



УДК 631.45: 574.42

**СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОВЕРХНОСТНЫХ
ГОРИЗОНТАХ ПОЧВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗОН КУРСКОЙ ГОРОДСКОЙ
АГЛОМЕРАЦИИ**

**THE CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN THE SUPERFICIAL HORIZONS
OF SOILS IN FUNCTIONAL AREAS IN KURSK CENOURBAN
AGGLOMERATION**

**Н.П. Неведров, Е.Н. Дюканова, Н.Ю. Неведрова
N.P. Nevedrov, E.N. Dyukanova, N.Y. Nevedrova**

Курский государственный университет, Россия, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33

Kursk State University, 33 Radischeva St, Kursk, 305000, Russia

E-mail: 920263554@mai.ru, edyukanova@list.ru

Аннотация. В работе содержатся данные о концентрациях валовых и подвижных форм тяжелых металлов *Pb*, *Cd*, *Zn*, *Ni*, *Cu* в поверхностных горизонтах почв г. Курска. Отмечено, что почвы города загрязнены тяжелыми металлами, среди которых приоритетными являются *Pb*, *Cd* и *Zn*, концентрации которых превышают предельно допустимые нормы в 3.8, 2.5 и 1.2 раза и в 7.4, 830 и 2.4 раза фоновые концентрации. Доля подвижных форм тяжелых металлов относительно валовых значительно выше на загрязненных территориях. Существенное количество почв г. Курска относятся к категории опасные и требует проведения реанимационных мероприятий.

Resumé. The article contains the data on concentration of gross and mobile forms of heavy metals *Pb*, *Cd*, *Zn*, *Ni*, *Cu* in the superficial horizons of the soils of Kursk. It is noted that the soils of the city are polluted by heavy metals mainly by *Pb*, *Cd* and *Zn*, the concentration of which exceeds maximum-permissible norms by 3.8, 2.5 and 1.2 times and background concentration by 7.4, 830 and 2.4 times respectively. The proportion of mobile forms of heavy metals compared with gross forms of heavy metals is much higher in the polluted areas. A significant number of soils of Kursk are highly polluted and remediation should be carried out urgently.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение почв, валовые формы, подвижные формы, суммарное загрязнение, реанимация.

Key words: heavy metals, pollution of soils, gross forms, mobile forms, complex pollution, remediation.

Введение

В современном мире весьма актуальны вопросы мониторинга состояния объектов окружающей среды, в виду того, что научно-технический прогресс неуклонно наращивает свои темпы, в след за которыми стремиться и промышленное производство. К тому же постоянно увеличиваются объемы потребления природных ресурсов, количество образующихся отходов и побочных продуктов производства. Все это, несомненно, накладывает отпечаток на состояние природных геосистем. В большей мере антропогенную нагрузку испытывают насыщенные промышленностью и автотранспортом городские и прилегающие к городским агломерациям территории. В ходе интенсивной работы заводов, фабрик, предприятий, автомобилей осуществляется эмиссия различного рода загрязняющих веществ в окружающую среду. Одними из самых опасных и распространенных загрязняющих веществ являются тяжелые металлы, которые в большей степени депонируются в почве [Неведров и др., 2015].

Особую группу почв составляют почвы городских территорий которые в ходе антропогенной деятельности подверглись значительным трансформациям. Поверхностный горизонт городских почв современные ученые-почвоведы называют «Урбик» [Герасимова и др., 2003]. Этот горизонт представлен насыпным «культурным» слоем с большим количеством включений и артефактов. В поверхностном горизонте урбопочв

довольно высокое количество тонкодисперсных глинистых частиц и пылевой фракции, что способствует депонированию тяжелых металлов на почвенных коллоидах. Пыление золоотвалов теплоэлектростанций позволяет пылевой фракции, загрязненной тяжелыми металлами (ТМ), попадать в почвы городов. Техногенная пыль, в свою очередь, увеличивает емкость сорбционного геохимического барьера [Герасимова и др., 2003; Глебова и др., 2012].

Зачастую исследования носят локальный и единичный характер, в которых в качестве объекта исследований выбирают: городской парк, урочище, административный округ, промышленно-активная зона и т. д. [Дубовик, Сердюков, 2014, Неведров и др., 2015]. Однако, комплексных исследований полномерно отражающих географическое распределение концентраций тяжелых металлов в урбопочвах в масштабе всего города, на сегодняшний день не так много.

Целью нашего исследования было определение содержаний форм тяжелых металлов и составление карты суммарного загрязнения почв функциональных зон г. Курск, расположенных в зоне действия промышленного комплекса.

