

УДК 632.122.1:631.472(470.314)

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПАХОТНОМ ГОРИЗОНТЕ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2019 г. В. И. Комаров¹, О. Г. Селиванов², А. А. Марцев^{2,*},
А. А. Подолец², С. Н. Лукьянов¹

¹Центр агрохимической службы “Владимирский”
600027 Владимир, ул. Соколова-Соколёнка, 26а, Россия

²Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых
600000 Владимир, ул. Горького, 87, Россия

*E-mail: MartsevAA@yandex.ru

Поступила в редакцию 13.12.2018 г.

После доработки 12.02.2019 г.

Принята к публикации 13.06.2019 г.

В работе представлены результаты полевых исследований пахотного слоя почв сельскохозяйственного назначения Владимирской обл. за 2017 г., которые проводили методом сплошного агрохимического обследования на наличие следующих тяжелых металлов (ТМ): Pb, Cd, Cu, Zn, Co, Mn, Ni. Содержание валовых ТМ определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Для оценки уровня загрязнения почв поллютантами использовали коэффициент опасности. Определены концентрации ТМ в почвах пашни Владимирской обл. в следующих диапазонах: Cd – 0.13–0.36, Cu – 2.1–10.2, Co – 2.62–7.90, Pb – 3.4–10.2, Ni – 2.8–15.6, Zn – 12.5–35.6, Mn – 136–541 мг/кг. Расчет коэффициента опасности, показал распределение ТМ в ряду другого вида: Cu → Pb → Mn → Co → Zn → Ni → Cd. В сравнении с фоновыми показателями в регионе произошло увеличение валового содержания следующих элементов: Pb (на 17.2%), Cu (на 13.5%), Zn (на 1.3%), Co (на 17.4%). Незначительно снизилось содержание Cd и Mn, содержание Ni не изменилось. Ведущим источником поступления ТМ в пахотный слой было внесение удобрений. Проведенное исследование показало, что валовое содержание ТМ в пахотном слое почв региона не превышает ПДК. Таким образом, пахотные почвы Владимирской обл. по содержанию ТМ относятся к слабозагрязненным и не являются опасными для здоровья человека.

Ключевые слова: тяжелые металлы, пахотный горизонт, почвы сельскохозяйственного назначения, Владимирская обл.

DOI: 10.1134/S0002188119100089

ВВЕДЕНИЕ

Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, как составной части мониторинга окружающей среды, важен для выявления изменений состояния земель, оценки плодородия почв, качества и безопасности производимой растениеводческой продукции [1]. Важнейшей его задачей является прогнозирование и выработка рекомендаций о предупреждении и устранении последствий негативных деградационных процессов, к которым в первую очередь относится антропогенное загрязнение почвенного покрова. Загрязнение почвенного покрова следует рассматривать не только как проникновение в него некоторых веществ, элементов, но и как нарушение природного равновесия, потери воз-

можности самовосстановления и перехода к необратимым деградационным процессам. Вдоль автомагистралей и в районах крупных промышленных предприятий происходит загрязнение почв веществами, переносимыми по воздуху (углеводородами, соединениями тяжелых металлов (ТМ), хлоридами, фторидами и т.п.) [2, 3]. В местах расположения складов удобрений, средств защиты растений, ядохимикатов, ГСМ в результате нарушений их использования, хранения и плохого санитарно-технического состояния почвы загрязняются эрозионными наносами этих веществ. Загрязнения почв происходят и в результате вредных промышленных выбросов, а также сточными водами действующих предприятий.

Поскольку качество почв сельскохозяйственных угодий опосредованно через растительную продукцию отражается на здоровье населения, экологическая оценка состояния пахотных земель по-прежнему остается важным аспектом социально-гигиенического мониторинга [4]. Цель работы – оценка антропогенного загрязнения тяжелыми металлами пахотного горизонта почв Владимирской обл.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Территория Владимирской обл. расположена в центре Нечерноземной зоны, в южно-таежной лесной зоне и входит в состав Центрального экономического района России. По характеристике почвенного покрова область делится на 3 основные зоны.

Первая – зона серых лесных почв Владимирского ополья, вторая – зона дерново-подзолистых среднесуглинистых и легкосуглинистых почв, третья – зона дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почв.

