

УДК 636.082:619:636.22

## МЕЖПОРОДНЫЕ РАЗЛИЧИЯ ПО УРОВНЮ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Нарожных К.Н., Стрижкова М.В., Коновалова Т.В.

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

Установлены межпородные различия по содержанию калия, железа, магния и свинца в мышечной ткани у крупного рогатого скота черно-пестрой и герефордской пород в возрасте 17–18 месяцев, выращенных в Западной Сибири. Уровень химических элементов в мышцах определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Содержание макро- и микроэлементов в мышечной ткани двух пород можно изобразить в виде ранжированных рядов:  $K > Na > Mg$ ,  $Zn > Fe > Cu$  и  $Pb > Cd$ . Уровень калия, магния и свинца у герефордского скота выше, чем у черно-пестрого, а концентрация железа больше у молочного скота в мышечной ткани. Наибольшая фенотипическая изменчивость характерна для уровня кадмия и свинца как у мясного, так и у молочного скота. Имеются различия между породами по величине и направлению связи между химическими элементами.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, мышцы, макроэлементы, микроэлементы, корреляция

## DIFFERENCES BETWEEN BREEDS RELATIVE TO THE LEVEL OF MACRO- AND MICROELEMENTS IN MUSCLE TISSUE OF CATTLE OF WESTERN SIBERIA

Narozhnykh K.N., Strizhkova M.V., Konvalova T.V.

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

The study has determined differences among breeds in content of potassium, iron, magnesium and lead in muscle tissue of cattle of black-motley and Hereford breeds of 17–18 months old grown in West Siberia. The level of chemical elements in muscle was determined by atomic absorption spectrometry. Content of macro- and microelements in muscle tissue of both breeds can be represented as a ranges:  $K > Na > Mg$ ,  $Zn > Fe > Cu$  and  $Pb > Cd$ . Level of potassium, magnesium and lead of Hereford cattle is higher than the level of black-spotted cattle, while concentration of iron is higher for dairy cattle in muscle tissue. The levels of cadmium and lead are characterized by the highest phenotypic variability both for beef and dairy cattle. Analysis determined differences among breeds in magnitude and direction of relations between chemical elements.

**Keywords:** cattle, muscles, macroelements, microelements, correlation

Все живые организмы являются полуоткрытыми системами, поскольку осуществляется постоянный обмен между ними и средой. Следовательно, все химические элементы, которые содержатся в окружающей среде, могут попадать в организм животных, накапливаться и участвовать в химических реакциях [8, 16, 18]. На всех уровнях живого организма: внутренняя среда, органы, ткани, клетки – осуществляется гомеостаз макро- и микроэлементов [5, 42]. В различных регионах Сибири проводится экологический мониторинг воды, почв, растений, животных и продуктов питания [28, 32–34, 36–39].

Комплексную оценку интерьера сельскохозяйственных животных по содержанию химических элементов, гематологическим, биохимическим, иммунологическим и другим показателям необходимо проводить для обеспечения высокой продуктивности животных, их здоровья и экологической безопасности получаемой продукции [9, 10, 19, 20, 22, 29, 40]. Важно отметить,

что до настоящего времени нет официально признанных национальных диапазонных значений ни по одному химическому элементу в органах и тканях человека и животных с учетом направления продуктивности, породной принадлежности и экологических условий [6, 7, 13].

**Цель исследования** – выявить межпородные различия в содержании микро- и макроэлементов в мышечной ткани крупного рогатого скота.

### Материалы и методы исследования

Исследования проведены в биохимической лаборатории СибНИПТИЖ. Были взяты 47 образцов тканей мышц от быков молочной черно-пестрой и мясной герефордской пород в возрасте 17–18 месяцев, выращенных на экологически безопасной территории Западной Сибири. Все животные на момент убоя были клинически здоровы. Элементный анализ производился на атомно-абсорбционных спектрометрах Shimadzu AA-7000 (Япония) и Perkin Elmer 360 (США). Определение концентрации химических элементов осуществлялось с использованием двух способов атомизации. Для определения концентрации

Cd и Pb атомно-абсорбционный анализ проводился электротермическим методом атомизации на приборе Shimadzu AA-7000. На атомно-абсорбционном спектрометре Perkin Elmer 360 атомизация происходила в пламени (ацетилен/воздух). Этим способом определяли содержание других элементов в мышечной ткани. Данные по содержанию тяжелых металлов представлены в пересчете на натуральную влажность пробы.

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

**Результаты исследования и их обсуждение**

Установлена значительная разность в аккумуляции K, Mg, Fe и Pb в мышечной ткани у животных молочного и мясного направлений продуктивности (табл. 1). Так, содержание Pb и Mg было выше в 2,5 и 1,5 раза соответственно у животных геррефордской породы. Однако уровень свинца находился в пределах ПДК (0,5 мг/кг). По концентрации в мышцах остальных изученных элементов животные двух пород не различались.

ется [4, 6]. При достижении оптимального эколого-экономического плато продуктивности возможно включение в селекционные программы не только признаков резистентности к различным болезням [12, 18, 21, 26], но и повышение устойчивости животных к накоплению поллютантов в органах и тканях [15, 38, 42]. Поиск и использование прижизненных малоинвазивных биологических маркеров накопления тяжелых металлов в организме позволяет получать экологически безопасную продукцию [13, 23–25].

Выявлены значительные различия между отдельными животными мясного направления продуктивности по аккумуляции кадмия, свинца и железа, а у скота молочного направления – натрия и свинца (табл. 2). Наибольшая фенотипическая изменчивость у исследуемых пород была по концентрации кадмия и свинца.

Между химическими элементами в мышечной ткани крупного рогатого скота мясного и молочного направлений продуктивности выявлены различные по силе и на-

**Таблица 1**

Содержание макро- и микроэлементов в мышечной ткани крупного рогатого скота, мг/кг

Химический элемент	Порода			
	черно-пестрая		геррефордская	
	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Lim	$\bar{X} \pm S\bar{x}$	Lim
K	2216 ± 56***	1388–2500	2845 ± 58	2199–3204
Na	804,9 ± 49,3	556–1671	837,6 ± 22,2	623,7–1000
Mg	182,8 ± 2,9***	153,6–221	273,4 ± 10,9	230–377,5
Fe	50,9 ± 2,6***	30,3–79,5	23,6 ± 2,3	9,7–43,0
Zn	53,0 ± 1,9	24,6–63,7	46,9 ± 2,1	27,5–57,9
Cu	1,57 ± 0,05	1,10–2,90	1,31 ± 0,12	0,80–2,37
Pb	0,070 ± 0,013**	0,024–0,200	0,178 ± 0,032	0,08–0,43
Cd	0,015 ± 0,001	0,009–0,036	0,022 ± 0,004	0,01–0,043

Примечания: \*\*\*P < 0,001; \*\*P < 0,01; \*P < 0,05.

Ранжированные ряды по содержанию макро- и микроэлементов в мышечной ткани для черно-пестрого и геррефордского скота были одинаковы: K > Na > Mg, Zn > Fe > Cu и Pb > Cd, но несколько в других соотношениях, соответственно 12:4,4:1 и 10,4:3,1:1; 33,7:32,4:1 и 35,8:18,0:1; 4,7:1 и 8,1:1.

Межпородные различия по содержанию некоторых химических элементов могут свидетельствовать об определенной роли наследственности в детерминации этих признаков [17, 30]. В немногочисленных работах было показано, что резистентность к аккумуляции ряда элементов у различных видов животных генетически детерминиру-

правлению и связи (табл. 3). У молочного скота между уровнем калия и натрия существует высокая отрицательная корреляция, тогда как у мясного скота эта связь отсутствует. У животных геррефордской породы обнаружена отрицательная связь между Zn и Fe, а у черно-пестрого скота сопряженность между этими элементами отсутствует. Противоположная зависимость характерна для молочной и мясной пород по содержанию Zn и K. Корреляция между концентрацией Zn и K у геррефордов средняя положительная, а у животных черно-пестрой породы – отрицательная. Между концентрациями Fe и Mg направление и величина связи приблизительно одинаковы для животных двух пород.

Таблица 2

Изменчивость макро- и микроэлементов в мышечной ткани крупного рогатого скота

Химический элемент	Порода			
	черно-пестрая		герефордская	
	Cv	Отношение крайних вариантов	Cv	Отношение крайних вариантов
K	12,8	1:1,8	8,4	1:1,5
Na	31,2	1:3,0	10,9	1:1,6
Mg	8,0	1:1,4	16,4	1:1,7
Fe	20,8	1:2,6	39,5	1:4,4
Zn	13,0	1:2,6	37,6	1:2,1
Cu	28,6	1:2,6	18,8	1:3,0
Pb	69,7	1:2,9	56,8	1:5,4
Cd	38,6	1:2,4	57,0	1:4,3

Таблица 3

Связь химических элементов в мышечной ткани крупного рогатого скота

Порода			
черно-пестрый скот		герефордский скот	
Пары элементов	<i>r</i>	Пары элементов	<i>r</i>
Fe – Mg	0,33	Fe – Mg	-0,66**
K – Fe	0,13	K – Fe	0,48*
Zn – Fe	-0,001	Zn – Fe	-0,59*
Fe – Mn	0,64**	Fe – Mn	0,25
Zn – K	-0,30	Zn – K	0,63**
Cu – Pb	0,56**	Cu – Pb	0,001
Cu – K	-0,68**	Cu – K	0,11
K – Mg	0,47**	K – Mg	-0,11
Zn – Na	0,30	Zn – Na	0,49*
K – Na	-0,77***	K – Na	-0,01

Примечания: \*\*\*P &lt; 0,001; \*\*P &lt; 0,01; \*P &lt; 0,05.

Таким образом, полученные результаты отражают сложное влияние наследственных факторов на процессы депонирования и взаимосвязи макро- и микроэлементов в мышцах крупного рогатого скота и различные механизмы их аккумуляции в зависимости от породы и направления продуктивности [1, 2].

### Выводы

1. Выявлены межпородные различия по уровню некоторых макро- и микроэлементов в мышечной ткани крупного рогатого скота. Концентрация калия, магния и свинца выше в мышечной ткани у герефордского скота, чем у черно-пестрого, а концентрация железа больше у молочного скота. Средние популяционные уровни некоторых макро- и микроэлементов различны для пород разного направления продуктивности.

2. Распределение макро- и микроэлементов в мышечной ткани крупного рогатого скота мясного и молочного направлений продуктивности отражено в ранжированных рядах K > Na > Mg, Zn > Fe > Cu и Pb > Cd. Для концентрации Cd и Pb характерна высокая фенотипическая изменчивость у исследуемых пород, что отражает различия в их метаболизме.

3. В мышечной ткани крупного рогатого скота двух пород выявлены различия по величине и направлению связи между макро-, микроэлементами.

### Список литературы

- 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.
- 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.

3. Желтиков А.И. Черно-пестрый скот Сибири / А.И. Желтиков, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич и др. – Новосибирск: НГАУ, 2010. – 500 с.
4. 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.
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. 11–12.
7. 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.
8. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 220 с.
9. Камалдинов Е.В. Полиморфизм белков сыворотки крови свиней сибирской северной породы / Е.В. Камалдинов, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, А.А. Фридчер // Доклады Российской академии с.-х. наук. – 2010. – № 4. – С. 49–51.
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 Российской академии сельскохозяйственных наук. – 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 герфордской 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 герфордского скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2014. – № 4. – С. 74–78.
14. Нарожных К.Н. Содержание кадмия в некоторых органах и ткани бычков герфордской 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 герфордской породы / К.Н. Нарожных, Ю.В. Ефанова, О.С. Короткевич // Вестник НГАУ. – 2013. – № 2 (27). – С. 73–76.
16. Незавитин А.Г. Проблемы сельскохозяйственной экологии / А.Г. Незавитин, В.Л. Петухов, А.Н. Власенко, О.С. Короткевич и др. – Новосибирск: Наука. СИФ РАН, 2000. – 255 с.
17. Петухов В.Л. Ветеринарная генетика с основами вариационной статистики / В.Л. Петухов, А.И. Жигачев, Г.А. Назарова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 368 с.
18. Петухов В.Л. Генетика: учебник / В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, С.Ж. Стамбеков, А.В. Бакай, А.И. Жигачев // Министрство образования и науки Республики Казахстан; Семипалатинский государственный пединститут. – 2-е изд. – Новосибирск, 2007. – 628 с.
19. Петухов В.Л. Генетическая структура кемеровской и крупной белой пород свиней по системам групп крови / В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, В.В. Гарт, Е.В. Камалдинов / О.А. Желтикова // Сельскохозяйственная биология. – 2004. – № 2. – С. 43–49.
20. 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 Российской академии с.-х. наук. – 2003. – № 5. – С. 38–40.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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 RUS 2342659 28.03.2007.
25. Способ определения содержания свинца в органах крупного рогатого скота / Петухов В.Л., Короткевич О.С., Стрижкова М.В. и др. Патент на изобретение RUS № 2421726 08.04.2010.
26. Способ отбора крупного рогатого скота на устойчивость к туберкулезу / Петухов В.Л., Эрнст Л.К., Желтиков А.И., Незавитин А.Г., Короткевич О.С. Патент на изобретение RUS 2058733 27.04.1996.
27. 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.
28. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 277 с.
29. Хеннинг А. Минеральные вещества, витамины, биостимуляторы в кормлении сельскохозяйственных животных; пер. с нем. Н.С. Гельман; под ред. А.Л. Падучевой и Ю.И. Раецкой. – М.: Колос, 1976. – 560 с.
30. 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.
31. Эрнст Л.К. Физиологические и иммунологические показатели голштинизированного черно-пестрого скота / Л.К. Эрнст, А.И. Желтиков, В.Л. Петухов // Доклады Российской академии с.-х. наук. – 1999. – № 6. – С. 35–36.
32. 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: JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment. Editors: C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. – 2003. – P. 301–302.
33. 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. – 2003. – P. 297–299.
34. 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.
35. Konovalova T.V. The content of heavy metals in the liver of West Siberia's cattle // 17th International Conference

of Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract. – 2014. – P. 75.

36. 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 16 th 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.

37. Narozhnyh K.N., Efanova Y.V. Petukhov V.L. [et al.] The content of lead in some organs and tissues of Hereford bull-calves / 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 23–27 September 2012. – Rome (Italy), 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130115003>.

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

39. Patrashkov S.A., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Zheltikova O.A. Heavy metals level in the hair of cows of disappearing breed / Book of Abstract the 55<sup>th</sup> Annual Meeting of the European Association for Animal Production, 2004. – Bled. Slovenia. – № 10. – P. 264.

40. 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: JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment. Editors: C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. – 2003. – P. 1065–1066.

41. Petukhov V.L., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Sebeztko O.I., Korotkova G.N. Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves // 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract. – 2014. – P. 74.

42. Petukhova T.V. Content of heavy metals in the muscle tissue of cattle / 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 23-September 2012. – Rome (Italy), 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130115002>.

## References

1. Efanova Yu.V. Soderzhanie marganca v nekotoryh organah bychkov gerefordskoy porody / Yu.V. Efanova, K.N. Narozhnyh, O.S. Korotkevich // Zootehniya 2013. no. 4. pp. 18.

2. Efanova Yu.V. Soderzhanie cinka v nekotoryh organah i myshechnoy tkani bychkov gerefordskoy porody / Yu.V. Efanova, K.N. Narozhnyh, O.S. Korotkevich // Glavnyy zootehnik 2012. no. 11. pp. 30–33.

3. Zheltikov A.I. Chernopestryy skot Sibiri / A.I. Zheltikov, V.L. Petuhov, O.S. Korotkevich i dr. Novosibirsk: NGAU, 2010. 500 p.

4. Zayko O.A. Vliyaniye genofonda semeystv skorospeloy myasnoy porody na akumulyaciyu svinca v nekotoryh organah i tkanyah sviney / O.A. Zayko, T.V. Konovalova // Mir nauki, kultury, obrazovaniya. 2013. no. 4 (41). pp. 432–434.

5. Zayko O.A. Osobennosti akumulyatsii makro- i mikroelementov v miokarde sviney skorospeloy myasnoy porody / O.A. Zayko, O.S. Korotkevich, V.L. Petuhov // Glavnyy zootehnik. 2013. no. 6. pp. 35–40.

6. Zayko O.A. Harakteristika genofonda liniy porody sviney SM-1 po akumulyatsii svinca v organah i tkanyah / O.A. Zayko, T.V. Konovalova // Svinovodstvo. 2013. no. 8. pp. 11–12.

7. Zaychik V.E. Medicinskaya i biologicheskaya elementologiya kak novye nauchnye discipliny: sostoyaniye i perspektivy // Geohimiya zhivogo veschestva: materialy mezhdunarodnoy molodezhnoy shkoly-seminara (Tomsk, 2–5 iyunya 2013 g.). Tomsk: izd-vo Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2013. pp. 76–82.

8. Ilin V.B. Tyazhelye metally i nemetally v sisteme pochva-rasteniye. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2012. 220 p.

9. Kamaldinov E.V. Polimorfizm belkov syvorotki krovi sviney sibirskoy severnoy porody / E.V. Kamaldinov, O.S. Korotkevich, V.L. Petuhov, A.I. Zheltikov, A.A. Fridcher Doklady Rossiyskoy akademii s.-h. nauk. 2010. no. 4. pp. 49–51.

10. Korotkevich O.S. Biohimicheskie, gematologicheskie parametry i akumulyatsiya tyazhelykh metallov v organah i tkanyah sviney skorospeloy myasnoy porody / O.S. Korotkevich, O.A. Zheltikova, V.L. Petuhov // Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokozyaystvennykh nauk. 2009. no. 4. pp. 41–43.

11. Miller I.S. Osobennosti nakopleniya i korrelyatsii tyazhelykh metallov v cheshue sudaka Novosibirskogo vodohranilishcha / I.S. Miller, T.V. Konovalova, O.S. Korotkevich, V.L. Petuhov, O.I. Sebeztko // Fundamentalnye issledovaniya. 2014. no. 9–11. pp. 2469–2473.

12. Narozhnyh K. Soderzhanie zheleza v nekotoryh organah i myshechnoy tkani bychkov gerefordskoy porody / K. Narozhnyh, Yu. Efanova, O. Korotkevich, V. Petuhov // Molochnoye i myasnoye skotovodstvo. 2013. no. 1. pp. 24–25.

13. Narozhnyh K.N. Soderzhanie, izmenchivost i korrelyatsiya himicheskikh elementov v volose gerefordskogo skota / K.N. Narozhnyh // Sibirskiy vestnik sel'skokozyaystvennoy nauki. 2014. no. 4. pp. 74–78.

14. Narozhnyh K.N. Soderzhanie kadmiya v nekotoryh organah i tkani bychkov gerefordskoy porody / K.N. Narozhnyh, Yu.V. Efanova, O.S. Korotkevich // Mir nauki, kultury, obrazovaniya, 2012. no. 4. pp. 315–318.

15. Narozhnyh K.N. Soderzhanie medi v nekotoryh organah i myshechnoy tkani bychkov gerefordskoy porody / K.N. Narozhnyh, Yu.V. Efanova, O.S. Korotkevich // Vestnik NGAU, 2013. no. 2 (27). pp. 73–76.

16. Nezavitin A.G. Problemy sel'skokozyaystvennoy ekologii / A.G. Nezavitin, V.L. Petuhov, A.N. Vlasenko, O.S. Korotkevich i dr. Novosibirsk: Nauka. SIF RAN, 2000. 255 p.

17. Petuhov V.L. Veterinarnaya genetika s osnovami variatsionnoy statistiki / V.L. Petuhov, A.I. Zhigachev, G.A. Nazarova. M.: Agropromizdat, 1985. 368 p.

18. Petuhov V.L. Genetika / V.L. Petuhov, O.S. Korotkevich, S.Zh. Stambekov, A.V. Bakay, A.I. Zhigachev. Uchebnik / Ministerstvo obrazovaniya i nauki Respubliki Kazahstan; Sempalatinskiy gosudarstvennyy pedinstitut. Novosibirsk, 2007. 628 p. 2-e izdanie.

19. Petuhov V.L. Geneticheskaya struktura kemerovskoy i krupnoy beloy porody sviney po sistemam grupp krovi / V.L. Petuhov, A.I. Zheltikov, V.V. Gart, E.V. Kamaldinov O.A. Zheltikova // Selskokozyaystvennaya biologiya. 2004. no. 2. pp. 43–49.

20. Petuhov V.L. Immunogeneticheskie sistemy syvorotki krovi bychkov / V.L. Petuhov, A.I. Zheltikov, M.L. Kochneva, O.I. Sebeztko, V.V. Gart, O.S. Korotkevich, E.V. Kamaldinov // Doklady Rossiyskoy akademii s.-h. nauk. 2003. no. 5. pp. 38–40.

21. Petuhov V.L. Nasledstvennaya obuslovlennost nekotorykh zabolevaniy krupnogo rogatogo skota i vozmozhnost selektsii zhivotnykh na ustoychivost k nim / Diss. dokt. biol. nauk. Novosibirsk, 1978.

22. Petuhov V.L. Soderzhanie tyazhelykh metallov v myshchah 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.

23. Sposob opredeleniya soderzhaniya kadmiya v myshechnoy tkani krupnogo rogatogo skota. Petuhov V.L., Korotkevich O.S., Zheltikov A.I., Petuhova T.V. Patent na izobreteniye RUS 2426119 24.03.2010.

24. Sposob opredeleniya soderzhaniya kadmiya v organah i myshechnoy tkani sviney. Petuhov V.L., Zheltikova O.A., Zheltikov A.I., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Sebeztko O.I. Patent na izobreteniye RUS 2342659 28.03.2007.

25. Sposob opredeleniya soderzhaniya svinca v organah krupnogo rogatogo skota. Petuhov V.L., Korotkevich O.S., Strizhkova M.V. i dr. Patent na izobreteniye RUS no. 2421726 08.04.2010.

26. Sposob otbora krupnogo rogatogo skota na ustoychivost k tuberkulezu / Petuhov V.L., Ernst L.K., Zheltikov A.I., Nezavitin A.G., Korotkevich O.S. Patent na izobretenie RUS 2058733 27.04.1996.
27. Strizhkova, M.V. Soderzhanie svinca v organah i tkani bychkov cherno-pestroy porody / M.V. Strizhkova, T.V. Petuhova, O.S. Korotkevich // *Glavnyy zootehnik*. 2011. no. 6. pp. 66–68.
28. Syso A.I. Zakonomernosti raspredeleniya himicheskikh elementov v pochvoobrazuyuschih porodah i pochvah Zapadnoy Sibiri. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2007. 277 p.
29. Henning A. Mineralnye veschestva, vitaminy, biostimulyatory v kormlenii sel'skohozyaystvennykh zhivotnykh / A. Henning; per. s nem. N.S. Gelman; pod red. A.L. Paducheyov i Yu.I. Raekoy. M.: Kolos, 1976. 560 p.
30. Fridcher A.A. Hozyaystvenno-poleznye kachestva sviney priobskogo tipa skorospeloy myasnoy porody SM-1 / A.A. Fridcher, V.L. Petuhov // *Sibiskiy vestnik s.-h. nauki*. 2010. no. 8. pp. 59–63.
31. Ernst L.K. Fiziologicheskie i immunologicheskie pokazateli golshhtinizirovannogo cherno-pestrogo skota / L.K. Ernst, A.I. Zheltikov, V.L. Petuhov // *Doklady Rossiyskoy akademii s.-h. nauk*. 1999. no. 6. pp. 35–36.
32. 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: JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment*. Editors: C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. 2003. pp. 301–302.
33. 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. 2003. pp. 297–299.
34. 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. Sebezhko, Ye. Ye. Barinov, T.V. Konovalova // *Russian Agricultural Sciences*. 2014. Vol.40. no. 3. pp. 195–197.
35. Konovalova T.V. The content of heavy metals in the liver of West Sibiria's cattle / 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract. 2014. pp. 75.
36. 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.
37. Narozhnyh K.N., Efanova Y.V. Petukhov V.L. [et al.] The content of lead in some organs and tissues of Hereford bull-calves / 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 23–27 September 2012. Rome (Italy), 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130115003>.
38. 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: JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment*. Editors C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. 2003. pp. 1025–1027.
39. Patrashkov S.A., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Zheltikova O.A. Heavy metals level in the hair of cows of disappearing breed / *Book of Abstract the 55th Annual Meeting of the European Association for Animal Production*, 2004. Bled. Slovenia. no. 10. pp. 264.
40. 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 // *Journal De Physique. IV: JPXII International Conference on Heavy Metals in the Environment*. Editors: C. Boutron, C. Ferrari. Grenoble. 2003. pp. 1065–1066.
41. Petukhov V.L., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Korotkevich O.S., Sebezhko O.I., Korotkova G.N. Cadmium content variability in organs of West Siberian Hereford bull-calves // 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment Proceeding of Abstract. 2014. pp. 74.
42. Petukhova T.V. Content of heavy metals in the muscle tissue of cattle / 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 23-September 2012. Rome (Italy), 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130115002>.

**Рецензенты:**

Желтиков А.И., д.с.-х.н., профессор кафедры разведения, кормления и частной зоотехнии, Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск;  
 Кочнев Н.Н., д.б.н., профессор кафедры ветеринарной генетики и биотехнологии, Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск.

Работа поступила в редакцию 18.03.2015.