

7. *Bejdeman I.N.* Metodika izuchenija fenologii rastenij i rastitel'nyh soobshhestv. – M.: Nauka, 1974. – 139 s.
8. Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozjajstvennyh kul'tur. – M.: Kolos, 1968. – Vyp. 6 (dekorativnye kul'tury). – С. 143–149.
9. *Gorodnjaja E.V., Dzijunenko E.A., Maksimov S.V.* Ocenka porazhaemosti sadovyh roz gribnymi zabolevanijami v uslovijah Predgornoj zony Kryma / Starinnye parki i botanicheskie sady – nauchnye centry sohraneniya bioraznoobrazija rastenij i ohrany istoriko-kul'turnogo nasledija: mat-ly mezhdunar. nauch. konf. (5–7 oktjabrja 2011 g.). – Uman', 2011. – S. 66–69.
10. *Dzijunenko E.A.* Rzhavchinnye griby Botanicheskogo sada Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V.I. Vernad'skogo // Introdukcija ta zberezhennja roslinnogo riznomanittja / Kiivs'kij Universitet. – Kiiiv, 2009. – S. 94–95.
11. *Dzijunenko E.A., Prosjannikova I.B.* Muchnistorosjanye griby Botanicheskogo sada Tavricheskogo nacional'nogo universiteta im. V.I. Vernad'skogo // Jekosistemy Kryma, ih optimizacija i ohrana. – Simferopol': Izd-vo TNU, 2008. – Vyp. 18. – S. 108–111.



УДК 631.48(571.51)

Е.И. Волошин

**БАЛАНС МИКРОЭЛЕМЕНТОВ И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В АГРОЦЕНОЗАХ
КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ**

E.I. Voloshin

**THE BALANCE OF TRACE ELEMENTS AND HEAVY METALS IN AGROCENOSSES
OF KRASNOYARSK REGION**

Волошин Е.И. – д-р с.-х. наук, проф. каф. общего земледелия Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: agro@kgau.ru

Voloshin E.I. – Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of General Agriculture, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: agro@kgau.ru

Основным источником поступления микроэлементов и тяжелых металлов в почвы агроценозов являются минеральные и органические удобрения. Их содержание в удобрениях зависит от химического состава исходного сырья и технологии производства. Из всех видов туков наибольшее среднее содержание марганца, кобальта, свинца и никеля отмечается в фосфорных удобрениях; меди, цинка, кадмия и хрома – в сложных и комплексных. При увеличении доз удобрений поступление микроэлементов и тяжелых металлов в почвы агроценозов возрастает. В 2011–2015 гг. в почву было внесено в 1,4 раза больше минеральных и органических удобрений в сравнении с 2006–2011 гг. Микроэлементный состав разных сельскохозяйственных культур в агроценозах изменяется под влиянием погодных

условий, удобрений, свойств региональных почв, обеспеченности их подвижными формами элементов и биологических особенностей растений. Среднегодовой баланс микроэлементов в земледелии Красноярского края за 2006–2015 гг. был отрицательным. Вносимые дозы минеральных (19,9–28,4 кг/га д.в.) и органических (0,72–1,0 т/га) удобрений не компенсировали отчуждение микроэлементов с урожаями сельскохозяйственных культур. Питание растений осуществлялось за счет мобилизации потенциального и эффективного плодородия почв. Отрицательные показатели баланса микроэлементов в земледелии края обуславливают низкое поступление микроэлементов в растения, что приводит к снижению их урожайности и ухудшению качества растительной продукции. Комплексное сба-

лансированное применение микро- и макроудобрений в агроценозах будет способствовать повышению количественных и качественных параметров продукции при сохранении ее экологической безопасности. Внесение удобрений в небольших дозах не способствовало накоплению тяжелых металлов. В почвах агроценозов отмечается отрицательный баланс свинца, никеля и хрома. Увеличение содержания кадмия в почвах (0,65–1 г/га) и его положительный баланс не оказывает существенного влияния на экологическое состояние агроценозов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, микроэлементы, баланс, обеспеченность, дефицит, урожай, качества.