В работе представлены данные собственных полевых исследований Центра агрохимической службы “Владимирский” и кафедры биологии и экологии ВлГУ за 2017 г. Исследование пахотного слоя почв региона проводили методом сплошного агрохимического обследования на наличие следующих ТМ, определяя валовое содержание Pb, Cd, Cu, Zn, Co, Mn, Ni, методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Фоновыми содержаниями ТМ признавали аналогичные показатели за 2003 г., представленные в Экологическом атласе Владимирской области [5]. Выбор был обусловлен идентичностью реперных участков отбора проб и временным промежутком, позволяющим проследить динамические показатели полученных данных. Для оценки уровня загрязнения почв поллютантами использовали коэффициент опасности (K_o), который рассчитывали по формуле $K_o = \frac{C_i}{ОДК_i}$, где C_i – концентрация металла в почве (мг/кг), $ОДК_i$ – ориентировочно-допустимая концентрация тяжелого металла в почве (мг/кг) [6, 7]. Общая площадь обследованной территории составила 71 946 га.

Статистическую обработку данных и корреляционный анализ с определением коэффициента корреляции Пирсона выполняли с помощью программы STATISTICA. Статистически достоверными признавали результаты с уровнем значимости $p \leq 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

За последние 2 десятилетия довольно значительно изменилось распределение земель по категориям. В годы земельной реформы, в связи с наделением граждан земельными участками, включением в черту городов, поселков, сельских поселений земель для обеспечения различных нужд населения – развития индивидуального жилищного строительства, рекреации, сельскохозяйственного использования, возросла площадь земель населенных пунктов, в первую очередь за счет земель сельскохозяйственного назначения, площадь которых за период с 1999 по 2015 г. снизилась на 394.8 тыс. га (с 1379.1 до 984.3 га). Основными пользователями сельскохозяйственных угодий являются сельскохозяйственные предприятия, организации и учреждения, в пользовании, собственности, аренде у них находится 887.8 тыс. га земель, из них сельхозугодий – 531.8 тыс. га. В собственности, владении, пользовании и аренде у граждан находится 356 тыс. га, в том числе сельхозугодий – 335.5 тыс. га. [8]. Распределение пашни в области представлено на рис. 1.

Одним из приоритетных направлений в регионе является развитие и увеличение объема продукции агропромышленного комплекса и, в частности, продукции растениеводства. По данным администрации области, в 2016 г. в регионе было намолочено 203.3 тыс. т зерна в весе после доработки или 22.4 ц/га. Произведено 341.8 тыс. т картофеля, урожайность клубней составила 142 ц/га. Собрано 176.3 тыс. т овощей при урожайности 169 ц/га [9].

Известно, что почва служит естественным барьером на пути тяжелых металлов (ТМ) и сдерживает их поступление в растения [10]. Получение экологически безопасной продукции невозможно без учета миграции и аккумуляции ТМ в пахотном горизонте почв. Содержание различных ТМ в пахотном слое почв Владимирской обл. характеризуется существенной дифференциацией (табл. 1). Данное обстоятельство может быть объяснено различием как в индустриальном развитии административных территорий, разветвленностью автотранспортных сетей, так и природными и метеорологическими особенностями районов. Помимо этого, известно, что содержание ТМ в пахотном слое может быть обусловлено внесением минеральных удобрений.

Содержание ТМ в почвах пашни Владимирской области находится в следующих диапазонах (min → max): Cd – 0.13–0.36, Cu – 2.11–10.2, Co – 2.62–7.9, Pb – 3.43–10.2, Ni – 2.78–15.6, Zn –