Объекты и методы исследования

В городе Курске официально выделяют три административных округа: Центральный, Железнодорожный и Сеймский (рис. 1).



Рис. 1. Расположение функциональных зон г. Курска
Fig. 1. Localization of functional zones of Kursk



Объектом исследования были почвы различных функциональных зон г. Курска.

Для определения тяжелых металлов, весной 2015 г. изучался поверхностный гумусово-аккумулятивный горизонт (0–20 см.). Для этого был произведен отбор 165 смешанных почвенных проб.

Пробы поверхностного слоя почв отбирались в трех административных округах города в южной агропромышленной зоне (микрорайон Волокно Сеймский административный округ), в северо-западном микрорайоне (Центральный административный округ) и на востоке города (Железнодорожный административный округ).

Во всех округах располагается значительное количество автомагистралей и действующих или прекративших производство промышленных объектов: завод «Резинотехнические изделия», завод «Курский аккумулятор», ТЭЦ, завод «Счетмаш», завод «Курскхимволокно», «Фармстандарт», завод «АПЗ-20», завод «КЗТЗ». Все эти объекты являются источниками загрязнения почв. Техногенез и урбанизация являются мощными факторами химической деградации почвенного покрова городов и вносят серьезные изменения в ход почвообразовательных процессов.

Определялись концентрации валовых и подвижных форм ТМ: *Pb*, *Cd*, *Zn*, *Cu*, *Ni*. Определение концентраций тяжелых металлов проводилось на базе аккредитованного «Испытательного центра Курского государственного университета» методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе ТА–4. Пробоподготовка и анализ проб выполнены в соответствии с методиками МУ 31–04/04. Статистическая обработка данных производилась средствами пакета STATGRAPHICS Plus for Windows 2.1. Валовые формы ТМ извлекались путем мокрого озоления азотной кислотой, подвижные — ацетатно-аммонийным буфером ($pH=4.8$). Пользуясь ГИС с помощью программы MapInfo Professional 12.5 33 x86 были созданы картосхемы.

Результаты и их обсуждение

Проанализировав средние концентрации валовых форм ТМ в почвах основных функциональных зон города, отметили, что наибольшему загрязнению подвержена селитебная зона Сеймского округа, где концентрации свинца достигают 3.8 ПДК, кадмия – 2.5 ПДК, цинка – 1.12 ПДК. В данной местности сосредоточено большое количество садово-огородных участков и участков ИЖС, на которых ведется активная аграрная деятельность, что создает особую опасность для населения. В промышленной зоне САО концентрации свинца, цинка и меди ниже, чем в селитебной зоне, но для свинца и кадмия они весомо превышают значения ПДК в 3.7 и 2.5 соответственно. В ряду содержания ТМ (*Pb*, *Cd*, *Zn*, *Cu*) функциональные зоны САО располагаются следующим образом – селитебная > промышленная > санитарно-защитная. Стоит отметить, что содержание никеля не превосходит фоновое значение ни в одной из функциональных зон и ряд концентраций металла в почвах выглядит так – промышленная > селитебная > санитарно-защитная (табл. 1).

В промышленной зоне Железнодорожном округе города зафиксировано превышение значения ПДК по цинку. Содержание свинца и кадмия в 1.7 и 13.3 раза выше фонового значения по области. Все без исключения исследуемые элементы в ряду накопления их в почвах функциональных зон ЖДАО расположены – промышленная > селитебная > санитарно-защитная.

Наименее загрязненные почвы находятся в северной части Центрального округа, что обусловлено спецификой хозяйственной деятельности, а именно преимущественным сосредоточением складских помещений и меньшим количеством промышленных предприятий. Относительно чистой является санитарно-защитная зона ЦАО, где содержания *Pb*, *Ni*, *Zn*, *Cu* намного ниже фоновых концентраций. В почвах промышленной и селитебной зон содержания ТМ соизмеримы, например свинец в 1.3–1.4 раза, а кадмий в 16.6 раз выше областного фона. Содержание остальных металлов в почвах данных зон в норме.



