

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ АККУМУЛЯЦИИ, ИЗМЕНЧИВОСТИ И СОПРЯЖЕННОСТИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПЕЧЕНИ ЖИВОТНЫХ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ

Нарожных К.Н.<sup>1</sup>, Петухов В.Л.<sup>1</sup>, Короткевич О.С.<sup>1</sup>, Себежко О.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет», Новосибирск, Россия (630039, Новосибирск, ул. Добролюбова 160), e-mail: nkn.88@mail.ru

Исследовано содержание свинца, кадмия, цинка и меди в печени у быков герифордской породы в возрасте 18 месяцев, выращенных в экологически чистой зоне на территории Западной Сибири. Количество тяжелых металлов в печени определяли на атомно-абсорбционных спектрометрах Shimadzu AA-7000 и Perkin Elmer 360. Для анализа были взяты пробы печени от 30 клинически здоровых животных герифордской породы. В печени скота установлено среднее значение концентрации кадмия ( $0,038 \pm 0,002$  мг/кг) свинца ( $0,130 \pm 0,012$  мг/кг), меди ( $0,130 \pm 0,012$  мг/кг) и цинка ( $0,130 \pm 0,012$  мг/кг). Уровень кадмия и свинца в печени не превышал предельно допустимых значений. Фенотипическая изменчивость цинка и кадмия была относительно низкой. В то же время высокая индивидуальная вариация была характерна для свинца и меди. Выявлены разнонаправленные ранговые корреляции между парами элементов кадмий – натрий ( $\tau = -0,48$ ), кадмий – марганец ( $\tau = 0,49$ ), кадмий – железо ( $\tau = -0,41$ ) и цинк – натрий ( $\tau = 0,30$ )

Ключевые слова: герифордская порода, тяжелые металлы, печень, быки.

## REGULARITIES OF ACCUMULATION, VARIABILITY AND CORRELATION OF HEAVY METALS IN THE LIVER OF HEREFORD ANIMALS

Narozhnyh K.N.<sup>1</sup>, Petuhov V.L.<sup>1</sup>, Korotkevich O.S.<sup>1</sup>, Sebezko O.I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>FGBOU VO «Novosibirsk State Agrarian University», Novosibirsk, Russia (630039, Novosibirsk, ul. Dobroljubova 160), e-mail: nkn.88@mail.ru

The content of plumbum, cadmium, zinc and copper in the liver of 18 month old Hereford bulls grown in ecologically clean area of Western Siberia was investigated in the present study. The heavy metal content in the liver was determined on the atomic absorption spectrometer Shimadzu AA-7000 and Perkin Elmer 360. For the analysis of liver samples were collected from 30 clinically healthy animals Hereford. In the liver of animals found mean concentration of cadmium ( $0.038 \pm 0.002$  mg / kg) of lead ( $0,130 \pm 0,012$  mg / kg), copper ( $0,130 \pm 0,012$  mg / kg) and zinc ( $0.130 \pm 0,012$ mg / kg). The level of cadmium and lead in the liver does not exceed the limit values. Phenotypic variability of zinc and cadmium was relatively low. At the same time, the high individual variation was typical for lead and copper. Revealed multidirectional rank correlations between pairs of elements of cadmium - sodium ( $\tau = -0,48$ ), cadmium - manganese ( $\tau = 0,49$ ), cadmium - iron ( $\tau = -0,41$ ) and zinc - sodium ( $\tau = 0, thirty$ )

Keywords: Hereford, heavy metals, liver, bulls.

Животноводство – важнейшая отрасль сельского хозяйства. Оно занимает ведущее место в народнохозяйственном комплексе России. От уровня его развития во многом зависит способность удовлетворения первоочередных материальных потребностей общества и продуктовая безопасность, так как главная задача животноводства – производство необходимого количества продуктов питания для населения и сырья для промышленности [7-10, 18, 19, 27,36]. Актуальность экомониторинга заключается в том, что поступление значительной части токсикантов в организм человека в основном происходит по системе: почва – растение (корм, рацион) – животное – продукт животноводства – человек [30, 31, 41]. А значит, основным путём поступления тяжелых металлов в организм человека служат

пищевые продукты [35, 37, 39, 40]. Существуют межпородные и межвидовые различия в аккумуляции тяжелых металлов в различных органах и тканях животных [2-7, 26].

Тяжелыми металлами по классификации Н.Ф. Реймерса считаются металлы с плотностью более 8 г/см<sup>3</sup>. К ним относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева. Комиссия ВОЗ (1980) по пищевому кодексу включила восемь из них (Hg, Cd, Pb, Cu, As, Sr, Zn, Fe) в список компонентов, концентрация которых должна контролироваться при международной торговле продуктами питания [20]. Поэтому важно прижизненное определение тяжелых металлов в органах и тканях разных видов животных [11-13, 21-25].

Цель работы – определить закономерности накопления, изменчивость и сопряженность между тяжелыми металлами в печени крупного рогатого скота герефордской породы и установить их среднее популяционное значение.

### **Объекты и методы исследования**

Исследование проведено на базе биохимической лаборатории СибНИПТИЖ. Для анализа были отобрано 30 образцов печени от быков герефордской породы в возрасте 17-18 месяцев, выращенных на территории Западной Сибири. Все животные на момент убоя были клинически здоровы. Содержание химических элементов определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометрах Shimadzu AA-7000 (Япония) и Perkin Elmer 360 (США) по ГОСТам. Полученные данные были обработаны с помощью методов описательной статистики с использованием программы STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc., США) на персональном компьютере. Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Шапиро-Уилка (W). Сопряженность между признаками оценивали с помощью коэффициента корреляции Пирсона и коэффициента ранговой корреляции Тау Кендела для непараметрических признаков.

### **Результаты исследования**

Данные по содержанию и изменчивости тяжелых металлов в печени быков герефордской породы представлены в таблице 1. Полученные результаты были протестированы на нормальность распределения, для этого был использован критерий Шапиро-Уилка. Распределение представленных элементов соответствовало нормальному ( $p > 0,95$ ). В печени бычков больше всех элементов аккумулируется – цинк, а менее всего – кадмий. Содержания кадмия и свинца в печени значительно ниже ПДК (СанПиН 2.3.2.1078-01) для Cd и Pb в печени (0,3 и 0,6 мг/кг). Соотношение тяжелых металлов можно представить в виде сравнения  $Zn > Cu$  и  $Pb > Cd$  в соотношении 1,5:1 и 3,4:1 соответственно. Высокая фенотипическая изменчивость отмечается у свинца и меди. Индивидуальная изменчивость уровня кадмия и цинка была относительно низкой.

**Таблица 1**

Содержание тяжелых металлов в печени, мг/кг

Химический элемент	n	$\bar{X} \pm S_x$	95% ДИ для среднего	$\sigma$	$C_v$	Lim
Cd	28	0,038±0,002	0,034-0,041	0,008	22,3	0,024-0,062
Pb	30	0,130±0,012	0,105-0,155	0,07	51,2	0,043-0,318
Cu	30	27,3±2,4	22,3-32,2	13,2	48,4	4,4-53,7
Zn	27	41,5±1,2	39,1-43,9	6,2	14,8	31,1- 51,9

В печени между концентрацией Cd, Pb, Cu и Zn не установлено достоверных корреляций. Однако были выявлены положительные ранговые корреляции Кендалла уровня кадмия с концентрацией натрия, железа и отрицательная с марганцем, а также установлена прямая связь между содержанием цинка и натрия (табл. 2).

**Таблица 2**

Корреляция между химическими элементами в печени

Коррелирующие признаки	$\tau$	Коррелирующие признаки	$\tau$
Cd – Na	-0,48**	Cd – Mn	0,49**
Cd – Fe	-0,41**	Zn – Na	0,30*

\*P<0,05; \*\*P<0,01;

Отрицательная корреляция между кадмием и железом подтверждает данные литературы о наличии отрицательной связи между ними [28]. Установлено что происходит увеличение всасывания кадмия в тонком отделе кишечника от 5% до 20% при снижении концентрации железа в организме [42]. Благодаря защитной функции железа, абсорбция кадмия в кишечника может уменьшаться до 80% [32].

**Обсуждение результатов**

Определение содержания тяжелых металлов в органах и тканях животных имеет большое значение для оценки потенциального воздействия загрязняющих веществ человека [14-17].

Результаты нашего исследования по содержанию кадмия в печени были ниже (P<0,001), чем концентрация Cd в печени крупного рогатого скота в Тюменской области (0,02 - 0,05 мг/кг) [1]. Выявленные уровни кадмия в печени скота в Словакии были еще более высокими 0,07-0,39 мг/кг [34]. Zasadowski и др. также определили содержание кадмия в печени у крупного рогатого скота в разном возрасте из регионов Вармии и Мазур в Польше [43]. В результате у животных в возрасте до двух лет в печени содержалось 0,159 мг/кг, а у животных старше двух лет – 0,267 мг/кг, что значительно выше наших показателей (P<0,001). Результаты эксперимента говорят о значительном (в 1,5 раза) увеличении концентрации кадмия в печени (P<0,001) в зависимости от возраста животных.

Содержание свинца в нашем опыте была ниже, чем у других авторов. Так, в Уральском федеральном округе у коров в печени концентрация свинца составила 0,30 мг/кг [1]. У крупного рогатого скота в Нигерии содержание свинца в печени  $0,08 \pm 0,24$  мг/кг [33], а в другом эксперименте в этой стране были исследован скот в различные периоды онтогенеза. У животных в возрасте до двух лет содержание свинца в печени было  $0,614 \pm 0,896$  мг/кг, в возрасте от 3 до 5 лет –  $0,312 \pm 0,325$  мг/кг, в возрасте 6-8 лет –  $0,291 \pm 0,161$  мг/кг и у животных старше 9 лет –  $0,268 \pm 0,210$  мг/кг [29]. По данным Kogenekova и др. содержание свинца печени у крупного рогатого скота, выращенного в окрестностях металлургического завода в восточной Словакии, находилось в пределах 0,5-1,1 мг/кг [34].

Значение уровня меди и цинка в печени герефордского скота, полученные нами, бы близки с данными других авторов. Так концентрация меди в печени скота в Испании была 36,5 и 40,2 мг/кг в сельскохозяйственном районе и 26,6 и 36,8 мг/кг в индустриальном [38]. Уровень меди и цинка в печени крупного рогатого скота в Словакии находился в более широких пределах: у меди от 31,1 до 84,1 мг/кг, а у цинка – от 23,7 до 66,5 мг/кг в зависимости от места обитания животных [34].

### **Выводы**

1. Установлены ориентировочные среднепопуляционные значения содержания и их доверительные интервалы для Cd, Pb, Cu и Zn в печени герефордского скота. Полученные данные по содержанию тяжелых металлов в печени можно использовать в качестве ориентировочной нормы для крупного рогатого скота герефордской породы в возрасте 17-18 месяцев в условиях Западной Сибири. Выявлены разнонаправленные корреляции уровня Cd с концентрацией Na, Fe и Mn и Zn с Na в печени.

2. На уровень накопления тяжелых металлов в печени крупного рогатого скота влияли – порода, возраст и экологические условия региона.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-16-30003)*

### **Список литературы**

1. Гаевая Е.В. Содержание тяжелых металлов в организме крупного рогатого скота / Е.В. Гаевая, Е.В. Захарова // Ползуновский вестник, 2011. – № 4-2. – С. 119-121.
2. Ефанова Ю.В. Содержание марганца в некоторых органах бычков герефордской породы / Ю.В. Ефанова, К.Н. Нарожных, О.С. Короткевич // Зоотехния – 2013. – №4. – С. 18.
3. Ефанова Ю.В. Содержание цинка в некоторых органах и мышечной ткани бычков герефордской породы / Ю.В. Ефанова, К.Н. Нарожных, О.С. Короткевич // Главный зоотехник – 2012. – №11. – С. 30-33.

4. Зайко О.А. Влияние генофонда семейств скороспелой мясной породы свиней на аккумуляцию свинца в некоторых органах и тканях / О.А. Зайко, Т.В. Коновалова // Мир, науки, культуры, образования. – 2013. – № 4 (41). – С. 432-433.
5. Зайко О.А. Особенности аккумуляции макро- и микроэлементов в миокарде свиней скороспелой мясной породы / О.А. Зайко, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов // Главный зоотехник. – 2013. – № 6. – С. 35-40.
6. Зайко О.А. Характеристика генофонда линий породы свиней СМ-1 по аккумуляции свинца в органах и тканях / О.А. Зайко, Т.В. Коновалова // Свиноводство. – 2013. – № 8. – С. 11-13.
7. Ильин В.В. Устойчивость красного степного скота Алтайского края к некоторым заболеваниям / В.В. Ильин, А.И. Желтиков, О.С. Короткевич, Т.В. Коновалова // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – №4. С. 65-68.
8. Люханов М.П. Исследование однонуклеотидного полиморфизма SNPS по гену TNFR1 у крупного рогатого скота черно-пестрой породы в Западной Сибири в связи с молочной продуктивностью / М.П. Люханов, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, О.И. Себежко // Зоотехния. – 2015. – № 3. – С. 2-3.
9. Люханов М.П. Связь TNF- у черно-пестрого скота Западной Сибири с показателями молочной продуктивности / М.П. Люханов, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, О.И. Себежко // Главный зоотехник. – 2014. – № 10. – С. 21-26.
10. Нарожных, К.Н. Корреляция убойной массы и содержания тяжелых металлов в органах бычков герефордской породы / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич // Главный зоотехник, 2015. – №3. – С. 37-42.
11. Нарожных К.Н. Межвидовые различия по концентрации тяжелых металлов в производных кожи / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, И.С. Миллер, М.В. Стрижкова, О.А. Зайко, А.В. Назаренко // Фундаментальные исследования, – 2015. – № 2–10. – С. 2158-2163.
12. Нарожных К.Н. Межпородные различия по уровню макро- и микроэлементов в мышечной ткани крупного рогатого скота Западной Сибири / К.Н. Нарожных, М.В. Стрижкова, Т.В. Коновалова // Фундаментальные исследования, – 2015. – № 2–10. – С. 2158-2163.
13. Нарожных К.Н. Особенности аккумуляции и изменчивости некоторых химических элементов в волосе герефордского скота в условиях Западной Сибири / К.Н. Нарожных, А.В. Купцов // Современные проблемы науки и образования, – 2015. – № 1; URL: [www.science-education.ru/121-18279](http://www.science-education.ru/121-18279) (дата обращения: 01.11.2015).

14. Нарожных К. Содержание железа в некоторых органах и мышечной ткани бычков герефордской породы / К. Нарожных, Ю. Ефанова, О. Короткевич, В. Петухов // Молочное и мясное скотоводство. – 2013. – № 1. – С. 24-25.
15. Нарожных, К.Н. Содержание, изменчивость и корреляция химических элементов в волосе герефордского скота / К. Н. Нарожных // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки, 2014. – № 4. – С. 74-78.
16. Нарожных К.Н. Содержание кадмия в некоторых органах и ткани бычков герефордской породы / К.Н. Нарожных, Ю.В. Ефанова, О.С. Короткевич // Мир, науки, культуры, образования. – 2012. – № 4. – С. 315-318.
17. Нарожных К.Н. Содержание меди в некоторых органах и мышечной ткани бычков герефордской породы / К.Н. Нарожных, Ю.В. Ефанова, О.С. Короткевич // Вестник НГАУ, 2013. – № 2 (27). – С. 73-76.
18. Петухов В.Л. Влияние породы на устойчивость крупного рогатого скота к некоторым болезням / В.Л. Петухов, Е.В. Камалдинов, О.С. Короткевич // Главный зоотехник. – 2011. – №1. – С. 10-12.
19. Петухов В.Л. Генофонд и фенотип сибирской северной породы и черно-пестрой породной группы свиней / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, О.С. Короткевич, Е.В. Камалдинов, А.А. Фридчер. Новосибирск, 2012. – 579 с.
20. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: [введ. 01.09.2002]. М.: Минздрав России, 2002. 266 с.
21. Способ определения содержания меди в мышечной ткани рыбы. Короткевич О.С., Миллер И.С., Коновалова Т.В. [и др.] Патент на изобретение RUS 2555518 28.07.2014.
22. Способ определения содержания кадмия в мышечной ткани крупного рогатого скота. Петухов В.Л., Короткевич О.С., Желтиков А.И., Петухова Т.В. Патент на изобретение RUS 2426119 24.03.2010.
23. Способ определения содержания свинца в органах крупного рогатого скота. Петухов В.Л., Короткевич О.С., Стрижкова М.В., Камалдинов Е.В, Себежко О.И., Петухова Т.В.. Патент на изобретение RUS №2421726 08.04.2010.
24. Способ отбора крупного рогатого скота на устойчивость к туберкулезу / Петухов В.Л., Эрнст Л.К., Желтиков А.И., Незавитин А.Г., Короткевич О.С., Петухов И.В., Куликова С.Г. Патент на изобретение RUS 2058733 27.04.1996.
25. Способ оценки кадмия в печени и легких крупного рогатого скота. Короткевич О.С., Нарожных К.Н., Коновалова Т.В. [и др.] Патент на изобретение RUS 2548774 25.03.2014.

