



**А. С. Ващейкин, П. В. Садовников, М. В. Куркина,  
В. П. Дедков**

**О СОДЕРЖАНИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВОГРУНТАХ  
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ КАЛИНИНГРАДА**

*Исследовано количественное содержание тяжелых металлов в почвогрунтах урбанизированных экосистем Калининграда. Показано, что городские почвогрунты сильно загрязнены цинком и свинцом с превышением их концентраций над ПДК в три и более раз. Содержание меди, никеля и кобальта в меньшей степени отличалось от ПДК. Отмечены широкие вариации в содержании тяжелых металлов в почвогрунтах урбанизированных экосистем Калининграда по годам и зонам исследования.*

86

*This article studies the quantitative content of heavy metals in the soils of Kaliningrad urban ecosystems. It is shown that urban soils are heavily contaminated with zinc and lead with an at least threefold excess of the TLV. The concentration of copper, nickel, and cobalt is closer to the TLV. The authors emphasize that heavy metal concentrations in the soils of Kaliningrad urban ecosystems vary significantly depending on the year and territory.*

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, почвогрунты, урбозэкоцистема, Калининград.

**Key words:** heavy metals, soils, urban ecosystems, Kaliningrad.

Неблагоприятному воздействию подвержены все составляющие городских экосистем: воздух, растительность, почва, вода [9; 12]. Один из компонентов городской среды, наиболее подверженный пагубному влиянию, — это почва, загрязнение которой тяжелыми металлами, нефтепродуктами, пестицидами и другими токсичными, канцерогенными и мутагенными химическими элементами влияет на экологическое состояние городов и качество жизни горожан [2; 3]. Одну из наиболее опасных групп токсикантов, попадающих с бытовыми и промышленными отходами в окружающую среду, представляют тяжелые металлы. Обладая высокой способностью к биоаккумуляции, они быстро включаются в пищевые цепи и накапливаются в организмах, находящихся на высоких трофических уровнях, включая человека [16]. Поэтому даже небольшое превышение содержания тяжелых металлов над ПДК опасно не только для здоровья людей, но и всего живого.

Цель данной работы — исследовать содержание тяжелых металлов в почвогрунтах урбанизированных экосистем Калининграда как фактора влияния на структуру почвенной микрофлоры. Исследований такого плана нет. Имеются лишь единичные работы, затрагивающие вопросы загрязнения почв тяжелыми металлами и их концентрации в растениях [13; 17].

Объектами изучения служили зеленые зоны города, характеризующиеся различным уровнем загрязнения, степень которого устанавливалась в соответствии с картой комплексной оценки состояния окружающей



среды [5]. Согласно карте, вся территория города с учетом комплекса действующих факторов (загрязнение атмосферы, почвы, поверхностных вод; акустический режим; уровни электромагнитных полей; особенности ландшафта; состояние растительности; распределение птиц в городе и др.) разделена на шесть зон: относительно чистая, слабо загрязненная, умеренно загрязненная, загрязненная, грязная и очень грязная, в каждом из которых были заложены по пять ключевых участков [4; 6]. Для удобства каждой зоне была присвоена аббревиатура: относительно чистая – З, слабо загрязненная – Ж, умеренно загрязненная – О, загрязненная – К, грязная – Ф и очень грязная – С. Каждая буква соответствует первой букве в слове, обозначающем цвет зоны на карте. Например: З – относительно-чистая зона. Обозначение является условным, принято нами для удобства в работе и не несет научной информации. Контролем служил участок в районе Взморского лесничества на расстоянии 2,6 км к западу от границы Калининграда [7] (рис. 1).

