

Вариошкин П.Н.<sup>1</sup>, Луковникова Л.В.<sup>1</sup>, Рейнюк В.Л.<sup>1</sup>, Комбарова М.Ю.<sup>2</sup>, Кузнецов С.В.<sup>1</sup>, Яцеленко Ю.В.<sup>1</sup>

## О содержании металлов в почвах одного из промышленных центров Российской Федерации

<sup>1</sup>ФГБУ «Научно-клинический центр токсикологии имени академика С.Н. Голикова ФМБА России», Санкт-Петербург, Российская Федерация;

<sup>2</sup>ФГУП «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» ФМБА России, 188663, Ленинградская область, г. пос. Кузьмоловский, Российская Федерация

### РЕЗЮМЕ

**Введение.** Почва – важный элемент экологической системы города. Поэтому в Российской Федерации и европейских странах проводятся углублённые исследования по обоснованию допустимых уровней воздействия на почву большинства известных металлов. Уровень загрязнения окружающей среды варьирует в разных частях города и может зависеть от удалённости от источника загрязнения, например, промышленного предприятия. Исследованный промышленный центр Российской Федерации имеет районы, различные по функциональному использованию и назначению, в нем располагается крупное промышленное предприятие, которое является одним из ключевых комплексов российского химического производства.

**Цель настоящего исследования** – определение содержания ряда металлов (ртуть, свинец, цинк, мышьяк, хром, никель, кобальт, медь, марганец, барий, ванадий) в почве разных районов одного из промышленных центров Российской Федерации.

**Материал и методы.** В работе представлены результаты определения химических элементов (металлов) в почве разных городских зон одного из промышленных центров Российской Федерации. Были исследованы пробы почвы, отобранные в 10 районах города, на количественное содержание металлов методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Отборы проводили в течение двух лет, метод масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

**Ограничение исследования.** Применение данных методов исследования возможно только в условиях специально оборудованной лаборатории при наличии квалифицированного персонала.

**Результаты.** Результаты исследования показали, что во всех изучаемых районах города обнаружено содержание металлов (Pb, Zn, Cu и As), превышающее допустимые уровни, утверждённые в Российской Федерации, что свидетельствует о потенциальной угрозе влияния на здоровье населения, проживающего на этих территориях.

**Заключение.** Выявленные концентрации позволяют подчеркнуть важность проведения регулярного мониторинга содержания опасных металлов в почве. Сформировано мнение о необходимости принятия мер по уменьшению химического загрязнения и влияния на окружающую среду, а также о продолжении исследований, особенно тех участков, где выявлены превышения допустимых уровней воздействия. Проведено сравнение нормативов (предельно допустимых концентраций), утверждённых в Российской Федерации и подобных стандартов (maximum permissible concentrations) Нидерландов.

**Ключевые слова:** почва; тяжёлые металлы; масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой; допустимые уровни воздействия

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

**Для цитирования:** Вариошкин П.Н., Луковникова Л.В., Рейнюк В.Л., Комбарова М.Ю., Кузнецов С.В., Яцеленко Ю.В. О содержании металлов в почвах одного из промышленных центров Российской Федерации. *Токсикологический вестник*. 2025; 33(5): 347–353. <https://elibrary.ru/ybtgjx> <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2025-33-5-347-353>

**Для корреспонденции:** Вариошкин Павел Николаевич, e-mail: zonner17@list.ru

**Участие авторов:** Вариошкин П.Н. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста; Луковникова Л.В. – обработка данных, написание текста; Рейнюк В.Л., Яцеленко Ю.В. – обработка данных, редактирование; Комбарова М.Ю., Кузнецов С.В. – сбор и обработка материала, статистическая обработка. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование поддержано ФГБУ «Научно-клинический центр токсикологии им. академика С.Н. Голикова ФМБА России», Санкт-Петербург, Российская Федерация.

Pavel N. Varioshkin<sup>1</sup>, Lyubov V. Lukovnikova<sup>1</sup>, Vladimir L. Reynyuk<sup>1</sup>, Mariya Yu. Kombarova<sup>2</sup>,  
Semen V. Kuznetsov<sup>1</sup>, Yulia V. Yatselenko<sup>1</sup>

# On the content of metals in the soils of one of the industrial centers of the Russian Federation

<sup>1</sup>Golikov Research Clinical Center of Toxicology of the FMBA of Russia, Saint Petersburg, 192019, Russian Federation;

<sup>2</sup>Scientific Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology of the FMBA of Russia, Leningrad Region, 188663, Russian Federation

## ABSTRACT

**Introduction.** Soil is an important element of the city's ecological system. Therefore, in the Russian Federation and European countries, in-depth studies are being conducted to substantiate permissible levels of soil exposure for most known metals. The level of environmental pollution varies in different parts of the city and may depend on the distance from the source of pollution, such as an industrial enterprise. The studied industrial center of the Russian Federation has areas that differ in functional use and purpose, including a large industrial enterprise, which is one of the key complexes of Russian chemical production.