Таблица 1

Средние значения концентраций валовых форм тяжелых металлов в почвах основных функциональных зон городских округов Курска

Table 1

Average values of concentration of gross forms of heavy metals in soils of the main functional areas in Kursk districts

Функциональная зона	Элемент				
	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Cd</i>
САО					
Селитебная зона	24.4±2.1	122.1±3.1	123.98±5.6	28.3±1.4	2.5±0.07
Промышленная зона	20.9±1.3	119.5±2.9	87.4±4.2	32.3±1.8	2.5±0.04
Санитарно-защитная зона	17.5±1.1	41.2±2.4	60.5±3.7	23.0±0.9	0.9±0.06
ЖДАО					
Селитебная зона	12.9±0.7	26.7±1.5	38.8±2.1	13.6±0.8	0.4±0.03
Промышленная зона	15.2±1.2	28.0±0.7	116.3±3.5	14.5±0.3	0.5±0.07
Санитарно-защитная зона	10.6±0.9	16.7±0.8	31.0±1.8	12.4±0.1	0.4±0.01
ЦАО					
Селитебная зона	14.1±0.9	21.8±0.6	43.6±1.2	13.7±0.9	0.5±0.03
Промышленная зона	15.3±1.0	23.2±0.6	40.1±1.0	14.9±0.8	0.5±0.01
Санитарно-защитная зона	3.85±0.4	7.65±0.2	10.22±1.5	8.08±0.1	0.5±0.01
ПДК элемента*	55.0	32.0	110.0	40.0	1.0
Фон по Курской области**	22	16	52	33	0.03

Примечание: * – [ГН 2.1.7.2041–06, 2006]; ** – [Глебова и др., 2012].

Стоит отметить, что в ходе исследования встречались локальные участки с очень высокими концентрациями валовых форм ТМ. Концентрации меди в таких участках достигали 56 мг/кг, свинца – 347 мг/кг, цинка – 223 мг/кг, никеля – 105 мг/кг, кадмия – 16 мг/кг.

Рассчитав доли подвижных форм тяжелых металлов в почвах урбозокотопов г. Курска заметили, что они сильно разнятся. Это обусловлено пестротой почвенного покрова города и множественными вариациями их физико-химических свойств. Доля подвижной меди колеблется в пределах от 0.7% до 9.8%, подвижного свинца – 2.4–26.3%, цинка – 5.7–25.7%, никеля – 0.7–10%. Наибольшей подвижностью обладает кадмий, его доля составляет 15–48%. Так же стоит отметить, что доля подвижных форм ионов металлов резко возрастает на сильно загрязненных участках, что обуславливается насыщением связей почвенного поглощающего комплекса. Т. е. ионы поллютантов не закрепляются органоминеральными комплексами и легко переходят в почвенный раствор.

По содержанию подвижных форм металлов также наиболее загрязненной оказалась селитебная зона САО. Превышены значения предельно допустимых концентраций по следующим элементам: *Pb* (6.5 ПДК), *Zn* (1.4 ПДК), *Cd* (2.4 ПДК). Заметно приближена к ПДК концентрация меди в почвах селитебной зоны САО. Массовые концентрации подвижных форм ТМ в почвах промышленной и санитарно-защитной зон САО достоверно ниже, чем в селитебной зоне, но также загрязнены свинцом и кадмием (табл. 2).

В почвах ЖДАО наибольшие концентрации подвижных форм ТМ отмечены в промышленной зоне. Концентрация подвижного цинка здесь достигает 1.3 ПДК. Содержание кадмия и свинца заметно превосходит фоновые значения. Медь и никель ниже фона по области.

Почвенный покров ЦАО в среднем содержит свинца, цинка и кадмия в 1.4, в 2.1 и в 14 раз выше фона. Концентрации никеля и меди ниже фонового уровня во всех функциональных зонах ЦАО.



Таблица 2

Средние значения концентраций подвижных форм и их доля относительно валового содержания тяжелых металлов в почвах основных функциональных зон городских округов Курска

Table 2

Average values of concentration of mobile forms and their propotion in comparison with the gross forms in soils of the main functional areas in Kursk districts

Функциональная зона	Содержание п.ф. элемента (мг/кг)				
	Доля п.ф. элемента относительно в.ф. (%)				
	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Cd</i>
САО					
Селитебная зона	2.4±0.21	39.1±1.83	31.9±2.32	1.9±0.18	1.2±0.04
	9.8	26.3	25.7	6.7	48.0
Промышленная зона	0.2±0.03	23.7±1.26	13.4±1.15	1.6±0.19	0.9±0.01
	0.9	19.8	15.3	4.9	36.0
Санитарно-защитная зона	0.2±0.01	10.0±1.67	5.6±0.78	1.7±0.23	0.3±0.01
	1.1	2.4	9.2	7.3	33.3
ЖДАО					
Селитебная зона	0.1±0.01	1.4±0.14	3.1±0.37	0.8±0.03	0.06±0.01
	0.7	5.2	7.9	5.8	15.0
Промышленная зона	0.2±0.02	4.0±0.23	29.8±2.41	0.6±0.01	0.10±0.01
	1.3	14.2	25.6	4.1	20.0
Санитарно-защитная зона	0.2±0.01	1.2±0.07	2.6±0.71	0.3±0.01	0.11±0.01
	1.8	7.1	8.3	2.4	27,5
ЦАО					
Селитебная зона	0.3±0.02	1.3±0.18	3.5±0.23	0.1±0.01	0.11±0.01
	2.1	5.9	8.0	0.7	22.0
Промышленная зона	0.2±0.01	1.1±0.11	2.3±0.46	1.5±0.02	0.08±0.01
	1.3	4.7	5.7	10.0	16.0
Санитарно-защитная зона	0.1±0.01	1.13±0.05	0.8±0.02	0.3±0.02	0.14±0.03
	2.7	14.7	7.8	3.7	28.0
ПДК элемента*	3.0	6.0	23.0	4.0	0.5
Фон по Курской области**	0.75	0.93	1.67	2.97	0.01

Примечание: см. табл. 1.

Для оценки степени полиметального загрязнения почв городских округов применяли комплексный суммарный показатель загрязнения или коэффициент Саета (*Zc*) [Водяницкий, 2010]. Распределение уровня полиметальной нагрузки отображен на картосхеме (рис. 2).

На картосхеме видно, что в САО отмечены зоны, почвы которых относятся к категории опасные. В данной местности достаточно большое количество территорий, занятых садово-огородными участками. Почвы ЖДАО И ЦАО относятся к категории допустимых или умеренно опасных суммарный индекс загрязнения, которых не превышает значения 24. Однако встречаются локальные участки, где суммарный индекс достигает значения 32.

Заключение

Почвы селитебной зоны Сеймского административного округа имеют самые высокие концентрации ТМ по сравнению с другими исследуемыми участками. Значительные по площади территории этой зоны относятся к категории опасные. Данное загрязнение обусловлено нахождением селитебной зоны с подветренной стороны от промышленной зоны САО и практически полным отсутствием защитных лесополос. В целом по городу содержание свинца, кадмия и цинка в почвах выше

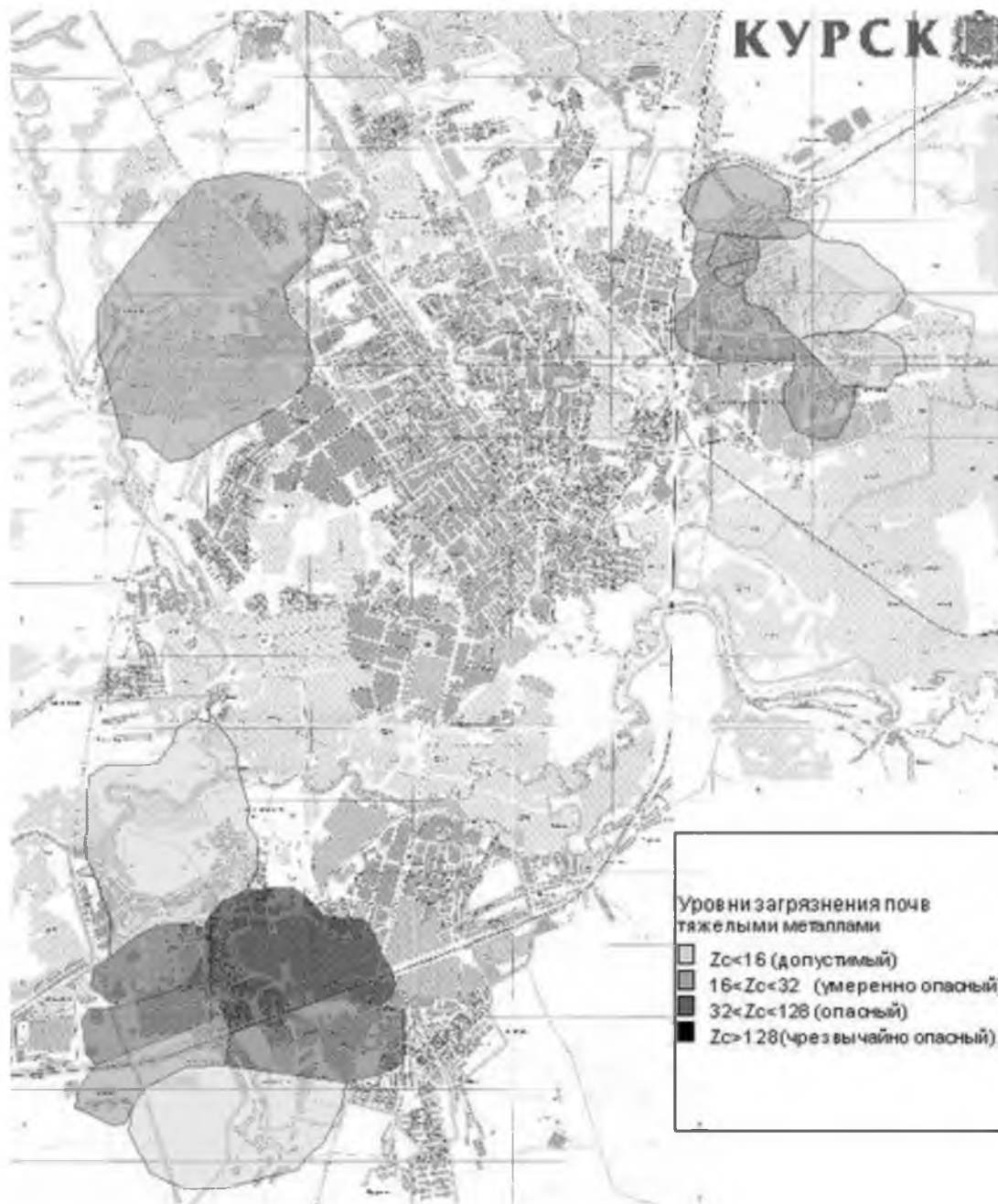


Рис. 2. Пространственное распределение суммарного загрязнения в почвах исследуемых территорий

Fig. 2. Spatial distribution of complex pollution in soils of territories under research

фонового значения. Загрязнение почв медью и никелем на исследуемых территориях наблюдается локально. Приоритетными загрязняющими элементами для почв г. Курска являются поллютанты первого класса опасности – свинец, кадмий, цинк. Учитывая восходящие тренды в динамике накопления ТМ в почвах г. Курска, сложившаяся ситуация требует разработки и применения селективных технологий ремедиации загрязненных участков.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Фонда Содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фонда Бортника) договор УМНИК 2-15-11 №0018077.

Список литературы References

1. Водяницкий Ю.Н. 2010. Формулы оценки суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами и металлоидами. Почвоведение, 43 (10): 1276–1280.
Vodyanitsky U.N. 2010. Equations for assessing the total contamination of soils with heavy metals and metalloids. Pochvovedenie [Eurasian Soil Science], 43 (10): 1184–1188. (in Russian)
2. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. 2003. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация). М., Ойкумена, 266.
Gerasimova M.I., Stroganova M.N., Mojarova N.V., Prokofieva T.V. 2003. Antropogennyye pochvy (genezis, geografiya, rekul'tivatsiya) [Anthropogenic soils (Genesis, geography, recultivation)]. Moscow, Oykumena, 266. (in Russian)
3. Глебова И.В., Гридасов Д.С., Тутова О.А. 2012. Анализ экологического мониторинга территорий Курской области. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии, 1 (1): 74–78.
Glebova I.V., Gridasov D.S., Tutova O.A. 2012. Analysis of ecological monitoring of territories of Kursk region. Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii [Vestnik of Kursk state agricultural Academy], 1 (1): 74–78. (in Russian)
4. ГН 2.1.7.2041–06. 2006. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы утверждены Руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации Г.Г. Онищенко 19 января 2006 г. М., 4.
GN 2.1.7.2041–06. 2006. Maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in soil. Hygienic standards approved by the Director of the Federal service for supervision of consumer rights protection and human welfare, Chief state sanitary doctor of the Russian Federation G.G. Onishenko 19 January 2006. Moscow, 4. (in Russian)
5. Дубовик В.Д., Сердюков С.Ю. 2014. Содержание тяжелых металлов в почве промышленно-активной зоны г. Курска. Известия Юго-западного государственного университета, 1 (52): 34–40.
Dubovik D.V., Serdyukov S.J. 2014. The Content of heavy metals in soil of industrial active areas of Kursk. Izvestiya Yugo-zapadnogo gosudarstvennogo universiteta [News of Southwest State University], 1 (52): 34–40. (in Russian)
6. Неведров Н.П., Белоконь А.Л., Анненков С.А., Проценко А.А., Проценко Е.П., Балабина Н.А., Пученкова А.В. 2015. Содержание тяжёлых металлов в почвах с различным уровнем антропогенной нагрузки на территории Курской области. Научные ведомости БелГУ. Естественные науки. Естественные науки, 30 (3): 117–125.
Nevedrov N.P., Belokon A.L., Annenkov S.A., Protsenko A.A., Protsenko E.P., Balybina N.A., Puchenkov A.V. 2015. The Content of heavy metals in soils with different level of anthropogenic load on the territory of Kursk region. Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 30 (3): 117–125. (in Russian)