The main source of microelements and heavy metals admission in soils of agricultural lands are mineral and organic fertilizers. Their content in fertilizers depends on chemical composition of feedstock and production technology. Of all types the highest average content of manganese, cobalt, lead and nickel is observed in phosphate fertilizers; copper, zinc, cadmium, and chromium are observed in complex and integrated ones. With increasing of the doses of fertilizers the intake of microelements and heavy metals in soils of agroecosystems increases. In 2011–2015 1.4 times more mineral and organic fertilizers were introduced in the soil compared to 2006–2011 microelement composition of different crops in agroecosystems changes under the influence of weather conditions, fertilizers, properties of regional soils, the security of their mobile forms of elements and biological features of plants. The average balance of microelements in the agriculture of Krasnoyarsk Region for 2006–2015 was negative. The insertion of amounts of mineral (19.9–28.4 kg/hectare D. b) and organic (0.72 to 1.0 t/hectare) is not compensated for the alienation of microelements by crops. Plant feeding was carried out through mobilization of potential and effective soil fertility. Negative balance of micronutrients in farming region contributes to lower intake of micronutrients in plants, leading to reduced production and deterioration in the quality of plant products. Integrated balanced application of micro- and macrofertilizers in agroecosystems will enhance the quality and quantity of products maintaining its environmental safety. Fertilizing in small

amounts does not contribute to the accumulation of heavy metals. In the soils of agroecosystems negative balance of lead, nickel, and chromium was noted. The increase in the content of cadmium in soils (of 0.65–1 g/hectare) and its positive balance had no significant effect on the ecological state of agroecosystems.

Keywords: heavy metals, microelements, balance, security, deficit, yield, quality.

Введение. Микроэлементы принимают активное участие в процессах обмена веществ и оказывают большое влияние на нормальный рост и развитие растений. В группу микроэлементов входят и тяжелые металлы. При низкой концентрации в природной среде их определяют как микроэлементы, а при избыточной – как тяжелые металлы. Термины «микроэлементы» и «тяжелые металлы» – категории не столько качественные, сколько количественные, привязанные к крайним вариантам экологической обстановки [9].

Система почва – растение является стартовым звеном пищевой цепочки, в которой формируется поток минеральных компонентов, поглощаемых животными и человеком. При оптимальном питании растений макро- и микроэлементами улучшается их химический состав и повышаются качественные параметры продукции. На почвах с дефицитом или избытком микроэлементов и тяжелых металлов происходит снижение количества и качества растительной продукции, наблюдаются эндемические заболевания растений, животных и человека [10, 13, 16].

Микроэлементы в высоких концентрациях относятся к числу наиболее опасных химических загрязняющих веществ. Поступление в окружающую природную среду токсикантов, содержащихся в атмосферных выбросах промышленных предприятий, выхлопных газах автотранспорта, средств химизации сельского хозяйства приводят к ухудшению экологической обстановки в агроценозах. Для агрохимической и экологической оценки состояния агроценозов необходимо изучение региональных особенностей содержания микроэлементов и тяжелых металлов в почвах, растениях и проведение их балансовых расчетов в земледелии. Балансовый метод позволяет оценить состояние плодородия региональных почв, установить в них из-

менения в процессе сельскохозяйственного производства и разработать мероприятия по их сохранению, воспроизводству и повышению продуктивности сельскохозяйственных культур.

Цель исследований: изучение баланса микроэлементов и тяжелых металлов в агроценозах Красноярского края при разной насыщенности их минеральными и органическими удобрениями.

Объекты и методы исследований. Сельскохозяйственное производство в южной части Красноярского края сосредоточено в подтаежной, лесостепной и степной зонах. Особенностью климата региона является резкая континентальность. Среднегодовое количество осадков в подтаежной зоне составляет 400–520 мм, в лесостепной – 350–480 мм и степной – 250–320 мм при ГТК = 0,8–1,5. Среднегодовая температура воздуха ниже нуля (до минус 2). Зима суровая и продолжительная (180–200 дней). Глубина промерзания почвы колеблется от 1,5 до 3 метров, высота снежного покрова составляет 10–40 см. Продолжительность вегетационного периода растений колеблется от 140 до 163 дней. Средняя многолетняя сумма температур выше 10 °С варьирует в пределах 1550–1900 °С.

