

УДК 636.082:636.222.631.95

МЕЖВИДОВЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПРОИЗВОДНЫХ КОЖИ ЖИВОТНЫХ

**Нарожных К.Н., Коновалова Т.В., Миллер И.С., Стрижкова М.В.,
Зайко О.А., Назаренко А.В.**

*ФГБОУ ВПО «Новосибирский государственный аграрный университет»,
Новосибирск, e-mail: nkn.88@mail.ru*

Элементный состав производных кожи животных определяли методом атомно-эмиссионной, атомно-абсорбционной спектрометрии и вольтамперометрии на базе аналитической лаборатории Института неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН, лаборатории Объединенного института геологии, геофизики и минералогии СО РАН, биохимической лаборатории СибНИПТИЖ, лаборатории кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии Новосибирского ГАУ и лаборатории научно-производственного предприятия «Техноаналит». Для анализа было взято около 200 проб производных кожи животных. Химический состав проб определяли с помощью двухструйного дугового плазматрона, многоканального атомно-эмиссионного спектрометра «Гранд», спектрометра IRIS Advantage Thermo Jarrell Ash, атомно-абсорбционного спектрофотометра AAS-3 и анализатора TA-2. Установлены межвидовые различия по содержанию железа, цинка, меди, свинца и кадмия в мышечной ткани крупного рогатого скота, свиней, яков, овец, лошадей, кур и рыб. Содержание тяжелых металлов в производных кожи у изученных видов животных можно представить в виде возрастающего ряда $Cu < Fe < Zn$, кроме герфордского скота, где уровень цинка был ниже, чем железа. У овец и лошадей содержание кадмия было больше, чем свинца, тогда как у яков и кур – $Pb < Cd$. Выявлена положительная корреляция между концентрацией меди и цинка ($r = 0,48$; $P < 0,05$) у крупного рогатого скота герфордской породы, а у рыб – между уровнем меди и железа ($r = 0,73$; $P < 0,01$).

Ключевые слова: тяжелые металлы, крупный рогатый скот, свиньи, яки, овцы, лошади, куры, рыба, волос

INTERSPECIES DIFFERENCES IN CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN DERIVATIVES OF ANIMAL SKIN

**Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Miller I.S., Strizhkova M.V.,
Zayko O.A., Nazarenko A.V.**

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, e-mail: nkn.88@mail.ru

The elemental composition of derivatives of animal skin was determined by atomic emission, atomic absorption spectrometry and voltammetry, on the basis of the analytical laboratory of the Institute of Inorganic Chemistry imya, Laboratory of the Joint Institute of Geology, Geophysics and Mineralogy imya, biochemical laboratory imya, laboratory of the Department of Veterinary Genetics and Biotechnology of Novosibirsk State Agrarian University and laboratory of scientific-production enterprise «Tehnoanalit». 200 samples of derivatives of animal skin were taken for the analysis. The chemical composition of the samples was determined using a two-jet arc plasmatron, multichannel atomic emission spectrometer «Grand», the spectrometer IRIS Advantage Thermo Jarrell Ash, atomic absorption spectrophotometer AAS-3 and TA-2 analyzer. Interspecies differences have been determined in content of iron, zinc, copper, lead and cadmium in muscle tissue of cattle, pigs, yaks, sheep, horses, chickens and fish. The content of heavy metals in derivatives of animal skin of studied species can be represented as an increasing range $Cu < Fe < Zn$ except Hereford cattle where the level of zinc was lower than the level of iron. The content of cadmium of sheep and horses was bigger than lead while yaks and chickens had a ratio $Pb < Cd$. The study revealed a positive correlation between concentration of copper and zinc ($r = 0,48$; $P < 0,05$) of Hereford cattle and between the levels of copper and iron ($r = 0,73$; $P < 0,01$) of fish.

