

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2025

Читать онлайн
Read online



Марцев А.А.¹, Селиванов О.Г.¹, Курбатов Ю.Н.¹, Савельев О.В.¹,
Космачева А.Г.¹, Трифонова Т.А.^{1,2}

Эколого-гигиеническая оценка почв Владимирской области по содержанию тяжёлых металлов и мышьяка

¹ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 600000, Владимир, Россия;

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», 119991, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В работе представлены результаты эколого-гигиенической оценки почв административных центров муниципальных образований Владимирской области по содержанию тяжёлых металлов и мышьяка.

Материалы и методы. Объект исследований – верхние горизонты городских почв административных центров 18 муниципальных образований Владимирской области. Пробы почвы отбирали летом 2022 и 2023 гг. в различных функциональных зонах городов. Почвенный покров исследовали рентгеновскофлуоресцентным методом для определения содержания тяжёлых металлов и мышьяка.

Результаты. Установлены максимальные, минимальные и медианные значения концентраций тяжёлых металлов и мышьяка в почвах административных центров муниципальных образований региона. Загрязнение почвенного покрова тяжёлыми металлами и мышьяком значительно различается по городам. Наибольшие концентрации поллютантов зафиксированы в урбанизированных промышленных зонах, минимальные – в ландшафтно-рекреационных зонах. Приоритетными загрязнителями почвенного покрова городов Владимирской области являются As и Pb. В Гусь-Хрустальном, Коврове и Меленках выявлены максимальные значения суммарного показателя загрязнения почв, позволяющие отнести их к категории чрезвычайно опасных. Наиболее благополучным в отношении загрязнения почвенного покрова оказался Суздаль – преимущественно исторический и туристический центр, в котором практически отсутствуют промышленные предприятия.

Ограничения исследования связаны с методологией расчётов, ориентированной на типы почв и их гранулометрический состав, отличающиеся в различных административных центрах.

Заключение. Оценка загрязнения городских почв административных центров муниципальных образований Владимирской области по содержанию тяжёлых металлов и мышьяка показала, что большая часть населения городов проживает в зоне с почвами умеренно опасной и допустимой категорий. Максимальные значения суммарного показателя загрязнения почвы связаны прежде всего с аномальными локальными техногенными химическими загрязнениями, обусловленными деятельностью и спецификой работы промышленных предприятий, использующих в технологических процессах соединения тяжёлых металлов. Вероятность высоких рисков для здоровья населения и окружающей среды городского пространства административных центров муниципальных образований Владимирской области определяет необходимость организации постоянного эколого-гигиенического мониторинга их почвенного покрова, так как следствием загрязнения почв может быть снижение безопасности и комфорtnости среды обитания городских жителей.

Ключевые слова: Владимирская область; почвы муниципальных образований административных центров; загрязнение почвы; тяжёлые металлы; мышьяк; свинец

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

Для цитирования: Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н., Савельев О.В., Космачева А.Г., Трифонова Т.А. Эколого-гигиеническая оценка почв Владимирской области по содержанию тяжёлых металлов и мышьяка. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(3): 290–296. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-3-290-296> <https://elibrary.ru/ygfcvw>

Для корреспонденции: Марцев Антон Андреевич, e-mail: MartsevAA@yandex.ru

Участие авторов: Марцев А.А. – концепция и дизайн исследования, сбор материала и статистическая обработка данных, написание текста; Селиванов О.Г. – сбор материала и обработка данных, написание текста; Курбатов Ю.Н. – лабораторные исследования, структурирование статьи; Савельев О.В. – сбор материала и обработка данных; Космачева А.Г. – лабораторные исследования; Трифонова Т.А. – концепция и дизайн исследования, структурирование статьи. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 26.07.2024 / Принята к печати: 03.12.2024 / Опубликована: 31.03.2025

Anton A. Martsev¹, Oleg G. Selivanov¹, Yurij N. Kurbatov¹, Oleg V. Saveliev¹,
Anastasia G. Kosmacheva¹, Tatyana A. Trifonova^{1,2}

Ecological and hygienic assessment of soils of the Vladimir region for the content of heavy metals and arsenic

¹Vladimir State University named after Vladimir State University named after Alexander G. and Nikolai G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation;

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, 119991, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The paper presents the results of a study of environmental and hygienic assessment of soils in urban administrative centers of the Vladimir region for the content of heavy metals and arsenic.

Materials and methods. The object of research is the upper horizons of urban soils in eighteen administrative centers of the Vladimir region. Soil samples were taken in the summer of 2022–2023 in various functional zones of cities. The soil cover was studied using the X-ray fluorescence method to determine the content of heavy metals and arsenic.

Results. The maximum, minimum, and median values of concentrations of heavy metals and arsenic in the soils of the administrative centers of the region were established. Soil contamination with heavy metals and arsenic across cities is characterized by significant differentiation. The highest concentrations of pollutants

were recorded in urban soils of industrial zones, the minimum – in landscape and recreational zones. The priority soil pollutants in the cities of the Vladimir region are As and Pb. The maximum values of the total indicator of soil pollution were identified in such cities as Gus-Khrustalny, Kovrov, Melenki, which makes it possible to classify them as extremely dangerous. The city of Suzdal turned out to be the most favourable in terms of soil pollution, positioned primarily as a historical and tourist center, in which there are practically no industrial enterprises.

Limitations. The calculation methodology, which is focused on soil types and their granulometric composition, which differ in different administrative centers.

Conclusion. An assessment of the contamination level of urban soils in the administrative centers of the Vladimir region in terms of the content of heavy metals and arsenic showed the majority of the urban population to live in an area with soils of a moderately hazardous and permissible category. The maximum values of the total indicator of soil pollution are associated, first of all, with abnormal local technogenic chemical pollution caused by the activities and specifics of industrial enterprises using heavy metal compounds in technological processes. The likelihood of high risks to public health and the environment of the urban space of the administrative centers of the Vladimir region determines the need to manage constant environmental and hygienic monitoring of their soil cover, since soil pollution may result in a deterioration in the safety and comfort of the living environment of urban residents.

Keywords: Vladimir region; soils of administrative centers; soil pollution; heavy metals; arsenic; lead

Compliance with ethical standards. The study does not require a biomedical ethics committee opinion.

