

УДК 631.9

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И РАСТЕНИЯХ КОСТРЕЦА БЕЗОСТОГО (*BROMOPSIS INERMIS* (LEYS). HOLUB.) АГРОЦЕНОЗОВ АЛТАЙСКОГО КРАЯ И КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

^{1,2}С. А. Худяев, кандидат биологических наук

¹М. А. Лебедева, кандидат биологических наук

¹Институт почвоведения и агрохимии СО РАН,
Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

E-mail: xca_nsk@mail.ru

Ключевые слова: тяжелые металлы, микроэлементы, растительные корма, агроценозы, почвы, *Bromopsis inermis* (Leys). Holub., гигиенические нормы

Реферат. В животноводческих хозяйствах Кемеровской области и Алтайского края исследовано содержание кадмия, свинца, меди, никеля и цинка в почвах и растениях костреца безостого (*Bromopsis inermis* (Leys). Holub.). Определение общего содержания микроэлементов в образцах проводили методом атомно-эмиссионного спектрографического анализа с дуговым аргоновым двухструйным плазмотроном. Установлено, что концентрация тяжелых металлов в почве не превышает существующих гигиенических нормативов и находится на уровне фоновых значений, характерных для юга Западной Сибири. Наиболее интенсивно кострецом безостым из почвы поглощаются кадмий, медь и цинк. При этом концентрация всех исследованных химических элементов в *Bromopsis inermis* не превышает установленных гигиенических нормативов. Выявлено, что содержание цинка в костреце безостом значительно ниже установленной биогеохимической нормы, что может свидетельствовать о потенциальной минеральной неполноценности кормов.

CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN THE SOIL AND PLANTS OF AWNLESS BROME (*BROMOPSIS INERMIS* (LEYS). HOLUB.) IN AGROCENOSSES OF THE ALTAI TERRITORY AND KEMEROVO REGION

^{1,2} Khudiaev S. A., Candidate of Biology

¹ Lebedeva M.A., Candidate of Biology

¹Institute of Soil Science and Agrochemistry SD RAS, Novosibirsk, Russia

² Novosibirsk State Agrarian University Novosibirsk, Russia

Key words: heavy metals, microelements, plant feeds, agrocenoses, soils, *Bromopsis inermis* (Leys). Holub., hygiene standards.

Abstract. The authors explored concentration of cadmium, lead, cuprum, nickel and zinc in the soil and awnless brome at livestock farms of Kemerovo region and Altai Territory. The authors explored total concentration of microelements by means of atomic emission spectrometry with arc argon two-spool plasmotron. The researchers found out that concentration of heavy metals in the soil doesn't exceed the hygiene standards and rates and it is typical for the south of western Siberia. Awnless brome consumes intensively cadmium, cuprum and zinc whereas concentration of all elements in *Bromopsis inermis* doesn't exceed the hygiene standards as well. The paper outlines that zinc concentration in awnless brome is rather lower than biochemical standard.

This speaks about possible insufficient mineral concentration in the feeds.

В агроценозах юга Западной Сибири костреца безостый (*Bromopsis inermis* (Leys). Holub.) – широко распространенная культура семейства мятликовых, которая активно используется при производстве кормов рас-

тительного происхождения (сено, сенаж, травосмеси), применяемых в животноводстве. Кострец характеризуется высокой урожайностью, засухоустойчивостью, зимостойкостью и малой требовательностью к теплу [1, 2].

В посевах проявляет выраженные виолентные свойства [3].

Качество растительных кормов, их минеральная полноценность оказывают прямое воздействие на продукцию животноводства. Общая минеральная полноценность кормов обеспечивается полноценностью их составных частей, которая, в свою очередь, зависит от содержания и подвижности химических элементов в почве, их доступности для растений [4, 5]. Важным показателем качества кормов является их обеспеченность не только макро-, но и микроэлементами, недостаток или избыток которых может провоцировать специфические заболевания у сельскохозяйственных животных, так называемые микроэлементозы [6–8].