*The purpose of this study* is to determine the content of a number of metals (mercury, lead, zinc, arsenic, chromium, nickel, cobalt, copper, manganese, barium, vanadium) in the soil of different areas of one of the industrial centers of the Russian Federation.

**Material and methods.** The paper presents the results of determining chemical elements (metals) in the soil of different urban areas of one of the industrial centers of the Russian Federation. Soil samples taken in 10 areas of the city were analyzed for quantitative content of metals using inductively coupled plasma mass spectrometry. The samples were collected over a period of two years; the research method was inductively coupled plasma mass spectrometry.

**Results.** The results of the study showed that in all the studied areas of the city, metal contents (Pb, Zn, Cu and As) were found that exceeded the permissible levels approved in the Russian Federation, which indicates a potential threat to the health of the population living in these territories.

**Limitation.** The use of these research methods is possible only in a specially equipped laboratory with qualified personnel.

**Conclusion.** The detected concentrations emphasize the importance of regular monitoring of the content of hazardous metals in the soil. An opinion has been formed on the need to take measures to reduce chemical pollution and the impact on the environment and to continue research, especially in those areas where excess exposure levels have been identified. The standards (maximum permissible concentrations) approved in the Russian Federation and similar standards (maximum permissible concentrations) of the Netherlands are compared.

**Keywords:** soil; heavy metals; inductively coupled plasma mass spectrometry; permissible exposure levels

**Compliance with ethical standards.** This study does not require the conclusion of a biomedical ethics committee or other documents.

**For citation:** Varioshkin P.N., Lukovnikova L.V., Reynyuk V.L., Kombarova M.Yu., Kuznetsov S.V., Yatselenko Yu.V. On the content of metals in the soils of one of the industrial centers of the Russian Federation. *Toxikologicheskiy Vestnik/Toxicological Review*. 2025; 33(5): 347–353. <https://elibrary.ru/ybtgjx> <https://doi.org/10.47470/0869-7922-2025-33-5-347-353>

**For correspondence:** Pavel N. Varioshkin, e-mail: zonner17@list.ru

**Authors' contribution:** Varioshkin P.N. – concept and design of the study, collection of material and data processing, statistical processing, writing the text; Lukovnikova L.V. – data processing, writing; Reynyuk V.L. – data processing, editing; Kombarova M.Yu. – collection of material and data processing, statistical processing; Kuznetsov S.V. – collection of material and data processing, statistical processing; Yatselenko Yu.V. – data processing, editing. All co-authors – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflicts of interest.

**Funding.** The study was supported by the Golikov Research Clinical Center of Toxicology of the FMBA of Russia, Saint Petersburg, Russian Federation.

Received: August 21, 2025 / Revised: September 03, 2025 / Accepted: October 2, 2025 / Published: November 19, 2025

## Введение

Здоровье населения и создание экологически безопасных условий его проживания в настоящее время становятся приоритетными государственными программами. Зачастую в нашей стране большие производственные комплексы или предприятия являются градообразующими, вокруг них за годы существования возникли целые поселения. Одним из показателей экологической безопасности следует считать содержание химических элементов, в том числе металлов, в объектах окружающей среды, превышение количества которых может привести к снижению качества жизни людей [1]. При своевременном выявлении и подборе коррекционных мероприятий для исследований чаще всего используются такие объекты окружающей среды, как атмосферный воздух или вода, которые наиболее изучены и контролируются по уровням предельно допустимых концентраций (ПДК). Важным объектом исследования, позволяющим оценить миграцию, биоаккумуляцию и отложенный эффект воздействия загрязняющих веществ, является почва, но такие исследования почвы единичны, а ПДК установлены на ограниченное количество химических элементов [2]. Почва – важный компонент экологической системы города. Связь между составом почвы в городах и здоровьем населения – это важная проблема, которая требует проведения обширных испытаний. Поэтому в Российской Федерации, как и в странах Европы, проводятся углублённые исследования по обоснованию и установлению ПДК в почве для наиболее опасных химических элементов, в том числе металлов. В Европе первая модель нормирования почв утверждена в 1983 г. в Нидерландах и является основой для большинства стран Европейского Союза [3–5].

По данным проведённых ранее исследований, определено, что уровень загрязнения окружающей среды варьирует в разных частях города и может зависеть от удалённости от промышленного предприятия [6–8].

Исследованный промышленный центр – индустриальный город, его территория разделена на районы, различные по функциональному использованию и назначению. Основным предприятием является один из ключевых производственных комплексов российской химической промышленности, на котором изготавливают различную химическую продукцию в огромных объёмах, более 150 наименований, поступающих на внутренние и международные рынки.

*Цель настоящего исследования* – определение содержания некоторых металлов (ртуть, свинец, цинк, мышьяк, хром, никель, кобальт, медь, марганец, барий, ванадий) в почве разных районов одного из промышленных центров Российской Федерации.

## Материал и методы

**Отбор образцов.** Отбор образцов почвы производили согласно методам отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа<sup>1</sup>. Для исследований в летний период 2024 и 2025 гг. отобрали почву в 10 точках наблюдений, соответствующих разным функциональным зонам города. Для этих работ использовали пластиковую лопату, весы, ножницы, крафт-бумагу и пакеты с пломбами. На выбранных участках лопатой методом «конверта» (четыре точки в углах площадки и одна в центре) на глубине до 20 см отбирали пробу, далее со всех пяти точек отбора формировали одну объединённую пробу. Собранные образцы высыпали на крафт-бумагу и тщательно смешивали. От каждого участка отбора получали образец массой 1 кг. Пробы доставляли в лабораторию в запечатанном виде в соответствии с требованиями транспортировки. В лаборатории пробы высушивали в сушильном шкафу при температуре 60–65 °С до воздушно-сухого состояния, затем измельчали и просеивали через сито с диаметром отверстий 2 мм. Подготовленные пробы упаковывали в стеклянные ёмкости с притёртыми крышками для дальнейшего анализа.

**Пробоподготовка и анализ.** Пробы к анализу подготавливали в зависимости от необходимой формы извлечения. При валовой форме (ртуть, мышьяк, марганец, барий, ванадий) в микроволновой системе для минерализации МС-6 (НТФ «Вольта», Россия), согласно методике проведения анализа и инструкции производителя, навеску образца массой 0,5 г помещали в тефлоновые лайнеры с реакционной смесью, которая включала 8 мл концентрированной азотной кислоты (марка ос. ч.), 3 мл концентрированной соляной кислоты и 1 мл раствора фтороводородной кислоты (1 : 25). Минерализацию проб проводили в течение 25 мин при температуре 200 °С. После остывания в полученный раствор добавляли 5 мл раствора борной кислоты (5 %), разбавляли деионизированной водой до общего объёма 50 мл

<sup>1</sup> ГОСТ 17.4.4.02.2017 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». Дата введения: 01.01.2019.

**Средние содержания металлов (мг/кг) в почвах одного из промышленных центров Российской Федерации**

**On the content of metals in the soils of one of the industrial centers of the Russian Federation, mg/kg**

Элемент Element	Год Year	Точка отбора проб / Sampling points										ПДК MPC	ПДК в Нидерландах MPC in the Netherlands
		N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10		
<b>Элементы первого класса опасности / Elements of the first hazard class</b>													
Hg	2024	0,79 ± 0,24	0,85 ± 0,26	0,89 ± 0,27	0,80 ± 0,24	0,94 ± 0,28	1,8 ± 0,5	0,60 ± 0,18	0,48 ± 0,14	1,6 ± 0,5	0,98 ± 0,29	2,1	0,3
	2025	0,94 ± 0,28	1,1 ± 0,3	0,82 ± 0,24	0,92 ± 0,27	1,1 ± 0,3	1,9 ± 0,6	0,65 ± 0,20	0,52 ± 0,16	1,9 ± 0,6	1,2 ± 0,4		
Pb	2024	30 ± 9	26 ± 8	27 ± 8	25 ± 7	36 ± 11	36 ± 11	23 ± 7	18 ± 6	33 ± 10	30 ± 9	6	85
	2025	35 ± 10	33 ± 9	23 ± 7	31 ± 10	44 ± 12	39 ± 12	26 ± 8	16 ± 5	38 ± 11	33 ± 10		
Zn	2024	49 ± 15	80 ± 24	84 ± 25	76 ± 23	58 ± 18	97 ± 29	37 ± 11	30 ± 9	89 ± 27	92 ± 28	23	140
	2025	55 ± 17	84 ± 25	77 ± 23	92 ± 28	52 ± 16	115 ± 35	34 ± 10	27 ± 9	85 ± 26	107 ± 32		
As	2024	8,4 ± 2,5	4,7 ± 1,4	5,0 ± 1,5	4,5 ± 1,4	10 ± 3	5,8 ± 1,7	6,4 ± 1,9	5,1 ± 1,5	5,3 ± 1,6	5,5 ± 1,7	2	29
	2025	10 ± 3	4,4 ± 1,3	5,7 ± 1,7	4,3 ± 1,3	9,7 ± 2,9	5,1 ± 1,5	7,1 ± 2,1	4,7 ± 1,4	5,0 ± 1,5	5,9 ± 1,8		
<b>Элементы второго класса опасности / Elements of the second hazard class</b>													
Cr	2024	5,9 ± 1,8	5,8 ± 1,8	6,1 ± 1,8	5,5 ± 1,7	7,0 ± 2,1	7,1 ± 2,1	4,5 ± 1,4	3,6 ± 1,1	6,5 ± 2,0	6,7 ± 2,0	6 (Cr <sup>3+</sup> )	100
	2025	5,5 ± 1,8	5,5 ± 1,8	6,5 ± 2,0	5,8 ± 1,8	6,6 ± 2,0	6,5 ± 2,0	5,1 ± 1,5	3,1 ± 0,9	5,8 ± 1,8	7,1 ± 2,1		
Ni	2024	5,7 ± 1,7	6,1 ± 1,8	6,4 ± 1,9	5,8 ± 1,7	6,8 ± 2,0	7,4 ± 2,2	4,4 ± 1,3	3,5 ± 1,1	6,8 ± 2,0	7,0 ± 2,1	4	35
	2025	5,3 ± 1,6	5,5 ± 1,7	6,1 ± 1,8	5,1 ± 1,6	6,3 ± 1,9	8,3 ± 2,5	4,5 ± 1,4	3,1 ± 0,9	8,1 ± 2,4	6,7 ± 2,0		
Co	2024	1,7 ± 0,5	1,9 ± 0,6	1,9 ± 0,6	1,6 ± 0,5	2,1 ± 0,6	2,3 ± 0,7	1,3 ± 0,4	1,1 ± 0,3	2,1 ± 0,6	2,1 ± 0,6	5	20
	2025	2,0 ± 0,6	1,7 ± 0,5	1,8 ± 0,6	1,4 ± 0,4	2,2 ± 0,7	2,5 ± 0,8	1,3 ± 0,4	1,4 ± 0,4	2,4 ± 0,7	2,8 ± 0,8		
Cu	2024	41 ± 12	45 ± 14	47 ± 14	43 ± 13	50 ± 15	55 ± 17	32 ± 9	25 ± 8	50 ± 15	52 ± 16	3	36
	2025	48 ± 14	48 ± 14	53 ± 16	49 ± 15	54 ± 16	58 ± 17	38 ± 11	23 ± 7	44 ± 13	57 ± 17		
<b>Элементы третьего класса опасности / Elements of the third hazard class</b>													
Mn	2024	204 ± 61	200 ± 60	209 ± 63	189 ± 57	244 ± 73	243 ± 73	156 ± 47	125 ± 37	223 ± 67	230 ± 69	1500	-
	2025	233 ± 61	237 ± 60	239 ± 63	201 ± 57	224 ± 73	261 ± 78	137 ± 41	101 ± 30	268 ± 80	283 ± 84		
Ba	2024	70 ± 21	66 ± 20	69 ± 21	62 ± 19	84 ± 25	58 ± 17	53 ± 16	43 ± 13	53 ± 16	76 ± 23	-	200
	2025	65 ± 20	61 ± 18	77 ± 23	81 ± 24	88 ± 26	51 ± 15	61 ± 18	37 ± 11	66 ± 20	85 ± 26		
V	2024	6,9 ± 2,1	6,7 ± 2,0	7,0 ± 2,1	6,3 ± 1,9	8,3 ± 2,5	8,2 ± 2,5	5,3 ± 1,6	4,2 ± 1,3	7,5 ± 2,3	7,7 ± 2,3	150	-
	2025	6,3 ± 1,9	6,2 ± 1,9	7,7 ± 2,3	6,9 ± 2,1	8,8 ± 2,6	8,3 ± 2,5	6,7 ± 2,0	4,7 ± 1,4	8,9 ± 2,7	9,8 ± 2,9		

