

УДК 636.234.1:612.015 (571.17)

# ЭЛЕМЕНТНЫЙ СТАТУС КРОВИ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

<sup>1</sup>Н.И. Шишин, кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>1</sup>О.И. Себежко, кандидат биологических наук

<sup>1</sup>Ю.И. Федяев

<sup>2,1</sup>Т.В. Скиба, кандидат химических наук

<sup>1</sup>Т.В. Коновалова, старший преподаватель

<sup>1</sup>К.Н. Нарожных, старший преподаватель

<sup>1</sup>Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Институт неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН, Новосибирск, Россия

E-mail: titovat@niic.nsc.ru

**Ключевые слова:** элементный статус, цельная кровь, голштинская порода, корреляции

**Реферат.** С использованием метода ИСП-АЭС проведено исследование уровня содержания макро- (калий, кальций, фосфор, железо, магний) и микро- (медь, свинец, кадмий, цинк, стронций) элементов в цельной крови клинически здоровых быков и коров голштинской породы, выращенных на территории Западной Сибири (Кемеровская область, ОАО «Ваганово»). Установлено, что в крови быков уровень содержания определяемых элементов находится в физиологических пределах, за исключением калия, умеренно повышенный уровень которого не влияет на здоровье и продуктивность животных. В крови коров наблюдается дисбаланс в содержании таких элементов, как калий, железо, магний, медь и цинк. На фоне повышенных содержаний цинка, калия и магния наблюдается дефицит меди и железа. Установлена наиболее вероятная причина наблюдаемого дисбаланса – избыток цинка в рационе обследованных животных (коров). Выявлены разнонаправленные корреляции между парами элементов K–Mg ( $r = 0,541$ ), Ca–Cu ( $r = 0,539$ ), Ca–Zn ( $r = 0,47$ ), Fe–P ( $r = 0,679$ ), Fe–Cu ( $r = -0,508$ ), Fe–Zn ( $r = 0,44$ ), Zn–P ( $r = 0,571$ ), Zn–Mg ( $r = 0,424$ ) и Zn–P ( $r = -0,577$ ), Zn–Mg ( $r = 0,622$ ), Zn–Cu ( $r = -0,709$ ), P–Cu ( $r = 0,61$ ) в крови быков и коров соответственно.

## BLOOD ELEMENTS OF HOLSTEIN CATTLE IN BIOGEOCHEMICAL CONDITIONS OF KEMEROVO REGION

<sup>1</sup> Shishin N.I., Candidate of Agriculture

<sup>1</sup> Sebezhko O.I., Candidate of Biology

<sup>1</sup> Fediaev Iu.I.

<sup>2,1</sup> Skiba T.V., Candidate of Chemistry

<sup>1</sup> Konovalova T.V., Senior Teacher

<sup>1</sup> Narozhnyh K.N., Senior Teacher

<sup>1</sup>Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup>Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry SD RAS, Novosibirsk, Russia

**Key words:** element status, whole blood, Holstein breed, correlation.

**Abstract.** The paper speaks about the research on microelements (Cuprum, lead, Cadmium, Zinc and Strontium) and macroelements (Potassium, Calcium, Phosphorus, Ferrum and Magnesium) in the whole blood of Holstein cattle bred at Vaganovo enterprise in Kemerovo region. The researchers used ICP-AES method. They found out that concentration of the elements (except potassium) in the bulls' blood doesn't exceed physiological limits. Potassium concentrations moderately high whereas it doesn't influence health and fertility of the cattle. The authors observed disbalance in concentration of potassium, ferrum, magnesium, lead and zinc the cows' blood. When concentration of zinc, potassium and magnesium is high, the researchers observed deficit of cuprum and ferrum. The authors see possible reason of the disbalance as

*excess of zinc in the feeds of cows. They reveal different correlations between the elements K-Mg ( $r = 0.541$ ), Ca-Cu ( $r = 0.539$ ), Ca-Zn ( $r = 0.47$ ), Fe-P ( $r = 0.679$ ), Fe-Cu ( $r = -0.508$ ), Fe-Zn ( $r = 0.44$ ), Zn-P ( $r = 0.571$ ), Zn-Mg ( $r = 0.424$ ) and Zn-P ( $r = -0.577$ ), Zn-Mg ( $r = 0.622$ ), Zn-Cu ( $r = -0.709$ ), P-Cu ( $r = 0.61$ ) in the blood of bulls and cows respectively.*

