

УДК 631.45+574.2

## МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ И КОРМОВЫХ ТРАВАХ ПРИФЕРМЕРСКИХ ПОЛЕЙ БАРНАУЛЬСКОГО ПРИОБЬЯ

<sup>1,2</sup>А.И. Сысо, доктор биологических наук

<sup>1,2</sup>М.А. Лебедева, кандидат биологических наук,  
научный сотрудник

<sup>1,2</sup>С. А. Худяев, кандидат биологических наук,  
научный сотрудник

<sup>1</sup>А.С. Черевко, кандидат химических наук,  
старший научный сотрудник

<sup>2</sup>А.И. Шишин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>2</sup>О. И. Себежко, кандидат биологических наук, доцент

<sup>2</sup>Т.В. Коновалова, старший преподаватель

<sup>2</sup>О.С. Короткевич, доктор биологических наук, профессор

<sup>2</sup>В.Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор

<sup>2</sup>Е. В. Камалдинов, доктор биологических наук, профессор

<sup>2</sup>Д. М. Слобожанин, аспирант

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, Россия

<sup>2</sup>Новосибирский государственный аграрный университет г. Новосибирск, Россия

E-mail: syso@mail.ru

**Ключевые слова:** макроэлементы, микроэлементы, тяжелые металлы, почвы, кормовые травы, прифермские поля, Барнаульское Приобье

**Реферат.** Обеспечение населения экологически безопасной и минерально полноценной продукцией растениеводства и животноводства – актуальная проблема. Особого внимания и контроля требуют сельскохозяйственные угодья вблизи промышленных центров, загрязняющих окружающую среду разными веществами. С этой целью изучен и оценен макро- и микроэлементный состав почв и растительной продукции прифермских полей сельхозпредприятий вблизи города Барнаула. Объектами исследования служили почвы и сено многолетних сеяных злаковых трав с прифермских полей ОАО Племпредприятие «Барнаульское» и ОАО «Сибирские бычки». Смешанные пробы почв брали из слоя 0–20 см пахотного горизонта, а сена трав – из рулонов. Агрохимические свойства почв изучали стандартными методами. Валовое содержание макро- и микроэлементов в почвах и золе растений определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с использованием дифракционного спектрографа PGS-2, дугового аргонного двухструйного плазмотрона, многоканального анализатора эмиссионных спектров. Концентрацию подвижной формы макро- и микроэлементов в почвах в ацетатно-аммонийном буферном растворе с pH 4,8 измеряли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Контроль точности измерений макро- и микроэлементов в почвах и растениях проводили с использованием соответствующих стандартных образцов. Результаты исследования показали отсутствие экологической проблемы агрогенного и техногенного загрязнения тяжелыми металлами почв и кормовых трав на прифермских полях животноводческих предприятий вблизи крупного промышленного центра. Напротив, выявлена биогеохимическая проблема дефицита в кормовых культурах на этих сельскохозяйственных угодьях таких эссенциальных макро- и микроэлементов, как P, Ca, Co, Cu, Mg, Mn, Na, Zn. Их низкое содержание в растительной продукции указывает на её недостаточную минеральную полноценность и свидетельствует о наличии агрохимической проблемы – истощения в почвах запасов их подвижной и доступной растениям формы.

## MACRO AND MICROELEMENTS IN THE SOIL AND FEEDING GRASS OF BY-FARM FIELDS IN THE BARNAUL IS TRANSOB

<sup>1,2</sup>Syso A.I., Dr. of Biological Sc.

<sup>1,2</sup>Lebedeva M.A., Candidate of Biology, Research Fellow

- <sup>1,2</sup> Khudiae S. A., Candidate of Biology, Research Fellow  
<sup>1</sup> Cherevko A.S., Candidate of Chemistry, Senior Research Fellow  
<sup>2</sup> Shishin A.I., Candidate of Agriculture, Associated Professor  
<sup>2</sup> Sebezhko O.I., Candidate of Biology, Associated Professor  
<sup>2</sup> Konovalova T.V., Senior Teacher  
<sup>2</sup> Korotkevich O.S., Dr. of Biological Sc., Professor  
<sup>2</sup> Petukhov V.L., Dr. of Biological Sc., Professor  
<sup>2</sup> Kamaldinov E.V., Dr. of Biological Sc., Professor  
<sup>2</sup> Slobozhanin D.M., PhD-student

<sup>1</sup> Institute of Soil Science and Agrochemistry SD RAS, Novosibirsk, Russia

<sup>2</sup> Novosibirsk State Agrarian University Novosibirsk, Russia

*Key words:* macroelements, microelements, heavy metals, soil, forage grass, piterskie field, Barnaul Ob.