26. Стрижкова М.В. Содержание свинца в органах и тканях бычков черно-пестрой породы / М.В. Стрижкова, Т.В. Петухова, О.С. Короткевич // Главный зоотехник. – 2011. – С. 66-68.
27. Фридчер А. А. Хозяйственно полезные качества свиней приобского типа скороспелой мясной породы СМ-1 / А. А. Фридчер, В.Л. Петухов // Сиб. вест. с.-х. науки. – 2010. – № 8. – С. 59-63.
28. Akesson A. Cd exposure in pregnancy and lactation in relation to iron status / A. Akesson, M. Berglund, A. Schutz, P. Bjellerup, K. Bremme, M. Vahter // Am. J. Public. Health, 2002. – Vol. 92. – P. 284-287.
29. Bala, A. Survey of Lead (Pb) Residue in Kidney and Liver of Slaughtered Cattle in Sokoto Central Abattoir, Sokoto State, Nigeria / Bala A., Junaidu A.U., Salihu M.D. [et al.] // J. Vet. Adv., 2012. – 2(3). – P. 132-138.
30. Chysyma R.B. The content of heavy metals in feeds of the Tyva Republic / R.B. Chysyma, V.L. Petukhov, E.E. Kuzmina [et al.] // Journal De Physique. IV: JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment. Editors C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. – 2003. – P. 297-299.
31. Chysyma R.B. Heavy metal concentration in water and soil of different ecological areas of Tyva Republic / R.B. Chysyma, Y.Y. Bakhtin., V.L. Petukhov, G.N. Korotkova, M.L. Kochneva // Journal De Physique. IV :JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment. Editors: C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. – 2003. – С. 301-302.
32. Groten, J.P. Dietary iron lowers the intestinal uptake of cadmium-metallothionein in rats / J.P. Groten, J.B. Luten, P.J. Bladern // Eur. J. Pharmacol., 1992. – Vol. 228. – P. 23-28.
33. Iwegbue C.M.A. Heavy metal composition of livers and kidneys of cattle from southern Nigeria / Iwegbue C.M.A. // Vet. Arhiv, 2008. – Vol. 78. – P. 401-410.
34. Korenekova B. Concentration of some heavy metals in cattle reared in the vicinity of a metallurgic industry / B. Korenekova, M. Skalicka, P. Nad // Veterinarski arhiv, 2002. – Vol. 72(5). – P. 259-267.
35. Korotkevich O.S. Content of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr in the forages of various ecological zones of western siberia / O.S. Korotkevich, V.L. Petukhov, O.I. Sebezhko, Ye.Ye. Barinov, and T.V. Konovalova // Russian Agricultural Sciences, 2014. – Vol.40. – No.3. – pp. 195-197.
36. Korotkevich O.S. Single nucleotide polymorphism in dairy cattle populations of West Siberia / O.S. Korotkevich, M.P. Lyukhanov, V.L. Petukhov, N.S. Yudin, T.V. Konovalova, O.I. Sebezhko, E.V. Kamaldinov // В сборнике: Proceedings of the 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Vancouver, Canada 2014. – P. 487.
37. Marmuleva N.I. Radionuclides accumulation in milk and its products / N.I. Marmuleva, E.Ya. Barinov, V.L.Petukhov // В сборнике: Journal De Physique IV: JP XII International Conference

on Heavy Metals in the Environment. Editors: C. Boutron, C. Ferrari. 2003. Grenoble. – P. 827-829.

38. Miranda, M. Effects of moderate pollution on toxic and trace metal levels in calves from a polluted area in northern Spain / M. Miranda, M. Lopez-Alonso, C. Castillo, J. Hernandez, J.L. Benedito // *Environ Int.*, 2005. – Vol. 31. – P. 543-548.

39. Patrashkov S.A. Content of heavy metals in the hair / S.A. Patrashkov, V.L. Petukhov, O.S. Korotkevich // *Journal De Physique. IV: JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment*. Editors C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. – 2003. – P. 1025-1027.

40. Petukhov V.L. Cs-137 and Sr-90 level in diary products / V.L. Petukhov, Y.A. Dukhanov, I.Z. Sevryuk, S.A. Patrashkov, O.S. Korotkevich, T.S. Gorb, I.V. Petukhov // *Journal De Physique. IV: JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment*. Editors C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. – 2003. – C. 1065-1066.

41. Petukhova T.V. Content of heavy metals in the muscle tissue of cattle / T.V. Petukhova // *E3S Web of Conferences* 1, 15002 (2013). DOI: 10.1051 /e3sconf / 201301115002.

42. Oishi S. Effects of cadmium administration on the endogenous metal balance in rats / S. Oishi, J. Nakagawa, M. Ando // *Biol. Trace Elem. Res.*, 2000. – Vol. 76. – P. 257-278.

43. Zasadowski A. Levels of cadmium contamination of domestic animals (cattle) in the region of Warmia and Masuria / A. Zasadowski, D. Barski, K. Markiewicz [et al.] // *Polish Journal of Environmental Studies*, 1999. – Vol. 8. – P. 443-446.

#### **Рецензенты:**

Клименок И.И., д.с-х.н, профессор, зам. директора Сибирского Научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства, п. Краснобск;

Чемерис М.С., д.б.н., профессор кафедры химии ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ, г. Новосибирск.