lead exposure and cardiovascular disease-A systematic review / A. Navas-Acien, E. Guallar, E. K. Silbergeld [et al.]* // *Environ. Health Perspect.* – 2007. – Vol. 115 (3). – P. 472–482.
18. *Farkhondeh T., Samarghandian S., Azimi-Nezhad M.* The effect of lead exposure on some inflammatory biomarkers of lung lavage fluid in rats // *Toxin Reviews*, 2016. – Vol. 34 (1). – P. 1–4. – DOI: 10.1080/15569543.2016.1258712
19. *Andrews K. W., Savitz D. A., Hertz-Picciotto I.* Prenatal lead exposure in relation to gestational age and birth weight: A review of epidemiologic studies // *American Journal of Industrial Medicine.* – 1994. – Vol. 26 (1) – P. 13–32.
20. *Закономерности аккумуляции тяжелых металлов в легких бычков герефордской породы в Западной Сибири [Электрон. ресурс] / К. Н. Нарожных, Т. В. Коновалова, О. С. Короткевич [и др.]* // *Современные проблемы науки и образования.* – 2014. – № 6. – Режим доступа: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17057>. – (Дата обращения: 03.05.2017).
21. *Нарожных К. Н., Коновалова Т. В., Короткевич О. С.* Корреляция убойной массы и содержания тяжелых металлов в органах бычков герефордской породы // *Главный зоотехник.* – 2015. – № 3. – С. 37–42.
22. *Сысо А. И.* Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 277 с.
23. *Сысо А. И.* Российские нормативы оценки качества почв и кормов: проблемы их использования // *Материалы Междунар. шк. молодых ученых «Экологический мониторинг окружающей среды».* – Новосибирск: НГАУ, 2016. – С. 153–168.
24. *Single nucleotide polymorphism in dairy cattle populations of West Siberia / O. S. Korotkevich, M. P. Lyukhanov, V. L. Petukhov [et. al.]* // *Proceeding of the 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production.* – 2014. – P. 487.
25. *Content of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia / O. S. Korotkevich, V. L. Petukhov, O. I. Sebezheko [et al.]* // *Russian Agricultural Sciences.* – 2014. – Vol. 40, № 3. – P. 195–197.
26. *Radionuclides accumulation in milk and its products / N. I. Marmuleva, E. Ya. Barinov, V. L. Petukhov* // *Journal De Physique.* – 2003. – Vol. 107 (I). – P. 827–829.
27. *Cadmium accumulation in soil, fodder, grain, organs and muscle tissue of cattle in West Siberia (Russia) / K. N. Narozhnykh, T. V. Konovalova, V. L. Petukhov [et al.]* // *IJABR.* – 2016. – Vol. 7 (4). – P. 1758–1764.
28. *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.]* // *RJPBCS.* – 2016. – Vol. 7 (4). – P. 2458–2464.
29. *Effect of copper on biological and productive parameters of laying hens / V. L. Petukhov, I. A. Afonina, E. S. Kleptsyna [et al.]* // *RJPBCS.* – 2016. – Vol. 7 (4). – P. 3250–3257.
30. *Cadmium level in soil, coarse fodder, organs and tissue of cattle West Siberia / V. L. Petukhov, A. I. Syso, K. N. Narozhnykh [et al.]* // *18th International Conference on Heavy Metals in the Environment 12 to 15 September 2016c, Ghent, Belgium.* – URL: <https://ojs.ugent.be/ichmet> – (Дата обращения: 01.03.2017).
31. *Petukhova T. V.* Content of heavy metals in the muscle tissue of cattle // *16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 23–27 September 2012. – Rome (Italy), 2013.* – DOI:10.1051/e3sconf/201301115002.
32. *Cadmium content variability in organs of west siberian hereford bull-calves / V. L. Petukhov, K. N. Narozhnykh, T. V. Konovalova [et al.]* // *17th International Conference of Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract.* – 2014. – P. 74.

33. Hozo S. P., Djulbegovic B., Hozo I. Estimating the mean and variance from the median, range, and the size of a sample [Electronic resours] // BMC Medical Research Methodology, 2005. – Vol. 5 – P. 13. – URL: <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2288-5-13>.
34. Кондрахин И.П., Левченко В.И., Таланов Г.А. Справочник ветеринарного терапевта и токсиколога. – М.: Колос, 2005. – 544 с.
35. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.3.2.1078–01. – М.: РИТ ЭКСПРЕСС, 2002. – 216 с.
36. Haemato-biochemical alterations as biomarkers of lead induced toxicity in male wistar rats / B. S. Okediran, O. B. Kasali, S. O. Omotainse [et al.] // Bangladesh Journal of Veterinary Medicine. – 2017. – Vol. 14 (2). – P. 227–232.
37. Особенности накопления и корреляции тяжелых металлов в чешуе судака Новосибирского водохранилища / И. С. Миллер, Т. В. Коновалова, О. С. Короткевич [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9. – С. 2469–2473.
38. Способ определения содержания меди в мышечной ткани рыбы: пат. на изобретение RUS № 2555518 / О. С. Короткевич, И. С. Миллер, Т. В. Коновалова [и др.]. – 2014.
39. Способ определения содержания кадмия в мышечной ткани крупного рогатого скота: пат. на изобретение RUS 2426119 / В. Л. Петухов, О. С. Короткевич, А. И. Желтиков, Т. В. Петухова. – 2010.
40. Способ определения содержания свинца в органах крупного рогатого скота: пат. на изобретение RUS № 2421726 / В. Л. Петухов, О. С. Короткевич, М. В. Стрижкова [и др.]. – 2010.
41. Способ оценки кадмия в печени и легких крупного рогатого скота: пат. на изобретение RUS 2548774 / О. С. Короткевич, К. Н. Нарожных, Т. В. Коновалова [и др.] – 2014.

REFERENCES

1. Goudoever J.B., Matthews D.E. In book: *Fetal and neonatal physiology*, 2017, pp. 436–444. DOI: 10.1016/B978-0-323-35214-7.00044-5
2. Efanova Yu. V., Narozhnykh K. N., Korotkevich O. S. *Zootekhnika*, 2013, No. 4, pp. 18. (In Russ.)
3. Efanova Yu. V., Narozhnykh K. N., Korotkevich O. S. *Glavnyi zootekhnik*, 2012, No. 11, pp. 30–33. (In Russ.)
4. Narozhnykh K. N., Strizhkova M. V., Konovalova T. V. *Mezhporodnye Fundamental'nye issledovaniya*, 2015, No. 10, pp. 2158–2163. (In Russ.)
5. Narozhnykh K. N. *Sibirskii vestnik s. – kh. nauki*, 2014, No. 4, pp. 74–78. (In Russ.)
6. Petukhov V. L., Korotkevich O. S., Tikhonov V. N., Zheltikov A. I. Korotkevich O. S., Kamaldinov E. V., *Genofond i fenofond sibirskoy i sibirskoy cherno-pestroj porodnoj gruppy svinej* (Gene and phene pools of Siberian Nothern breed and Siberian Black-and-White breed group of pigs), Novosibirsk: OOO Izdatel'skiy dom Prometej, 2012, 579 p.
7. K. N. Narozhnyh, Y. V. Efanova, V. L. Petukhov Proceeding of 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, September 23–27, 2012, Rome, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3s-conf/20130115003>.
8. Siddiqui M. F., Rajurkar G. R. *Veterinary World*, 2008, No. 7 (1), pp. 213–216.
9. Weaver V. M., Griswold M., *Environ Res.*, 2009, No. 1 (109), pp. 101–107.
10. Weisskopf M. G., Wright R. O., Schwartz J. *Am. J. Epidemiol.*, 2004, No. 160 (12), pp. 1184–1193.
11. Zaiko O. A., Petukhov V. L., Konovalova T. V. *Proceeding of 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract*, 2014, 76 p.
12. Radostits O. M., Gray C. C., Blood D. C. *Veterinary medicine*, 2000, WB Saunders Co, 1575 p.
13. Patra R. C., Swarup D. *Research of Veterinary Science*, 2000, Vol. 68, pp. 71–74.
14. Pain D., Fisher I. J., Thomas V. G. *Implications for wildlife and humans*, 2009, pp. 99–118.
15. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Toxicological profile for lead, Atlanta: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2005.