For citation: Martsev A.A., Selivanov O.G., Kurbatov Yu.N., Saveliev O.V., Kosmacheva A.G., Trifonova T.A. Ecological and hygienic assessment of soils of the Vladimir region for the content of heavy metals and arsenic. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(3): 290–296. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-3-290-296> <https://elibrary.ru/ygfqvw> (In Russ.)

For correspondence: Anton A. Martsev, e-mail: MartsevAA@yandex.ru

Contribution: Martsev A.A. – research concept and design, material collection and statistical data processing, text writing; Selivanov O.G. – material collection and data processing, text writing; Kurbatov Yu.N. – laboratory research, final design; Saveliev O.V. – material collection and data processing; Kosmacheva A.G. – laboratory research; Trifonova T.A. – research concept and design, final structuring of the article for publication. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: July 26, 2024 / Accepted: December 3, 2024 / Published: March 31, 2025

Введение

Техногенное загрязнение окружающей среды городов, оказывающее непосредственное влияние на здоровье населения, остаётся одной из наиболее актуальных экологических проблем [1–3]. Известно, что техногенному влиянию за счёт выбросов промышленных предприятий и автомобильного транспорта подвергаются в первую очередь атмосферный воздух [4, 5] и почвенный покров [6–8], способные накапливать токсикианты в концентрациях, превышающих предельно допустимые, в десятки и сотни раз. Серебряную угрозу окружающей среде и здоровью человека вследствие высокой токсичности представляют тяжёлые металлы, которые широко применяются в промышленных производствах. Европейское агентство по охране окружающей среды сформировало реестр экологически обусловленных патологий, связанных с негативным воздействием тяжёлых металлов. Это злокачественные новообразования (соединения хрома (VI)); болезни органов дыхания (свинец); болезни кожи (никель); нарушения репродуктивного здоровья и нервно-психического развития детей (свинец, ртуть, кадмий) и др. [9]. Существенный вклад в загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами вносит автомобильный транспорт. В результате выбросов промышленных предприятий и транспорта большое количество токсичных химических веществ поступает из атмосферного воздуха в городские почвы [8, 10]. Накапливаясь в верхних горизонтах городской почвы, токсичные вещества негативно влияют на её биологические свойства и структуру, вызывают последующую деградацию и значительную геохимическую трансформацию [11, 12]. Кроме того, в результате ветровой и транспортной эрозии происходит вторичное загрязнение приземного слоя воздуха почвенной пылью, содержащей тяжёлые металлы, что может создавать риски, в том числе канцерогенные, для здоровья городского населения [13, 14].

В России уменьшение неблагоприятного воздействия окружающей среды на здоровье населения относится к важнейшим приоритетам в области здравоохранения и экологической политики, а права граждан на охрану здоровья и поддержание благоприятной окружающей среды закреплены в Конституции Российской Федерации. Национальный проект «Жильё и городская среда» одной из целей ставит повышение комфортности городской среды. Важными критериями индекса качества городской среды являются её эколо-

гичность и здоровье [15]. Известно, что элементный состав городских почв неоднороден. На его формирование оказывают непосредственное влияние близость производственных предприятий и транспортных сетей, селитебные и рекреационные зоны и др. Владимирская область, расположенная в Центральном федеральном округе, является развитым промышленным регионом. Промышленность сосредоточена в основном в крупных городах и административных центрах муниципальных образований области (Владимир, Гусь-Хрустальный, Ковров, Муром), и загрязнение окружающей среды обусловлено в значительной степени деятельностью предприятий теплоэнергетики, металлообработки, машиностроения, стекольных производств и химической промышленности, а также работой транспорта. Каждый административный центр муниципальных образований Владимирской области имеет специфику городского ландшафта, связанную прежде всего с антропогенным компонентом городского пространства.

В административных центрах муниципальных образований Владимирской области проживает большая часть населения региона (по данным Росстата за 2024 г., 79,5%), поэтому эколого-гигиеническая оценка городских почв в регионе по содержанию тяжёлых металлов и мышьяка является актуальной. Исследование загрязнения почв городских пространств поможет оценить степень безопасности и комфорта среды обитания населения.

Цель работы – эколого-гигиеническая оценка городских почв административных центров муниципальных образований Владимирской области по содержанию тяжёлых металлов и мышьяка.

Материалы и методы

Объектом данного исследования был почвенный покров 16 муниципальных районных центров Владимирской области, а также ЗАТО Радужный и областного центра – города Владимира. Отбор образцов почв проводили в летний период 2022 и 2023 гг. в соответствии с ГОСТ Р 58595–19 из верхнего горизонта; пробоподготовку выполняли по ГОСТ 14.4.02–84. Всего в исследовании проанализировано ≈ 200 образцов почв. Данные по г. Владимиру взяты из научной статьи Трифоновой Т.А. [16]. Пробы почвы отбирали в различных городских функциональных зонах (территории с потенциальным источником аэрогенного

загрязнения; вблизи социальных объектов; селитебная и ландшафтно-рекреационная зоны). Определение рН водных вытяжек из отобранных образцов почв проводили на рН-метре Mettler Toledo Seven Compact S220. Содержание тяжёлых металлов (ТМ) и мышьяка в почве исследовали рентгенофлуоресцентным методом на спектрометре «Спектроскан МАКС-Г» в соответствии с методикой М-049-ПДО/18 (ФР.1.31.2018.32143).

Рассчитывали показатель накопления (P_n), коэффициент опасности (K_o), коэффициент концентрации (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c). Использовали минимальные, максимальные и медианные значения концентраций химических элементов по населённому пункту. Фоновые и предельно (ориентировочно) допустимые концентрации ТМ и мышьяка в почве определяли в соответствии со следующими документами: письмо Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации от 07.12.1993 г. № 04–25 «О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» и СанПин 1.2.3685–21*. Для определения P_n хрома использовали минимальное установленное значение его концентрации по каждому населённому пункту. По значению Z_c ,

* СанПин 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

в соответствии с СанПин 1.2.3685–21, проводили оценку степени опасности загрязнения почвы для здоровья населения.

Результаты

На территории Владимирской области преобладают дерново-подзолистые песчаные и супесчаные, а также серые лесные средне- и тяжелосуглинистые почвы [17]. Определение рН почвенной среды в административных центрах муниципальных образований показало, что водородный показатель находится в диапазоне 4,7–8,6 (медиана 7,45).