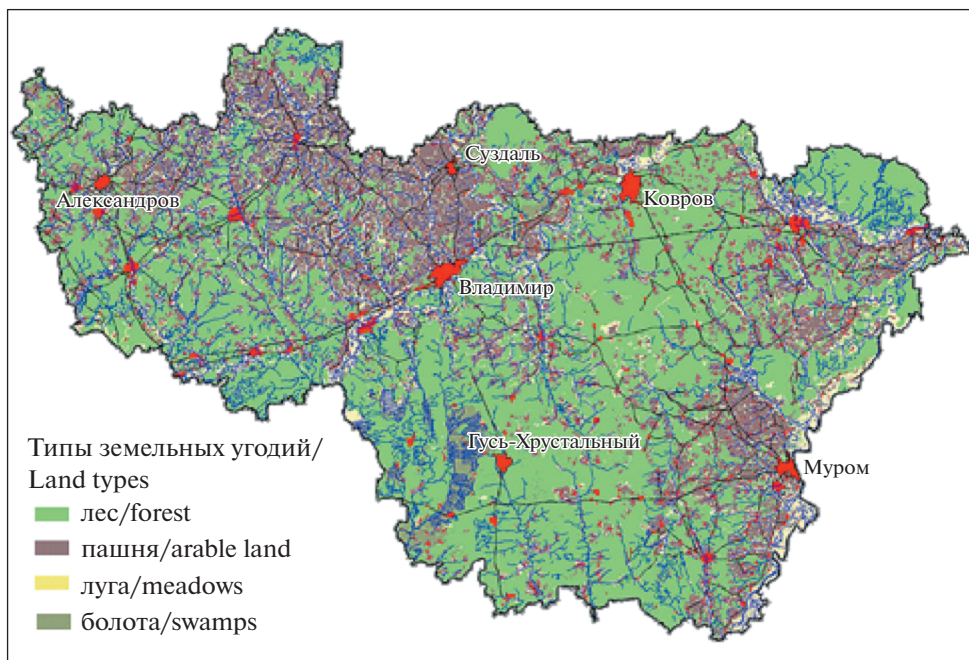


Рис. 1. Типы земельных угодий во Владимирской обл.

12.5–35.6, Mn – 136–541 мг/кг. Однако при расчете коэффициента опасности получен другой ряд: Cu → Pb → Mn → Co → Zn → Ni → Cd (табл. 2).

В сравнении с фоновыми показателями в регионе произошло увеличение валового содержания следующих элементов: Pb (17.2%), Cu (13.5%), Zn (1.3%), Co (17.4%). Увеличение содержания данных элементов в пахотных почвах региона может быть связано с поступлением их прежде всего с калийными, фосфорными, азотными удобрениями и пестицидами. Применение данных удобрений вызвано необходимостью поддержания плодородия дерново-подзолистых почв, составляющих основу пахотных земель Владимирского региона (до 60% пашни), а также их микроэлементного состава. В то же время известно, что минеральные и особенно органические удобрения даже при умеренных дозах внесения являются источниками поступления тяжелых металлов в почву [11, 12], поэтому применение удобрений длительное время приводит к увеличению содержания и накопления ТМ в пахотном слое почвы. Нельзя не отметить и такой фактор, как возросшая интенсивность движения легкового и грузового автотранспорта по районным дорогам региона и загрязнение придорожных территорий (в ряде случаев – это пашни) тяжелыми металлами, особенно свинцом и цинком [13, 14]. Увеличение концентрации Pb в пахотной почве по сравнению с фоном произошло в 13-ти из 16-ти районов, что скорее всего было вызвано антропогенным ха-

рактером загрязнения и, в частности, увеличением загрязнения воздуха автотранспортом и промышленными предприятиями. Наибольший уровень загрязнения пахотных почв (по величине коэффициента опасности) имеют Киржачский, Вязниковский, Петушинский р-ны. Следует отметить, что данные районы прилегают к федеральной трассе М-7 с очень большой загруженностью автотранспортом, являются индустриально развитыми территориями, а почвы в этих районах наименее устойчивы к загрязнению ТМ, т.к. являются супесчаными. Загрязнение медью почвы – это часть общей тенденции загрязнения ТМ почв сельскохозяйственного назначения вследствие использования в течение длительного времени медьсодержащих пестицидов (сульфата меди, гидроксидхлорида меди, гидрокарбоната меди и т.п.), удобрений (в составах содержится сульфат меди, дегидрофосфат меди), неравномерного их внесения, передозировки, хранения, складирования, утилизации, с нарушением общепринятых санитарно-гигиенических норм. Превышение содержания меди в пахотном горизонте почв отмечено во Владимирской обл. в 10-ти районах по сравнению с фоном, в среднем в области произошло увеличение содержания меди в почвах на 13.5%. Наибольшее увеличение содержания Cu отмечено в Судогодском, Селивановском, Вязниковском, Киржачском, Кольчугинском, Александровском р-нах. Наибольший коэффициент опасности загрязнения почв Zn отмечен в Пету-

Таблица 1. Средневзвешенное содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах пашни Владимирской области за годы наблюдений (2003 и 2017 г.), мг/кг почвы