Антропогенная деятельность может приводить к поступлению избыточных количеств тяжелых металлов в биогеохимические циклы и, как следствие, в продукты животноводства. Получение экологически безопасной продукции животноводства может быть затруднено из-за накопления в нем ртути, кадмия, свинца, меди, цинка и мышьяка, поступающих в организм сельскохозяйственных животных с кормами, кормовыми добавками (соль, мел) и водой [9, 10]. Однако для почв аграрных районов Западной Сибири установлено, что валовое содержание количества микроэлементов и тяжелых металлов находится в пределах агрохимической и биогеохимической норм и не превышает их предельно или ориентировочно допустимых концентраций. В то же время это зачастую сопровождается минеральной неполноценностью кормов. В частности зарегистрирован дефицит меди и цинка в травах сельскохозяйственных культур на юге Западной Сибири [11–13].

Таким образом, растительные корма могут содержать как избыточные, так и недостаточные концентрации микроэлементов и тяжелых металлов. Поэтому изучение содержания и поведения в системе «почва – растительные корма (или их компоненты)» химических элементов, важных для физиологии животных организмов, весьма актуально. Например, медь участвует в синтезе гемоглобина, играет важную роль при образовании костной ткани, ока-

зывает влияние на мясную продуктивность. Цинк важен для процессов роста, развития и размножения животных, жирового обмена. Никель, как и медь, участвует в процессах кроветворения. Его избыток может приводить к поражению внутренних органов и нарушению зрения у сельскохозяйственных животных [14]. Кадмий и свинец способны проявлять токсичные свойства при очень низких концентрациях. Поэтому даже небольшой их избыток в кормах может приводить к токсикозам. Кроме того, повышенное содержание кадмия и свинца затрудняет поступление и метаболизм цинка, меди, марганца, никеля [15, 16].

Существенный вклад в общий валовый объем произведенной сельскохозяйственной продукции в Сибири вносят Алтайский край и Кемеровская область [17]. Здесь расположены крупные животноводческие хозяйства, которые используют в своей практике местные растительные корма. Поэтому исследование содержания тяжелых металлов в компонентах агроландшафтов – почвах и растениях – на данной территории представляется актуальным.

Таким образом, целью исследований, представленных в данной работе, было определение содержания количества тяжелых металлов в почвах (валовое содержание, концентрация подвижной формы) и костреце безостом (одном из основных компонентов растительных кормов), а также их санитарно-гигиеническая оценка.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на полях трех животноводческих хозяйств Кемеровской области (I) и Алтайского края (II, III) (табл. 1). Геоморфологически данные полигоны приурочены к зоне влияния Салаирского края и Приобскому плато. Почвы – черноземы выщелоченные и лугово-черноземные. Почвообразующие породы – полигенетические лессовидные карбонатные суглинки с преобладанием гидрослюд в составе глин, большой долей тяжелых минералов, полевых шпатов и обломков горных пород [18].

Таблица 1

Объекты исследований
Research objects seasons years

Территория исследования	Местоположение	Количество обследованных полей	Координаты, град.	
			северная широта	восточная долгота
I	Кемеровская область	2	54,70751	85,33445
II	Алтайский край	2	53,30821	83,26767
III	Алтайский край	1	53,21880	83,67346

В хозяйствах обследовали поля, на которых производились растительные корма. В пределах поля выделялся ключевой участок, с которого отбирали смешанный образец почвы (методом конверта) с глубины 0–20 см и растительности. Смешанный образец составляли из пяти индивидуальных проб. Растительный образец разделяли по видам, а затем анализировали биомассу ко-стреца безостого (*Bromopsis inermis* (Leys) Holub.).

В почвенных и растительных образцах изучали содержание Cd, Pb, Cu, Ni и Zn. Определение валового количества тяжелых металлов проводили методом атомно-эмиссионного спектрографического анализа с дуговым аргоновым двухструйным плазмотроном (в растениях – после сухого озоления). Содержание подвижной формы химических элементов в почвах определяли согласно РД 52.18.289–90 – методом атомной абсорбции. Также в почвах определяли содержание физической глины (ГОСТ 12536–79) и потенциальную кислотность (ГОСТ 26483–85). Все исследования выполнены в трех аналитических повторностях. Содержание химических элементов приведено в пересчете на абсолютно сухое вещество.