87

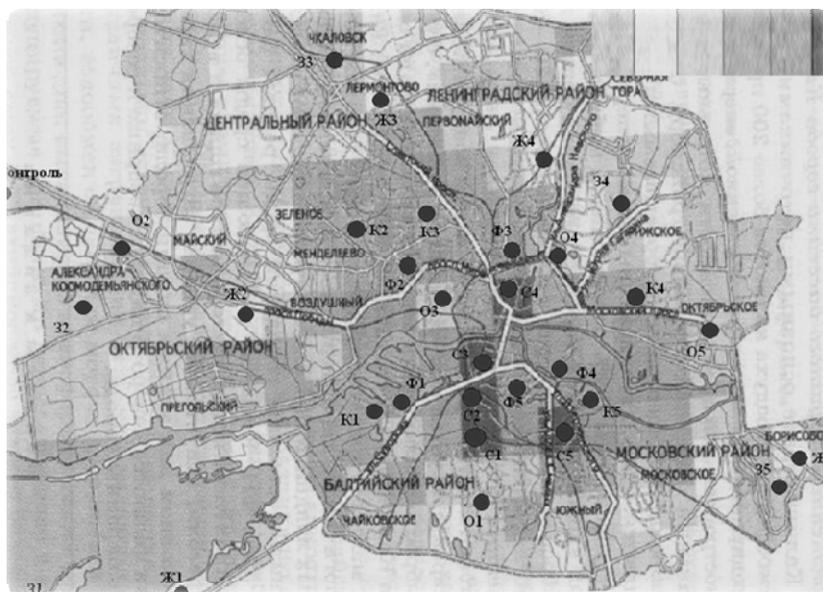


Рис. 1. Карта-схема расположения ключевых участков на территории Калининграда

Ключевые участки используются нами для микробиологического мониторинга почвогрунтов и представлены в основном полукультурными, культурными и декоративными насаждениями на антропогенно-трансформированной почве с невысокой влажностью и рН, сдвинутой в сторону щелочной реакции [6; 8].

Отбор проб проводили в период с 2008 по 2012 г. по принципу «конверта» [14]. В работе применены данные по содержанию тяжелых металлов за лето 2008 г. и осень 2011 – 2012 гг.

Определение содержания тяжелых металлов в почвогрунтах осуществляли рентгенфлуорисцентным методом анализа на приборе Спек-

троскан Макс G производства ООО «НПО Спектрон». Пробы почвы, согласно общепринятой методике, сначала высушивали в сушильном шкафу при температуре  $105^{\circ}\text{C}$  в течение четырех часов, после чего измельчали с помощью дискового истирателя ЛДИ-65 до размера частиц 71 мкм. Полученные таким образом пробы спрессовывали в виде таблеток диаметром 1 см и помещали в прибор Спектроскан Макс G для определения валового содержания Pb, Zn, Cu, Ni и Co. Всего было обработано 93 пробы. Результаты исследований по каждой зоне даны в виде средних арифметических значений из пяти повторностей. С целью сравнения содержания тяжелых металлов от уровня загрязнения такое представление результатов более показательно.

Известно, что тяжелые металлы обладают широким токсическим действием, а некоторые из них (ртуть, свинец, кадмий) проявляют высокую токсичность в следовых количествах и концентрируются в живых организмах [11]. Свинец, будучи высокоопасным элементом, способен накапливаться в растениях и, передаваясь по трофическим цепям, обнаруживается в продукции животноводства — мясе, молоке. Основными системами, на которые воздействует свинец, являются пищеварительная, кровяная и выделительная [1; 11; 18].

Исследование количественного содержания тяжелых металлов в почвогрунтах урбанизированных экосистем Калининграда показало, что содержание свинца в каждой зоне колеблется в значительных пределах: от 10 до 59 мг/кг в относительно чистой зоне, соответственно от 10 до 59 — в слабо загрязненной, от 13 до 55 — в умеренно загрязненной, от 20 до 68 — в загрязненной, от 29 до 367 до — в грязной и от 28 до 147 — в очень грязной. В контроле эти вариации составили от 6 до 29 мг/кг. Средние значения по содержанию свинца во всех зонах Калининграда превышали их значения в контроле, а ПДК (32 мг/кг) практически во всех зонах, исключая относительно чистую летом 2008 г. и осенью 2011 г., и слабо загрязненную осенью 2011 г., составили 28,2; 29,6; 27,6 мг/кг соответственно. Наибольшее среднее значение по содержанию свинца отмечено в грязной зоне осенью 2012 г. — 118 мг/кг, что превышает ПДК более чем в три раза (рис. 2).