Концентрации тяжёлых металлов и мышьяка в городских почвах (мг/кг) определены в следующих диапазонах (min → max): As – 0,4 (Камешково) – 55,9 (Владimir); Co – нижний предел количественного определения (НПКО) (Владimir) – 26,5 (Владimir); Ni – 4,4 (Меленки) – 220,2 (Ковров); Pb – 7,7 (Юрьев-Польский) – 513,5 (Гусь-Хрустальный); Cu – НПКО (Меленки) – 894,6 (Меленки); Cr – 4,3 (Меленки) – 2806,4 (Ковров); Zn – 16,6 (Меленки) – 7443,6 (Гусь-Хрустальный). По средним значениям медиан ряд имеет аналогичный вид (min → max): As (8,4) = Co (8,4) → Ni (25,1) → Pb (32,5) → Cu (36,4) → Cr (71,6) → Zn (106,9).

В табл. 1 представлены результаты расчёта показателя накопления (P_n).

Таблица 1 / Table 1

Показатель накопления (P_n) тяжёлых металлов и мышьяка в образцах почв административных центров муниципальных образований Владимирской области

Accumulation indicator (P_n) of heavy metals and arsenic in soil samples of administrative centers of municipals of the Vladimir region

Город Cities	Химический элемент (мг/кг), min–max (Me) / Chemical element (mg/kg), min–max (Me)							Среднее по медиане Average by median
	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As	Pb	
Александров Alexandrov	0.0–1.6 (0.6)	–0.4–0.1 (–0.2)	–0.4–0.2 (0.0)	0.6–4.1 (2.6)	0.0–3.8 (0.9)	1.3–5.2 (3.7)	0.4–2.8 (1.3)	1.3
Вязники / Vyazniki	0.0–2.5 (0.6)	0.5–2.4 (1.5)	2.0–5.0 (3.1)	*–4.2 (0.2)	0.6–8.1 (2.3)	0.9–5.2 (1.6)	0.7–12.9 (3.5)	1.8
Гороховец Gorokhovets	0.0–1.0 (0.9)	0.5–2.8 (2.1)	2.5–5.0 (3.7)	0.0–11.3 (2.9)	0.9–3.1 (1.6)	2.3–5.9 (3.5)	2.8–16.2 (4.3)	2.7
Гусь-Хрустальный Gus-Khrustalny	0.0–134.0 (3.9)	0.4–4.8 (1.1)	–0.1–28.9 (2.9)	–0.3–70.5 (2.2)	–0.3–264.8 (3.4)	2.4–16.3 (9.5)	2.3–84.6 (8.7)	4.5
Камешково Kamenskovo	0.0–6.9 (2.7)	0.9–2.7 (1.1)	1.2–2.9 (1.9)	–0.9–3.1 (1.9)	0.4–2.6 (1.5)	–0.8–4.3 (2.8)	1.4–5.5 (2.9)	2.1
Киржач / Kirzhach	0.0–4.6 (0.3)	–0.3–0.2 (0.1)	–0.4–0.4 (–0.1)	0.4–6.8 (3.9)	0.9–6.2 (1.8)	2.3–5.6 (4.3)	0.5–2.6 (1.3)	1.7
Ковров / Kovrov	0.0–54.2 (0.8)	0.6–2.5 (1.4)	1.8–35.7 (3.3)	*–48.6 (3.3)	2.0–27.9 (3.7)	2.3–6.3 (4.1)	1.5–31.1 (4.5)	3.0
Кольчугино Kolchugino	0.0–0.8 (0.4)	–0.4–0.1 (–0.2)	–0.2–0.4 (0.1)	1.4–19.8 (4.7)	1.5–7.7 (4.2)	1.9–5.7 (3.4)	0.5–9.0 (1.6)	2.0
Красная Горбатка Krasnaya Gorbatka	0.0–2.2 (0.8)	0.9–3.7 (2.4))	1.4–5.0 (2.6)	*–2.8 (1.7)	1.2–4.3 (3.2)	1.2–5.0 (3.5)	1.9–11.3 (5.4)	2.8
Меленки / Melenki	0.0–42.6 (5.6)	0.1–2.9 (0.9)	–0.3–7.3 (0.9)	*–110.8 (0.4)	–0.4–15.4 (1.8)	–0.5–8.7 (2.8)	0.3–38.3 (2.7)	2.1
Муром / Murom	0.0–2.8 (0.9)	1.0–2.9 (1.7)	1.5–9.1 (3.7)	*–16.7 (3.5)	1.4–17.8 (4.6)	1.7–8.4 (3.5)	1.7–12.8 (4.6)	3.2
Петушки / Petushki	0.0–2.5 (0.8)	0.6–2.9 (1.8)	1.4–17.9 (2.5)	–0.7–7.5 (5.7)	1.2–12.7 (3.3)	0.4–10.6 (5.8)	2.5–404 (3.7)	3.4
Собинка / Sobinka	0.0–4.6 (2.2)	0.9–1.8 (1.5)	1.1–2.7 (1.8)	*–3.8 (0.0)	0.9–11.1 (1.9)	0.9–23.7 (3.7)	3.1–13.1 (4.2)	2.2
Судогда / Sudogda	0.0–6.3 (2.2)	0.5–2.5 (1.2)	0.8–6.4 (2.1)	*–3.6 (1.6)	0.7–3.5 (1.2)	1.7–5.9 (3.9)	1.1–3.3 (1.9)	2.0
Сузdalь / Suzdal	0.0–4.9 (2.3)	–0.6–0.1 (–0.2)	–0.5–0.2 (–0.1)	–1.0–2.0 (0.1)	–0.3–3.3 (0.4)	0.3–3.4 (1.7)	–0.5–7.9 (0.6)	0.7
Юрьев-Польский Yuryev-Polsky	0.0–0.8 (0.5)	–0.5–0.2 (0.1)	–0.5–0.4 (0.1)	*–8.7 (2.4)	–0.1–5.6 (0.3)	0.8–6.4 (3.6)	–0.5–14.6 (0.9)	1.1
Радужный Raduzhny	0.0–3.8 (1.2)	0.5–2.3 (1.1)	0.1–2.6 (1.6)	–0.9–4.3 (1.9)	0.2–11.3 (1.5)	–0.2–6.4 (3.4)	0.8–14.5 (2.9)	2.0
Владимир Vladimir	0.0–2.9 (0.5)	*–1.2 (–0.1)	–0.6–0.6 (0.1)	*–4.1 (1.9)	–0.1–6.6 (0.8)	0.0–20.5 (2.3)	0.1–20.2 (2.1)	1.1
Среднее медианное значение Mean median value	1.5	1.0	1.7	2.3	2.1	3.7	3.2	—

Примечание. Здесь и в табл. 2, 3: * – нижний порог количественного определения (НПКО).