Химические элементы играют важную роль в осуществлении обменных процессов и различных физиолого-биохимических реакций в органах и тканях любого живого организма [1,2]. Они активно участвуют в процессе кроветворения, положительно влияют на рост и размножение, на иммуно-биологическую активность и т.д. Избыток или недостаток того или иного элемента приводит к нарушению нормального функционирования организма и может вызывать патологии различного генеза. Например, недостаток меди в пище сельскохозяйственных животных вызывает тяжелые расстройства в обмене веществ, приводя к развитию такого заболевания, как лизуха (или анемия) [1]. При этом у молодых животных задерживается рост, падает молочная продуктивность и воспроизводительная способность, снижается качество шерсти [1]. Недостаток цинка у животных приводит в первую очередь к задержке роста и нарушениям в половой сфере [1]. Отмечено, что уменьшение содержания цинка и повышение уровня кальция в рационе вызывает эндемическое заболевание свиней – паракератоз [1, 3]. Это заболевание проявляется в нарушении синтеза белков и по своим симптомам и течению близко к циррозу печени у человека [4]. У крупного рогатого скота при цинковой недостаточности отмечают такие явления, как вялость, слабость, потеря шерсти, кератинизация кожи [3].

В возникновении костной дистрофии имеют значение недостаточное поступление в организм фосфора, кальция, калия, кобальта, марганца, йода (либо непропорциональное соотношение между кальцием и фосфором, кальцием и магнием, кальцием и калием) [5]. Она сопровождается большой группой различных заболеваний, проявляющихся в изменениях костной системы и рядом нарастающих вторичных признаков, возникающих вследствие нарушения фосфорно-

кальциевого обмена. С явлениями костной дистрофии протекают урковская и брединская болезни, алиментарная остеодистрофия молочных коров, рахит молодняка, энзоотическая остеодистрофия лошадей, заболевания лошадей под названием «большая голова» и овец – «двойной череп», наблюдаемые за рубежом, артрозы быков-производителей станций искусственного осеменения, артрозы свиней и многие микроэлементозы биогеохимических провинций [5]. При недостатке в кормах кальция у коров имеют место низкая оплодотворяемость, иногда аборт, частые случаи задержания последа. При фосфорной недостаточности наблюдаются снижение удоев, рождение маловесных телят, подверженных различным заболеваниям [6,7].

Таким образом, для успешного развития животноводства и получения экологически безопасной сельскохозяйственной продукции представляется очевидным и необходимым изучение макро- и микроэлементного статуса кормовых растений и организма сельскохозяйственных животных [8–14]. Такие исследования могут быть полезны не только с точки зрения оценки состояния здоровья крупного рогатого скота, анализа экологической ситуации территорий, но также позволяют правильно скорректировать кормовую базу (подобрать качественный, сбалансированный корм), богатую теми или иными минеральными элементами, для предотвращения развития или прогрессирования заболеваний, в том числе вызванных микроэлементозами биогеохимических провинций [15–16]. В свете данных представлений исследование микроэлементного статуса животных может быть включено в список обязательных условий по соблюдению ветеринарно-санитарных требований и норм содержания сельскохозяйственных животных, в частности крупного рогатого скота [17].

К настоящему времени содержание макро- и микроэлементов определяют почти во всех органах и тканях сельскохозяйственных животных: печень [6–8], почки [7, 8], легочная [9, 18] и мышечная [19, 20] ткань, шерсть или щетина [21, 22] и т. д. Однако большинство биологических образцов доступно для анализа только после забоя животных [23–27]. Для исследования же элементного статуса организма животных наиболее эффективным является прижизненное определение макро- и микроэлементов в организме животных. В этом случае успешно используется анализ таких биологических объектов, как кровь и ее фракции [28–31], шерсть и щетина [21, 22, 32], семенная плазма или эякулят [32–38]. Одним из наиболее доступных и информативных биологических материалов для исследования элементного статуса крупного рогатого скота является волос и кровь [36, 37, 39].

Целью настоящей работы являлось исследование элементного статуса коров и быков голштинской породы в биогеохимических условиях Кемеровской области (пос. Ваганово).

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в аналитической лаборатории Института неорганической химии им. А. В. Николаева СО РАН.

Объектом исследования служила цельная кровь быков и коров голштинской породы, выращенных на территории Кемеровской области, ОАО «Ваганово». Взятую кровь в объеме 2–5 мл помещали в герметично закупоренные пластиковые пробирки, содержащие в качестве антикоагулянта цитрат натрия (3,8%). Пробы тщательно перемешивали и помещали в холодильную камеру, имеющую температуру  $-18^{\circ}\text{C}$ . Такая обработка стабилизирует кровь на срок до 30 суток и более.

Всего проанализированы образцы цельной крови от 23 быков в возрасте 12–14 месяцев и 15 коров в возрасте 4–8 лет. Все животные на момент забоя были клинически здоровы.