Для оценки миграционной способности химических элементов рассчитывали степень подвижности – отношение содержания подвижных форм к их общему содержанию в почве. Для оценки способности растений накапливать тяжелые металлы рассчитывали коэффициент биологического поглощения (A_x) – отношение содержания элементов в золе растения к валовому содержанию в почве. Для оценки степени использования растениями подвижных форм элементов, со-

держащихся в почве, рассчитывали коэффициент биогеохимической подвижности (B_x) – отношение содержания химического элемента в сухом веществе растений к его подвижной форме, извлекаемой из почвы ацетатно-аммонийным буфером [19]. Оценка содержания тяжелых металлов в почвах на соответствие гигиеническим нормам проводилась согласно ГН 2.1.7.2511–09 «Гигиенические нормативы. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве» и ГН 2.1.7.2041–06 «Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» с учетом гранулометрического состава и реакции среды.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные почвы полей животноводческих хозяйств Кемеровской области и Алтайского края – среднесуглинистые по гранулометрическому составу со слабокислой и близкой к нейтральной реакцией среды (табл. 2). Известно, что гранулометрический состав оказывает определяющее воздействие на валовое количество химических элементов в почве, и их концентрация возрастает в суглинистых и глинистых почвах по сравнению с песчаными и супесчаными. В свою очередь, величина pH влияет на подвижность тяжелых металлов: их способность мигрировать в ландшафте и поступать в живое вещество. При этом у Cd, Cu, Ni, Pb и Zn степень подвижности увеличивается в кислом диапазоне pH [19]. Поэтому в исследованных почвах можно было прогнозировать содержание микроэлементов на уровне не ниже фонового и их не очень высокую миграционную активность.

Таблица 2

Содержание физической глины и величина pH_{KCl} в почвах полей исследуемых животноводческих хозяйств
Concentration of physical clay and pH_{KCl} in the soils of explored livestock farms

Территория исследования	Физическая глина, %	pH_{KCl}
I	35	5,5
II	32	6,0
III	39	6,2

Валовое содержание тяжелых металлов (табл. 3) соответствует среднему уровню их фоновой концентрации в почвах юга Западной Сибири либо незначительно его превышает и находится ниже установленных ориентировочно допустимых концентраций. Поэтому уровень валового содержания тяжелых металлов в почве можно признать безопасным и соответствующим гигиеническим нормативам.

Концентрация подвижных форм химических элементов в почвах низкая: десятые

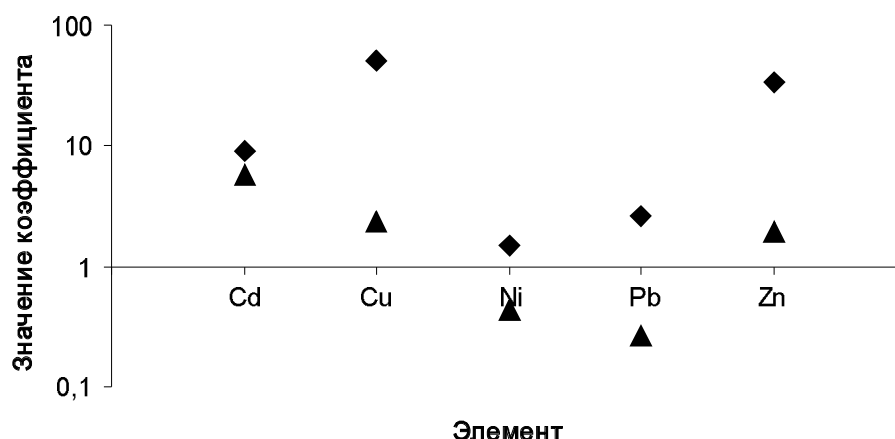
и сотые доли миллиграммов – и также не превышает установленных значений предельно допустимых концентраций. Вместе с тем агрохимическая оценка содержания Zn и Cu согласно [23] показала, что количество подвижных форм этих элементов в почвах хозяйств соответствует низкому уровню обеспеченности. Рассчитанная степень подвижности тяжелых металлов позволила выявить потенциально наиболее доступные для растений химические элементы – ими оказались Cd и Ni. Однако анализ содержания тяжелых металлов в растениях показал, что Ni, несмотря на высокую подвижность, слабо поглощается кострецом безостым. Напротив, Zn и Cu на фоне относительно низкой подвижности поступали и накапливались в растениях более интенсивно по сравнению с Ni.