Keywords: heavy metals, cattle, pigs, yaks, sheep, horses, chickens, fish, hair

В настоящее время загрязнение окружающей среды представляет опасность для животных и человека [8, 29]. Содержание вредных веществ в воздухе, воде и кормах ведет к снижению продуктивности и устойчивости к болезням, а при значительных концентрациях может вызывать гибель животных [16, 19, 24, 30–32]. Кроме того, в организме могут накапливаться опасные вещества. Одними из основных экополлютантов являются тяжелые металлы и их соединения, которые впоследствии могут попасть в организм человека с продукцией животноводства [20]. В этих условиях вопрос биодиагностики и биомониторинга окружающей

среды, животных и продуктов животноводства с целью контроля содержания тяжелых металлов в безопасных концентрациях становится особенно актуальным [10, 12–15]. Важной задачей в селекции животных является комплексное изучение интерьера по биохимическим, химическим, иммуногенетическим, цитогенетическим и другим показателям [9–11, 18, 27, 28].

Производные кожи животных являются индикатором биоэлементного состава организма животных и может служить контролем антропогенного загрязнения биогеоценозов [34, 35]. В некоторых работах показана возможность применения

производных кожи в качестве прижизненных маркеров содержания тяжелых металлов в некоторых органах и тканях животных разных видов [21–23, 36].

Материалы и методы исследования

Исследования элементного состава волос крупного рогатого скота герефордской породы и чешуи рыб проводили с помощью атомно-эмиссионного спектрального анализа на базе аналитической лаборатории Института неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН. Исследования проводили на двухструйном дуговом плазмотроне и многоканальном атомно-эмиссионном спектрометре «Гранд» производства ООО «ВМК-оптоэлектроника». Волос от молочного скота анализировали в лаборатории Объединенного института геологии, геофизики и минералогии СО РАН на спектрометре серии IRIS Advantage Thermo Jarrell Ash. На базе биохимической лаборатории СибНИПТИЖ определяли содержание химических элементов в щетине свиней атомно-абсорбционным методом, на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-3. Исследования производных кожи яков, овец, лошадей и кур осуществляли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе ТА-2, в лаборатории кафедры ветеринарной генетики и в лаборатории биотехнологии Новосибирского ГАУ и научно-производственного предприятия «Техноаналит». Всего были исследованы около 200 образцов производных кожи от крупного рогатого скота герефордской и черно-пестрой пород, свиней, яков, овец, лошадей, кур и рыб.

Полученные данные обработаны методом описательной статистики на персональном компьютере с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Установлена значительная разность в аккумуляции Fe, Zn, Cu, Pb и Cd в производных кожи у разных видов и пород животных (таблица). Содержание тяжелых металлов в производных кожи животных можно представить в виде ранжированного ряда для железа: крупный рогатый скот (герефордский) > рыба > крупный рогатый скот (черно-пестрый) > свиньи, в соотношении 4,4:2,4:1,3:1; для цинка: свиньи > крупный

рогатый скот (черно-пестрый) > лошади = яки > овцы = рыба > крупный рогатый скот (герефордский) > куры, в соотношении 18,2:12,9:10,6:10,6:9,5:9,5:4:1; для меди: крупный рогатый скот (герефордский) > яки > свиньи > крупный рогатый скот (черно-пестрый) > лошади > рыба, в соотношении 19,1:16,1:9,3:7,9:6,5:4,1:1; для свинца: овцы > лошади > яки > куры, в соотношении 4,7:3,2:1,5:1; для кадмия: куры > яки > лошади > овцы > свиньи > крупный рогатый скот (черно-пестрый), в соотношении 47,1:33,6:28,6:10,7:3,5:1. Ранжированный ряд тяжелых металлов у всех животных можно изобразить следующим образом: Cu < Fe < Zn и Cd < Pb, однако у крупного рогатого скота герефордской породы уровень железа был выше, чем цинка, а у яков и кур концентрация свинца была выше, чем кадмия. Для изученных видов и пород характерны определенные соотношения тяжелых металлов. Так, у молочного скота это соотношение равно 1 Cu:4,7 Fe:13,2 Zn. У мясного скота эти пропорции были другими: 1 Cu:6,3 Fe:7,2 Zn. У свиней как абсолютные значения, так и соотношение микроэлементов было довольно схожим с молочным скотом: 1 Cu:3 Fe:15,9 Zn.