Содержание химических элементов (K, P, Fe, Ca, Mg, Pb, Cd, Cu, Sr, Zn) в крови определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-АЭС) на спектрометре iCAP-6500 фирмы Thermo scientific (Англия). Проводилась модификация методов исследования химических элементов [40, 41]. Вскрытие образцов цельной крови ( $V_{\text{пр}} = 0,5$  мл) проводили в смеси азотной кислоты и перекиси водорода (2:1) при температуре  $180^{\circ}\text{C}$  с использованием микроволновой печи MARS-5. При таких условиях происходит полное разложение проб и удаление органической матрицы в виде  $\text{CO}_2$ .

Полученные результаты исследований обрабатывали с помощью методов описательной и непараметрической статистики с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel и программы STATISTICA 6.0 (StatSoft Inc., США). Нормальность распределения оценивали с помощью критерия Шапиро-Уилка (W). Сопряженность между признаками оценивали с помощью коэффициентов корреляции Пирсона и коэффициентов ранговой корреляции Спирмена или Тау Кендалла для непараметрических признаков.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1–3 представлены результаты исследования уровня содержания макро- (калий, кальций, фосфор, железо, магний) и микро- (медь, свинец, кадмий, цинк, стронций) элементов в цельной крови быков и коров голштинской породы. Полученные результаты сравнивали с данными литературы. Видно, что уровень определяемых элементов в крови быков для большинства животных находится в физиологических пределах, за исключением калия. Найденные содержания калия в 3 раза превышают установленные нормы у 70% от общего числа обследованных быков (см. табл. 3). Проблема недостатка или избытка калия в организме животных чаще всего возникает в результате

использования определенных типов рационов для жвачных либо при обильном удобрении пастбищ навозной жижей или минеральными удобрениями [42]. Отбор большинства проб крови обследованных быков выпал на пастбищный период, когда у взрослых жвачных, согласно [42], возможно развитие гипомagneмии, известной под названием травя-

ной или пастбищной титании. Одной из причин возникновения заболевания считается избыточное поступление калия в организм животных в связи с потреблением больших количеств травы на пастбище. При этом у больных животных наблюдается резкое падение уровня магния в сыворотке крови до 0,5–0,7 мг% [43].

Таблица 1

Содержание макро- (мг/л) и микроэлементов (мкг/л) в цельной крови быков голштинской породы (n = 23)  
Concentration of macroelements (mg/l) and microelements (mkg/l) in the whole blood of Holstein bulls (n = 23)

Элемент	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\sigma$	Cv, %	Lim	Данные литературы
Фосфор	203,0±6,0	28	14	155÷260	200 [24]
Магний	22,0±0,3	1,5	6,9	18÷25	20–30 [25] 20–25 [24]
Железо	375,0±8,0	40	10,4	310÷450	350–450 [24]
Медь	1030±40	190	18,9	770÷1530	900–1100 [26] 1000 [3] 800–1200 [24]
Свинец	н/о (ПО: 700)				50 [3]
Кадмий	н/о (ПО: 60)				
Цинк	3650±170	830	22,8	2200÷5700	5300–5700 [3] 2500–6000 [25] 2000–3000 [24] 3000–9700 [5] 3000–5000 [26]
Стронций	140±4,0	20	15,1	80÷170	

Таблица 2

Содержание макро- (мг/л) и микроэлементов (мкг/л) в цельной крови коров голштинской породы (n = 15)  
Concentration of macroelements (mg/l) and microelements (mkg/l) in the whole blood of Holstein cows (n = 15)

Элемент	$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	$\sigma$	Cv, %	Lim	Данные литературы
Калий	650±40	140	21,8	415÷920	380–420 [24]
Фосфор	194±7	26	13,3	160÷230	170–200 [24]
Магний	37±0,9	3,5	9,3	31÷46	20–25 [24]
Железо	290±10	50	17,3	160÷375	360–420 [24]
Медь	700±40	150	20,9	435÷1000	800–1200 [24] 900–1100 [26]
Свинец	н/о (ПО: 700)				
Кадмий	н/о (ПО: 60)				
Цинк	16100±960	3700	23,1	10100÷22500	2500–5000 [24] 3000–5000 [26]
Стронций	125±5	20	15,4	95÷165	

Таблица 3

Содержание кальция и калия (мг/л) в цельной крови быков и коров голштинской породы  
Concentration of Ca and P (mg/l) in the whole blood of Holstein bulls and cows

Элемент	Пол	n	Медиана	Lim	Норма
Кальций	Быки	23	76	45÷150	94–120 [5] 70 [24]
	Коровы	15	95	50÷145	65–70 [24]
Калий	Быки	23	1480	520÷1800	400–450 [24]

Согласно данным, представленным в табл. 1 и 3, на фоне повышенного содержания калия уровень магния в крови обследованных быков соответствует установленным нормам. Более того, наблюдается положительная корреляция между магнием и калием в крови быков (табл. 4). Таким образом, можно сделать вывод об отсутствии диагноза травяной или пастбищной титании у обследованных животных и предположить, что превышение уровня концентрации калия в крови быков в 3 раза не вызывает гипомagneмии у животных. Вполне возможно, что отсутствие магниевого дефицита у обследованных животных – результат правильно скорректированного рациона, при котором в организм животного с кормом поступает магний в количестве, достаточном для предупреждения развития данного заболевания.