Данный факт подтверждают и значения коэффициентов B_x и A_x (рисунок). Они свидетельствуют о том, что наиболее активно кострецом безостым из почвы поглощаются Cd и, несмотря на низкую степень подвижности, Cu и Zn.

Таблица 3

Содержание химических элементов в почве и растениях костреца безостого животноводческих хозяйств Кемеровской области (I) и Алтайского края (II, III)
Concentration of chemical elements in the soil and awnless brome of livestock farms in Kemerovo region (I) and Altai Territory (II, III)

Показатель	Территория исследования	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
<i>Почвы</i>						
Общее содержание, мг/кг	I	0,6	46	38	21	71
	II	0,4	48	36	31	78
	III	0,7	24	57	23	77
	Фон [20]	0,3	40	50	20	85
	ОДК (ГН 2.1.7.2511–09)	2,0	132	80	130	220
Подвижные формы, мг/кг	I	0,020	0,04	0,78	0,10	0,18
	II	0,018	0,10	0,78	0,53	0,70
	III	0,041	0,13	0,91	0,16	0,44
	ПДК (ГН 2.1.7.2041–06)	–	3	4	6	23
Степень подвижности, %	I	2,62	0,08	2,12	0,49	0,22
	II	4,94	0,21	2,18	1,55	0,82
	III	6,23	0,58	1,69	0,73	0,58
<i>Растения</i>						
Общее содержание, мг/кг	I	0,3	5,4	1,3	0,26	10,8
	II	0,1	3,4	1,2	0,40	10,8
	III	0,2	4,2	1,1	0,44	8,3
	МДУ в грубых кормах [21]	0,3	30	3	5	50
	Биогеохимическая норма [22]	–	3–12	–	–	20–60



Значения коэффициентов биологического поглощения (A_x) и биогеохимической подвижности (B_x) для Cd, Cu, Ni, Pb и Zn в системе «почва – костре́ц безостый»
The coefficients of biological absorption (A_x) and biogeochemical mobility (B_x) for Cd, Cu, Ni, Pb and Zn in the system «soil – awnless brome»

Такой характер миграции химических элементов из почвы в растения костре́ца, с одной стороны, может свидетельствовать о большей необходимости для нормальной жизнедеятельности Cd, Cu и Zn по сравнению с Pb и Ni. Например, известно, что костре́ц безостый является специфическим накопителем Cu независимо от района произрастания [24]. С другой стороны, приоритетное накопление Cd, Cu и Zn костре́цом безостым может говорить и об отсутствии у него специфических механизмов ограничения поступления этих элементов. Так, например, отмечено интенсивное поглощение данных тяжелых металлов не только на фоновых почвах, но и на почвах в зонах воздействия промышленных предприятий [25, 26].

Оценка содержания тяжелых металлов в костре́це безостом показала, что концентрации элементов в нем безопасны и не превышают максимально допустимых уровней, установленных гигиеническими нормативами. В то же время количество Zn в костре́це значительно ниже биогеохимической нормы для данной территории, что может свидетельствовать о потенциальной минеральной неполноценности кормов по содержанию этого элемента. Схожая ситуация с дефицитом Zn была выявлена в кормовых культурах Новосибирской области [12]. Подобные факты свидетельствуют о том, что растительные корма, производимые на территории

юга Западной Сибири, потенциально могут быть несбалансированными по содержанию микроэлементов в целом, и Zn в частности.