Выявленные нами и другими авторами различия между видами и породами, линиями и семействами по концентрации тяжелых металлов в органах и тканях указывают на определенную роль наследственности в детерминации этих показателей [5–7, 26].

Большое значение для организма животных имеет соотношение между медью и цинком. Нарушение баланса ионов цинка и меди играет важную роль в патогенезе многих болезней. В экспериментах на лабораторных мышах установлено, что оптимальное поступление меди и цинка должно быть в соотношении 1:5. А при соотношении 1:40 у животных наблюдалось снижение массы тела [31]. По нашим данным

Содержание макро- и микроэлементов в производных кожи разных видов животных, мг/кг

Вид, порода	Fe	Zn	Cu	Pb	Cd
Крупный рогатый скот (черно-пестрая)	34,6 ± 4,3	97,9 ± 1,4	7,4 ± 0,2	–	0,014 ± 0,001
Крупный рогатый скот (герефордская)	113,1 ± 13,1	30,1 ± 2,5	18,0 ± 0,7	–	–
Свиньи	25,7 ± 2,3	138,7 ± 4,5	8,7 ± 0,24	–	0,049 ± 0,004
Яки	–	80,7 ± 5,4	15,1 ± 2,0	0,32 ± 0,09	0,47 ± 0,13
Овцы	–	72,0 ± 1,9	6,1 ± 0,4	0,98 ± 0,11	0,15 ± 0,03
Лошади	–	80,8 ± 4,0	3,9 ± 0,5	0,68 ± 0,11	0,40 ± 0,11
Куры	–	7,6 ± 1,3	3,54 ± 0,22	0,21 ± 0,01	0,66 ± 0,03
Рыба (судак)	62,8 ± 9,4	72,4 ± 4,8	0,94 ± 0,06	–	–

самая значительная разность в соотношении меди и цинка в производных кожи была у рыб 1:77, а из млекопитающих – у лошадей 1:21. У крупного рогатого скота и кур напротив, отмечалось наиболее низкое соотношение этих микроэлементов 1:2. У яков соотношение меди и цинка было близким с оптимальным значением для мышей 1:5. У овец, молочного скота и свиней соотношение было 1:12, 1:13 и 1:16 соответственно. Установленные пропорции меди и цинка для разных видов животных можно рассматривать как предварительные нормы. У рыб выявлена высокая прямая корреляция между медью и железом ($r = 0,73$; $P < 0,01$). В экспериментах на свиньях показано, что большее содержание железа в рационе животных может уменьшить аккумуляцию меди [39]. Свиньям в возрасте от 3 до 7 недель добавляли в рацион 250 мг/кг меди, у таких животных было отмечено снижение гемоглобина и уровня железа в печени, в то же время концентрация меди в печени увеличилась [38]. Видимо, в разных органах и тканях животных различных видов направление связи может отличаться. У герефордского скота обнаружена положительная корреляция между медью и цинком ($r = 0,48$; $P < 0,05$), а у рыб между концентрацией меди и железа ($r = 0,73$; $P < 0,01$). Установлено, что цинк оказывает сильное влияние на метаболизм меди. В эксперименте на овцах показано, что высокие дозы цинка (220 или 420 мг/кг цинка сухого вещества) эффективны для предотвращения медного токсикоза, это происходит за счет снижения аккумуляции меди в печени [28]. Диета с высоким содержанием цинка может привести к дефициту меди. Прямая связь меди и цинка в пределах волоса может указывать на выведение излишков этих металлов из организма, так как волос является одним из путей выведения тяжелых металлов [1].