№ по порядку	Наименование района гранулометрический состав почв	Годы наблюдений													
		2017	2003	2017	2003	2017	2003	2017	2003	2017	2003	2017	2003	2017	2003
		Pb		Cd		Cu		Zn		Co		Mn		Ni	
1	Александровский, суглинки	10.0	8.0	0.24	0.31	7.9	7.2	30.7	25.9	7.88	4.0	280	230	14.4	10.5
2	Вязниковский, супесь	6.5	4.8	0.30	0.22	4.9	3.5	17.2	19.3	6.41	3.1	335	452	9.2	7.0
3	Гороховецкий, суглинки	7.3	6.5	0.20	0.30	5.1	5.6	19.6	24.6	4.91	5.0	372	400	9.4	9.0
4	Гусь-Хрустальный, супесь	3.4	3.3	0.22	0.14	2.1	2.0	12.5	12.3	2.62	1.7	253	100	2.8	2.0
5	Камешковский, супесь	5.0	6.0	0.28	0.19	2.9	3.7	18.2	16.8	5.76	3.5	362	288	7.4	6.1
6	Киржачский, супесь	8.2	5.7	0.13	0.12	4.7	3.4	20.3	17.3	5.2	3.3	541	233	6.4	4.8
7	Ковровский, супесь	5.7	5.1	0.26	0.21	2.9	3.3	18.9	21.2	3.7	3.2	242	317	6.3	6.9
8	Кольчугинский, суглинки	7.4	8.2	0.26	0.31	9.7	7.4	30.1	30.3	6.9	6.3	366	431	13.4	12.7
9	Меленковский, супесь	5.7	4.6	0.20	0.21	3.5	2.2	16.3	11.6	3.5	5.5	295	248	5.6	3.8
10	Муромский, суглинки	7.3	6.0	0.25	0.26	7.3	6.1	20.1	18.9	5.0	5.0	305	450	7.9	9.1
11	Петушинский, супесь	5.9	3.5	0.27	0.18	3.1	3.8	24.6	22.5	5.4	5.0	136	284	6.1	7.8
12	Селивановский, супесь	4.9	2.8	0.24	0.17	5.2	3.3	18.3	17.7	3.2	2.3	153	142	5.4	6.2
13	Юрьев-Польский, суглинки	10.2	8.4	0.28	0.47	8.0	7.9	27.0	31.6	7.4	7.7	170	266	11.9	14.2
14	Суздальский, суглинки	4.3	3.5	0.23	0.15	6.7	2.6	20.7	16.6	3.2	2.7	144	124	5.8	6.5
15	Судогодский, супесь	7.6	6.0	0.30	0.32	10.2	10.5	35.6	37.0	7.9	7.1	304	274	15.6	16.2
16	Собинский, суглинки	8.7	10.2	0.36	0.59	10.2	11.0	34.1	36.7	7.7	8.7	305	369	14.7	19.7
В области		6.8	5.8	0.25	0.26	5.9	5.2	22.8	22.5	5.4	4.6	285	288	8.9	8.9

Таблица 2. Коэффициенты опасности валовых форм тяжелых металлов в пахотном горизонте почв сельскохозяйственного назначения Владимирской обл.

№	Район отбора проб	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Ni
1	Александровский	0.154	0.240	0.120	0.279	0.315	0.187	0.359
2	Вязниковский	0.204	0.600	0.148	0.313	0.256	0.223	0.459
3	Гороховецкий	0.056	0.100	0.038	0.089	0.196	0.248	0.118
4	Гусь-Хрустальный	0.107	0.440	0.064	0.227	0.105	0.169	0.139
5	Камешковский	0.156	0.560	0.088	0.331	0.230	0.241	0.371
6	Киржачский	0.256	0.260	0.142	0.369	0.208	0.361	0.320
7	Ковровский	0.179	0.520	0.088	0.344	0.146	0.161	0.317
8	Кольчугинский	0.114	0.260	0.147	0.274	0.276	0.244	0.335
9	Меленковский	0.179	0.400	0.107	0.296	0.138	0.197	0.281
10	Муромский	0.112	0.250	0.111	0.183	0.200	0.203	0.198
11	Петушинский	0.184	0.540	0.094	0.447	0.216	0.091	0.305
12	Селивановский	0.153	0.480	0.158	0.333	0.128	0.102	0.270
13	Собинский	0.078	0.140	0.061	0.123	0.296	0.113	0.149
14	Судогодский	0.134	0.460	0.203	0.376	0.128	0.096	0.290
15	Суздальский	0.058	0.150	0.077	0.162	0.316	0.203	0.195
16	Юрьев-Польский	0.067	0.180	0.077	0.155	0.308	0.203	0.184
В области		0.14	0.35	0.11	0.27	0.22	0.19	0.27