ВЫВОДЫ

1. Уровень валового содержания и концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почвах полей исследуемых животноводческих хозяйств Алтайского края и Кемеровской области соответствуют установленным гигиеническим нормативам. При этом агрохимическая оценка концентрации подвижных форм Zn и Cu выявила низкую обеспеченность почв данными элементами.

2. Концентрация Cd, Cu, Ni, Pb и Zn в растениях костре́ца безостого соответствует гигиеническим требованиям и не превышает допустимого максимального уровня.

3. *Bromopsis inermis* из почвы приоритетно поглощает Cd, Cu и Zn. При этом оценка минеральной полноценности *Bromopsis inermis* показала, что костре́ц содержит Zn в недостаточном количестве. Потенциально это может сказаться на минеральной полноценности растительных кормов для сельскохозяйственных животных, в состав которых входит костре́ц безостый.

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Скоблин Г.С., Скоблина В.И. Луговое и полевое кормопроизводство. – М., 1988. – С. 188–191.
2. Гребенников В.Г., Шитлов И.А. Многолетние травы в лугопастбищных севооборотах // Сб. науч. тр. ВНИИ овцеводства и козоводства. – Ставрополь, 2012. – Т. 2, № 1. – С. 201–210.
3. Анатолян А.А., Мартемьянова А.А., Хуснидинов Ш.К. Оценка конкурентности костреца безостого (*Bromus inermis* Leys.) в технологиях создания многокомпонентных посевов многолетних растений в условиях Предбайкалья // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2015. – № 16. – С. 5–13.
4. Зональные особенности химического состава и питательности кормов / Т.А. Краснощекова, К.Р. Бабухадия, Е.Н. Бойко [и др.] // Вестн. Новгород. гос. ун-та. – 2014. – № 76. – С. 30–33.
5. Калоев Б.С., Кумсиев Э.И. Мониторинг тяжелых металлов в системе «почва – растительные корма» // Изв. Горского гос. аграр. ун-та. – 2014. – Т. 51, № 4. – С. 170–174.
6. Зоотехнический анализ кормов / Т.А. Краснощекова, Е.В. Туаева, С.А. Согорин [и др.]. – Благовещенск: ДальГАУ, 2013. – 154 с.
7. Гуркина Л.В., Наумова И.К., Лебедева М.Б. Взаимное действие биогенных микроэлементов и элементов тяжелых металлов в организме животных // Аграр. вестн. Верховолжья. – 2016. – № 1. – С. 32–37.
8. Потапова Е.А., Ворожцова К.С., Беспмятных Е.Н. Микроэлементозы сельскохозяйственных животных в условиях аэротехногенной нагрузки // Молодежь и наука. – 2017. – № 3. – С. 45.
9. Забашта Н.Н., Кульпина Н.В. Накопление тяжелых металлов в кормах // Научные основы повышения продуктивности сельскохозяйственных животных: сб. науч. тр. 4-й Междунар. науч.-практ. конф. – Краснодар, 2011. – Ч. 2. – С. 112–113.
10. Суворов А.И., Кульпина Н.Н., Забашта Н.Н. Содержание тяжёлых металлов в цепи «почва – растение – корма – животное – мясное сырьё» // Сб. научн. тр. ВНИИ овцеводства и козоводства. – Ставрополь, 2014. – Т. 2, № 7. – С. 620–624.
11. Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia / A.I. Syso, V.A. Sokolov, V.L. Petukhov [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Т. 9, N 4. – С. 368–374.
12. Феценко В.П. Содержание тяжёлых металлов в кормовых культурах Новосибирской области // Вестн. Алт. гос. аграр. ун-та. – 2014. – № 10 (120). – С. 33–36.
13. Чысыма Р.Б., Кузьмина Е.Е. Экологическая безопасность пастбищных кормов Республики Тыва // Междунар. журн. приклад. и фундаментал. исследований. – 2015. – № 12. – С. 867–870.
14. Химические элементы и аминокислоты в жизни растений животных и человека / П.А. Власюк, Н.М. Шкварук, С.Е. Сапатый [и др.]. – Киев: Наук. думка, 1974. – 220 с.
15. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.
16. Кривоногова А.С., Исаева А.Г., Баранова А.А. Физиологические и иммунологические показатели животных при накоплении повышенных концентраций тяжелых металлов в их органах и тканях // Аграр. вестн. Урала. – 2013. – № 6 (112). – С. 15–20.
17. Роговская Н.В., Филиппов Р.В. Сельскохозяйственное производство и продовольственная безопасность в регионах Сибири [Электронный ресурс] // Науковедение. 2014. – Вып. 3. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/v/selskohozyaystvennoe-proizvodstvo-i-prodovolstvennaya-bezopasnost-v-regionah-sibiri>.
18. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 277 с.
19. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. – М.: Астрель-2000, 1999. – 610 с.
20. Экогеохимия Западной Сибири. Тяжелые металлы и радионуклиды. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГТМ, 1996. – 248 с.
21. Таланов Г.А., Хмелевский Б.Н. Санитария кормов: справочник. – М.: Агропромиздат, 1991. – 303 с.
22. Биогеохимические основы экологического нормирования / В.Н. Башкин, Е.В. Евстафьева, В.В. Снакин [и др.]. – М.: Наука, 1993. – 304 с.
23. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.