Токсичным для телят является превышение уровня калия в рационе в 4–5 раз [42]. Поскольку калий усваивается практически на 100%, можно предположить, что употребление кормов с высокой концентрацией калия приводит к увеличению его уровня в крови животных в одинаковой пропорции. В свете данных представлений можно обозначить, что у обследуемых быков наблюдается умеренное повышение уровня калия в крови, которое не влияет на здоровье и продуктивность животных. Однако у таких животных может наблюдаться увеличенное потребление воды и выделение мочи с повышенным содержанием солей [42].

В крови обследованных быков установлены следующие положительные корреляции между элементами в ряде пар: K–Mg, Ca–Cu, Ca–Zn, Fe–P, Fe–Zn, Zn–P, Zn–Mg (см. табл. 4). Для пар Ca–Zn и Fe–Zn такая взаимосвязь может трактоваться как эффект антагонизма между этими элементами. Для остальных пар нет однозначного объяснения полученных результатов и обоснованного подтверждения данными литературы [40]. Наличие отрицательной корреляции между железом и медью ( $r = -0,5076$ ) согласуется с данными литературы. Участие меди в процессах кроветворения неизбежно влечет за собой включение этого элемента в обменные процессы железа. Так, при развитии дефицита железа в организме

в качестве компенсаторного явления наблюдается повышенное содержание меди [4].

Таблица 4

Корреляции между химическими элементами в крови быков и коров ( $P < 0,05$ )  
Correlation between chemical elements in the blood of bulls and cows ( $P < 0.05$ )

Элементы	r	
	Быки	Коровы
K–Mg	0,541 <sup>C</sup> 0,457 <sup>K</sup>	-
Ca–Cu	0,539 <sup>C</sup> 0,336 <sup>K</sup>	-
Ca–Zn	0,47 <sup>C</sup> 0,376 <sup>K</sup>	-
Fe–P	0,679 <sup>П</sup>	-
Fe–Cu	-0,508 <sup>П</sup>	-
Fe–Zn	0,44 <sup>П</sup>	-
Zn–P	0,571 <sup>П</sup>	-0,577 <sup>П</sup>
Zn–Mg	0,424 <sup>П</sup>	0,622 <sup>П</sup>
Zn–Cu	-	-0,709 <sup>П</sup>
P–Cu	-	0,609 <sup>П</sup>

Примечание. П – коэффициент корреляции Пирсона; С – коэффициент корреляции Спирмена; К – коэффициент корреляции Кендалла

P – Pearson correlation coefficient; C – Spearman correlation coefficient; K – Kendall correlation coefficient

В случае обследования коров наблюдается дисбаланс в содержании таких элементов в крови, как калий, железо, магний, медь и цинк (см. табл. 2). На фоне повышенных концентраций цинка, калия и магния наблюдается пониженное содержание меди и железа. Как показано в случае анализа крови быков, такое превышение концентрации калия в крови не оказывает токсичного воздействия на организм животных и может считаться умеренным или даже незначительным.

Неоднократно доказано, что поступление больших доз цинка с пищей приводит к увеличению его в крови и плазме животных, поэтому отклонения в содержании цинка в крови обследованных коров, скорее всего, обусловлены избыточным содержанием цинка в рационе этих животных [1]. Найденная концентрация цинка в крови коров в 2–4 раза выше верхней границы физиологической нормы. Граница между биотической и токсической дозами цинка очень размыта. Согласно [42], избыток цинка в рационе сельскохозяйственных живот-

ных маловероятен: жвачные могут переносить без последствий 10-кратные дозировки цинка, а птицы и свиньи – 20–30-кратные. Однако не исключается возможность его возникновения при хранении влажных кормов в оцинкованной посуде или передозировке солей, вводимых в виде премиксов. А.И. Войнар [4] отмечено, что высокое содержание цинка в рационе свиней ведет к наступлению заболевания, выражающегося в потере аппетита, неэластичной и напряженной походке, при вскрытии павших животных отмечаются некроз печени и декальцификация головки бедра.

Сигнальным клиническим симптомом отравления цинком у животных служит явление медной недостаточности вследствие вытеснения цинком меди, при этом наступает угнетение активности цитохромоксидазы на 33% и каталазы печени на 50% [4, 39]. Симптомами хронической интоксикации являются задержка роста и анемия микроцитарного, гипохромного типа [4].