шинском, Судогодском и Киржачском р-нах в дерново-подзолистых супесчаных почвах, что составило 0.369–0.447, наименьший – в Гороховском, Собинском, Юрьев-Польском, Суздальском р-нах, представленных суглинистыми почвами, в этом случае он равен 0.089–0.162. Можно предположить, что накопление Zn в пахотных супесчаных почвах связано с тем, что Zn в таких почвах находится в малодоступной форме для сельскохозяйственных растений, плохо ими усваивается вследствие длительного известкования почв, внесения чрезмерного количества фосфорных удобрений. Техногенный цинк в почвах в значительной степени закрепляется с помощью (гидр)оксидов железа, фосфатов, входит в состав филлосиликатов [15, 16]. Миграция Zn в такой форме затруднена, он малоподвижен, его выноса растениями не происходит, поэтому идет его накопление в почвах. В суглинистых почвах цинк более подвижен, более доступен для растений, происходит его миграция по почвенному профилю и вынос растениями в качестве питательного микроэлемента. В этом случае не происходит его накопление, необходимо только поддерживать баланс Zn в почве с помощью цинковых удобрений.

Наибольший уровень загрязнения пахотных почв кобальтом имеют Суздальский, Юрьев-Польский, Александровский, Кольчугинский р-ны, что связано прежде всего с интенсивным земледелием в данной местности и, как следствие, с более активным внесением удобрений в пахотные земли. Кроме того, все эти районы земледелия имеют суглинистые почвы, более богатые гумусом, затрудняющие миграцию кобальта по почвенному профилю, связывающие его, и способствующие его накоплению в верхнем пахотном горизонте. Коэффициент опасности загрязнения пахотных почв этих районов составляет 0.276–0.316. В то же время в районах, где пахотные почвы представлены супесчаными промывными почвами (Судогодский, Селивановский, Ковровский, Меленковский, Гусь-Хрустальный), обедненными органическими веществами, показано, что увеличение содержания Co было незначительным. Коэффициент опасности загрязнения таких почв составил 0.105–0.146. В среднем в области содержание Co в пахотной почве увеличилось не только за счет мелиоративных мероприятий, но и за счет техногенного загрязнения почвы, связанного с работой промышленности и автотранспорта.

За период наблюдений произошло незначительно снижение валового содержания Cd и Mn. По степени опасности кадмий относится к 1-му классу высоко опасных веществ, и контроль за его содержанием в пахотной почве является важ-

нейшей составляющей агромониторинга. Cd поступает в пахотные почвы в основном с фосфорными удобрениями, является сопутствующей примесью фосфатной руды, из концентрата которой изготавливают удобрения. За счет внесения фосфатов почвы Китая получили 37 т Cd. При внесении P-удобрений в пахотные почвы Австралии поступило $\approx 80\%$ кадмия [17, 18]. В связи с уменьшением количества вносимых фосфатных удобрений (вследствие недостаточности финансирования), в среднем в области отмечено снижение содержания Cd в пахотном горизонте почв.

Как уже выше упоминали, ТМ в разных типах почв ведут себя неодинаково. Распределение и миграция ТМ по профилю зависит от агрохимических свойств почв (содержания гумуса, реакции среды, гранулометрического состава) (табл. 3). Например, несмотря на то что валовое содержание Cd в целом в области снизилось, показано, что в районах с супесчаной почвой его содержание, напротив, увеличилось. Это можно объяснить тем, что песчаные и супесчаные почвы обладают наименьшей буферностью, которая определяется прежде всего гранулометрическим составом и кислотнo-основными свойствами данной литогеохимической группы почв и, как следствие, обладают наименьшей устойчивостью к загрязнению химическими веществами, в данном случае кадмием. В таких почвах Cd является малоподвижным элементом, поэтому загрязнение им сохраняется длительное время и, как следствие, происходит его накопление.

Проведенный пространственный корреляционный анализ позволил установить высокие положительные статистически достоверные корреляционные зависимости между содержаниями большинства элементов (табл. 4).

Можно предположить, что такие элементы как Pb, Cu, Zn, Co и Ni попадают в пахотный горизонт совместно (в качестве примесей с органическими, минеральными, комплексными удобрениями, с промышленными выбросами в атмосферу, с выхлопами автотранспорта). Исключением является Mn: для данного элемента не выявлено зависимостей ни с одним из изученных ТМ. Вероятно, Mn поступает в пахотный слой иным путем, основной источник его поступления в пахотный слой – марганцевые удобрения. Учитывая, что данные удобрения дорогие (стоимость сульфата марганца ≈ 170 руб./кг) по сравнению с фосфорными и калийными, вносить их в пашню стали значительно меньше, поэтому в настоящее время отмечена тенденция к снижению содержания Mn в пахотной почве региона.

Таблица 3. Агрохимические свойства почв пашни Владимирской обл.

№	Район отбора проб	Почва пашни	Физическая глина (<0.01 мм), %	pH, диапазон	pH, средне-взвешенное	Средне-взвешенное содержание гумуса, %	Пахотный горизонт, см
1	Александровский	Серая лесная тяжелосуглинистая, дерново-подзолистая среднесуглинистая	30–50	5.0–6.0	5.35	2.34	0–25
2	Вязниковский	Дерново-подзолистая супесчаная и песчаная	10–20	5.0–6.1	5.47	1.93	0–20
3	Гороховецкий	Дерново-подзолистая среднесуглинистая	30–40	5.1–6.0	5.45	1.87	0–23
4	Гусь-Хрустальный	Дерново-подзолистая супесчаная и песчаная	10–20	4.5–6.0	5.09	1.83	0–20
5	Камешковский	Дерново-подзолистая супесчаная и песчаная	10–20	5.0–6.0	5.47	1.72	0–20
6	Киржачский	Серая лесная тяжелосуглинистая Дерново-подзолистая среднесуглинистая, супесчаная	20–50	5.1–6.0	5.46	2.20	0–25
7	Ковровский	Дерново-подзолистая супесчаная и песчаная	10–20	5.1–6.1	5.63	1.68	0–20
8	Кольчугинский	Серая лесная тяжелосуглинистая	40–50	5.0–6.0	5.48	2.52	0–25
9	Меленковский	Дерново-подзолистая супесчаная и песчаная	10–20	5.0–6.0	5.40	1.72	0–20
10	Муромский	Дерново-подзолистая среднесуглинистая	30–40	5.1–6.0	5.53	1.92	0–23
11	Петушинский	Дерново-подзолистая супесчаная и песчаная	10–20	4.1–6.0	5.26	2.00	0–20
12	Селивановский	Дерново-подзолистая супесчаная и песчаная	30–40	5.0–6.0/5.48	5.48	1.51	0–20
13	Собинский	Серая лесная тяжелосуглинистая, дерново-подзолистая среднесуглинистая	30–50	5.1–6.0	5.6	2.35	0–25
14	Судогодский	Дерново-подзолистая супесчаная и песчаная	10–20	5.1–6.0	5.35	1.89	0–20
15	Суздальский	Серая лесная тяжелосуглинистая	40–50	4.6–6.0	5.59	2.80	0–25
16	Юрьев-Польский	Серая лесная тяжелосуглинистая	40–50	5.1–6.0	5.62	2.69	0–25

Поступление никеля в пахотную почву происходит как с вносимыми удобрениями в виде примесей к ним, так и с вредными промышленными выбросами и выхлопными газами автомобильного транспорта, особенно дизельного. В пашне районов с дерново-подзолистыми супесчаными

почвами произошло увеличение содержания Ni (Вязниковский, Гороховецкий, Гусь-Хрустальный, Меленковский, Киржачский р-ны) вследствие низкой самоочищающейся способности данного типа почв. В то же время в районах с дерново-подзолистыми суглинистыми почвами, на

Таблица 4. Результаты пространственного корреляционного анализа между содержанием ТМ в районах Владимирской обл.