24. Тюлькова Е. Г. Влияние техногенеза на химический состав растительности на территории крупных промышленных центров (на примере города Гомеля) // Вестн. Балт. федерал. ун-та им. И. Канта, 2015. – Вып. 7. – С. 69–77.
25. Способность к накоплению кадмия у *Bromopsis inermis*, *Setaria viridis* (Poaceae) / Г. Ф. Лайдинен, Н. М. Казина, Ю. В. Батова [и др.] // Растительные ресурсы. – 2011. – Т. 47, № 3. – С. 64–72.
26. Ахметхянова Ф. К., Ильязов Р. Г., Зайсанов Р. Р. Особенности миграции тяжелых металлов из почвы в кормовые и зерновые культуры в северо- и юго-восточной зоне РТ // Уч. зап. Казан. гос. акад. им. Н. Э. Баумана. – 2013. – Т. 215. – С. 16–21.

REFERENCES

1. Skoblin G. S., Skoblina V. I. *Lugovoe i polevoe kormoproizvodstvo* (Meadow and field forage production), Moscow, 1988, pp. 188–191.
2. Grebennikov V. G., Shipilov I. A. *Mnogoletnie travy v lugopastbishnyh sevooborotah* (Sbornik nauchnyh trudov vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva), Stavropol, 2012, No. 1 (2), pp. 201–210. (In Russ.)
3. Anatoljan A. A., Martem'janova A. A., Husnidinov Sh. K. *Aktual'nye voprosy agrarnoj nauki*, 2015, No. 16. pp. 5–13. (In Russ.)
4. Krasnoshhekkova T. A., Babuhadija K. R., Bojko E. N. *Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2014, No. 76, pp. 30–33. (In Russ.)
5. Kaloev B. S., Kumsiev Je. I. *Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 4 (51), pp. 170–174. (In Russ.)
6. Krasnoshhekkova T. A., Tuaeva E. V., Sogorin S. A. *Zootehnicheskij analiz kormov* (Zootechnical analysis of feeds), Blagoveshensk: Dal'GAU, 2013, 154 p.
7. Gurkina L. V., Naumova I. K., Lebedeva M. B. *Agrarnyj vestnik Verhovolzh'ja*, 2016, No. 1, pp. 32–37. (In Russ.)
8. Potapova E. A., Vorozhova K. S., Bespamyatnyh E. N. *Molodezh' i nauka*, 2017, No. 3, 45 p.
9. Zabashta N. N., Kul'pina N. V. *Nauchnye osnovy povysheniya produktivnosti sel'skohoz'jajstvennyh zhivotnyh*, Krasnodar, 2011, pp. 112–113. (In Russ.)
10. Suvorov A. I., Kul'pina N. N., Zabashta N. N. *Soderzhanie tjazholyh metallov v cepi «pochva – rastenie – korma – zhivotnoe – mjasnoe syr'jo»* (Sbornik nauchnyh trudov vserossijskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovcevodstva i kozovodstva) Stavropol, 2014, No. 7 (2), pp. 620–624. (In Russ.)
11. Syso A. I., Sokolov V. A., Petukhov V. L., *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, No. 4 (9), pp. 368–374.
12. Feshhenko V. P. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, No. 10 (120), pp. 33–36. (In Russ.)