Таким образом, можно заключить, что недостаток меди в крови обследованных коров обусловлен избыточным потреблением животными цинка с пищей. Об этом свидетельствует и наличие значимой отрицательной корреляции ( $r = -0,709$ ) между медью и цинком в крови коров. Более того, у обследованных животных наблюдаются признаки железодефицитной анемии – уровень железа в крови коров в среднем в 1,5 раза ниже нормальных значений. Это может свидетельствовать о том, что избыток цинка в рационе животных преобладает в течение длительного промежутка времени, и проявление токсического эффекта для этих животных очевидно. Токсический эффект избытка цинка может быть преодолен введением избыточных количеств меди в рацион коров, что свидетельствует о наличии антагонизма в биологической активности между цинком и медью [4, 43].

Обнаружено также [4], что добавление избытка ZnO к пищевому рациону крыс ведет

к повышению мочевого и фекального выведения общего фосфора. Найденная отрицательная корреляция между цинком и фосфором ( $r = -0,577$ ) в крови коров не исключает наличия подобного эффекта у крупного рогатого скота, хотя это не отражается на изменении уровня фосфора в крови обследуемых животных (см. табл. 2).

Повышенный уровень магния в крови коров (в 1,5 раза), по-видимому, также можно объяснить присутствием избыточного количества цинка в рационе животных. Это объяснение подкрепляется и наличием значимой положительной корреляции ( $r = 0,6217$ ) между цинком и магнием (см. табл. 4), хотя в литературе доказательств, подтверждающих данное предположение, не обнаружено.

Положительную взаимосвязь в паре Cu–P ( $r = 0,61$ ) в крови коров можно рассматривать с точки зрения антагонизма этих элементов.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено умеренное превышение уровня калия в цельной крови крупного рогатого скота голштинской породы для обоих полов (быков и коров). Содержание остальных макро- (Ca, P, Fe, Mg) и микро- (Cu, Zn, Sr) элементов в цельной крови быков находится в пределах физиологической нормы.

2. В крови коров наблюдается дисбаланс микроэлементов, связанный с неправильным рационом питания животных. Избыток цинка в диете обследованных коров приводит к явлению медной недостаточности и развитию железодефицитной анемии.

3. Выявлены достоверные корреляционные взаимосвязи между парами элементов, в том числе и разнонаправленные: у быков Zn–P ( $r = 0,571$ ) и коров Zn–P ( $r = -0,577$ ).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 15–16–30003)

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ноздрюхина Л.Р. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. – М.: Наука, 1977. – 184 с.

2. *Генофонд* и фенофонд сибирской северной породы и черно-пестрой породной группы свиней / В.Л. Петухов, В.Н. Тихонов, А.И. Желтиков [и др.]. – Новосибирск: НГАУ, ИциГ СО РАН, 2012. – 579 с.
3. *Роль* микроэлементов в кормлении крупного рогатого скота [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/rol-mikroelementov-v-kormlenii-krupnogo-rogatogo-skota/>.
4. *Войнар А.И.* Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. – М.: Высш. шк., 1960. – 545 с.
5. *Валюшкин К.Д., Шляхтунов В.И.* Рекомендации по профилактике нарушений витаминно-минерального обмена веществ и воспроизводительной функции крупного рогатого скота. – Витебск, 2002. – 19 с.
6. *Iwegbue C.M.A.* Heavy metal composition of livers and kidneys of cattle from Southern Nigeria // *Veterinarski arhiv*. – 2008. – Vol. 78, N 5. – P. 401–410.
7. *Effects* of moderate pollution on toxic and trace metal levels in calves from a polluted area of northern Spain / M. Miranda, M. Lopez-Alonso, C. Castillo [et al.] // *Environ. Int.* – 2005. – Vol. 31, N 4. – P. 543–548.
8. *Закономерности* аккумуляции, изменчивости и сопряженности тяжелых металлов в печени животных герефордской породы / К.Н. Нарожных, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич [и др.] // *Современные проблемы науки и образования (Биологические науки): электрон. науч. журн.* – 2015. – № 6. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23546>.
9. *Коновалова Т.В.* Изменчивость и сопряженность аккумуляции некоторых тяжелых металлов в легочной ткани животных черно-пестрой породы // *Современные проблемы науки и образования (Биологические науки): электрон. науч. журн.* – 2015. – № 3. – Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20078>
10. *Cs-137 and Sr-90 level in diary products* / V.L. Petukhov, Yu.A. Dukhanov, I.Z. Sevryuk [et al.] // *Journal De Physique. IV France 107 (2003): JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment*. – 2003. – P. 1065–1066. – DOI:10/1051/jp4:20030483.
11. *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.
12. *Ильин В.В.* Изучение некоторых продуктивных и биологических особенностей красного степного скота Алтайского края / А.И. Желтиков, О.С. Короткевич // *Достижения науки и техники АПК*. – 2012. – № 2. – С. 68–71.
13. *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.
14. *Особенности* накопления и корреляции тяжелых металлов в костной ткани судака Новосибирского водохранилища / И.С. Миллер, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов, О.И. Себежко // *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 1. – С. 759.
15. *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.] // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. – 2016. – Vol. 7 (4). – P. 2458.
16. *Ecological and biochemical evaluation of elements contents in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia* / A.I. Syso, V.A. Sokolov, V.L. Petukhov [et al.] // *J. Pharm. Sci. and Res.* – 2017. – Vol. 9 (4). – P. 368–374.
17. *Методические указания* по комплексной диспансеризации крупного рогатого скота [Электрон. ресурс]. – [1988]. – Режим доступа: [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr/usr\\_14976.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr/usr_14976.htm).
18. *Закономерности* аккумуляции тяжелых металлов в легких бычков герефордской породы в Западной Сибири / К.Н. Нарожных, Т.В. Коновалова, О.С. Короткевич [и др.] // *Современные проблемы науки и образования*. – 2014. – № 6. – С. 1447.
19. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*; Edited by Mertz W. 5<sup>th</sup> edition. – Academic Press, 2012. – 499 p.