и делали анализ. Для подвижных форм (свинец, цинк, хром, никель, кобальт, медь) брали навеску образца массой 2,0 г, переносили в химически стойкий стакан, добавляли 10 см<sup>3</sup> азотной кислоты с молярной концентрацией 0,5 моль/дм<sup>3</sup>, взбалтывали, доводили до температуры 90 °С, выдерживали в течение 3 ч. Затем выполняли фильтрацию в мерную колбу на 100 см<sup>3</sup>, доводили деионизированной водой до метки и делали анализ. Анализировали на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой Plasma Quant MS Elite (Analytik Jena AG, Германия), имеющем сертификат Госстандарта России, зарегистрированный в Государственном реестре средств измерений. Полученные данные обрабатывали в программе MS Exel 2007 (Microsoft, США). Конечное

значение концентрации каждого элемента в анализируемой пробе определяли как среднее арифметическое значение концентрации трех параллельных измерений. Все значения металлов, полученные в ходе испытаний, приведены в расчёте на сухую массу образца (мг/кг). Относительную погрешность оценивали при доверительной вероятности  $p = 0,95$  при количестве контрольных определений равном 3.

Метод индуктивно-связанной плазмы — масс-спектрометрия (ИСП-МС) — характеризуется высокой селективностью, широким динамическим диапазоном надёжно определяемых концентраций и очень низкими пределами обнаружения целевых элементов [9,] поэтому в настоящее время метод ИСП-МС наиболее востребован для

целей элементного анализа объектов окружающей среды. Экспериментальная часть работы выполнена с использованием оборудования ФГБУ НКЦТ им С.Н. Голикова ФМБА России.

## Результаты

Полученные результаты определения металлов в пробах почвы сравнили с ПДК, согласно действующим нормативам в Российской Федерации<sup>2</sup>, а также с нормативами, принятыми в Нидерландах [3, 4]. Следует отметить, что содержание металлов, как и других химических элементов в почве, в каждой стране контролируется на основании принятых национальных стандартов. Результаты выполненного исследования представлены в таблице.

## Обсуждение

Полученные результаты определения ртути в почве находятся в диапазоне от 0,48 до 1,9 мг/кг при средней величине 1,04 мг/кг. Ртуть — это один из самых токсичных элементов, она накапливается в окружающей среде, организмах животных, рыб и человека [10]. Стоит отметить, что выявлены точки N 9 и N 6, где содержание ртути за два года наблюдений превышает среднее значение по городу, а в точке N 8 содержание ртути ниже среднегогородского значения. Точка N 9 приходится на границу санитарно-защитной зоны (СЗЗ) — основного производственного комплекса, а точка N 6 выбрана на одном из перекрестков главной междугородной автомобильной магистрали города. Как показали результаты, среднее содержание ртути в почвах города ниже допустимого уровня, установленного национальным стандартом (ПДК) Российской Федерации.

Свинец в пробах почвы содержится в диапазоне от 16 до 44 мг/кг при средней величине 30 мг/кг. Во всех районах города концентрации свинца располагаются на одном уровне, превышающем ПДК в 6 раз, отмечается участок N 8, где концентрация свинца, как и в случае со ртутью, ниже, чем средние значения по городу в два раза.

Выявлено содержание цинка в диапазоне от 27 до 115 мг/кг, при средней величине 71 мг/кг. Из всех точек отбора проб выделяются участки N 6 и N 10, где средние концентрации соответственно равны 106 и 100 мг/кг. Участки расположены в районе главной междугородной автомобильной магистрали города, в результате чего цинк может попадать в почву при истирании

автомобильных шин [11,12]. Величина среднего содержания цинка превышает ПДК в 3 раза.

Содержание мышьяка находится в диапазоне от 4,3 до 10 мг/кг, при средней величине 6,1 мг/кг. В отдельных точках, например, N 1 в районе завода строительных материалов, средняя концентрация мышьяка за два года наблюдения составляет 9,2 мг/кг. Величина среднего содержания мышьяка превышает ПДК, принятые в России, в 3 раза (в некоторых районах города в 5 раз).