Таким образом, полученные результаты отражают сложные процессы депонирования и взаимодействия между тяжелыми металлами в производных кожи у животных разных видов и пород.

Выводы

1. Выявлены межвидовые различия у животных по уровню Fe, Zn, Cu, Pb и Cd в производных кожи, что свидетельствует об определенном влиянии наследственности на степень аккумуляции химических элементов в производных кожи. Определены средние популяционные концентрации тяжелых металлов, характерные для каждого вида животных. Эти данные можно использовать в зоотехнии, ветеринарии и экологии.

2. Ранжированный ряд тяжелых металлов в производных кожи для исследуемых

видов животных следующий: $Cu < Fe < Zn$ за исключением герефордского скота, у которого содержание железа выше, чем цинка, и $Cd < Pb$ – у овец и лошадей, тогда как у яков и кур это ранжирование было $Pb < Cd$. Для каждого вида имеются отличные от других соотношения тяжелых металлов в производных кожи.

3. В производных кожи крупного рогатого скота герефордской породы выявлена положительная корреляция между медью и цинком ($r = 0,48$), а у рыб – между концентрацией меди и железа ($r = 0,73$).

Список литературы

1. Авцын П.А. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / П.А. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш, Л.С. Строчкова. – М.: Медицина, 1991. – 496 с.
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. Люханов М.П. Однонуклеотидный полиморфизм в популяции крупного рогатого скота красной степной породы / М.П. Люханов, О.С. Короткевич, О.И. Себежко, Н.С. Юдин // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1. – С. 326.
5. Зайко О.А. Влияние генофонда семейств скороспелой мясной породы на аккумуляцию свинца в некоторых органах и тканях свиней / О.А. Зайко, Т.В. Коновалова // Мир науки, культуры, образования. – 2013. – № 4 (41). – С. 432–434.
6. 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.
7. 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. 11–12.
8. Зайчик В.Е. Медицинская и биологическая элементология как новые научные дисциплины: состояние и перспективы // Геохимия живого вещества: материалы международной молодежной школы-семинара (Томск, 2–5 июня 2013 г.). – Томск: изд-во Томского политехнического университета, 2013. – С. 76–82.
9. Камалдинов Е.В. Фонд эритроцитарных антигенов и хромосомная нестабильность у якутского скота / Е.В. Камалдинов, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 2. – С. 51–56.
10. Короткевич О.С. Биохимические, гематологические параметры и аккумуляция тяжелых металлов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы / О.С. Короткевич, О.А. Желтикова, В.Л. Петухов // Доклады РАСХН, 2009. – № 4. – С. 41–43.
11. Миллер И.С. Особенности накопления и корреляции тяжелых металлов в чешуе судака Новосибирского водохранилища / И.С. Миллер, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, О.И. Себежко // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-11. – С. 2469–2473.
12. 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.
13. Нарожных К. Н. Содержание, изменчивость и корреляция химических элементов в волосе герефордского

скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2014. – № 4. – С. 74–78.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. Петухов В.Л. Иммуногенетические системы сывороточных белков крови свиней / В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, М.Л. Кочнева, О.И. Себежко, В.В. Гарт, О.С. Короткевич, Е.В. Камалдинов // Доклады РАСХН, 2003. – № 5. – С. 38–40.

18. Петухов В.Л. Наследственная обусловленность некоторых заболеваний крупного рогатого скота и возможность селекции животных на устойчивость к ним: дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1978.

19. Петухов В.Л. Содержание тяжелых металлов в мышцах судака (*Stizostedion lucioperca*) / В.Л. Петухов, И.С. Миллер, О.С. Короткевич // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2012. – Т.2. – 23–2. – С. 49–52.

20. Себежко О.И. Гематологический статус скороспелой мясной и крупной белой пород свиней в начальный и постнатальный период онтогенеза / О.И. Себежко, В.В. Гарт, В.Н. Деметьев // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 3. – С. 53–55.