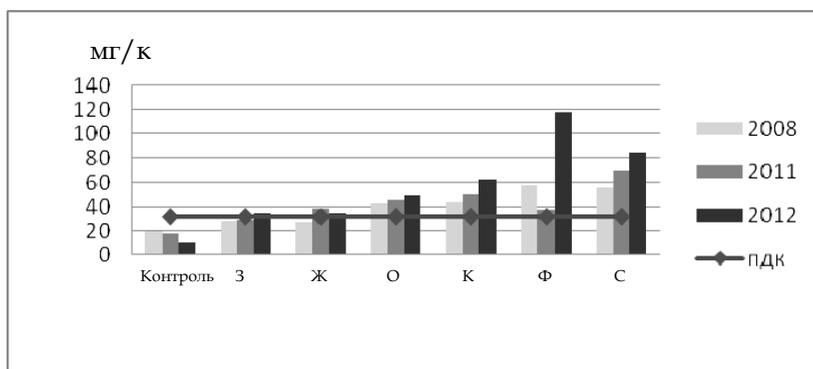


Рис. 2. Содержание свинца в почвогрунтах урбанизированных экосистем Калининграда



Достаточно высоким оказалось загрязнение почвогрунтов урбозко-систем Калининграда цинком (рис.3). Содержание цинка в контроле колебалось от 18 до 55 мг/кг и не превышало значение ПДК. В городских почвогрунтах содержание цинка было значительно выше и в среднем по зонам увеличивалось в ряду: относительно чистая – слабо загрязненная – умеренно загрязненная – загрязненная – грязная – очень грязная зоны. Следует отметить, что осенью 2011 г. в относительно чистой зоне содержание цинка составляет 57,6 мг/кг, то есть близкое к значению ПДК. Наибольшее значение по содержанию цинка – 272,2 мг/кг зафиксировано в грязной зоне осенью 2012 г. с превышением значения ПДК почти в пять раз. В слабо загрязненной, умеренно загрязненной и очень грязной зонах наблюдается увеличение содержания цинка в период с лета 2008 до осени 2012 г.

89

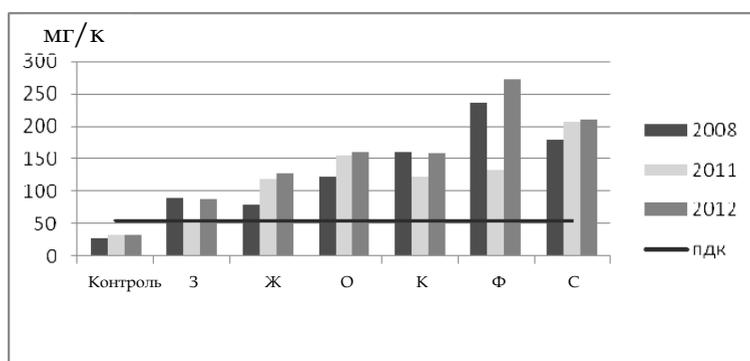


Рис. 3. Содержание цинка в почвогрунтах урбанизированных экосистем Калининграда

Внутри каждой зоны наблюдались следующие вариации по содержанию цинка: 26–201 мг/кг в относительно чистой зоне, 30–219 мг/кг в слабо загрязненной, 33–284 мг/кг в умеренно загрязненной, 70–283 мг/кг в загрязненной, 81–608 мг/кг в грязной и от 81 до 346 в очень грязной зонах.

Важным природным микроэлементом является медь, содержание которой – один из показателей почвенного плодородия, так как она участвует в процессах фотосинтеза и усвоения азота растениями. Недостаток меди негативно влияет на синтез жиров и витаминов. В то же время избыток Си оказывает отрицательное воздействие на растения, человека и животных [1; 11].

Исследование почвогрунтов Калининграда показало, что наибольшие значения по содержанию меди были выявлены в образцах, собранных летом 2008 г., включая и контрольный вариант (рис.4). Осенью 2011 и 2012 г. содержание меди было невысоким и только в 2012 г. в грязной зоне в два раза превышало ПДК (33 мг/кг).

Соединения никеля, будучи катализаторами, играют важную роль в процессе кроветворения у человека и животных. Превышение ПДК по никелю оказывает негативное воздействие на сердечно-сосудистую систему. Никель относится к числу канцерогенных элементов, способен вызывать респираторные заболевания [2].