Количество хрома в почве варьирует в диапазоне от 3,1 до 7,1 мг/кг при средней величине 5,9 мг/кг. Для всех районов города средние концентрации близки и соответствуют национальным стандартам (ПДК), принятым в Российской Федерации. Наименьшее содержание хрома выявлено в точке N 8, где содержание металла, как и в случаях с другими исследуемыми элементами, ниже, чем средние значения по городу.

Концентрация никеля определена в диапазоне от 3,1 до 8,3 мг/кг при средней величине 6 мг/кг. Выявлены незначительные превышения содержания никеля в пробах, отобранных на участках N 6 (район главной междугородной автомобильной магистрали города) и N 9 (граница СЗЗ основного производственного комплекса).

Содержание кобальта в пробах почвы находится в диапазоне от 1,1 до 2,8 мг/кг, при средней величине 1,9 мг/кг. Для всех районов города средние концентрации не превышают национальный норматив допустимого уровня воздействия (ПДК).

Количество меди варьирует от 23 до 58 мг/кг, при средней величине 46 мг/кг. Из всех точек отбора проб выделяются N 6 и N 10, где средние концентрации соответственно равны 57 и 55 мг/кг. Участки лежат в районе главной междугородной автомобильной магистрали города, это может быть связано с тем, что медь, как и цинк, вероятно, поступает в почву при эксплуатации автомобильного транспорта [11, 13]. В целом среднее содержание меди превышает допустимый уровень (ПДК — 3 мг/кг) в 15 раз, а в некоторых участках города — в 18–19 раз.

Сравнивая содержание хрома, никеля, кобальта в почвах города с допустимыми уровнями воздействия, следует отметить, что практически во всех изученных районах утверждённые в Российской Федерации нормативы не превышены, за исключением повышенного содержания меди, что заслуживает дальнейшего исследования и наблюдения.

Концентрация марганца определена в диапазоне от 101 до 283 мг/кг, при среднем значении 210 мг/кг. В целом содержание марганца не превышает ПДК.

<sup>2</sup> СанПин 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (действует с 01.03.2021). <https://docs.cntd.ru/document/573500115>

Содержание бария в пробах почвы варьирует от 37 до 88 мг/кг, при средней величине 65 мг/кг. В Российской Федерации нет утверждённых значений по количеству бария в почве, хотя в Нидерландах имеются нормативы, которые могут служить ориентировочным критерием для полученных нами результатов.

Количество ванадия варьирует от 4,2 до 9,8 мг/кг, при среднем значении 7,5 мг/кг. В целом содержание ванадия не превышает отечественные ПДК.

В ходе анализа результатов исследования выявлено, что содержание свинца, цинка, мышьяка, меди превышает нормативы Российской Федерации (ПДК), которые в основном более жёсткие, чем в Нидерландах.

**Ограничение исследования.** Применение данных методов исследования возможно только в условиях специально оборудованной лаборатории при наличии квалифицированного персонала.

## Заключение

Впервые проведено исследование по определению содержания опасных металлов в почве в различных районах одного из промышленных центров Российской Федерации. Регулярный мониторинг загрязнения позволяет использовать почву

как чувствительный показатель для определения длительного воздействия загрязняющих почву веществ. Среди основных загрязнителей почвы города, по результатам двухлетнего наблюдения, можно выделить свинец (Pb), цинк (Zn), медь (Cu) и мышьяк (As). С точки зрения токсиколого-гигиенической безопасности установленные районы накопления металлов связаны с близостью промышленных и транспортных зон. При сравнении результатов исследований с ПДК, действующей в Российской Федерации, среднее содержание указанных элементов превысило допустимые уровни воздействия в 6, 3, 15 и 3 раза соответственно. При сравнении с нормативами, принятыми в Нидерландах (MPC), превышения выявлены по ртути в 3 раза, а по меди – в 1,5 раза. В ходе исследования была найдена зона (N 8) наименее подверженная загрязнению. Полученные данные свидетельствуют о необходимости продолжения подобных исследований и разработки мероприятий по снижению выявленных превышений, особенно на тех участках, где установлено повышение значений допустимых уровней воздействия на почву. Загрязнение почвы опасными химическими элементами может представлять потенциальную угрозу здоровью населения, проживающего на этих территориях.