13. Chysyma R. B., Kuz'mina E. E. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*, 2015, No. 12. pp. 867–870. (In Russ.)
14. Vlasjuk P. A., Shkvaruk N. M., Sapatyj S. E. *Himicheskie jelementy i aminokisloty v zhizni rastenij zhivotnyh i cheloveka* (Chemical elements and amino acids in the life of plants of animals and humans), Kiev: Naukova dumka, 1974, 220 p. (In Russ.)
15. Il'in V. B., Syso A. I. *Mikrojelementy i tjazhelye metally v pochvah i rastenijah Novosibirskoj oblasti* (Microelements and heavy metals in soils and plants of the Novosibirsk region), Novosibirsk: SO RAN, 2001, 229 p.
16. Krivonogova A. S., Isaeva A. G., Baranova A. A. *Agrarnyj vestnik Urala*, 2013, No. 6 (112). pp. 15–20. (In Russ.)
17. Rogovskaja N. V., Filippov R. V. *Naukovedenie*, 2014, Issue 3, available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/selskohozyaystvennoe-proizvodstvo-i-prodovolstvennaya-bezopasnost-v-regionah-sibiri>. (In Russ.)
18. Syso A. I. *Zakonomernosti raspredelenija himicheskikh jelementov v pochvoobrazujushhih porodah i pochvah Zapadnoj Sibiri* (Regularities in the distribution of chemical elements in soil-forming rocks and soils in Western Siberia), Novosibirsk: SO RAN 2007, 277 p.
19. Perel'man A. I., Kasimov N. S. *Geohimija landshafta* (Geochemistry of the landscape), Moscow: Astreja 2000, 1999, 610 p.

20. *Jekogeohimija Zapadnoj Sibiri. Tjzhelye metally i radionuklidy* (Ecogeochemistry of Western Siberia. Heavy metals and radionuclides), Novosibirsk: SO RAN, NIC OIGGM, 1996, 248 p. (In Russ.)
21. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniju kompleksnogo monitoringa plodorodija pochv zemel» sel'skhozjajstvennogo naznachenija* (Methodical instructions for conducting integrated monitoring of soil fertility of agricultural land), Moscow: FGNU Rosinformagroteh, 2003, 240 p.
22. Tjul'kova E.G. *Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta*, 2015, Issue 7, pp. 69–77. (In Russ.)
23. Lajdinen G.F., Kazina N.M., Batova Ju.V. *Rastitel'nye resursy*, 2011, No. 3 (47), pp. 64–72. (In Russ.)
24. Ahmethjanova F.K., Il'jazov R.G., Zajsanov R.R. *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii im. N. Je. Baumana*, 2013, No. 215, pp. 16–21. (In Russ.)
25. Talanov G.A., Hmelevskij B.N. *Sanitarija kormov. Spravochnik* (Feed Sanitation: Handbook), Moscow: Agropromizdat, 1991, 303 p.
26. Bashkin V.N., Evstaf'eva E.V., Snakin V.V. *Biogeohimicheskie osnovy jekologicheskogo normirovanij* (Biogeochemical basis of environmental regulation) Moscow: Nauka, 1993, 304 p.