21. 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 RU 2426119 24.03.2010.

22. Способ определения содержания кадмия в органах и мышечной ткани свиней. Петухов В.Л., Желтикова О.А., Желтиков А.И., Короткевич О.С., Камалдинов Е.В., Себежко О.И. Патент на изобретение RU 2342659 28.03.2007.

23. Способ определения содержания свинца в органах крупного рогатого скота. Короткевич О.С., Петухов В.Л., Стрижкова М.В., Камалдинов Е.В., Себежко О.И., Петухова Т.В. Патент на изобретение RU № 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. и др. Патент на изобретение RU 2058733 27.04.1996.

25. Стрижкова, М.В. Содержание свинца в органах и ткани бычков черно-пестрой породы / М.В. Стрижкова, Т.В. Петухова, О.С. Короткевич // Главный зоотехник. – 2011. – № 6. – С. 66–68.

26. Хеннинг А. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении сельскохозяйственных животных / А. Хеннинг; пер. с нем. Н.С. Гельман. – М.: Колос, 1976. – 560 с.

27. Фридчер А.А. Хозяйственно-полезные качества свиней приобского типа скороспелой мясной породы СМ-1 / А.А. Фридчер, В.Л. Петухов // Сибирский вестник с.-х. науки. – 2010. – № 8. – С. 59–63.

28. Эрнст Л.К. Физиологические и иммунологические показатели голштинизированного черно-пестрого скота / Л.К. Эрнст, А.И. Желтиков, В.Л. Петухов // Доклады РАСХН, 1999. – № 6. – С. 35–36.

29. Bremner I.B. Protective effect of zinc supplementation against copper toxicosis in sheep / I.B. Bremner, W. Young, C. F. Mills // Br. J. Nutr., 1976. – Vol. 36. – P. 551–561.

30. Chysyma R.B. Heavy metal concentration in water and soil of different ecological areas of Tyva Republic / R.B. Chysyma, Y.Y. Bakhtina, 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. – P. 301–302.

31. Klevay L.M. Hypercholesterolemia in rats produced by an increase in the ratio of zinc to copper ingested // Am. J. Clin. Nutr., 1973. – Vol. 26. – P. 1060–1068.

32. Korotkevich O.S. Content of 137 Cs and 90 Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia / O.S. Korotkevich, V.L. Petukhov, O.I. Sebezko, Ye.Ye. Barinov, T.V. Konovalova // Russian Agricultural Sciences. – 2014. – Vol.40. – № 3. – P. 195–197.

33. 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, O.S. Sebezko, T.V. Konovalova, E.V. Kamalidinov // Proceeding of the 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver, Canada, 2014.

34. Miller I.S., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Korotkova G.N., Konovalov I.S. Accumulation of heavy metals in the muscles of Zander from Novosibirsk water basin / Proceeding of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment. Edited by N. Pirrone. Rome. Italy // E3S Web of Conferences 1, 11007 (2013). DOI: 10.1051/e3sconf/20130111007. [Электронный ресурс, дата обращения 10.03.2015].

35. Narozhnyh K.N., Efanova Y.V. Petukhov V.L. [et al.] The content of lead in some organs and tissues of Hereford bull-calves / Proceeding of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment. Edited by N. Pirrone. Rome. Italy // E3S Web of Conferences 1, 11007 (2013). DOI: http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130115003 [Электронный ресурс, дата обращения 10.03.2015].

36. Patrashkov S.A., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Petukhov I.V. Content of heavy metals in the hair / В сборнике: Journal De Physique IV: JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment. Editors C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. – 2003. – P. 1025–1027.

37. Petukhov V.L., Dukhanov Yu. A., Sevryk I.Z., Patrashkov S.A., Korotkevich O.S., Gorb T.S., Petukhov I.V. Cs-137 and Sr-90 level in dairy products / В сборнике: Journal De Physique. IV: JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment. Editors: C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. – 2003. – P. 1065–1066.