## ЛИТЕРАТУРА

(пп. 3–5 см. в References)

1. Вариошкин П.Н., Рейнюк В.Л., Луковникова Л.В., Яцеленко Ю.В., Лесиовская Е.Е. О содержании макро- и микроэлементов в биосферах работников предприятий химической промышленности. В сборнике: *Здоровье населения и качество жизни. Материалы XI Всероссийской с международным участием научно-практической конференции*. Санкт-Петербург. 2024; 1: 92–8.
2. Алексеенко В.А., Алексеенко А.В. *Химические элементы в городских почвах*. М.: Логос; 2014
3. Трифонова Т.А., Подолец А.А., Селиванов О.Г., Марцев А.А., Подолец А.А. Оценка загрязнения почв рекреационных зон промышленного города соединениями тяжелых металлов и мышьяка. *Теоретическая и прикладная экология*. 2018; 2: 94–101. <https://doi.org/10.25750/1995-43012018-2-094-101/1>
4. Кряжева Е.Ю., Лаптева Е.М., Денева С.В., Холопов Ю.В., Бадулина Н.В., Осадчая Г.Г. Оценка антропогенного загрязнения тяжёлыми металлами и мышьяком почв города Ухта (республика Коми). *Теоретическая и прикладная экология*. 2021; 2: 95–101. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-2-095-101>
5. Осипова Н.А., Перегудина Е.В., Язиков Е.Г. Химические элементы в почвах г. Междуреченска. *Современные проблемы науки и образования*. 2015; 1(1): 1840.
6. Пупышев А.А., Суриков В.Т. *Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой. Образование ионов*. Екатеринбург: УрО РАН; 2006.
7. Луковникова Л.В., Рейнюк В.Л., Яцеленко Ю.В., Вариошкин П.Н., Носов А.В. Об опасности отравлений ртутью и ее соединениями. *Medline.ru. Российский биомедицинский журнал*. 2023; 24(1): 1070–86
8. Касимов Н.С., Власов Д.В. Кларки химических элементов как эталоны в экогеохимии. *Вестник Московского университета. Серия 5. География*. 2015; 2: 7–17
9. Узakov З.З. Тяжелые металлы и их влияние на растения. *Символ науки*. 2018; 1–2: 52–3.
10. Федорет Н.Г., Медведева М.В. *Методика изучения почв урбанизированных территорий*. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН; 2009

## REFERENCES

1. Varioshkin P.N., Reinyuk V.L., Lukovnikova L.V., Yatselenko Yu.V., Lesiovskaya E.E. On the content of macro- and microelements in the biosurfaces of employees of chemical industry enterprises. In the collection: *Public Health and Quality of Life. Materials of the XI All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [V sbornike: Zdorov'e naseleniya i kachestvo zhizni. Materialy' XI Vserossiyskoy s mezhdunarodny'm uchastiem nauchno-prakticheskoy konferencii]*. St. Petersburg: 2024; 1: 92–8 (in Russian)
2. Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. *Chemical elements in urban soils [Ximicheskie e'lementy' v gorodskix pochvax]*. Moscow: Logos; 2014 (in Russian)
3. Mol G., van Gaans P.F.M., Spijker J., van der Veer G., Klaver G., Roskam G. Geochemische atlas van Nederland. Wageningen. *Alterra*; 2010; 2069. <https://edepot.wur.nl/155733>
4. Crommentuijn T., Sijm D., de Bruijn J., van den Hoop M., van Leeuwen K., van de Plassche E. Maximum permissible and negligible concentrations for metals and metalloids in the Netherlands, taking into account background concentrations. *J. Environ. Management*. 2000; 60: 121–43. <https://doi.org/10.1006/jema.2000.0354>
5. Van De Vijver E., Delbecq N., Verdoodt A., Seuntjens P. Estimating the urban soil information gap using exhaustive land cover data: the example of Flanders, Belgium. *Geoderma*. 2020; 372. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114371>
6. Trifonova T.A., Podolets A.A., Selivanov O.G., Martsev A.A., Podolets A.A. Assessment of soil pollution in recreational areas of an industrial city with compounds of heavy metals and arsenic. *Teoreticheskaya i prikladnaya e'kologiya*. 2018; 2: 94–101. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2018-2-094-101/1> (in Russian)
7. Kryazheva E.Yu., Lapteva E.M., Badulina N.V., Deneva S.V., Kholopov Y.V., Osadchaya G.G. Assessment of anthropogenic pollution by heavy metals and arsenic in soils of Ukhta city (Komi Republic). *Teoreticheskaya i prikladnaya e'kologiya*. 2021; 2: 95–101. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2021-2-095-101> (in Russian)
8. Osipova N.A., Peregudina E.V., Yazikov E.G. Chemical elements in soils of Mezhdurechensk. *Sovremennyye problemy' nauki i obrazovaniya*. 2015; 1(1): 1840. (in Russian)
9. Pupyshv A.A., Surikov V.T. *Mass spectrometry with inductively coupled plasma. Ion formation [Mass-spektrometriya s induktivno svyazannoy plazmoy Obrazovanie ionov]*. Ekaterinburg. Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; 2006. (in Russian)
10. Lukovnikova L.V., Reinyuk V.L., Yatselenko Yu.V., Varioshkin P.N., Nosov A.V. On the danger of poisoning with mercury and its compounds. *Medline.ru. Rossijskij biomeditsinskij zhurnal*. 2023; 24(1): 1070–86 (in Russian)
11. Kasimov N.S., Vlasov D.V. Clarkes of chemical elements as reference standards in ecogeochimistry. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*. 2015; 2: 7–17. (in Russian)
12. Uzakov Z.Z. Heavy metals and their impact on plants. *Simvol nauki*. 2018; 1–2: 52–3. (in Russian).
13. Fedorets N.G., Medvedeva M.V. *Methodology for the study of soils in urbanized areas [Metodika izucheniya pochv urbanizirovannykh territorij]*. Petrozavodsk: Karelian Research Centre of the RAS; 2009. (in Russian)