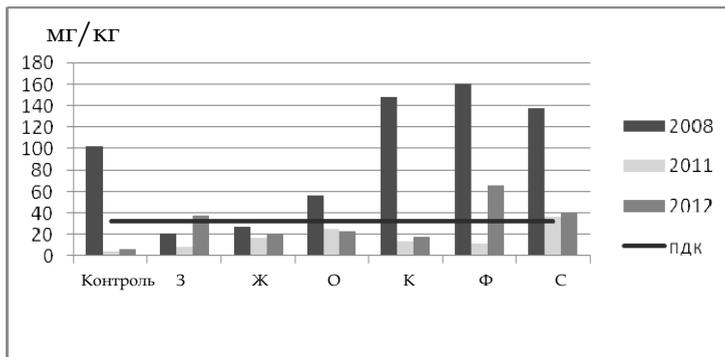


Рис. 4. Содержание меди в почвогрунтах урбанизированных экосистем Калининграда

Содержание никеля в почвогрунтах урбанизированных экосистем Калининграда имело тенденцию к увеличению, достигая наибольшего значения в загрязненной зоне – 30 мг/кг (превышение ПДК на 10 мг/кг). В целом же превышение ПДК по никелю было незначительным и имело место только в загрязненной и грязной зонах (рис. 5).

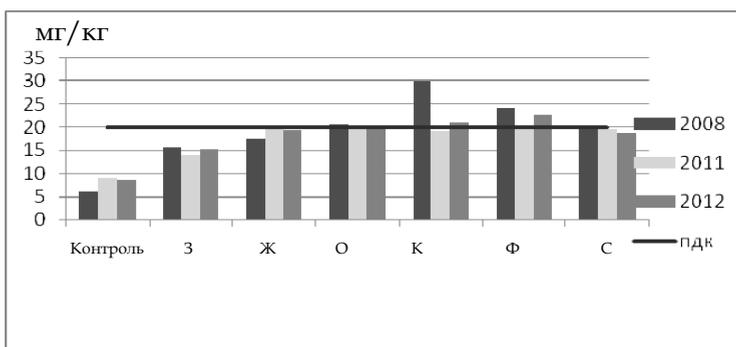


Рис. 5. Содержание никеля в почвогрунтах урбанизированных экосистем Калининграда

Следующим элементом, содержание которого было определено, являлся кобальт. Входя в состав витамина В<sub>12</sub>, он активно влияет на поступление азотистых веществ, увеличение содержания хлорофилла и аскорбиновой кислоты, активизирует биосинтез и повышает содержание белкового азота в растениях. Вместе с тем повышенные концентрации соединений кобальта токсичны [2; 10].

В норме концентрация кобальта в почве должна быть не более 20 мг/кг. Проведенные нами исследования показали, что содержание Со как в контрольном образце, так и в почвогрунтах урбанизированных экосистем Калининграда имеют значения примерно в четыре раза ниже уровня ПДК (рис. 6). Следовательно, из всех исследованных тяжелых металлов только кобальт в почвогрунтах Калининграда находится на уровне, не превышающем предельно допустимые концентрации.

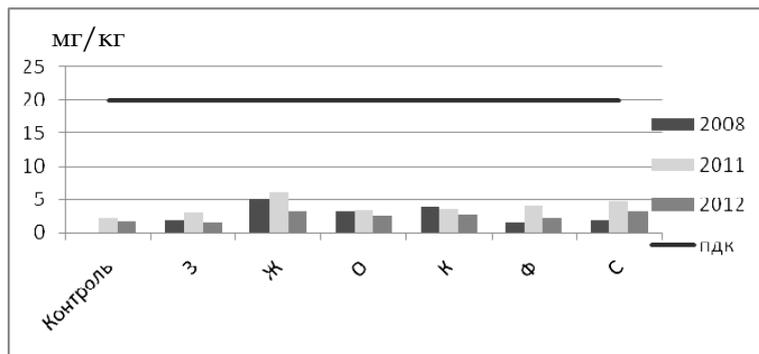


Рис. 6. Содержание кобальта в почвогрунтах урбанизированных экосистем Калининграда

Таким образом, в ходе исследования было выявлено, что почвогрунты урбанизированных экосистем Калининграда достаточно сильно загрязнены такими тяжелыми металлами, как цинк и свинец, с превышением их концентраций над ПДК в три и более раз. Вероятно, сильное загрязнение городских почвогрунтов этими металлами связано с наличием большого количества автомобилей. Этот вывод подтверждается тем, что в контроле, где влияние автотранспорта значительно меньше, концентрация свинца и цинка в почве в 1,5–2 раза меньше значения ПДК.

В то же время содержание меди, никеля и кобальта в различных зонах города и по годам в меньшей степени отличалось от ПДК.

Полученные нами данные позволяют говорить о том, что концентрации тяжелых металлов в почвогрунтах урбанизированных экосистем Калининграда широко варьируют не только в различных зонах, но и по годам.

#### Список литературы

1. *Вредные химические вещества. Неорганические соединения I–IV групп* : справ. изд. / под ред. В. А. Филова и др. Л., 1988.
2. *Вредные химические вещества. Неорганические соединения V–VIII групп* : справ. изд. / под ред. В. А. Филова и др. Л., 1989.
3. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В. и др. Антропогенные почвы. М., 2003.
4. Дедков В.П., Куркина М.В. Актуальные проблемы изучения микрофлоры почв // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2009. Вып. 7. С. 77–83.
5. Карта комплексной оценки состояния окружающей среды города Калининграда // Экологический атлас Калининграда. 1999.
6. Куркина М.В., Дедков В.П., Уманский А.С. и др. Экологическая характеристика тестовых участков для микробиологического мониторинга почвогрунтов Калининграда // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2012. Вып. 7. С. 8–16.
7. Куркина М.В., Дедков В.П., Уманский А.С. Микрофлора почвогрунтов растительных сообществ южной Прибалтики // Экологические проблемы природных и урбанизированных территорий : матер. IV междунар. науч.-практической конф. Астрахань, 2011. С. 49–56.



8. Куркина М. В., Родимова А. А., Дедков В. П. Сезонная динамика актиномицетов почв зеленых зон Калининграда // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2011. Вып. 7. С. 8–16.
9. Куркина М. В., Дедков В. П., Климова Н. Б. и др. Новые данные о некоторых группах микроорганизмов в почвах города Калининграда // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. 2009. Вып. 7. С. 90–98.
10. Мотузова Г. В. Экологический мониторинг почв. М., 2007.
11. Майстренко В. Н., Будников Г. К. Эколого-аналитический мониторинг супертроксикантов. М., 1996.
12. Свистова И. Д., Талалайко Н. Н., Щербаков А. П. Микробиологическая индикация урбаноземов Воронежа // Вестник ВГУ. 2003. № 2. С. 175–180.
13. Станченко Л. Ю. Распределение тяжелых металлов в почвах и растительности городских экосистем Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2009. Вып. 1. С. 81–85.
14. Теннер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. М., 2004.
15. Терехова В. А. Микромицеты в экологической оценке водных и наземных экосистем / Ин-т проблем экологии им. А. Н. Северцова РАН, Ин-т экологического почвоведения МГУ. М., 2007.
16. Халилова А. А., Яковлева А. В., Сироткин А. С. Биотестирование и биоиндикация модельных растворов, содержащих ионы металлов Ni(II) и Cr(VI) : матер. III Междунар. экологич. конгресса (V Междунар. науч.-техн. конф.). Тольятти, 2011.
17. Чупахина Г. Н., Масленников П. В., Мальцева Е. Ю. и др. Антиоксидантный статус растений в условиях загрязнения кадмием городской среды // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2011. Вып. 7. С. 16–23.
18. Экогеохимия городских ландшафтов / под ред. Н. С. Касимова. М., 1995.

#### Об авторах

Виктор Павлович Дедков — д-р биол. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: VDedkov@kantiana.ru

Марина Викторовна Куркина — канд. биол. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: MKurkina@kantiana.ru

Алексей Сергеевич Ващеikin — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: W.alexei1990@mail.ru

Павел Валерьевич Садовников — асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: Sadovnikov90@gmail.com

#### About the authors

Prof. Victor Dedkov, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: VDedkov@kantiana.ru

Dr Marina Kurkina, Ass. Prof., I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: MKurkina@kantiana.ru

Alexei Vashcheikin, PhD student, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: W. alexei1990@mail.ru

Pavel Sadovnikov, PhD student, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: Sadovnikov90@gmail.com