38. Ritchie H.D. Copper and zinc interrelationships in the pig / H.D. Ritchie, R.W. Luecke, B.V. Baltzer [et al.] // J. Nutr., 1963. – Vol. 79. – P. 117.

39. Spears J.W. Trace mineral bioavailability in ruminants / J.W. Spears // J. Nutr., 2003. – Vol. 133. – P. 1506–1509.

References

1. Avcyn P.A. Mikrojelementozy cheloveka: jetiologija, klassifikacija, organopatologija / P.A. Avcyn, A.A. Zhavoronkov, M.A. Rish, L.S. Stochkova. M.: Medicina, 1991. 496 p.

2. Efanova Ju.V. Soderzhanie marganca v nekotoryh organah bychkov gerefordskoj porody / Ju.V. Efanova, K.N. Narozhnyh, O.S. Korotkevich // Zootehnija 2013. no. 4. pp. 18.

3. Efanova Ju.V. Soderzhanie cinka v nekotoryh organah i myshechnoj tkani bychkov gerefordskoj porody / Ju.V. Efanova, K.N. Narozhnyh, O.S. Korotkevich // Glavnyj zootehnik 2012. no. 11. pp. 30–33.

4. Ljuhanov M.P. Odnouklotidnyj polimorfizm v populjacii krupnogo rogatogo skota krasnoj stepnoj porody / M.P. Ljuhanov, O.S. Korotkevich, O.I. Sebezko, N.S. Judin // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. 2014. no. 1. pp. 326.

5. Zajko O.A. Vlijanie genofonda semejstv skorospeloj mjasnoj porody na akumuljaciju svinca v nekotoryh organah i tkanjah svinej / O.A. Zajko, T.V. Konovalova // Mir nauki, kul'tury, obrazovanija. 2013. no. 4 (41). pp. 432–434.

6. Zajko O.A. Osobennosti akumuljacii makro- i mikrojelementov v miokarde svinej skorospeloj mjasnoj porody / O.A. Zajko, O.S. Korotkevich, V.L. Petuhov // Glavnyj zootehnik. 2013. no. 6. pp. 35–40.

7. Zajko O.A. Harakteristika genofonda linij porody svinej SM-1 po akumuljacii svinca v organah i tkanjah / O.A. Zajko, T.V. Konovalova // Svinovodstvo. 2013. no. 8. pp. 11–12.