20. 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.
21. Gabryszuk M., Sloniewski K., Sakowski T. Macro- and microelements in milk and hair of cows from conventional vs. organic farms // Animal Science Papers and Reports. – 2008. – Vol. 26, N 3. – P. 199–209.
22. Нарожных К.Н. Содержание, изменчивость и корреляция химических элементов в волосе герефордского скота // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2014. – № 4. – С. 74–78.
23. The content of the lead some organs and tissues of Hereford bull-calves // K.N. Narozhnykh, V.L. Petukhov, U. V. Efanova [et al.] // Proceeding of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment. Rome, E3S Web of Conference 1, 15003 (2013). – DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130115003>.
24. Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, Ju.I. Fedyaev [et al.] // Indian Journal of Ecology. – 2017. – Vol. 44 (2). – P. 217–220.
25. 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.] // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR). – 2016. – Vol. 7. – P. 1758–1764.
26. Ефанова Ю.В., Нарожных К.Н., Короткевич О.С. Содержание марганца в некоторых органах бычков герефордской породы // Главный зоотехник. – 2012. – № 11. – С. 30–33.
27. 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. 34–37.
28. Trace mineral profile in blood and hair from cattle environmentally exposed to lead and cadmium around different industrial units / R. C. Patra, D. Swarup, Sharma M. C. [et al.] // J. Vet. Med. A. Physiol. Pathol. Clin. Med. – 2006. – Vol. 53, N 10. – P. 511–517.
29. Blood plasma metabolic profile of Aberdeen Angus bulls during postnatal ontogenesis / A. Pavlik, P. Jelinek, M. Matejcek [et al.] // Acta Vet. BRNO. – 2010. – Vol. 79. – P. 419–429.
30. Machal L., Chladek G., Strakova E. Copper, phosphorus and calcium in bovine blood and seminal plasma in relation to semen quality // J. Anim. Feed. Sci. – 2002. – Vol. 11. – P. 425–435.
31. Kadhim M.S., Jassim Al-Dulaimi D.H. Effect of season on blood minerals in Iraqi bull buffalo // AL-Qadisiya Journal of Vet. Med. Sci. – 2015. – Vol. 14, N 2. – P. 11–14.
32. Trace minerals profile of blood and seminal plasma of breeding bulls / A.J. Dhami, B. Shelke Vinay, K. P. Patel [et al.] // Indian J. Anim. Sci. – 2001. – Vol. 71. – P. 761–763.
33. Differences in the occurrence of selenium, copper and zinc deficiencies in dairy cows, calves, heifers and bulls / L. Pavlata, A. Podhorsky, A. Pechova [et al.] // Vet. Med. – Czech. – 2005. – Vol. 50, N 9. – P. 390–400.
34. Contamination of bovine insemination doses with cadmium, copper, lead and zinc and its relation to semen activity / P. Massanyi, J. Trandzik, P. Strapak [et al.] // J. Environ. Sci. Health. – 2000. – Vol. A35, N 9. – P. 1637–1644.
35. Concentration of copper, iron, zinc, cadmium, lead, and nickel in bull and ram semen and relation to the occurrence of pathological spermatozoa / P. Massanyi, J. Trandzik, P. Nad [et al.] // J. Environ. Sci. Health. – 2004. – Vol. A39, N 11–12. – P. 3005–3014.
36. Cooper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia [Electronic resours] / T.V. Konovalova, K.N. Narozhnykh, V.L. Petukhov [et al.] // Abstract Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2017. – 41S. – P.74. – URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.03.304>.
37. Tail hair as an indicator of environmental exposure of cows to lead and cadmium in different industrial areas / R.C. Patra, D. Swarup, R. Naresh [et al.] // Ecotoxicol. Environ. Saf. – 2007. – Vol. 66, N 1. – P. 127–131.
38. Assessment of copper content in semen and its effect on the spermatozoa motility / Z. Knazicka, J. Lukacova, A. Gren [et al.] // Contemporary agriculture. – 2014. – Vol. 63, N 1–2. – P. 1–12.
39. Патент на изобретение RUS 2342659. Способ определения содержания кадмия в органах и мышечной ткани свиней / В.Л. Петухов, О.А. Желтикова, О.С. Короткевич [и др.]. – 28.03.2007.



40. Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes / T.V. Skiba, A.R. Tsygankova, N.S. Borisova [et al.] // *J. of Trace Elements in Medicine and Biology*. – 2017. – Vol. 72. – P. 958–964.
41. Analysis of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with Dc Arc excitation sources / A.R. Tsygankova, A.V. Kuptsov, K.N. Narozhnykh [et al.] // *J. Pharm. Sci. and Res.* – 2017. – Vol. 9 (5). – P. 601–605.
42. Колобков Д. М. Влияние биогеохимических провинций на биохимический и микроэлементный статус коров симментальской породы в условиях Уральского региона // *Аграр. вестн. Урала*. – 2011. – № 7 (86). – С. 12–13.
43. Георгиевский В. И., Анненков Б. Н., Самохин В. Т. Минеральное питание животных. – М.: Колос, 1979. – 471 с.

## REFERENCES

1. Nozdrjukhina L. R. *Biologicheskaja rol» mikroelementov v orjanizme zhivotnykh, cheloveka* (The biological role of microelements in animal, human), Moscow: Nauka, 1977, 184 p.
2. Petukhov V. L., Korotkevich O. S., Tikhonov V. N., Zheltikov A. I., Kamaldinov E. V. *Genofond I fenofond sibirskoj I sibirskoj cherno-pestroj porodnoj gruppy svinej* (Gene and phene pools of Siberian North-breed and Siberian Black-and-Whitebreed group of pigs), Novosibirsk: Izdatel'skij dom Prometej, 2012, 579 p.
3. available at: <http://www.activestudy.info/rol'-mikroelementov-v-kormlenii-krupnogo-rogatogo-skota>
4. Vojnar A. I. *Biologicheskaja rol» mikroelementov v orjanizme zhivotnykh, cheloveka* (The biological role of microelements in animal, human) – Moscow: Vysshaj shkola, 1960, 545 p.
5. Valjushkin K. D., Shljakhtunov V. I. *Rekomendatsii po profilaktike narushenij vitaminno- mineral'nogo obmena veschestv: vosproizvoditel'noj funktsii krupnogo rogatogo skota* (Recommendations for the prevention of vitamin-mineral metabolism disorders: the reproductive function of cattle), Vitebsk, 2002, 19 p.
6. Iwegbue, C. M. A. *Veterinarski arhiv*, 2008, No. 5 (78), pp. 401–410.
7. Miranda M., Lopez-Alonso M., Castillo C. *Environ. Int.*, 2005, No. 4 (31), pp. 543–548.
8. Narozhnykh K. N., Petukhov V. L., Korotkevich O. S. *Sovremennye problemy nauki I obrazovanija*, available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23546>. (In Russ.)
9. Konovalova T. V. *Sovremennye problemy nauki I obrazovanija*, available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=200078>. (In Russ.)
10. Petukhov V. L., Dukhanov Yu. A., Sevryuk I. Z., Patrashkov S. A., Korotkevich O. S., Gorb T. S. *Cs-137 and Sr-90 level in diary products Journal De Physique. IV France 107* (2003): Proceeding of the 12<sup>th</sup> International Conference on Heavy Metals in the Environment, 2003, pp. 1065–1066. DOI:10.1051/jp4:20030483.
11. Il'in V. V., Zheltikov A. I., Korotkevich O. S., Konovalova T. V., *Dostizhenij nauki I tekhniki APK*, 2014, No. 4, pp 65–68. (In Russ.)
12. Il'in V. V., Zheltikov A. I., Korotkevich O. S., *Dostizhenij nauki I tekhniki APK*, 2012, No. 2, pp 68–71. (In Russ.)
13. Miller I. S., T. V. Konovalova, O. S. Korotkevich, Petukhov V. L., Sebezhko O. I., *Fundamental'nye issledovanija*, 2014, No. 19–11, pp. 2469–2473. (In Russ.)
14. Miller I. S., T. V. Konovalova, O. S. Korotkevich, Petukhov V. L., Sebezhko O. I., *Soremennye problemy nauki I obrazovanija*, 2015, No. 1, p. 759. (In Russ.)
15. Petukhov V. L., Syso A. I., Narozhnykh K. N., Konovalova T. V. *Research Journal of Pharmaceutical*, 2016, No. 4 (7), p. 2458.
16. Syso A. I., Sokolov V. A., Petukhov V. L., Lebedeva M. A. *J. Pharm. Sci. and Res.*, 2017, No. 4 (9), pp. 368–374.
17. *Metodicheskie ukazaniya po kompleksnoj dispanserizacii krupnogo rogatogo skota* available at: [http://www.libussr.ru/doc\\_ussr\\_usr\\_14976.htm](http://www.libussr.ru/doc_ussr_usr_14976.htm).
18. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Korotkevich O. S. *Soremennye problemy nauki I obrazovanija*, 2014, No. 6, p. 1447. (In Russ.)
19. Mertz W. *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, Academic Press, 2012, 499 p.