В структуре почвенного покрова пашни преобладают черноземы, на долю которых приходится 62 % обследованной площади, серые лесные занимают 27 %, дерново-подзолистые – 5 %, лугово-черноземные и другие почвы – 6 %. Особенностью пахотных почв региона являются значительная комплексность, повышенная гумусированность, укороченность аккумулятивного горизонта и пониженная степень оподзоленности [2]. Сложность рельефа, геологического строения, разнообразие природных условий в земледельческой части края оказали существенное влияние на валовое содержание, формы и степень подвижности микроэлементов и тяжелых металлов в почвах.

Расчет баланса микроэлементов и тяжелых металлов проводили в соответствии с «Методическими указаниями» [1]. Источниками поступления микроэлементов и тяжелых металлов в агроценозы являются минеральные и органические удобрения. Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в удобрениях определяли по данным МГУ им. М.В. Ломоносова [11], ЦИНАО [14] и Института почвоведения и агрохимии СО РАН [17]. Отчуждение микроэлементов и тяже-

лых металлов учитывали по выносу их урожаями основной и побочной продукции сельскохозяйственных культур [3, 15]. При расчете баланса использовали усредненные данные органа федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю по применению удобрений и урожайности культур за 2006–2015 гг.

Результаты исследований и их обсуждение. На содержание валовой формы микроэлементов и тяжелых металлов в почвах региона большое влияние оказывают неодинаковые условия их почвообразования, различия в гранулометрическом, минералогическом составе и концентрации элементов в почвообразующих породах (табл. 1). Содержание подвижной формы микроэлементов и тяжелых металлов находится в зависимости от агрофизических, агрохимических свойств почв и уровня применения минеральных и органических удобрений. В региональных условиях на концентрацию и распределение подвижной формы микроэлементов и тяжелых металлов оказывают влияние пестрота почвенного покрова, реакция среды, валовое содержание, гумусированность, гранулометрический состав и биологические особенности сельскохозяйственных культур [4]. Пахотные почвы Красноярского края обеднены микроэлементами и тяжелыми металлами в сравнении с аналогами из Западной Сибири [9].

Оптимизация питания растений микроэлементами способствует повышению продуктивности сельскохозяйственных культур. При внесении удобрений в почву поступают не только микроэлементы, но и тяжелые металлы (табл. 2). Их содержание в удобрениях зависит от состава исходного сырья, технологии производства и варьирует в широких пределах.

Из всех видов удобрений наибольшее среднее содержание марганца, кобальта, свинца и никеля отмечается в фосфорных удобрениях. Повышенным количеством меди, цинка, кадмия и хрома характеризуются различные виды сложных и комплексных удобрений.

Поступление микроэлементов и тяжелых металлов в почву зависело от дозы внесения удобрений (табл. 3). В 2011–2015 гг. в почву было внесено в 1,4 раза больше минеральных и органических удобрений в сравнении с 2006–2011 гг.

Таблица 1

Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в почвах Красноярского края

Форма	Mn	Co	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr
Валовое, мг/кг	463,0	9,3	18,2	52,3	11,4	0,11	25,6	25,3
Подвижная, % от валового содержания	2,0–3,0	17,0–22,0	33,0–37,0	1,0–2,0	1,1–3,9	18,7–37,5	0,6–1,9	0,5–1,1
Нормирование и содержание микроэлементов и тяжелых металлов в почвах [7, 8, 12]								
ОДК (ПДК) (валовое содержание)	1500,0	50,0	132,0	220,0	130,0	2,0	80,0	100,0
ПДК (подвижная форма)	100,0–140,0	5,0	3,0	23,0	6,0	–	4,0	6,0

Таблица 2

Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в удобрениях, мг/кг

Удобрения	Микроэлементы				Тяжелые металлы			
	Mn	Cu	Zn	Co	Pb	Cd	Ni	Cr
Азотные	76,0	26,0	30,0	1,3	0,4	0,2	19,0	42,0
Фосфорные	265,0	33,1	48,7	7,2	13,1	1,4	20,5	46,1
Калийные	101,0	16	23	1,5	8	0,3	14	57
Сложные и комплексные	194,0	39,0	59,0	3,6	7,5	3,0	18,0	116,0
Среднее по ассортименту	159,0	29,0	40,0	3,4	7,2	1,2	18,0	65,0
Навоз подстилочный (влажность 75 %)	50,2	3,9	24,0	0,26	2,9	1,1	3,0	7,3