8. Zajchik V.E. Medicinskaja i biologicheskaja jelementologija kak novye nauchnye discipliny: sostojanie i perspektivy / V.E. Zajchik // Geohimija zhivogo veshhestva: materialy mezhdunarodnoj molodezhnoj shkoly-seminara (Tomsk, 2–5 ijunja 2013 g.). Tomsk: izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2013. pp. 76–82.
9. Kamaldinov E.V. Fond jeritocitarnyh antigenov i hromosomnaja nestabilnost u jakutskogo skota / E.V. Kamaldinov, V.L. Petuhov, O.S. Korotkevich // Selskohozjajstvennaja biologija. 2011. no. 2. pp. 51–56.
10. Korotkevich O.S. Biohimicheskie, gematologicheskie parametry i akumuljacija tjazhelyh metallov v organah i tkanjah svinej skorospeloj mjasnoj porodny / O.S. Korotkevich, O.A. Zheltikova, V.L. Petuhov // Doklady RASHN, 2009. no. 4. pp. 41–43.
11. Miller I.S. Osobennosti nakoplenija i korrelyacii tjazhelyh metallov v cheshue sudaka Novosibirskogo vodohranilishha / I.S. Miller, T.V. Konovalova, O.S. Korotkevich, V.L. Petuhov, O.I. Sebezsko // Fundamentalnye issledovanija. 2014. no. 9–11. pp. 2469–2473;
12. Narozhnyh K. Soderzhanie zheleza v nekotoryh organah i myshechnoj tkani bychkov gerefordskoj porodny / K. Narozhnyh, Ju. Efanova, O. Korotkevich, V. Petuhov // Molochnoe i mjasnoe skotovodstvo. 2013. no. 1. pp. 24–25.
13. Narozhnyh K.N. Soderzhanie, izmenchivost i korrelyacija himicheskikh jelementov v volose gerefordskogo skota / K. N. Narozhnyh // Sibirskij vestnik selskohozjajstvennoj nauki. 2014. no. 4. pp. 74–78
14. Narozhnyh K.N. Soderzhanie kadmija v nekotoryh organah i tkani bychkov gerefordskoj porodny / K.N. Narozhnyh, Ju.V. Efanova, O.S. Korotkevich // Mir nauki, kultury, obrazovanija, 2012. no. 4. pp. 315–318.
15. Narozhnyh K.N. Soderzhanie medi v nekotoryh organah i myshechnoj tkani bychkov gerefordskoj porodny / K.N. Narozhnyh, Ju.V. Efanova, O.S. Korotkevich // Vestnik NGAU, 2013. no. 2 (27). pp. 73–76.
16. Petuhov V.L. Vlijanie porodny na ustojchivost krupnogo rogatogo skota k nekotorym boleznjam / V.L. Petuhov, E.V. Kamaldinov, O.S. Korotkevich // Glavnyj zootehnik. 2011. no. 1. pp. 10–12.
17. Petuhov V.L. Immunogeneticheskie sistemy syvotrochnyh belkov krovj svinej / V.L. Petuhov, A.I. Zheltikov, M.L. Kochneva, O.I. Sebezsko, V.V. Gart, O.S. Korotkevich, E.V. Kamaldinov // Doklady RASHN, 2003. no. 5. pp. 38–40.
18. Petuhov V.L. Nasledstvennaja obuslovlennost nekotoryh zabolevanij krupnogo rogatogo skota i vozmozhnost selekcii zhivotnyh na ustojchivost k nim / Diss... dokt. biol. nauk. Novosibirsk, 1978.
19. Petuhov V.L. Soderzhanie tjazhelyh metallov v myschah sudaka (Stizostedion Lucioperca) / V.L. Petuhov, I.S. Miller, O.S. Korotkevich // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2012. T.2. 23-2. pp. 49–52.
20. Sebezsko O.I. Gematologicheskij status skorospeloj mjasnoj i krupnoj beloj porod svinej v nachalnoj i postnatalnoj period ontogeneza / O.I. Sebezsko, V.V. Gart, V.N. Dementev // Dostizhenija nauki i tehniki APK, 2012. no. 3. pp. 53–55.
21. Sposob opredelenija soderzhanija kadmija v myshechnoj tkani krupnogo rogatogo skota. Petuhov V.L., Korotkevich O.S., Zheltikov A.I., Petuhova T.V. Patent na izobretenie RUS 242611924.03.2010.
22. Sposob opredelenija soderzhanija kadmija v organah i myshechnoj tkani svinej. Petuhov V.L., Zheltikova O.A., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Sebezsko O.I. Patent na izobretenie RUS 2342659 28.03.2007.
23. Sposob opredelenija soderzhanija svinca v organah krupnogo rogatogo skota. Korotkevich O.S., Petuhov V.L., Strizhkova M.V., Kamaldinov E.V., Sebezsko O.I. Petuhova T.V. Patent na izobretenie RUS no. 2421726 08.04.2010.
24. Sposob otbora krupnogo rogatogo skota na ustojchivost k tuberkulezu/ Petuhov V.L., Jernst L.K., Zheltikov A.I., Nezavitin A.G., Korotkevich O.S. i dr. Patent na izobretenie RUS 2058733 27.04.1996.