**Abstract.** *The authors highlight significant and relevant problem, which is seen as fulfilling people needs in environmentally safe plant, and animal production, which is rich in minerals. The paper points out farmlands closely located to industrial centres that pollute environment and require specific controlling measures. The authors explore and assess macro and microelements composition of soils and plant production from farmlands of agricultural enterprises located in the suburbs of Barnaul. The researchers investigated soils and hay of perennial grasses from by-farm fields of Barnaulskoe enterprise and Sibirskie bychki enterprise. Mixed samples of soil were received from 0-20 sm plough-layer whereas grass hay was applied from rolls. Agrochemical properties of soils were investigated by means of general and standard methods. The researchers explored total concentration of macro and microelements in the soil and ash by means of atomic emission spectrometry and grating spectrograph PGS-2, arc argon two-spool plasmotron and multi-channel analyzer of emission spectrums. The researchers measured concentration of macro- and microelements in the soil in acetate-ammoniacal buffer solution with pH 4,8 by means of atomic emission spectrometry. Accuracy control was carried out by means of applying corresponding standards. The research results has shown lack of agrogenic or technogenic pollution caused by heavy metals and feeding grasses on by-farm fields of livestock enterprises located in the suburbs of the industrial city. Otherwise, the researchers revealed the problem of feeding crops in these farmlands. This problem deals with lack of concentration of elements P, Ca, Co, Cu, Mg, Mn, Na and Zn in feeding crops. Low concentration of elements in plant production shows insufficient mineral concentration and agrochemical problem, which is depletion of minerals necessary for plants.*

Охрана окружающей среды от негативного техногенного изменения и обеспечение населения экологически безопасной и минерально полноценной продукцией растениеводства и животноводства – актуальные проблемы России [1–11]. Их решение зависит от уровня загрязнения атмосферы, гидросферы, почвенного и растительного покрова газопылевыми выбросами, жидкими стоками и твердыми отходами, агрохимикатами, от природного плодородия почв и его изменения на сельхозугодьях [12–14]. Особого внимания и контроля требуют угодья, где растительные продукты питания и корма для молочного и мясного крупного рогатого скота выращиваются вблизи промышленных центров, загрязняющих окружающую среду разными веществами [15–17]. Широко рас-

пространено мнение, что почвы и растительная продукция прифермских севооборотов в промышленно-развитых районах страны загрязнены тяжелыми металлами и другими поллютантами, а потому нуждаются в экологическом контроле [18].

Цель настоящего исследования – изучение и эколого-биогеохимическая оценка макро- и микроэлементного состава почв и растительной продукции прифермских полей сельхозпредприятий вблизи г. Барнаула – крупного промышленного центра юга Западной Сибири.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования служили микро- и макроэлементы почвах и сене многолетних

сеяных злаковых трав с прифермских полей двух крупных животноводческих предприятий. Пробы почв и сена были отобраны с пяти полей ОАО Племпредприятие «Барнаульское» и четырех полей ОАО «Сибирские бычки». В ботаническом составе трав преобладал ко- стрец безостый (*Bromopsis inermis* (Leys.)). Смешанные пробы почв брали из слоя 0–20 см горизонта А, а сена многолетних злаковых трав – из рулонов.

В почвах определяли основные агрохи- мические показатели: потенциальную кис- лотность ( $pH_{\text{сол}}$ ) – по ГОСТ 26483–85, со- держание частиц менее 0,01 мм – по ГОСТ 12536–79, органического вещества – по ГОСТ 26213–91, подвижного фосфора и обменного калий (по Чирикову) – по ГОСТ 26204–91.

Валовое содержание макро- и микроэле- ментов в почвах и золе растений определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с использованием дугового аргонового двух- струйного плазмотрона, дифракционного спектрографа PGS-2 и многоканального ана- лизатора эмиссионных спектров.

Сухое озоление проб сена проводили в кварцевых стаканах в муфельной печи при температуре 450°C в течение 3 ч.

Концентрацию подвижных форм макро- и микроэлементов в почвах, экстрагируемых ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 (в ААБ с pH 4,8) по РД 52.18.289–90, измеряли методом атомно-абсорбционной спектроскопии.

Контроль точности измерений количе- ства макро- и микроэлементов в пробах почв и растений проводили с использованием со- ответствующих государственных стандарт- ных образцов.

Статистическая обработка проведена с использованием программного обеспечения STATISTICA и Microsoft Office Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Территории изученных предприятий на- ходятся вблизи г. Барнаула – промышленно- го и административного центра Алтайского

края. В географо-геоморфологическом от- ношении они расположены в Барнаульском Приобье – левобережье р. Оби на Приобском плато, а по агроэкологическому райониро- ванию Алтайского края – в Приобской зоне ко- лочной степи с зональными почвами – черно- земами обыкновенными [13].

Обследование полей прифермских се- вооборотов показало преобладание в их по- чвенном покрове черноземов обыкновенных, занимающих наивысшие позиции рельефа. Ниже по рельефу залегают более увлажен- ные лугово-черноземные и черноземно-лу- говые почвы. В результате интенсивного многолетнего агрогенного воздействия по- чвы прифермских полей трансформировались в агроземы, утратив присущие их типам морфологические и физико-химические раз- личия.

При изучении агрохимических характе- ристик почв прифермских агроземов, перио- дически удобряемых жидким навозом, уста- новлено, что в среднем они имеют близкую к нейтральной реакцию среды, среднее со- держание гумуса, среднесуглинистый грану- лометрический состав, очень высокое содер- жание подвижного фосфора и обменного ка- лия (табл. 1). Показатели состава и свойств агроземов разных хозяйств оказались близ- ки между собой, что позволяет рассматри- вать их как типичные для полей приферм- ских севооборотов Барнаульского Приобья. Агрохимические характеристики почв пред- полагают их способность обеспечить высо- кую продуктивность сельскохозяйственных культур.

Таблица 1

Агрохимические характеристики почв  
прифермских полей  
Agrochemical characteristics of soils on by-farm fields

Показатель	«Барнауль- ское» (n=5)	«Сибирские бычки» (n=4)
$pH_{\text{KCl}}$	6,4±0,6	5,9±0,3
Гумус, %	4,8±0,6	5,1±0,4
Частиц менее 0,01 мм, %	36±5	34±6
Подвижный $P_2O_5$ , мг/кг	222±47	340±101
Обменный $K_2O$ , мг/кг	236±18	261±14

Определение валового содержания макро- и микроэлементов в почвах прифермских полей хозяйств и его оценка по агрохимическим, биогеохимическим и гигиеническим критериям выявили повышенное количество в них мышьяка и бора (табл. 2). Уровень содержания в почвах эссенциальных (биофильных) микроэлементов (Co, Cu, Mn, Mo, Zn) оказался в пределах агрохимических и биогеохимических норм – не меньше критически недостаточного и не больше критически избыточного уровня [2]. Избыток бора в почвах обусловлен природным обогащением им почвообразующих пород региона [3]. В целом валовое содержание микроэлементов – В, Co, Cu, Mn, Mo, Zn в почвах прифермских полей близко их среднему количеству в почвообразующих

породах и гумусовых горизонтах черноземов Алтайского Приобья. Оно предполагает недостаток растениям Zn, а также Cu, Mn, Mo [12].

Оценка валового содержания Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, V, Zn как тяжелых металлов, нормируемых по гигиеническим критериям – предельно и ориентировочно допустимым концентрациям – ПДК и ОДК соответственно, показала, что уровень его существенно ниже этих пределов. Обнаруженные количества мышьяка в почвах, превышающие ПДК и ОДК, скорее всего, следствие обогащения им почвообразующих пород [3].

Таблица 2

Валовое содержание макро- и микроэлементов (мг/кг) в почвах прифермских полей и критерии их оценки  
Total concentration of macro and microelements (mg/kg) in the soil of by-farm fields and criteria of their assessment

Элемент	«Барнаульское» (n=5)	«Сибирские бычки» (n=4)	Критические уровни		ПДК/ ОДК
			недостаток	избыток	
As	10,4±2,1	7,5±3,8	-	-	2/10
B	69±6	63±63	<3–6	>30	-
P	1256±398	1335±240	<100	-	-
Ca	11300±593	11500±1088	-	-	-
Cd	0,58±0,12	0,44±0,09	-	-	2,0
Co	15,6±2,1	13,2±2,0	<2–7	>30	-
Cr	100±44	114±3	-	-	-
Cu	23±1	21±5	<6–15	>60	132
Fe	29900±1297	29500±2084	-	-	-
K	15900±963	16850±2031	-	-	-
Mg	8430±238	7615±115	-	-	-
Mn	810±42	825±96	<400	>3000	1500
Mo	1,5±0,3	1,1±0,2	<1,5	>4,0	-
Na	13485±160	15550±1841	-	-	-
Ni	39±4	35±2	-	-	80
Pb	22,8±2,0	24,4±10,0	-	-	32/130
V	120±10	120±20	-	-	150
Sr	184±6	200±8	-	>600–1000	-
Zn	70±6	70±13	<30	>70	220

По сравнению с данными о валовом содержании макро- и микроэлементов в почвах определение концентрации в них подвижных форм элементов позволяет точнее определить обеспеченность растений необходимыми им

элементами-биофилами или угрозу избыточного – токсичного для растительных и животных организмов накопления в них химических элементов. Оценка количества в почвах подвижной формы макро- и микроэлементов

в ААБ с pH 4,8 (табл. 3) выявила критически низкий уровень концентрации в них Cu и Zn, предполагающий их дефицит для растений

и пищевой цепи в целом, а также отсутствие техногенного загрязнения почв тяжелыми металлами.

Таблица 3

**Концентрация подвижной в ААБ с pH 4,8 формы макро- и микроэлементов (мг/кг) в почвах прифермских полей и критерии их оценки**  
**Concentration of active in AAB form with pH 4,8 (mg/kg) in the soil of by-farm fields and criteria of their assessment**

Элемент	«Барнаульское» (n=5)	«Сибирские бычки» (n=4)	Критические уровни		ПДК
			недостаток	избыток	
Ca	4500±1210	4105±245	<500	>4000	-
Cd	0,04±0,01	0,02±0,01	-	-	-
Co	0,20±0,10	0,20±0,10	<0,15	>0,70	5,0
Cr	1,0±0,5	1,0±0,5	-	-	6,0
Cu	0,13±0,03	0,10±0,02	<0,20	>1,00	3,0
Fe	1,7±0,8	1,9±0,7	-	-	-
K	259±62	320±36	<40	>500	-
Mg	480±35	414±84	<60	>480	-
Mn	10±2	21±4	<10	>40	100
Na	40±23	41±13	-	-	-
Ni	0,9±0,3	0,8±0,2	-	-	4,0
Pb	0,10±0,08	0,40±0,30	-	-	6,0
Sr	26±4	23±1	-	-	-
Zn	0,5±0,1	0,5±0,4	<2,0	>10,0	23,0

Полученные данные о составе и свойствах почв говорят об отсутствии негативно их изменения с точки зрения загрязнения окружающей среды, напротив, в почвах проявился недостаток подвижной формы Cu и Zn.

Исследование макро- и микроэлементного состава сена многолетних трав на прифермских полях и его эколого-биогеохимическая оценка как корма крупного рогатого скота по комплексу критериев [1,4] выяви-

ли критически низкий уровень содержания в травах Cu и Zn (табл. 4). Таким образом, анализ растений подтвердил данные о недостатке в почве подвижной формы этих микроэлементов. Кроме того, в сене кормовых трав обнаружено низкое содержание других макро- и микроэлементов – P, Ca, Co, Mg, Mn, Na, указывающее на недостаточную минеральную полноценность сена как корма для крупного рогатого скота.

Таблица 4

**Среднее содержание макро- и микроэлементов в сене многолетних злаковых трав на прифермских полях и критерии их оценки, мг/кг воздушно-сухого вещества**  
**Average concentration of macro and microelements in the hay of perennial grasses in the soil of by-farm fields and criteria of their assessment, mg/kg of air-dry substance**

Элемент	«Барнаульское»		«Сибирские бычки», 2015 (n=4)	Критические уровни	
	2014 (n=6)	2015 (n=7)		недостаток	избыток
1	2	3	4	5	6
As	<1	<1	<1	-	2
B	6,1±2,2	6,8±2,3	9,8±2,6	<1	>30
P	1583±394	1283±470	1837±691	<2500	-

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6
Ca	2353±534	2251±624	2578±716	<3000	-
Cd	0,22±0,05	0,11±0,03	0,20±0,10	-	0,30
Co	0,08±0,04	0,06±0,03	0,10±0,06	<0,1–0,2	1–3
Cr	2,0±0,4	1,8±0,7	1,8±0,9	-	-
Cu	4,4±0,6	3,4±1,1	3,7±2,1	<8	80–100
Fe	125±52	80±43	123±67	<50	1000
K	23900±7362	13584±5739	22495±4484	<8000	30000
Mg	719±175	655±150	852±170	<2000	4000
Mn	39±4	33±8	39±27	<40	1000
Mo	0,8±0,4	1,1±0,6	1,8±0,4	<0,2–0,5	
Na	94±17	67±38	54±24	<600	-
Ni	1,1±0,1	0,9±0,4	1,3±0,4	-	3
Pb	0,4±0,1	0,4±0,1	0,3±0,2	-	5
Sr	10±3	9±3	9±4	-	-
Zn	9±1	7±2	12±4	<30	500
Зола, %	6,2±0,8	6,0±1,0	7,8±1,0	6,5–8,0	15

В целом результаты выполненных исследований не выявили угрозу загрязнения тяжелыми металлами почв и растительной продукции на прифермских полях вблизи крупного промышленного центра. Сено с этих полей экологически чистое – в нем нет превышения критических уровней содержания химических элементов, нормируемых по биогеохимическим и гигиеническим критериям. Напротив, в сене наблюдается недостаток для крупного рогатого скота эссенциальных макро- и микроэлементов, который следует учитывать в рационах их питания и при выявлении элементозов.

## ВЫВОДЫ

1. Изучение и эколого-биогеохимическая оценка макро- и микроэлементного состава

почв и кормовых трав на прифермских полях животноводческих предприятий вблизи крупного промышленного центра свидетельствуют об отсутствии экологической проблемы их агрогенного и техногенного загрязнения тяжелыми металлами.

2. Выявлена биогеохимическая проблема дефицита в кормовых культурах на этих сельскохозяйственных угодьях таких эссенциальных макро- и микроэлементов, как P, Ca, Co, Cu, Mg, Mn, Na, Zn. Их низкое содержание в растительной продукции указывает на её недостаточную минеральную полноценность и свидетельствует о наличии агрохимической проблемы – истощения в почвах запасов их подвижной и доступной растениям формы.

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

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сысо А.И. Российские нормативы оценки качества почв и кормов: проблемы их использования// Экологический мониторинг окружающей среды: материалы Междунар. шк. молодых ученых/отв. ред.: Л.В. Осадчук, В.Л. Петухов. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2016. – Вып. 1. – С. 153–168.
2. Ковальский В.В. Геохимическая экология: Очерки. – М.: Наука, 1974. – 299 с.
3. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
4. Ермаков В.В., Тютиков С.Ф. Геохимическая экология животных / отв. ред. Т.В. Самохин. – М.: Наука, 2008. – 315 с.

5. *Konovalova T. V.* Content of heavy metals in the muscle tissue of cattle // Proceedings of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 2012, Rome (Italy) – T3S Web of Conference 1, 15002. – 2013. – 3 p.
6. *Konovalova T.* The concentration of heavy metals in the liver of West Siberias cattle // 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment. 22–25 September 2014. – Guiyang, China. – P. 75.
7. *Marmuleva N.I., Barinov E. Ya., Petukhov V.L.* Radionuclides accumulation in milk and its products. // Journal De Physique IV107 JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment. – P. 827–829. – DOI:10.1051/jp4/20030426.
8. *Иммуногенетические системы сывороточных белков крови свиней / В.Л. Петухов, А.И. Желтиков, М.Л. Кочнева [и др.]* // Рос. с.-х. наука. – 2003. – № 5. – С. 38–40.
9. *Способ определения содержания кадмия в мышечной ткани крупного рогатого скота: пат. на изобретение* RU 2426119 24.03.2010 / В.Л. Петухов, О.С. Короткевич, А.И. Желтиков, Т.В. Петухова. – 2010.
10. *Cadmium content variability in organs of West Siberian hereford bull-calves / V.L. Petukhov, K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova [et al.]* // Proceeding of Abstract 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment. – 2014. – P. 74.
11. *Cs-137 and Sr-90 level in dairy products / V.L. Petukhov, Yu. Dukhanov, I.Z. Sevryuk [et al.]* Journal de Physique. IV France 107: jp XII International Conference on Heavy Metals in the Environment. – 2003. – P. 1056–1066. – DOI: 10/1051/jp4:20030483.
12. *Стицкина С.Ф., Бахарева В.Г., Морковкин Г.Г.* Микроэлементный состав черноземов умеренно засушливой и колючей степи Алтайского края // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 11. – С. 43–45.
13. *Рассыпнов В.А.* Агроэкологическое районирование территории на основе бонитировки почв // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. – 2012. – № 12 (98). – С. 39–41.
14. *Ecological and biochemical evaluations of elements content in soils and fodders grasses of the agricultural lands of Siberia / A.I. Syso, V.A. Sokolov, V.L. Petukhov [et al.]* // Journal of Pharmaceutical Science and Research. – 2017. – Vol. 9 (4). – P. 368–374.
15. *Accumulation of Cu and Zn in the soil, rough fodder, organs and muscle tissue of cattle in West Siberia / V.L. Petukhov, A.I. Syso, K.N. Narozhnykh [et al.]* // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. – 2016. – Vol. 7, N 4. – P. 2458–2464.
16. *Iron content in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissues in cattle of Western Siberia (Russia) / K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova, J.I. Fedyaev [et al.]* // Indian Journal of ecology. – 2017. – Vol. 44 (2). – P. 217–220.
17. *Cadmium accumulation in soil, water, fodder, grain, organs and muscular tissue of cattle in Western 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.
18. *Метелкин А.С., Хохлов Н.Ф.* Особенности пространственного распределения тяжелых металлов в почвах прифермерских севооборотов // Изв. ТСХА. – 2007. – Вып. 4. – С. 45–48.

## REFERENCES

1. *Syso A.I. Ekologicheskii monitoring okruzhayushchei sredy* (Ekologicheskii monitoring of the environment) Proceeding of the International Conference, Novosibirsk: NGAU Zolotoi kolos, 2016, Issue 1, pp. 153–168.
2. *Koval'skii V.V. Geokhimicheskaya ekologiya: Ocherki*, Moscow: Nauka, 1974, 299 p.
3. *Il'in V.B., Syso A.I. Mikroelementy i tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh Novosibirskoi oblasti*, Novosibirsk: SO RAN, 2001, 229 p.
4. *Ermakov V.V., Tyutikov S.F. Geokhimicheskaya ekologiya zhivotnykh*, Moscow: Nauka, 2008, 315 p.
5. *Konovalova T. V. Content of heavy metals in the muscle tissue of cattle*, Proceeding of the 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 2012, Rome (Italy) T3S Web of Conference 1, 15002, 2013, 3 p.

6. Konovalova T. The concentration of heavy metals in the liver of West Siberias cattle, Proceeding of the 17<sup>th</sup> International Conference of Heavy Metals in the Environment, 22–25 September 2014, Guiyang, China, 75 p.
7. Marmuleva N.I., Barinov E. Ya., Petukhov V.L. Radionuclides accumulation in milk and its products. //Journal De Physique IV107 JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment. pp. 827–829. DOI:10.1051/jp4/:20030426.
8. Petukhov V.L., Zheltikov A.I., Kochneva M.L. *Ros. s. – kh. Nauka*, 2003, No. 5, pp.38–40.
9. Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Zheltikov A.I., Petukhova T.V. *Sposob opredeleniya sodержaniya kadmia v myshechnoi tkani krupnogo rogatogo skota*, Patent RUS 242611924.03.2010.
10. V.L. Petukhov, K.N. Narozhnykh, T.V. Konovalova *Cadmium content variability in organs of West Siberian hereford bull-calves* Proceeding of Abstract 17th International Conference of Heavy Metals in the Environment, 2014, 74 p.
11. V.L. Petukhov, Yu. Dukhanov, I.Z. Sevryuk *Cs-137 and Sr-90 level in dairy products*, Journal de Physique. IV France 107: jp XII International Conference on Heavy Metals in the Environment, 2003, pp. 1056–1066. DOI: 10/1051/jp4:20030483.
12. Spitsyna S.F., Bakharev V.G., *Vestn. Alt. gos. Agrar. un-ta*, 2012, No. 11, pp. 43–45.
13. Rassypnov V.A. *Vestn. Alt. gos. agrar. un-ta*, 2012, No. 12 (98), pp. 39–41.
14. Syso A.I., Sokolov V.A., Petukhov V.L. *Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 2017, No. 4 (9), pp. 368–374.
15. Petukhov V.L., Syso A.I., Narozhnykh K.N. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 2016, No. 4 (7), pp. 2458–2464.
16. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev J.I. *Indian Journal of ecology*, 2017, No. 2 (44), pp. 217–220.
17. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Petukhov V.L. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 2016, Vol. 7, pp. 1758–1764.
18. Metelkin A.S., Khokhlov N.F. *Osobennosti prostranstvennogo raspredeleniya tyazhelykh metallov v pochvakh prifermerskikh sevooborotov*, Tomsk: TSKhA, 2007, Issue. 4, pp. 45–48.