Таблица 3

Средние дозы внесения минеральных и органических удобрений в Красноярском крае

Годы	Удобрения		
	минеральные		органические, т/га
	кг/га физической массы	кг/га д.в	
2006–2010	61,7	19,9	0,72
2011–2015	88,0	28,4	1,00
Среднее за 2006–2015	75,0	24,2	0,86

Урожайность сельскохозяйственных культур в годы наблюдений была неодинаковой и зависела от погодных условий, обеспеченности почв

подвижными формами элементов питания, технологии выращивания, уровня применения минеральных и органических удобрений (табл. 4).

Таблица 4

Средняя урожайность сельскохозяйственных культур в Красноярском крае, ц/га

Культура	Годы	
	2006–2010	2011–2015
Зерновые и зернобобовые:		
зерно	20,6	21,3
солома	24,7	25,6
Картофель	159,0	159,3
Овощи	290,4	260,0
Кормовые корнеплоды	330,7	326,4
Кукуруза на силос	180,4	194,4
Кормовые травы:		
зеленая масса	100,3	121,4
сено	16,1	17,8

Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах характеризуется большим разнообразием. Разные виды растений характеризуются избирательностью в накоплении химических элементов, обусловленной их биологическими особенностями. Один и тот же вид растений в разных экологических условиях может накапливать неодинаковое количество микроэлементов и тяжелых металлов. В разрезе разных природных зон края на содержание микроэлементов и тяжелых металлов в растениях оказывают влияние погодные условия, свойства почв, обеспеченность подвижной формой элемента, удобрения и выращиваемые культуры (табл. 5). Среди разных культур более высоким содержанием марганца, меди, цинка характеризуется зерно и солома колосовых и зернобобовых культур и кормовые корнеплоды. Повышенное содержание кобальта отмечается в соломе зерновых и зернобобовых культур и зеленой массе кормовых трав.

В урожае зерновых и зернобобовых культур наблюдается повышенная концентрация никеля и хрома, свинца – в кормовых корнеплодах и клубнях картофеля. Колебания кадмия в урожае разных культур связаны с погодными условиями и биологическими особенностями растений. Наибольшее количество этого элемента накапливается

в соломе зерновых и зернобобовых культур и сене многолетних и однолетних трав.

Среднегодовой баланс микроэлементов в земледелии Красноярского края за 2006–2015 гг. был отрицательным (табл. 6).

Вносимые дозы минеральных и органических удобрений не компенсировали отчуждения микроэлементов с урожаями сельскохозяйственных культур. Питание растений микроэлементами в основном происходило за счет мобилизации ресурсов потенциального и эффективного плодородия почв. Отрицательные показатели баланса микроэлементов в земледелии края обуславливают относительно низкое поступление микроэлементов в растения. Высокая гумусированность региональных почв, нейтральная и близкая к нейтральной реакция среды способствует уменьшению подвижности и биодоступности микроэлементов растениям, что приводит к снижению их урожайности и ухудшению качества растениеводческой продукции. Комплексное применение микро- и макроудобрений при выращивании сельскохозяйственных культур в Красноярском крае будет способствовать улучшению микроэлементного состава растений, повышению количественных и качественных параметров растительной продукции при сохранении ее экологической безопасности.

В пахотных почвах Красноярского края отмечается отрицательный баланс свинца, никеля и хрома. Уменьшение содержания тяжелых металлов происходит за счет особенностей физико-химических свойств региональных почв и их выноса отчуждаемой биомассой выращиваемых культур. При применении минеральных и орга-

нических удобрений происходит небольшое накопление кадмия в почвах и отмечается его положительный баланс. Увеличение содержания кадмия в почвах (0,65–1 г/га) не оказывает существенного влияния на экологическое состояние агроценозов.

Таблица 5

Среднее содержание микроэлементов и тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах, мг/кг натурального веса

Культура	Микроэлементы				Тяжелые металлы			
	Mn	Cu	Zn	Co	Pb	Cd	Ni	Cr
Зерновые и зернобобовые: зерно солома	21,0	3,70	20,80	0,07	0,23	0,02	0,92	1,32
	33,40	1,40	7,90	0,26	0,28	0,04	0,37	1,22
Картофель	0,98	0,79	1,93	0,06	0,80	0,01	0,24	0,72
Овощи	0,65	0,42	1,13	0,08	0,12	0,01	0,38	0,68
Кормовые корнеплоды	21,0	1,50	8,10	0,07	0,80	0,01	0,19	0,64
Кукуруза на силос	4,80	0,62	3,38	0,06	0,24	0,02	0,20	1,10
Кормовые травы: зеленая масса сено	17,00	1,63	7,81	0,21	0,21	0,02	0,56	1,12
	25,00	3,48	14,34	0,09	0,43	0,03	0,82	1,24

Примечание. ПДК Cd в зерне – 0,1 мг/кг; овощах и картофеле – 0,03 мг/кг; свинца – 0,5 мг/кг [6]; МДУ – грубые и сочные корма: Cu – 30 мг/кг; Zn – 50; Ni – 3; Cr – 0,5; Co – 1 мг/кг; корнеклубнеплоды: Cu – 30 мг/кг; Zn – 100; Ni – 3; Cr – 0,5; Co – 2 [5].

Таблица 6

Среднегодовой баланс микроэлементов (МЭ) и тяжелых металлов (ТМ) в пахотных почвах Красноярского края, г/га

Микроэлемент, тяжелый металл	Поступление МЭ и ТМ			Вынос МЭ и ТМ с урожаем	Баланс МЭ и ТМ
	Минеральные удобрения	Органические удобрения	Суммарный приход		
1	2	3	4	5	6
2006–2010 гг.					
Mn	9,80	36,10	45,90	144,0	- 98,1
Cu	1,79	2,81	4,60	14,82	-10,22
Zn	2,45	17,28	19,73	69,51	-49,78
Co	0,21	0,19	0,40	1,21	-0,81
Pb	0,44	2,09	2,53	6,45	-3,92
Cd	0,07	0,79	0,86	0,19	+0,65

1	2	3	4	5	6
Ni	1,11	2,16	3,27	4,31	-1,04
Cr	4,0	5,26	9,26	11,39	-2,13
2011–2015 гг.					
Mn	13,9	50,20	64,10	149,00	-84,90
Cu	2,55	3,90	6,45	14,23	-7,78
Zn	3,52	24,00	27,52	71,86	-44,34
Co	0,30	0,26	0,56	1,25	-0,69
Pb	0,63	2,90	3,53	6,39	-2,86
Cd	0,10	1,10	1,20	0,20	+1,00
Ni	1,58	3,00	4,58	6,01	-1,43
Cr	5,72	7,30	13,02	14,19	-1,17

Заключение. Показатели баланса показывают, что с минеральными органическими удобрениями в почвы агроценозов поступает незначительное количество микроэлементов. Вносимые дозы минеральных и органических удобрений не компенсируют отчуждения микроэлементов с урожаями сельскохозяйственных культур. Отрицательные показатели баланса микроэлементов в земледелии региона приводят к уменьшению поступления МЭ в растения и ухудшению качества растительной продукции. Для повышения урожайности культур, улучшения микроэлементного состава и качества продукции на почвах с дефицитом микроэлементов необходимо комплексное сбалансированное применение микро- и макроудобрений.

В пахотных почвах Красноярского края отмечается отрицательный баланс свинца, никеля и хрома. Уменьшение содержания тяжелых металлов происходит за счет особенностей физико-химических свойств региональных почв и их выноса отчуждаемой биомассой выращиваемых культур. При применении минеральных и органических удобрений происходит небольшое накопление кадмия в почвах и отмечается его положительный баланс. Увеличение содержания кадмия в почвах (0,65–1 г/га) не оказывает существенного влияния на экологическое состояние агроценозов.

Литература

1. Аристархов А.Н. Оптимизация питания растений и применение удобрений в агроэкосистемах. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 524 с.
2. Бугаков П.С., Чупрова В.В. Почвы Красноярского края: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 1995. – 176 с.
3. Волков А.Д. и др. Химический состав и питательность кормов в Красноярском крае: учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – 2-е изд., перераб. и доп. – Красноярск, 2007. – 136 с.
4. Волошин Е.И. Микроэлементы в системе «почва – растение» в условиях Средней Сибири: учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2009. – 159 с.
5. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. – М., 1987. – 5 с.
6. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. – М., 2001.
7. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – М., 2006.
8. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. – М., 2006.
9. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
10. Кондрахин И.П. Алиментарные и эндокринные болезни животных. – М.: Агропромиздат, 1989. – 256 с.
11. Минеев В.Г. Агрохимия: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ; КолосС, 2004. – 720 с.

12. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. – СПб.: Мир и семья, 2001. – 896 с.
13. Сусликов В.Л. Геохимическая экология болотной: в 4 т. Т. 3. Атомовитозы. – М.: Гелиос АРВ, 2002. – 670 с.
14. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение / под ред. М.М. Овчаренко. – М., 1987. – 290 с.
15. Химический состав и питательность кормов Красноярского края / под ред. Н.В. Сурина. – Красноярск: Изд-во СО РАСХН, 1997. – 162 с.
16. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. – Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1974. – 324 с.
17. Якименко В.Н., Конарбаева Г.А. Трансформация фонда тяжелых металлов серой лесной почвы в агроценозе // Агрехимия. – 2016. – № 4. – С. 61–69.
6. SanPiN 2.3.2.1078-01.Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishhevoj cennosti pishhevyyh produktov. – М., 2001.
7. GN 2.1.7.2041-06. Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshhestv v pochve. – М., 2006.
8. GN 2.1.7.2511-09. Orientirovochno dopustimye koncentracii (ODK) himicheskikh veshhestv v pochve. – М., 2006.
9. Il'in V.B., Syso A.I. Mikrojelementy i tzhzhelye metally v pochvah i rastenijah Novosibirskoj oblasti. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2001. – 229 s.
10. Kondrahin I.P. Alimentarnye i jendokrinnye bolezni zhivotnyh. – М.: Agropromizdat, 1989. – 256 s.
11. Mineev V.G. Agrohimiya: uchebnik. – 2-e izd., pererab. i dop. – М.: Izd-vo MGU; KolosS, 2004. – 720 s.

Literatura

1. Aristarhov A.N. Optimizacija pitanija rastenij i primeneniye udobrenij v agrojekosistemah. – М.: Izd-vo MGU, 2000. – 524 s.
2. Bugakov P.S., Chuprova V.V. Pochvy Krasnojarskogo kraja: ucheb. posobie. – Krasnojarsk: Izd-vo KrasGAU, 1995. – 176 s.
3. Volkov A.D. i dr. Himicheskij sostav i pitatel'nost' kormov v Krasnojarskom krae: ucheb. posobie / Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – 2-e izd., pererab. i dop. – Krasnojarsk, 2007. – 136 s.
4. Voloshin E.I. Mikrojelementy v sisteme «pochva – rastenie» v uslovijah Srednej Sibiri: ucheb. posobie; Krasnojarsk. gos. agrar. un-t. – Krasnojarsk, 2009. – 159 s.
5. Vremennyj maksimal'no dopustimyj uroven' (MDU) sodержaniya nekotoryh himicheskikh jelementov i gossipola v kormah dlja sel'sko-
hozjajst-vennyh zhivotnyh i kormovyh dobavkah. – М., 1987. – 5 s.
12. Predel'no dopustimye koncentracii himicheskikh veshhestv v okruzhajushhej srede. – SPb.: Mir i sem'ja, 2001. – 896 s.
13. Suslikov V.L. Geohimicheskaja jekologija boleznej: v 4 t. T. 3. Atomovi-tozy. – М.: Gelios ARV, 2002. – 670 s.
14. Tzhzhelye metally v sisteme pochva – rastenie – udobrenie / pod red. М.М. Ovcharenko. – М., 1987. – 290 s.
15. Himicheskij sostav i pitatel'nost' kormov Krasnojarskogo kraja / pod red. N.V. Surina. – Krasnojarsk: Izd-vo SO RASHN, 1997. – 162 s.
16. Shkol'nik M.Ja. Mikrojelementy v zhizni rastenij. – Л.: Nauka. Leningr. otd-nie, 1974. – 324 s.
17. Jakimenko V.N., Konarbaeva G.A. Transformacija fonda tzhzhelyh me-tallov seroj lesnoj pochvy v agrocenoze // Agrohimiya. – 2016. – № 4. – С. 61–69.