25. Strizhkova, M.V. Soderzhanie svinca v organah i tkani bychkov cherno-pestroj porodny / M.V. Strizhkova, T.V. Petuhova, O.S. Korotkevich // Glavnyj zootehnik. 2011. no. 6. pp. 66–68.
26. Henning A. Mineralnye veshhestva, vitaminy, biostimulyatory v kormlenii selskohozjajstvennyh zhivotnyh / A. Henning; per. s nem. N.S. Gelman. M.: Kolos, 1976. 560 p.
27. Fridcher A.A. Hozjajstvenno-poleznye kachestva svinej priobskogo tipa skorospeloj mjasnoj porodny SM-1 / A.A. Fridcher, V.L. Petuhov // Sibirskij vestnik s.-h. nauki. 2010. no. 8. pp. 59–63.
28. Jernst L.K. Fiziologicheskie i immunologicheskie pokazateli golstinizirovannogo cherno-pestrogo skota / L.K. Jernst, A.I. Zheltikov, V.L. Petuhov // Doklady RASHN, 1999. no. 6. pp. 35–36.
29. Bremner I.B. Protective effect of zinc supplementation against copper toxicosis in sheep / I.B. Bremner, W. Young, C. F. Mills // Br. J. Nutr., 1976. Vol. 36. pp. 551–561.
30. Chysyma R.B. Heavy metal concentration in water and soil of different ecological areas of Tyva Republic / R.B. Chysyma, Y.Y. Bakhtina, 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. pp. 301–302.
31. Klevay L.M. Hypercholesterolemia in rats produced by an increase in the ratio of zinc to copper ingested / L.M. Klevay // Am. J. Clin. Nutr., 1973. Vol. 26. pp. 1060–1068.
32. Korotkevich O.S. Content of 137 Cs and 90 Sr in the forages of various ecological zones of Western Siberia / O.S. Korotkevich, V.L. Petukhov, O.I. Sebezsko, Ye.Ye. Barinov, T.V. Konovalova // Russian Agricultural Sciences. 2014. Vol.40. no. 3. pp. 195–197.
33. 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, O.S. Sebezsko, T.V. Konovalova, E.V. Kamaldinov // V sbornike Proceeding of the 10th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver, Canada, 2014.
34. Miller I.S., Retukhov V.L., Korotkevich O.S., Korotkova G.N., Konovalov I.S. Accumulation of heavy metals in the muscles of Zander from Novosibirsk water basin / Proceeding of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment. Edited by N. Pirrone. Rome. Italy // E3S Web of Conferences 1, 11007 (2013). DOI: 10.1051/e3sconf/20130111007. [Jelektronnyj resurs, data obrashhenija 10.03.2015].
35. Narozhnyh K.N., Efanova Y.V. Retukhov V.L. [et al.] The content of lead in some organs and tissues of Hereford bull-calves / Proceeding of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment. Edited by N. Pirrone. Rome. Italy // E3S Web of Conferences 1, 11007 (2013). DOI: http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130115003 [Jelektronnyj resurs, data obrashhenija 10.03.2015].
36. Patrashkov S.A., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Petukhov I.V. Content of heavy metals in the hair / V sbornike: Journal De Physique IV: JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment. Editors C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. 2003. pp. 1025–1027.
37. Petukhov V.L., Dukhanov Yu. A., Sevryk I.Z., Patrashkov S.A., Korotkevich O.S., Gorb T.S., Petukhov I.V. Cs-137 and Sr-90 level in dairy products / V sbornike: Journal De Physique. IV: JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment. Editors: C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. 2003. pp. 1065–1066.
38. Ritchie H.D. Copper and zinc interrelationships in the pig / H.D. Ritchie, R.W. Luecke, B.V. Baltzer [et al.] // J. Nutr., 1963. Vol. 79. pp. 117.
39. Spears J.W. Trace mineral bioavailability in ruminants / J.W. Spears // J. Nutr., 2003. Vol. 133. pp. 1506–1509.

Рецензенты:

Дементьев В.Н., д.с.-х.н., профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск;

Кочнев Н.Н. д.б.н., профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск.