

УДК 632.122.1:546.47:546.56:546.77(470.32)

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ЧЕРНОЗЁМЕ ОБЫКНОВЕННОМ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЁМНОГО РАЙОНА РОССИИ

© 2023 г. С. В. Лукин^{1,2,*}

Представлено академиком РАН В.И. Кирюшиным 20.10.2022 г.

Поступило 20.10.2022 г.

После доработки 15.12.2022 г.

Принято к публикации 16.12.2022 г.

Исследования по агроэкологической оценке содержания Mn, Zn, Ni, Cr, Cu, Pb, Co, As, Cd, Hg в чернозёмах обыкновенных легкоголистных проводили в степной зоне ЦЧР. В результате исследований установлено, что содержание изучаемых элементов в целинном чернозёме обыкновенном было в пределах варьирования их концентраций в пахотных аналогах или даже ниже. Только валовое содержание Mn в целинной почве было выше верхнего предела варьирования содержания этого элемента в пахотных почвах. По среднему валовому содержанию в пахотных чернозёмах обыкновенных элементы образуют следующий убывающий ряд (мг/кг): Mn(397) > Zn(42.9) > Ni(33.1) > Cr(23.7) > Cu(15.8) > Pb(11.2) > Co(9.51) > As(5.48) > Cd(0.35) > Hg(0.023), а по среднему содержанию подвижных форм зависимость несколько другая: Mn(4.14) > Pb(0.75) > Ni(0.59) > Zn(0.36) > Cr(0.31) > Cu(0.1) > Co(0.09) > Cd(0.04). Превышения установленных нормативов ОДК и ПДК изучаемых элементов в исследуемых почвах не наблюдалось, поэтому нет опасности для получения экологически безопасной растениеводческой продукции. Содержание подвижных форм Mn, Zn, Cu, Co соответствует низкому уровню обеспеченности, поэтому эти элементы необходимо вносить в агроценозы с микроудобрениями для повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: агроэкологический мониторинг, кларк, коэффициент биологического поглощения, почва, чернозём, фоновый мониторинг

DOI: 10.31857/S2686739722602320, **EDN:** NXJNJL

В современном мире антропогенное воздействие на агроэкосистемы неуклонно возрастает, в том числе за счет поступления некоторых элементов, широко используемых в промышленности. Атомная масса многих из них (Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Pb, Cd, Hg) составляет более 40 а.е.м и к ним применим термин “тяжелые металлы” (ТМ) [1–3]. К этой группе часто относят и As, который является металлоидом [4]. Поскольку для распределения элементов в агроэкосистемах характерна высокая пространственная вариабильность, обусловленная как природными, так и антропогенными факторами, программой государственного агроэкологического мониторинга предусмотрено периодическое определение в почвах сельскохо-

зяйственного назначения валового содержания и концентрации подвижных форм многих ТМ [5, 6].

Физиологическая роль для растений таких элементов, как Mn, Zn, Cu, Co, давно доказана, в меньшей степени изучено влияние на биологические процессы Ni и Cr. Однако при высоких концентрациях эти элементы могут быть очень токсичны для растений и теплокровных. Положительная роль в жизненно важных процессах Pb, Cd, Hg, As пока достоверно не установлена, но хорошо изучено их токсическое действие на человека, поэтому содержание этих элементов нормируется в продовольственном сырье и пищевой продукции. По степени токсичности Pb, Cd, Hg, Zn и As относятся к первому классу (высокоопасные вещества), Cu, Co, Ni, Cr – ко второму (умеренно опасные), Mn – к третьему (малоопасные) [7, 8].

Агроэкологическая оценка содержания ТМ в почвах включает в себя сравнение конкретных результатов мониторинга с гигиеническими нормативами, к которым относятся ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) или пре-

¹ Белгородский центр агрохимической службы, Белгород, Российская Федерация

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Российская Федерация

*E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в целинном чернозёме обыкновенном

Элемент	Валовое содержание, мг/кг	Содержание подвижных форм	
		мг/кг	% от валового содержания
Mn	480.0	4.10	0.85
Zn	47.8	0.35	0.73
Ni	29.8	0.34	1.14
Cr	20.3	0.16	0.79
Cu	20.1	0.10	0.50
Pb	13.9	0.53	3.81
Co	9.60	0.07	0.73
As	5.60	нет данных	нет данных
Cd	0.40	0.032	8.0
Hg	0.026	нет данных	нет данных

дельно-допустимые концентрации (ПДК), кларками элементов и их региональными фоновыми значениями [9, 10]. Кроме того, для содержания подвижных форм таких необходимых для растений микроэлементов, как Mn, Zn, Cu, Co, установлены уровни низкой обеспеченности почв, при достижении которых рекомендуется использовать микроудобрения, содержащие эти элементы [11].

Цель данной работы — провести агроэкологическую оценку содержания Mn, Zn, Ni, Cr, Cu, Pb, Co, As, Cd, Hg в чернозёмах обыкновенных степной зоны Центрально-Чернозёмного района (ЦЧР).

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В ЦЧР чернозёмы обыкновенные распространены в степной зоне Белгородской и Воронежской областей. В структуре пашни они занимают 1247 тыс. га. Эти почвы сформировались примерно 9–12 тыс. лет назад под влиянием степной растительности [12].

Исследования проводились в 2016–2020 гг. в Ровеньском районе Белгородской области. На пахотных почвах было заложено 22 разреза чернозёма обыкновенного легкого глинистого. На особо охраняемой территории природного парка “Ровеньский” было заложено 2 разреза целинного чернозёма обыкновенного легкого глинистого и отобрано 25 образцов степного разнотравья, представленного в основном ковылем, типчаком, овсяницей и др. В пахотных почвах среднее содержание в слое 0–25 см физической глины составляло 72.5%, $C_{орг}$ по Тюрину — 3.02%, pH водной вытяжки (pH_{H_2O}) — 7.8, а в целинной почве —

соответственно 67.0%, 3.77% и 7.1. Содержание золы в абсолютно сухом веществе растительных образцов в среднем составило 7.2%.

Химические анализы проводились в аккредитованной испытательной лаборатории. Валовое содержание элементов (экстрагент 5М HNO_3) и концентрацию их подвижных форм в почве, извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным (ААБ) раствором с pH 4.8, определяли методом атомно-эмиссионной спектрометрии. Валовое содержание элементов в растениях определялось по общепринятым в агрохимической службе методикам [13].

Для оценки интенсивности биофильного накопления элементов в почвах рассчитывался коэффициент биологического поглощения (КБП), который представляет собой частное от деления количества элемента в золе растения к его валовому содержанию в пахотном слое почвы [5]. Статистическая обработка результатов локального мониторинга, проведенная с использованием программы Microsoft Excel, включала расчет доверительного интервала для средних значений ($\bar{x} \pm t_{0.5} s \bar{x}$), минимальных и максимальных значений концентрации элементов (lim), а также коэффициента вариации (V , %).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для оценки данных агроэкологического мониторинга очень важное значение имеет наличие результатов фонового мониторинга, который, как правило, проводится на почвах особо охраняемых природных территорий (ООПТ), не подверженных существенному антропогенному воздействию. По валовому содержанию в слое 0–25 см чернозёма обыкновенного природного парка “Ровеньский” элементы образуют следующий убывающий ряд: $Mn > Zn > Ni > Cr > Cu > Pb > Co > As > Cd > Hg$. Помимо общего содержания в почвах для большинства элементов определяют концентрацию их подвижных форм, доступных для растений. По данному показателю элементы образуют следующий ряд: $Mn > Pb > Zn > Ni > Cr > Cu > Co > Cd$. В подвижной форме, от общего содержания в почве, находится больше всего Cd (8%) и меньше всего — Cu (0.5%) (табл. 1). Превышений нормативов ОДК и ПДК элементов в целинной почве не наблюдалось. Фоновое содержание подвижных форм Mn, Zn, Cu и Co по агрохимическим нормативам оценивается как низкое.

Содержание ТМ в растительном покрове конкретного региона является важным индикатором качества окружающей среды. Для более корректной оценки доступности и характеристики закономерностей транслокации элементов в системе почва—растение определяется их содержание в степном разнотравье и рассчитывается КБП.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в целинном разнотравье

Элемент	Вариационно-статистические показатели содержания элементов в разнотравье, мг/кг абсолютно сухого вещества			Среднее содержание в золе, мг/кг	Коэффициент биологического поглощения, (мг/кг золы)/(мг/кг почвы)
	$\bar{x} \pm t_{0.5}\bar{x}$	lim	V, %		
Mn	28.8 ± 2.9	11.2–44.2	24.3	400	0.83
Zn	6.06 ± 0.51	4.02–8.07	18.9	84.2	1.76
Cu	1.83 ± 0.34	0.95–3.79	29.5	25.4	1.26
Ni	1.41 ± 0.18	0.66–2.64	30.2	19.6	0.66
Cr	0.90 ± 0.09	0.49–1.68	25.4	12.5	0.62
Pb	0.48 ± 0.04	0.300–0.650	21.3	6.67	0.48
Co	0.035 ± 0.004	0.020–0.060	23.2	0.486	0.05
As	0.030 ± 0.005	0.014–0.054	37.3	0.417	0.07
Cd	0.014 ± 0.002	0.008–0.024	36.8	0.190	0.48
Hg	0.005 ± 0.001	0.003–0.008	38.2	0.069	2.65

По содержанию в степном разнотравье элементы образуют убывающий ряд: Mn > Zn > Cu > Ni > Cr > Pb > Co > As > Cd > Hg. По величине КБП элементы образуют несколько иной убывающий ряд: Hg > Zn > Cu > Mn > Ni > Cr > Pb = Cd > As > Co. Наиболее высокие значения КБП были установлены для элементов группы биологического накопления Hg (2.65), Zn (1.76) и Cu (1.26). Остальные элементы по величине КБП относятся к группе биологического захвата. Наиболее низкие значения КБП были характерны для Co (0.05) и As (0.07) (табл. 2).

Валовое содержание элементов во всех исследуемых образцах почвы было существенно ниже уровней ОДК или ПДК. Оценка содержания элементов с использованием кларков является широко распространенной, но достаточно приближительной и условной. По данным различных авторов, значения кларков варьируют очень сильно. Например, кларки Mn и Cr, по оценкам А.П. Виноградова (1957) [14], составляют соответственно 850 и 200 мг/кг, а по данным Kabata-Pendias (2011) [15] – 488 и 59.5 мг/кг [14, 15]. Среднее валовое содержание Ni в почве было выше, чем кларк элемента по [15], но ниже кларка по [14], а для Pb, Co и As была характерна обратная закономерность. Среднее содержание Mn, Zn, Cu, Cr, Cd и Hg в почве было ниже кларков обоих этих авторов.

Среднее валовое содержание Co, As, Cd и Hg в пахотных почвах практически соответствовало содержанию этих элементов в фоновой почве. Среднее содержание Ni и Cr в целинной почве было немного ниже, чем в пахотной, но укладывалось в пределы варьирования данных показателей. Фоновое валовое содержание Zn, Cu и Pb было выше, чем в пахотном чернозёме обыкновенном, но также укладывалось в пределы варьирования

этих параметров на пашне. Фоновая концентрация Mn была немного выше верхнего предела варьирования содержания элемента в пахотных почвах (табл. 3).

Содержание подвижных форм ТМ в пахотных чернозёмах обыкновенных было существенно ниже уровней ПДК. Средняя концентрация подвижных форм Mn, Zn, Cu и Co практически совпадала с фоновыми значениями, установленными для целинных почв, а Ni, Cr, Pb и Cd – была несколько выше (табл. 4). Более того, в соответствии с агрохимическими нормативами обеспеченность почв такими элементами, как Mn, Zn, Cu и Co, является низкой, что обуславливает необходимость использования в агротехнологиях возделывания сельскохозяйственных культур соответствующих микроудобрений [11].

ОБСУЖДЕНИЕ

Проведенные исследования подтверждают вывод о том, что чернозёмы обыкновенные степной зоны ЦЧР характеризуются более высоким валовым содержанием ТМ по сравнению с лесостепными подтипами чернозёмов (типичными и выщелоченными). Причина этого в том, что степные чернозёмы характеризуются более высоким содержанием физической глины и более низким выщелачиванием ТМ из пахотного слоя [5, 16]. Как правило, валовое содержание ТМ в почвах напрямую коррелирует с содержанием физической глины. Например, среднее валовое содержание Pb, As и Cd в пахотных чернозёмах типичных соответственно на 0.9, 1.3 и 0.12 мг/кг ниже, чем в обыкновенных [8].

Важным фактором, влияющим на содержание подвижных форм ТМ в почвах и во многом определяющим их поглощение растениями, является

Таблица 3. Валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка в пахотном чернозёме обыкновенном, мг/кг

Элемент	*ОДК	ПДК	Кларк в почве		Вариационно-статистические показатели валового содержания элементов в почве, мг/кг		
			Виноградов, 1957 [14]	Kabata-Pendias, 2011 [15]	$\bar{x} \pm t_{05} s \bar{x}$	lim	V, %
Mn	—	1500	850	488	397 ± 18	311–463	10.2
Zn	220	—	50	70.0	42.9 ± 2.2	33.6–50.5	11.5
Ni	80	—	40	29.0	33.1 ± 2.2	24.6–41.3	14.1
Cr	не установлена		200	59.5	23.7 ± 1.4	18.6–29.1	12.4
Cu	132	—	20	38.9	15.8 ± 0.5	12.6–17.5	7.6
Pb	130	—	10	27.0	11.2 ± 0.4	9.5–13.0	8.5
Co	не установлена		8	11.3	9.51 ± 0.46	7.80–10.9	11.0
As	10	—	5	6.83	5.48 ± 0.34	4.10–7.13	14.2
Cd	2	—	0.5	0.41	0.350 ± 0.02	0.270–0.410	10.4
Hg	—	2.1	0.05	0.07	0.023 ± 0.002	0.015–0.035	23.4

Примечание. * – Для суглинистых и глинистых почв с pH > 5.5

Таблица 4. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном чернозёме обыкновенном, мг/кг

Элемент	ПДК	Уровень низкой обеспеченности	Вариационно-статистические показатели содержания подвижных форм элементов в почве, мг/кг		
			$\bar{x} \pm t_{05} s \bar{x}$	lim	V, %
Mn	140	<10	4.14 ± 0.70	1.48–7.16	37.9
Pb	6	не установлен	0.75 ± 0.04	0.57–0.90	11.1
Ni	4	не установлен	0.59 ± 0.03	0.53–0.73	9.2
Zn	23	<2	0.36 ± 0.04	0.23–0.60	25.0
Cr	6	не установлен	0.31 ± 0.02	0.24–0.42	14.7
Cu	3	<0.2	0.10 ± 0.01	0.06–0.16	24.3
Co	5	<0.15	0.09 ± 0.01	0.06–0.13	23.6
Cd	не установлена	не установлен	0.04 ± 0.01	0.03–0.06	16.2

кислотность почв. С увеличением кислотности подвижность ТМ в почвах повышается. Чернозёмы обыкновенные степной зоны характеризуются, как правило, нейтральной реакцией среды, в отличие от лесостепных подтипов чернозёмов, для которых присуще систематическое подкисление в процессе сельскохозяйственного использования [17, 18]. Поэтому, несмотря на более высокое валовое содержание ТМ, концентрация их подвижных форм в чернозёмах степной зоны ниже, чем в чернозёмах лесостепной зоны. Например, содержание подвижных форм Mn и Co в целинном чернозёме обыкновенном соответственно в 1.33 и 2.86 раза ниже, чем в заповедном чернозёме типичном [5]. Низкое содержание подвижных форм некоторых элементов Mn, Zn, Cu, Co в почвах естественных экосистем можно считать их генетической особенностью, которая передается пахотным чернозёмам ЦЧР. Например,

в Белгородской и Липецкой областях к категории низкообеспеченных по содержанию подвижных форм Mn относятся соответственно 38.6 и 19.0, Zn – 98.7 и 95.0, Co – 99.3 и 23.0% обследованных пахотных почв [5, 19].