Note: Here and in Tables 2, 3: * – lower limit of quantification (LLQ).

Таблица 2 / Table 2

Коэффициенты опасности (K_o) тяжёлых металлов и мышьяка в образцах почвHazard coefficients (C_o) of heavy metals and arsenic in soil samples

Город Cities	Химический элемент (мг/кг), min–max (Me) / Chemical element (mg/kg), min–max (Me)					Среднее по медиане Average by median
	Ni	Cu	Zn	As	Pb	
Александров / Alexandrov	0.3–0.5 (0.4)	0.2–0.8 (0.5)	0.3–1.3 (0.5)	0.6–1.6 (1.2)	0.2–0.7 (0.3)	0.60
Вязники / Vyazniki	0.9–1.8 (1.2)	*–1.3 (0.3)	0.8–4.6 (1.7)	1.4–4.6 (1.9)	0.3–2.6 (0.9)	1.21
Гороховец Gorokhovets	1.1–1.8 (1.4)	0.3–2.9 (0.9)	0.9–2.1 (1.3)	2.4–5.2 (3.4)	0.7–3.2 (0.9)	1.61
Гусь-Хрустальный / Gus-Khrustalny	0.3–8.9 (1.2)	0.2–17.3 (0.8)	0.4–135.3 (2.2)	2.5–12.9 (7.9)	0.6–16.1 (1.8)	2.78
Камешково / Kameshovo	0.7–1.2 (0.9)	0.0–1.0 (0.7)	0.7–1.8 (1.3)	0.2–3.9 (2.8)	0.4–1.2 (0.7)	1.27
Киржач / Kirzhach	0.2–0.5 (0.3)	0.2–0.9 (0.6)	0.4–1.5 (0.6)	0.7–1.5 (1.2)	0.2–0.4 (0.3)	0.59
Ковров / Kovrov	0.9–11.0 (1.3)	*–12.0 (1.0)	1.6–14.7 (2.4)	2.5–5.4 (3.9)	0.5–6.0 (1.0)	1.91
Кольчугино / Kolchugino	0.3–0.5 (0.4)	0.3–2.6 (0.7)	0.5–1.8 (1.1)	0.7–1.5 (0.9)	0.2–1.2 (0.3)	0.69
Красная Горбатка / Krasnaya Gorbatka	0.7–1.8 (1.1)	*–0.9 (0.7)	1.1–2.7 (2.2)	1.7–4.5 (3.4)	0.6–2.3 (1.2)	1.69
Меленки / Melenki	0.2–2.5 (0.6)	*–27.1 (0.3)	0.3–8.4 (1.5)	0.4–7.3 (2.8)	0.3–7.4 (0.7)	1.17
Муром / Murom	0.7–3.0 (1.4)	*–4.3 (1.1)	1.2–9.6 (2.9)	2.1–7.0 (3.4)	0.5–2.6 (1.0)	1.96
Петушки / Petushki	0.7–5.7 (1.0)	0.1–2.1 (1.6)	1.1–6.9 (2.2)	1.1–8.7 (5.1)	0.7–7.8 (0.9)	2.17
Собинка / Sobinka	0.6–1.1 (0.8)	*–1.2 (0.2)	1.0–6.2 (1.5)	1.4–18.5 (3.5)	0.8–2.7 (0.9)	1.42
Судогда / Sudogda	0.5–2.2 (0.9)	*–1.1 (0.6)	0.8–2.3 (1.1)	2.0–5.2 (3.7)	0.4–0.8 (0.5)	1.38
Сузdal	0.2–0.5 (0.4)	0.0–0.5 (0.2)	0.2–1.2 (0.4)	0.3–1.1 (0.7)	0.1–1.1 (0.2)	0.36
Юрьев-Польский / Yuryev-Polsky	0.2–0.6 (0.5)	*–1.5 (0.5)	0.2–1.8 (0.4)	0.5–1.9 (1.2)	0.1–1.9 (0.2)	0.56
Радужный / Raduzhny	0.3–1.1 (0.8)	0.0–1.3 (0.7)	0.6–6.3 (1.3)	0.6–5.6 (3.3)	0.3–2.9 (0.7)	1.37
Владimir / Vladimir	0.2–0.7 (0.5)	*–0.8 (0.4)	0.3–2.1 (0.5)	0.3–5.5 (0.9)	0.1–2.6 (0.4)	0.53
Среднее медианное значение Mean median value	0.8	0.7	1.4	2.8	0.7	—

Таблица 3 / Table 3

Коэффициент концентрации (K_c) и суммарный показатель загрязнения почвы (Z_c) по административным центрам муниципальных образований Владимирской областиConcentration coefficient (K_c) and total indicator of soil pollution (Z_c) by administrative centers of municipals of the Vladimir region

Город Cities	Химический элемент (мг/кг), min–max (Me) / Chemical element (mg/kg), min–max (Me)						Z_c	
	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	As		
Александров Alexandrov	1.0–2.6 (1.6)	0.6–1.1 (0.8)	0.6–1.2 (1.0)	1.6–5.1 (3.6)	1.0–4.8 (1.9)	2.3–6.2 (4.7)	1.4–5.7 (2.3) 2.6–20.6 (9.9)	
Вязники / Vyazniki	1.0–3.5 (1.6)	1.5–3.4 (2.5)	3.0–6.0 (4.1)	*–5.2 (1.2)	1.6–9.1 (3.3)	1.9–6.2 (2.6)	1.7–13.9 (4.5) 5.7–41.4 (13.9)	
Гороховец Gorokhovets	1.0–2.0 (1.9)	1.5–3.8 (3.1)	3.5–6.0 (4.7)	1.0–12.3 (3.9)	1.9–4.1 (2.6)	3.3–6.9 (4.5)	3.8–17.2 (5.3) 10.0–46.3 (20.0)	
Гусь-Хрустальный Gus-Khrustalny	1.0–135.0 (4.9)	1.4–5.8 (2.1)	0.9–29.9 (3.9)	0.8–71.5 (3.2)	0.7–265.8 (4.4)	3.4–17.3 (10.5)	3.3–85.6 (9.7) 5.5–604.9 (32.7)	
Камешково Kameshovo	1.0–7.9 (3.7)	1.9–3.7 (2.1)	2.2–3.9 (2.9)	0.1–4.1 (2.9)	1.4–3.6 (2.5)	0.3–5.3 (3.8)	2.4–6.5 (3.9) 3.3–28.9 (15.6)	
Киржач / Kirzhach	1.0–5.6 (1.3)	0.7–1.2 (1.1)	0.6–1.4 (0.9)	1.4–7.8 (4.9)	1.9–7.2 (2.8)	3.3–6.6 (5.3)	1.5–3.6 (2.3) 4.3–27.4 (12.6)	
Ковров / Kovrov	1.0–55.2 (1.8)	1.5–3.5 (2.4)	2.8–36.7 (4.3)	*–49.6 (4.3)	3.0–28.9 (4.67)	3.3–7.3 (5.1)	2.5–32.1 (5.5) 9.4–207.2 (21.9)	
Кольчугино Kolchugino	1.0–1.8 (1.4)	0.6–1.1 (0.8)	0.8–1.4 (1.1)	2.4–20.8 (5.7)	2.5–8.7 (5.2)	2.9–6.7 (4.4)	1.5–10.0 (2.6) 5.7–44.5 (15.1)	
Красная Горбатка Krasnaya Gorbatka	1.0–3.2 (1.8)	1.9–4.7 (3.4)	2.4–6.0 (3.6)	*–3.8 (2.7)	2.2–5.3 (4.2)	2.2–6.0 (4.5)	2.9–12.3 (6.4) 7.8–35.3 (20.6)	
Меленки / Melenki	1.0–43.6 (6.6)	1.0–3.9 (1.9)	0.7–8.3 (1.9)	*–111.8 (1.4)	0.6–16.4 (2.8)	0.5–9.7 (3.8)	1.3–39.3 (3.7) 0.2–227.1 (16.0)	
Муром / Murom	1.0–3.8 (1.9)	2.0–3.9 (2.7)	2.5–10.1 (4.7)	*–17.7 (4.5)	2.4–18.8 (5.6)	2.7–9.4 (4.5)	2.7–13.8 (5.6) 8.3–71.4 (23.6)	
Петушки / Petushki	1.0–3.5 (1.8)	1.6–3.9 (2.8)	2.4–18.9 (3.5)	0.3–8.5 (6.7)	2.2–13.7 (4.3)	1.4–11.6 (6.8)	3.5–41.4 (4.7) 6.4–95.5 (24.6)	
Собинка / Sobinka	1.0–5.6 (3.2)	1.9–2.8 (2.5)	2.1–3.7 (2.8)	*–4.8 (0.9)	1.9–12.1 (2.9)	1.9–24.7 (4.7)	4.1–13.1 (5.2) 7.9–61.8 (16.4)	
Судогда / Sudogda	1.0–7.3 (3.2)	1.5–3.5 (2.2)	1.8–7.4 (3.1)	*–4.6 (2.6)	1.7–4.5 (2.2)	2.7–6.9 (4.9)	2.1–4.3 (2.9) 5.7–32.6 (14.9)	
Сузdal	1.00–5.9 (3.3)	0.4–1.1 (0.8)	0.45–1.2 (0.9)	0.0–3.0 (1.1)	0.7–4.3 (1.4)	1.3–4.4 (2.7)	0.5–8.9 (1.6) –1.6–22.6 (5.7)	
Юрьев-Польский Yuryev-Polsky	1.0–1.8 (1.5)	0.4–51.2 (1.0)	0.6–1.4 (1.1)	*–9.7 (3.4)	0.9–6.6 (1.3)	1.8–7.4 (4.6)	0.5–15.6 (1.9) 0.1–37.7 (8.8)	
Радужный Raduzhny	1.0–4.8 (2.2)	1.5–3.3 (2.1)	1.1–3.6 (2.6)	0.1–5.3 (2.9)	1.2–12.3 (2.5)	0.8–7.4 (4.4)	1.8–15.5 (3.9) 1.5–46.2 (14.7)	
Владимир Vladimir	1.0–3.9 (1.5)	*–2.2 (0.9)	0.4–1.6 (1.1)	*–5.1 (2.9)	0.9–7.6 (1.8)	0.9–21.5 (3.3)	1.1–21.2 (3.1) 0.4–57.1 (8.7)	
Среднее медианное значение Mean median value	2.5	2.0	2.7	3.3	3.1	4.7	4.2	—

Показатель накопления ТМ и мышьяка (по медиане) в почве административных центров муниципальных образований Владимирской области возрастает в ряду: $\text{Co} \rightarrow \text{Cr} \rightarrow \text{Ni} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{As}$. В табл. 2 представлены результаты расчёта коэффициента опасности (K_c). Ряд (по медиане) имеет следующий вид (min → max): $\text{Cu} = \text{Pb} \rightarrow \text{Ni} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{As}$.

Результаты расчёта коэффициента концентрации (K_c) и суммарного показателя загрязнения (Z_c) как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения представлены в табл. 3.

Обсуждение

Исследование элементного состава городских почв Владимирской области показало, что загрязнение почвенного покрова ТМ и мышьяком по городам значительно различается, что обусловлено спецификой промышленного производства. Известно, что интенсивность накопления тяжёлых металлов и мышьяка определяется значением pH почвенной среды. Исследуемые почвы в основном имеют щелочную реакцию, обусловленную техногенной трансформацией [18]. Повышенный водородный показатель характерен для промышленных и транспортных зон, в ландшафтно-рекреационных зонах городских территорий показатель pH варьируется в пределах 4,7–6,4. Максимальные концентрации тяжёлых металлов определены в Гусь-Хрустальном (Pb, Zn), Владимире (As, Co), Коврове (Cr, Ni) и Меленках (Cu). Наибольшие концентрации поллютантов выявлены в урбанизированных промышленных зонах, минимальные — в ландшафтно-рекреационных зонах.

По средним медианным значениям показателя накопления (см. табл. 1) установлено, что приоритетными загрязнителями почвенного покрова городов Владимирской области являются As и Pb, относящиеся к первому классу опасности. Высокие показатели накопления As характерны для большинства административных центров муниципальных образований Владимирской области. Во всех городах, за исключением Суздаля, есть точки, в которых показатель накопления мышьяка превышает среднее медианное областное значение. Самые высокие значения P_n (As) установлены в Собинке (23,7), Владимире (20,5) и Гусь-Хрустальном (16,3). Аналогичную ситуацию наблюдали и с накоплением свинца. При этом в Гусь-Хрустальном выявлено чрезвычайно высокое значение P_n (Pb), что связано с деятельностью градообразующего предприятия — Гусевского хрустального завода [19]. В производстве хрусталия в качестве компонентов шихты используются оксиды свинца ($\text{PbO}, \text{Pb}_2\text{O}_4$), которые, обладая большой летучестью в диапазоне температур образования стекла, попадают в атмосферу и, выпадая на почву, аккумулируются в ней. Очень высокие значения показателя накопления других ТМ в ряде административных центров объясняются спецификой промышленности. Так, например, наибольшие показатели накопления Cr определены в почвах Гусь-Хрустального и Коврова. В первом случае это связано со спецификой производства на стекольных заводах города. При изготовлении стекла в составе шихты используют краситель Cr_2O_3 , который при варке стекла с газовоздушными выбросами из атмосферы выпадает на почву. В Коврове действуют машиностроительные заводы, имеющие в своём технологическом процессе участки по нанесению хромированного гальванического покрытия [20]. Загрязнение почвенного покрова медью в Меленках можно ассоциировать с деятельностью старейшего производственного предприятия города, специализировавшегося на литейно-механическом производстве [21]. Важно отметить, что в большинстве перечисленных городов наряду с очень высокими значениями показателей накопления медианные значения данного коэффициента в целом незначительно отличаются от региональных. Это может свидетельствовать о воздействии на почвенный покров локальных промышленных источников загрязнения.

В то же время в Кольчугине, Муроме, Петушких при отсутствии установленных очень высоких значений P_n медианные значения некоторых элементов выше областных, что может указывать на одновременное воздействие на городские почвы различных источников. Прежде всего это поступление ТМ с газопылевыми выбросами от предприятий металлообработки и машиностроения, автотранспорта, топливно-энергетического комплекса. Наименьшими значениями P_n по медианным значениям характеризуется Суздаль, что вполне объяснимо. Суздаль позиционируется прежде всего как исторический и туристический центр, в котором практически отсутствуют промышленные предприятия. Наибольшие значения P_n отмечены для свинца, источником которого, по всей видимости, является туристический автомобильный транспорт.

Анализ табл. 2 позволяет сделать аналогичные выводы. Наиболее благополучной ситуацией характеризуется Суздаль, в котором отмечены единичные превышения ПДК (ОДК) цинка, мышьяка и свинца. Наименее благополучными (если рассматривать среднее по медиане) по данному показателю являются Гусь-Хрустальный, Петушки, Муром и Ковров. В разных городах по отдельным элементам превышение нормативных показателей (ПДК/ОДК) достигает нескольких десятков раз, а в Гусь-Хрустальном в одной точке отмечено превышение ПДК (ОДК) по цинку в 135,3 раза.

Максимальные значения суммарного показателя загрязнения выявлены в Гусь-Хрустальном ($Z_c = 604,9$), Коврове ($Z_c = 207,2$), Меленках ($Z_c = 227,1$), что позволяет отнести почвы этих городов к категории чрезвычайно опасных ($Z_c > 128$). Фактически в этих городах выявлены локальные техногенные химические загрязнения (аномалии), обычно привязанные к производствам или находящиеся на их территории и обусловленные производственной деятельностью. В одиннадцати городах выявлен опасный уровень загрязнения почв. В остальных (Александров, Камешково, Киржач и Суздаль) почву по максимальным значениям K_c можно отнести к умеренно опасной. В то же время, исходя из медианных значений Z_c , только почву в Гусь-Хрустальном можно отнести к опасной для здоровья человека категории. Почвенный покров Гороховца, Коврова, Красной Горбатки, Мурома, Петушков, Собинки по медианному значению Z_c можно отнести к умеренно опасной категории. В остальных населённых пунктах медианные значения Z_c позволяют отнести почву к категории допустимого уровня загрязнения. С учётом различного типа почв и её гранулометрического состава в административных центрах при расчётах гигиенических нормативов нами были использованы различные коэффициенты. Поэтому, например, хорошо развитый в промышленном отношении областной центр, почвы которого относятся к серым лесным суглинистым, оказался достаточно благополучным по индексу суммарного загрязнения почв. Аналогично в Кольчугине и Муроме в отдельных точках обнаружены значительные концентрации ТМ. Поэтому в продолжение данного исследования будет необходимо провести оценку риска для здоровья, обусловленного загрязнением почв ТМ и мышьяком, методология которой не ориентирована на дифференцирование почв.

Заключение

Оценка уровня загрязнения городских почв административных центров муниципальных образований Владимирской области по содержанию ТМ и мышьяка показала, что большая часть населения городов проживает в зоне с почвами умеренно опасной и допустимой категорий. При этом наблюдается значительное варьирование концентраций ТМ в почве городов, что характерно для урбанизированных почв, подверженных различным видам антропогенного воздействия (промышленные выбросы, рост числа автотранспортных средств, запылённость городского воздуха, способствующая аккумуляции ТМ в поверхностном горизонте городских

почв). Максимальные концентрации ТМ и мышьяка зафиксированы в урбанизированных промышленных зонах, минимальные – в ландшафтно-рекреационных зонах. Приоритетными загрязнителями почвенного покрова городов Владимирской области являются As и Pb, средние медианные значения концентраций которых превышают фоновые более чем в четыре раза. Максимальные значения суммарного показателя загрязнения почвы выявлены в Гусь-Хрустальном, Коврове, Меленках, что обусловлено деятельностью стекольных, литьевых, машиностроительных предприятий, использующих в технологических процессах соединения ТМ. Наименьшим загрязнением почвенного покрова было в Суздале – историческом и туристическом центре, в котором практически отсутствуют промышленные предприятия.

Вероятность высоких рисков для здоровья населения и окружающей среды городского пространства административных центров муниципальных образований Владимирской области определяет необходимость организации постоянного эколого-гигиенического мониторинга их почвенного покрова. Следствием загрязнения почв может быть снижение безопасности и комфортности среды обитания населения. Результаты экологического мониторинга состояния городских почв следует учитывать при планировании и строительстве новых объектов жилого и социально-культурного назначения в непосредственной близости от бывших промышленных зон, где нередко встречаются аномально высокие химические загрязнения почвенного покрова, в том числе и тяжелыми металлами.

Литература

- Kurolap S.A., Petrosyan V.S., Klepikov O.V., Kulnev V.V., Martynov D.Yu. Оценка влияния метеорологических параметров на техногенное загрязнение канцерогенноопасными химическими веществами воздушного бассейна города Воронежа. *Экология и промышленность России*. 2021; 25(2): 60–5. https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-2-60-65 https://elibrary.ru/jexebi
- Dyachenko V.B., Shemanyan V.G., Vishnevetskaya V.V. Влияние техногенеза и геохимии аэрозолей на состояние окружающей среды и здоровье населения юга России. *География и природные ресурсы*. 2023; 44(4): 46–58. https://doi.org/10.15372/GIPR20230405 https://elibrary.ru/otmczw
- Mehantieva L.E., Enin A.V. Комплексная гигиеническая оценка техногенной нагрузки на территории Воронежской области. *Здоровье населения и среда обитания – ZnISO*. 2024; 32(1): 28–35. https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-1-28-35 https://elibrary.ru/gzksjj
- May I.V., Kleyn S.V., Maksimova E.V., Balashov S.Yu. Актуализация программ наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного воздуха в задачах реализации национальных проектов на региональном уровне. *Здоровье населения и среда обитания – ZnISO*. 2023; 31(5): 15–24. https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24 https://elibrary.ru/ynvbyu
- Potapova Yu.Yu., Khazikhmetov R.M., Kholukhoyeva A.D. Загрязнение атмосферного воздуха в Уфе – угроза экологической безопасности. *Медицина труда и экология человека*. 2022; (3): 147–9. https://doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10315 https://elibrary.ru/kgczxs
- Goncharov G.A., Sokochev B.R., Farkhutdinov I.M. Экологическая оценка состояния почвенного покрова на территории города Уфы. *Известия Томского политехнического университета. Инженеринг георесурсов*. 2023; 334(11): 61–79. https://doi.org/10.18799/24131830/2023/11/4307 https://elibrary.ru/ldksp1
- Neelova O.V., Dzasokhova Z.A. Экологическая оценка степени антропогенного загрязнения тяжелыми металлами почв республики Северная Осетия – Алания (обзор). *Экология промышленного производства*. 2022; (4): 35–42. https://doi.org/10.52190/2073-2589_2022_4_35 https://elibrary.ru/euiocf
- Kosheleva N.E., Nikiforova E.M., Timofeev I.V. Загрязнение тяжелыми металлами и металлоидами и экологическое состояние почв г. Северобайкальска. *Pochvovedenie*. 2022; (5): 571–85.
- Environment and Human Health. Environmental assessment report № 10. Europe's Environment: the third assessment; 2003.
- Bashkin V.N., Galiiulin P.V., Galiiulina P.A., Arabskiy A.K. Риск загрязнения почв тяжелыми металлами через газопылевые выбросы. *Проблемы анализа риска*. 2019; 16(1): 42–9. https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-42-49 https://elibrary.ru/vunhrn
- Kurolap S.A., Petrosyan V.S., Klepikov O.V., Kulnev V.V., Martynov D.Yu. Environmental assessment of the impact of meteorological parameters on man-made pollution by carcinogenically dangerous chemicals in the Voronezh air basin. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2021; 25(2): 60–5. https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-2-60-65 https://elibrary.ru/jexebi (in Russian)
- Dyachenko V.V., Shemanyan V.G., Vishnevetskaya V.V. Influence of technogenesis and geochemistry of aerosols on the status of environment and public health in the south of Russia. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2023; 44(4): 46–58. https://doi.org/10.15372/GIPR20230405 https://elibrary.ru/otmczw (in Russian)
- Mehantieva L.E., Enin A.V. Comprehensive hygienic assessment of anthropogenic load on the territory of the Voronezh region. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZnISO*. 2024; 32(1): 28–35. https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-1-28-35 https://elibrary.ru/gzksjj (in Russian)
- May I.V., Kleyn S.V., Maksimova E.V., Balashov S.Yu. Update of ambient air pollution monitoring programs within regional-level implementation of national projects. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZnISO*. 2023; 31(5): 15–24. https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24 https://elibrary.ru/ynvbyu (in Russian)
- Kaverina N.B. Трансформация городских почв под влиянием техногенных воздействий. *Проблемы региональной экологии*. 2020; (4): 113–7. https://elibrary.ru/hzhnvz
- Zharikova E.A. Тяжелые металлы в городских почвах: оценка содержания и экологического риска. *Известия Томского политехнического университета. Инженеринг георесурсов*. 2021; 332(1): 164–73. https://doi.org/10.18799/24131830/2021/1/3009
- Boev B.M., Zelenina L.V., Kudusova L.X., Kryzheva E.A., Zelenin D.O. Гигиеническая оценка канцерогенного риска здоровью населения, ассоциированного с загрязнением депонирующими сред тяжелыми металлами. *Анализ риска здоровью*. 2022; (1): 17–26. https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.02 https://elibrary.ru/ppsyqm
- Wallace D.R., Djordjevic A.B. Heavy metal and pesticide exposure: A mixture of potential toxicity and carcinogenicity. *Curr. Opin. Toxicol.* 2020; 19: 72–9. https://doi.org/10.1016/j.cotox.2020.01.001
- Индекс качества городской среды; 2024. Доступно: https://индекс-городов.рф/
- Трифонова Т.А., Курочкин И.Н., Курбатов Ю.Н. Тяжелые металлы в почвах различных функциональных зон урбанизированных территорий: оценка содержания и экологического риска. *Теоретическая и прикладная экология*. 2023; (2): 38–46. https://doi.org/10.25750/1995-4301-2023-2-038-046 https://elibrary.ru/csbag
- Комаров В.И., Селиванов О.Г., Марцев А.А., Подолец А.А., Лукьянов С.Н. Содержание тяжелых металлов в пахотном горизонте почв сельскохозяйственного назначения Владимирской области. *Агрохимия*. 2019; (12): 75–82. https://doi.org/10.1134/S0002188119100089 https://elibrary.ru/eldgzk
- Водяницкий Ю.Н. Учет геохимических особенностей территории и погодных условий при нормировании тяжелых металлов в почвах. *Агрохимия*. 2014; (2): 66–72. https://elibrary.ru/rybiqd
- Трифонова Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н. Экологогигиеническая оценка почв промышленного города со стекольным производством по содержанию тяжелых металлов и мышьяка. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(6): 549–55. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-6-549-555 https://elibrary.ru/kmlsk
- Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н., Трифонова Т.А. Загрязнение почв города с машиностроительным производством тяжелыми металлами и мышьяком и эпидемиологический риск для здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(3): 208–15. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-208-215 https://elibrary.ru/fjszdv
- Трифонова Т.А., Марцев А.А., Селиванов О.Г., Курбатов Ю.Н., Ростунов А.О. Оценка эпидемиологического риска для здоровья и загрязнения литьевым производством почв малого города. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(2): 172–81. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-2-172-181 https://elibrary.ru/kjgop