20. Narozhnykh K.N., Strizhkova M.V., Konovalova T.V. *Fundamentalnye issledovaniya*, 2015, No. 2 (10), pp. 2158–2163. (In Russ.)
21. Gabryszyk M., Sloniewski K., Sakowski T. *Animal Science Papers and Reports*, 2008, No. 3 (26), pp. 199–209.
22. Narozhnykh K.N. *Sibirskij vestnik selskhozjajstvennoj nauki*, 2014, No. 4, pp. 74–78. (In Russ.)
23. K.N. Narozhnykh, V.L. Petukhov, U.V. Efanova, O.S. Korotkevich, B.A. Skukovsky, G.N. Korotkova *The content of the lead some organs and tissues of Hereford bull-calves*, Proceeding of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment. Rome, E3S Web of Conference 1, 15003 (2013). DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20130115003>.
24. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev Ju.I., Shishin N.I., *Indian Journal of Ecology*, 2017, 44 (2), pp. 217–220. (In Russ.)
25. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Petukhov V.L., Syso A.I., *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 2016, Vol.7, pp. 1758–1764. (In Russ.)
26. Efanova U.V., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S. *Zootehnika*, 2013, No. 4, p. 18. (In Russ.)
27. Efanova U.V., Narozhnykh K.N., Korotkevich O.S. *Glavnyj zootekhnika*, 2012, No. 11, pp. 30–33. (In Russ.)
28. R.C. Patra, D. Swarup, Sharma M.C. *J. Vet. Med. A. Physiol. Pathol. Clin. Med.*, 2006, No. 10 (53), pp. 511–517.
29. Pavlik A., Jelinek P., Matejcek M. *Acta Vet. BRNO*, 2010, Vol. 79, pp. 419–429.
30. Machal L., Chladek G., Strakova E. *J. Anim. Feed. Sci.*, 2002, Vol. 11, pp. 425–435.
31. Kadhim M.S., Jassim Al-Dulaimi D.H. *Qadisiya Journal of Vet. Med. Sci.*, 2015, No. 2 (14), pp. 11–14.
32. Dhami A.J., Shelke Vinay B., Patel K.P. *Indian J. Anim. Sci.*, 2001, Vol. 71, pp. 761–763.
33. Pavlata L., Podhorsky A., Pechova A. *Vet. Med. Czech.*, 2005, Vol. 50, No. 9 (50), pp. 390–400.
34. Massanyi P., Trandzik J., Strapak P.J. *Environ. Sci. Health.*, 2000, No. 9 (A35), pp. 1637–1644.
35. Massanyi P., Trandzik J., Nad P.J. *Environ. Sci. Health.*, 2004, No. 11 (A39), pp. 3005–3014.
36. Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L., *Abstract Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2017, p.74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtemb.2017.03.304>.
37. Patra R.C., Swarup D., Naresh R. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 2007, No. 1 (66) pp. 127–131.
38. Knazicka Z., Lukacova J., Gren A. *Contemporary agriculture*, 2014, No.1 (63), pp. 1–12.
39. Petukhov V.L., Zheltikova O.A., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Sebezhko O.I. *Sposob opredele-nija so-dержaniya kadmija v organah i myshechnoj tkani sviney*, Patent RUS 23426559 28.03.2007.
40. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S. *J. of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2017, pp. 958–964.
41. Tsygankova A.R., Kuptsov A.V., K.N. Narozhnykh, A.I. Saprykin, T.V. *J. Pharm. Sci and Res.*, No. 5 (9), 2017, pp. 601–605.
42. Kolobkov D.M. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2011, No. 7 (86), pp. 12–13. (In Russ.)
43. Georgievskij V.I., Annenkov B.N., Samokhin V.T. *Mineral'noe pitanieivotnykh*, Moscow: Kolos, 1979, 471 p.