По данным фонового мониторинга, содержание ТМ в степном разнотравье произрастающем на чернозёме обыкновенном степной зоны, как правило ниже, чем в растительном покрове ООПТ, расположенных в лесостепной зоне. Например, в ООПТ лесостепной зоны “Ямская степь”, где почвенный покров представлен в основном чернозёмами типичными, среднее содержание Zn, Cu, Co в разнотравье соответственно в 1.4, 2.32, 2.57 раза выше, чем в ООПТ природный парк “Ровеньский”, расположенном в степной зоне [7]. Данная закономерность обусловлена более низким содержанием подвижных форм ТМ в чернозёмах обыкновенных по сравнению с чер-

нозёмами лесостепной зоны. Исследованиями подтвержден вывод о том, что содержание ТМ в чернозёмах обыкновенных не представляет опасности для получения безопасной сельскохозяйственной продукции [5, 7, 20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований установлено, что содержание изучаемых элементов в целинном чернозёме обыкновенном степной зоны ЦЧР было в пределах варьирования их концентраций в пахотных аналогах или даже ниже. Только валовое содержание Mn в целинной почве было выше верхнего предела варьирования содержания этого элемента в пахотных почвах. По среднему валовому содержанию в пахотных чернозёмах обыкновенных элементы образуют следующий убывающий ряд (мг/кг): Mn(397) > Zn(42.9) > Ni(33.1) > Cr(23.7) > Cu(15.8) > Pb(11.2) > Co(9.51) > As(5.48) > Cd(0.35) > Hg(0.023), а по среднему содержанию подвижных форм зависимость несколько другая: Mn(4.14) > Pb(0.75) > Ni(0.59) > Zn(0.36) > Cr(0.31) > Cu(0.1) > Co(0.09) > Cd(0.04). Превышения установленных нормативов ОДК и ПДК изучаемых элементов в исследуемых почвах не наблюдалось, поэтому нет опасности для получения экологически безопасной растениеводческой продукции. Содержание подвижных форм Mn, Zn, Cu, Co соответствует низкому уровню обеспеченности, поэтому эти элементы необходимо вносить в агроценозы с микроудобрениями для повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования выполнены за счет федеральных средств в рамках государственного задания на проведение агроэкологического мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев Ю.В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат, 1987. 142 с.
2. *Зырин Н.Г., Садовникова Л.К.* Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах. М.: Изд-во МГУ, 1985. 325 с.
3. *Гукалов В.Н.* Трансформация валовых и подвижных форм тяжелых металлов в агроландшафтных системах. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2014. 219 с.
4. *Водяницкий Ю.Н., Ладонин Д.В., Савичев А.Т.* Загрязнение почв тяжелыми металлами. М.: ГНУ Почв. ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 2012. 276 с.
5. *Lukin S.V., Zhuikov D.V.* Content and Balance of Trace Elements (Co, Mn, Zn) in Agroecosystems of the Central Chernozemic Region of Russia // Agriculture. 2022. V. 12. № 2. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020154>
6. *Побилат А.Е., Волошин Е.И.* Мониторинг микроэлементов в почвах (обзор) // Микроэлементы в медицине. 2021. Т. 22. № 4. С. 14–26. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2021-22-4-14-26>
7. *Lukin S.V., Zhuikov D.V.* Monitoring of the Contents of Manganese, Zinc, and Copper in Soils and Plants of the Central Chernozemic Region of Russia // Eurasian Soil Science. 2021. V. 54. № 1. P. 63–71. <https://doi.org/10.1134/S1064229321010099>
8. *Селюкова С.В.* Экологическая оценка содержания свинца, кадмия, ртути и мышьяка в агроэкосистемах юго-западной части Центрально-Черноземного района России. Автореф. на соиск. уч. степ. канд. биол. наук. М.: РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. 25 с.
9. *Касимов Н.С., Власов Д.В.* Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2015. № 2. С. 7–17.
10. СанПиН 1.2.3685-21 “Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания”. Утверждены Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2.
11. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / В.Г. Сычев и др. М.: ФГНУ “Росинформагротех”, 2003. 240 с.
12. *Соловichenko В.Д., Тютюнов С.И., Уваров Г.И.* Воспроизводство плодородия почв и рост продуктивности сельскохозяйственных культур Центрально-Черноземного региона. Белгород: “Отчий край”, 2012. 256 с.
13. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: Типография Московской с.-х. академии им. К.А. Тимирязева, 1992. 61 с.
14. *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. М.: изд-во АН СССР, 1957. 238 с.
15. *Kabata-Pendias A.* Trace Elements in Soils and Plants. 2011. P. 41.
16. *Протасова Н.А., Щербаков А.П.* Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Sr, Ba, B, I, Mo) в чернозёмах и серых лесных почвах Центрального Черноземья. Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 2003. 368 с.
17. *Surinov A.V.* Fertility dynamics of the forest-steppe zone’s arable soils in the central chernozem region (on the example of the Prokhorovsky district of the Belgorod region) // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1043 (2022). 012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1043/1/012014>
18. *Суринов А.В.* Динамика агрохимических показателей плодородия черноземов лесостепной зоны ЦЧР // Агрохимический вестник. 2022. № 2.