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Вариошкин Павел Николаевич** – научный сотрудник, руководитель испытательного центра лаборатории химической и токсикологической диагностики, Испытательный центр экологических исследований ФГБУ «НКЦТ им. С.Н. Голикова ФМБА России», 129019, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: zonner17@list.ru

**Луковникова Любовь Владимировна** – доктор мед. наук, профессор, ведущий научный сотрудник научного информационно-аналитического отдела ФГБУ «НКЦТ им. С.Н. Голикова ФМБА России», 129019, Санкт-Петербург. E-mail: lukovnikova.l.v@toxicology.ru

**Рейнюк Владимир Леонидович** – доктор мед. наук, доцент, врио директора ФГБУ «НКЦТ им. С.Н. Голикова ФМБА России», 129019, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: institute@toxicology.ru

**Комбарова Мария Юрьевна** – кандидат мед. наук, заведующий отделом общей гигиены и экологии человека, ФГУП «НИИ гигиены, профпатологии и экологии человека», ФМБА России, 188663, Ленинградская область, г. пос. Кузьмолковский, Российская Федерация. E-mail: kombar\_73@mail.ru

**Кузнецов Семён Валерьевич** – кандидат мед. наук, доцент, ведущий научный сотрудник ФГБУ «НКЦТ им. С.Н. Голикова ФМБА России», 129019, Санкт-Петербург. E-mail: Nachsml@mail.ru

**Яцеленко Юлия Валерьевна** – научный сотрудник научного информационно-аналитического отдела ФГБУ «НКЦТ им. С.Н. Голикова ФМБА России», 129019, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: dissovvet@toxicology.ru

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Pavel N. Varioshkin** – Researcher, Head of the Testing Center of the Laboratory of Chemical and Toxicological Diagnostics, Environmental Research Testing Center of the S.N. Golikov Scientific Research Center Ecology of the Federal Medical Biological Agency of Russia, 129019, St. Petersburg, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0000-3863-3602> E-mail: zonner17@list.ru

**Lyubov V. Lukovnikova** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Leading Researcher of the Scientific Information and Analytical Department of the S.N. Golikov Scientific Research Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia, 129019, St. Petersburg, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6368-680X> E-mail: lukovnikova.l.v@toxicology.ru

**Vladimir L. Reinuk** – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Acting Director of the S.N. Golikov Scientific Research Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia, 129019, St. Petersburg, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4472-6546> E-mail: institute@toxicology.ru

**Maria Yu. Kombarova** – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department of General Hygiene and Human Ecology, Research Institute of Hygiene, Occupational Pathology and Human Ecology of the Federal Medical Biological Agency of Russia, 188663, Leningrad region, Kuzmolovsky urban settlement, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-0435-3228> E-mail: kombar\_73@mail.ru

**Semyon V. Kuznetsov** – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the S.N. Golikov Scientific Research Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia, 129019, St. Petersburg, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3132-8522> E-mail: Nachsml@mail.ru

**Yulia V. Yatselenko** – Researcher of the Scientific Information and Analytical Department, of the S.N. Golikov Scientific Research Center of the Federal Medical Biological Agency of Russia, 129019, St. Petersburg, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0008-1348-9278> E-mail: dissovvet@toxicology.ru