16. Bellinger D. C. *Current opinion in pediatrics*, 2008, No. 2 (20), pp. 172–177.
17. Navas-Acien A., Guallar E., Silbergeld E. K. *Environ. Health Perspect.*, 2007, Vol. 3 (115), pp. 472–482.

18. Farkhondeh T., Samarghandian S. *Toxin Reviews*, 2016, No. 1 (34), pp. 1–4. DOI: 10.1080/15569543.2016.1258712
19. Andrews K. W., Savitz D. A., Hertz-Picciotto I. *American Journal of Industrial Medicine*, 1994, No. 1 (26), pp. 13–32.
20. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Korotkevich O. S. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, No. 6, URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17057> (Available at: 03.05.2017).
21. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Korotkevich O. S. *Glavnyi zootekhnik*, 2015, No. 3, pp. 37–42. (In Russ.)
22. Syso A. I. *Zakonomernosti raspredeleniya khimicheskikh elementov v pochvoobrazuyushchikh porodakh i pochvakh Zapadnoi Sibiri* Syso A. I. (Regularities in the distribution of chemical elements in soil-forming rocks and soils in Western Siberia), Novosibirsk: Izdatel'stvo SO RAN, 2007, 277 p.
23. Syso A. I. *Ekologicheskii monitoring okruzhayushchei sredy* (Environmental monitoring of the environment) Proceedings of the International School of Young Scientists Novosibirsk: NGAU, 2016, pp. 153–168. (In Russ.)
24. Korotkevich O. S., Lyukhanov M. P., Petukhov V. L. Proceeding of the 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 2014, 487 p.
25. Korotkevich O. S., Petukhov V. L., Sebezshko O. I. *Russian Agricultural Sciences*, 2014, No. 3 (40), pp. 195–197. (In Russ.)
26. Marmuleva N. I., Barinov E. Ya., Petukhov V. L. *Journal De Physique. IV: JP*, 2003, Vol. 107, pp. 827–829.
27. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Petukhov V. L. *IJABR*, 2016, No. 4 (7), pp. 1758–1764.
28. Petukhov V. L., Syso A. I., Narozhnykh K. N. *RJPBCS*, 2016, No. 4 (7), pp. 2458–2464.
29. Petukhov V. L., Afonina I. A., Kleptsyna E. S. *RJPBCS*, 2016, No. 4 (7), pp. 3250–3257.
30. V. L. Petukhov, A. I. Syso, K. N. Narozhnykh Proceeding of 18th International Conference on Heavy Metals in the Environment, September 12–15, 2016, Ghent. Available at: <https://ojs.ugent.be/ichmet> (March 01.2017)
31. Petukhova T. V. *Proceeding of 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment*, 23–27 September 2012, Rome, 2013. DOI:10.1051/e3sconf/201301115002.
32. V. L. Petukhov, K. N. Narozhnykh, T. V. Konovalova *Proceeding of 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment*, Paper of Abstract, 2014, 74 p.
33. Hozo S. P., Djulbegovic B., Hozo I. *BMC Medical Research Methodology*, 2005, Vol. 5, 13 p. Available at: <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2288-5-13>
34. Kondrakhin I. P., Levchenko V. I., Talanov Y. G. A. *Spravochnik veterinarnogo terapevta i toksikologa* (Directory of the veterinary therapist and toxicologist), Moscow: Kolos, 2005, 544 p.
35. *Prodovol'stvennoe syr'e i pishchevye produkty. Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoi tsennosti pishchevykh produktov. Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy: SanPiN 2.3.2.1078-01* (Food raw materials and food products. Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food. Sanitary-epidemiological rules and standards: SanPiN 2.3.2.1078-01), Moscow: ZAO RIT EKSPRESS, 2002, 216 p.
36. Okediran B. S., Kasali O. B., Omotainse S. O. *Bangladesh Journal of Veterinary Medicine*, 2017, No. 2 (14), pp. 227–232.
37. Miller I. S., Konovalova T. V., Korotkevich O. S. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, No. 9, pp. 2469–2473. (In Russ.)
38. Korotkevich O. S., Miller I. S., Konovalova T. V. *Patent na izobretenie* RUS № 2555518, 28.07.2014.
39. Petukhov V. L., Korotkevich O. S., Zheltikov A. I., Petukhova T. V. *Patent na izobretenie* RUS 2426119, 24.03.2010.
40. Petukhov V. L., Korotkevich O. S., Strizhkova M. V. *Patent na izobretenie* RUS № 2421726, 08.04.2010.
41. Korotkevich O. S., Narozhnykh K. N., Konovalova T. V. *Patent na izobretenie* RUS 2548774, 25.03.2014.