- С. 8–14.
<https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-2-002>
19. Почвы Липецкой области / Ю.И. Сискевич, В.А. Никоноренков, О.В. Долгих и др. Липецк: Изд-во ООО “Позитив Л”, 2018. 209 с.
20. Тяжелые металлы в окружающей среде и их влияние на сельскохозяйственные растения / А.В. Погорелов, В.Э. Лазько, В.И. Шматок, А.И. Мельченко // Рисоводство. 2021. № 4(53). С. 54–61.
<https://doi.org/10.33775/1684-2464-2021-53-4-54-61>

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF HEAVY METALS AND ARSENIC CONTENT IN CHERNOZEM IN THE COMMON CENTRAL BLACK EARTH REGION OF RUSSIA

S. V. Lukin^{a,b,#}

^a Belgorod Center for Agrochemical Service, Belgorod, Russian Federation

^b Belgorod State National Research University, Belgorod, Russian Federation

[#] E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

Presented by Academician of the RAS V.I. Kiryushin October 20, 2022

Agroecological assessment of the content of Mn, Zn, Ni, Cr, Cu, Pb, Co, As, Cd, Hg in the chernozems of common light-clay was carried out in the steppe zone of the Central Black Earth Region. As a result of studies, it was found that the content of the studied elements in virgin black soil was within the range of varying their concentrations in arable analogues or even lower. Only the gross content of Mn in virgin soil was above the upper limit of variation in the content of this element in arable soils. By average gross content in arable chernozems, common elements form the following descending series (mg/kg) Mn (397) > Zn (42.9) > Ni (33.1) > Cr (23.7) > Cu (15.8) > Pb (11.2) > Co (9.51) > As (5.48) > Cd (0.35) > Hg (0.023), and in terms of the average content of mobile forms, the dependence is slightly different: Mn (4.14) > Pb (0.75) > Ni (0.59) > Zn (0.36) > Cr (0.31) > Cu (0.1) > Co (0.09) > Cd (0.04). There was no excess of the established UEC and MAC standards for the studied elements in the studied soils, therefore there is no danger to obtain environmentally safe crop production. There was no excess of the established UEC and MAC standards for the studied elements in the studied soils, therefore there is no danger to obtain environmentally safe crop production. The content of mobile forms Mn, Zn, Cu, Co corresponds to a low level of availability, therefore, these elements must be introduced into agrocenoses with micro-fertilizers to increase the yield and quality of agricultural products.

Keywords: agroecological monitoring, Clark, biological absorption coefficient, soil, chernozem, background monitoring