	Pb	Cd	Cu	Zn	Co	Mn	Ni
Pb	1.0000	0.1712	0.6544	0.6913	0.8179	0.2747	0.7814
		$p = 0.526$	$p = 0.006$	$p = 0.003$	$p = 0.000$	$p = 0.303$	$p = 0.000$
Cd	0.1712	1.0000	0.4485	0.5232	0.5409	-0.3494	0.5426
	$p = 0.526$		$p = 0.081$	$p = 0.038$	$p = 0.031$	$p = 0.185$	$p = 0.030$
Cu	0.6544	0.4485	1.0000	0.8620	0.7193	0.0496	0.8688
	$p = 0.006$	$p = 0.081$		$p = 0.000$	$p = 0.002$	$p = 0.855$	$p = 0.000$
Zn	0.6913	0.5232	0.8620	1.0000	0.8367	-0.0015	0.9085
	$p = 0.003$	$p = 0.038$	$p = 0.000$		$p = 0.000$	$p = 0.996$	$p = 0.000$
Co	0.8179	0.5409	0.7193	0.8367	1.0000	0.2423	0.9231
	$p = 0.000$	$p = 0.031$	$p = 0.002$	$p = 0.000$		$p = 0.366$	$p = 0.000$
Mn	0.2747	-0.3494	0.0496	-0.0015	0.2423	1.0000	0.1791
	$p = 0.303$	$p = 0.185$	$p = 0.855$	$p = 0.996$	$p = 0.366$		$p = 0.507$
Ni	0.7814	0.5426	0.8688	0.9085	0.9231	0.1791	1.0000
	$p = 0.000$	$p = 0.030$	$p = 0.000$	$p = 0.000$	$p = 0.000$	$p = 0.507$	

которых расположены пашни, произошло снижение его содержания. Однако в целом в области содержание Ni по сравнению с фоновыми показателями не изменилось.

В настоящее время пристальное внимание уделяют содержанию в почвах таких опасных металлов/металлоидов, как Se, Tl, Sb, V, Hg, Cr и др. [17, 19, 20], однако в настоящем исследовании загрязнение этими элементами не изучали в связи с отсутствием инструментальной базы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показали, что валовое содержание тяжелых металлов (ТМ) в пахотном слое почв региона не превышает показателей ПДК. Таким образом, пахотные почвы Владимирской обл. по содержанию тяжелых металлов относятся к слабозагрязненным и не являются опасными для здоровья человека. Ведущим источником поступления ТМ в пахотный слой является внесение удобрений, поэтому для улучшения санитарно-гигиенической обстановки и снижения риска для здоровья населения необходимо усилить контроль за целесообразностью их применения, правильностью внесения и их дозировкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ермаков А.А., Карпова Е.А., Малышева А.Г., Михайлова Р.И., Рыжова И.Н. Мониторинг содержания тяжелых металлов и элементов в снеговом покрове почвы сельскохозяйственного назначения Московской области // Гигиена и санитария. 2015. № 5. С. 31–36.
2. Подолец А.А., Марцев А.А. Оценка влияния отходов гальванического производства на функциональные показатели дерново-подзолистых почв <https://elibrary.ru/item.asp?id=25604429> // Усп. совр. естествознания. 2016. № 2. С. 98–102.
3. Трифонова Т.А., Подолец А.А., Селиванов О.Г., Марцев А.А. Оценка загрязнения почв рекреационных территорий промышленного города соединениями тяжелых металлов и мышьяка // Теор. и прикл. экол. 2018. № 2. С. 58–64.
4. Ревич Б.А., Авалиани С.Л., Тихонова Г.И. Экологическая эпидемиология. М.: Академия, 2004. 384 с.
5. Экологический атлас Владимирской области / Под ред. Трифоновой Т.А. Владимир, 2007. 92 с.
6. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов по их содержанию в снежном покрове и почве // Главное санитарно-профилактическое управление МЗ СССР. Утв. 15 мая 1990 г. № 5174-90. М.: ИМГРЭ, 1990. 15 с.
7. Ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 10 с.
8. О состоянии окружающей среды и здоровья населения Владимирской области в 2016 году: ежегодный доклад. Вып. 24. Администрация Владимирской обл., Департамент природопользования и охраны окруж. среды. Владимир: Транзит-ИКС, 2017. 118 с.
9. <https://dsx.avо.ru/apk-vladimirskoj-oblasti>
10. Алхутова Е.Ю., Трифонова Т.А., Чеснокова С.М. Особенности аккумуляции тяжелых металлов культурными растениями из загрязненных почв // Пробл. регион. экол. 2006. № 6. С. 51.

11. Айдиев А.Ю., Золотарева И.А., Левшаков Л.В. Динамика содержания тяжелых металлов в почве различных агроэкосистем // Вестн. РАСХН. 2009. № 4. С. 25–27.
12. Яичкин В.Н., Косых А.Н., Сотникова И.И., Бекмухамедова А.Г. Негативные последствия при внесении минеральных удобрений под полевые культуры и пути их устранения // Изв. ОренбургГАУ. 2010. Т. 2. № 26(1). С. 53–54.
13. Марцев А.А. Влияние факторов окружающей среды на заболеваемость во Владимирской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владимир, 2015. 20 с.
14. Трифонова Т.А., Марцев А.А. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха на заболеваемость населения Владимирской области // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 4. С. 14–18.
15. Manceau A., Marcus M.A., Tamura N. Quantitative speciation of heavy metals in soils and sediments by synchrotron X-ray techniques // Applications of synchrotron radiation in low temperature geochemistry and environmental science. Reviews in mineralogy and geochemistry. Washington: DC, 2002. V. 49. P. 341–428.
16. Manceau A., Marcus M.A., Tamura N., Proust O., Geofroy N., Lanson B. Natural speciation of Zn at the micrometer scale in a clay soil using X-ray fluorescence, absorption, and diffraction // Geochim. Cosmochim. Acta. 2004. V. 68. P. 2467–2483.
17. Wang Q., Dong Y., Cui Y., Liu X. Instances of soil and crop heavy metals contamination in China // Soil Sediment. Contam. 2001. V. 10. P. 497–510.
18. Williams C.H., David D.J. The effect of superphosphate on cadmium content of soils and plant // Austr. J. Soil Res. 1973. V. 11. P. 43–56.
19. Wierzbicka M., Szarek-Lukaszewska G., Grodzinska M. Highly toxic thallium in plant the vicinity of Olkusz (Poland) // Ecotox. Environ. Saf. 2004. V. 59. P. 84–88.
20. Leuz A.-K., Monch H., Johnson C.A. Sorption of Sb(III) and Sb(V) to goethite: Influence on Sb(III) oxidation and mobilization // Environ. Sci. Technol. 2006. V. 40. P. 7277–7282.

Heavy Metals Contamination in Arable Horizon of Soils of Agricultural Appointment of the Vladimir Region

V. I. Komarov^a, O. G. Selivanov^b, A. A. Martsev^{b, #}, A. A. Podoletc^b, and S. N. Lukyanov^a

^aCenter of Agrochemical Service “Vladimirsky”
ul. Sokolova-Sokolenka 26a, Vladimir 600027, Russia

^bA.G. and N.G. Stoletov Vladimir State University
ul. Gorkogo 87, Vladimir 600000, Russia

[#]E-mail: MartsevAA@yandex.ru

Monitoring of agricultural lands as an integral part of monitoring the environment is important for identifying changes in the state of land, assessing soil fertility, and the quality and safety of crop production. This paper presents the results of our own field research on the arable layer of agricultural soils for 2017. The study was carried out using the method of continuous agrochemical inspection for the presence of the following heavy metals (HM): the total content of Pb, Cd, Cu, Zn, Co, Mn, Ni. In the soil, heavy metals were determined by atomic absorption spectroscopy. The hazard factor was used to estimate the level of soil contamination with pollutants. Concentrations of heavy metals in the soils of arable land of the Vladimir region are in the following ranges (min → max): Cd – 0.13–0.36, Cu – 2.1–10.2, Co – 2.6 – 7.9, Pb – 3.4–10.2, Ni – 2.8–15.6, Zn – 12.5–35.6, Mn – 136–541 mg/kg. When calculating the hazard factor, the series has a different form: Cu → Pb → Mn → Co → Zn → Ni → Cd. In comparison with the background indicators in the region, the gross content of the following elements increased: Pb (17.2%), Cu (13.5%), Zn (1.3%), Co (17.4%). A slight decrease occurred in Cd and Mn. By Ni, no change occurred. The leading source of HM in the plow layer is fertilization. The conducted studies showed that the gross content of heavy metals in the arable layer of the soils of the region does not exceed the MPC; in this way. The arable soils of the Vladimir region in terms of heavy metals are classified as slightly contaminated and are not dangerous to human health.

Key words: heavy metals contamination, arable horizon, soils of agricultural appointment, Vladimir region.