References

- Kurolap S.A., Petrosyan V.S., Klepikov O.V., Kulnev V.V., Martynov D.Yu. Air pollution in the city of Ufa as a threat to environmental safety. *Meditisina truda i ekologiya cheloveka*. 2022; (3): 147–9. https://doi.org/10.24412/2411-3794-2022-10315 https://elibrary.ru/kgczxs (in Russian)
- Goncharov G.A., Sokochev B.R., Farkhutdinov I.M. Ecological and geochemical assessment of soil cover on the territory of Ufa city. *Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2023; 334(11): 61–79. https://doi.org/10.18799/24131830/2023/11/4307 https://elibrary.ru/ldksp1 (in Russian)
- Neelova O.V., Dzasokhova Z.A. Ecological assessment of the degree of anthropogenic pollution heavy metals of the soils of the republic of North Ossetia – Alania (review). *Ekologiya promyshlennogo proizvodstva*. 2022; (4): 35–42. https://doi.org/10.52190/2073-2589_2022_4_35 https://elibrary.ru/euiocf (in Russian)
- Kosheleva N.E., Nikiforova E.M., Timofeev I.V. Pollution with heavy metals and metalloids and the ecological state of soils in Severobaikalsk. *Pochvovedenie*. 2022; (5): 571–85. (in Russian)
- Environment and Human Health. Environmental assessment report № 10. Europe's Environment: the third assessment; 2003.
- Kurolap S.A., Petrosyan V.S., Klepikov O.V., Kulnev V.V., Martynov D.Yu. Environmental assessment of the impact of meteorological parameters on man-made pollution by carcinogenically dangerous chemicals in the Voronezh air basin. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2021; 25(2): 60–5. https://doi.org/10.18412/1816-0395-2021-2-60-65 https://elibrary.ru/jexebi (in Russian)
- Dyachenko V.V., Shemanyan V.G., Vishnevetskaya V.V. Influence of technogenesis and geochemistry of aerosols on the status of environment and public health in the south of Russia. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2023; 44(4): 46–58. https://doi.org/10.15372/GIPR20230405 https://elibrary.ru/otmczw (in Russian)
- Mehantieva L.E., Enin A.V. Comprehensive hygienic assessment of anthropogenic load on the territory of the Voronezh region. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZnISO*. 2024; 32(1): 28–35. https://doi.org/10.35627/2219-5238/2024-32-1-28-35 https://elibrary.ru/gzksjj (in Russian)
- May I.V., Kleyn S.V., Maksimova E.V., Balashov S.Yu. Update of ambient air pollution monitoring programs within regional-level implementation of national projects. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZnISO*. 2023; 31(5): 15–24. https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-15-24 https://elibrary.ru/ynvbyu (in Russian)
- Kaverina N.B. Transformation of urban soils under the influence of technological factors. *Problems of regional ecology*. 2020; (4): 113–7. https://elibrary.ru/hzhnvz
- Zharikova E.A. Heavy metals in urban soils: assessment of content and ecological risk. *News of Tomsk Polytechnic University. Engineering georesources*. 2021; 332(1): 164–73. https://doi.org/10.18799/24131830/2021/1/3009
- Boev B.M., Zelenina L.V., Kudusova L.X., Kryzheva E.A., Zelenin D.O. Hygienic assessment of cancerogenic risk to health associated with deposition of soils containing heavy metals. *Analysis of health risk*. 2022; (1): 17–26. https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.02 https://elibrary.ru/ppsyqm
- Wallace D.R., Djordjevic A.B. Heavy metal and pesticide exposure: A mixture of potential toxicity and carcinogenicity. *Curr. Opin. Toxicol.* 2020; 19: 72–9. https://doi.org/10.1016/j.cotox.2020.01.001
- Index of quality of urban environment; 2024. Available at: https://index-city-areas.ru/
- Trifonova T.A., Kurochkin I.N., Kurbatov Yu.N. Heavy metals in soils of different functional zones of urbanized territories: assessment of content and ecological risk. *Theoretical and applied ecology*. 2023; (2): 38–46. https://doi.org/10.25750/1995-4301-2023-2-038-046 https://elibrary.ru/csbag
- Komarov V.I., Selivanov O.G., Marcev A.A., Podolec A.A., Lukyanov S.N. Content of heavy metals in topsoil of agricultural lands of the North Ossetian-Alanian region. *Agronomy*. 2019; (12): 75–82. https://doi.org/10.1134/S0002188119100089 https://elibrary.ru/eldgzk
- Vodyanitskii Yu.N. Accounting for geochemical features of the territory and weather conditions for soil zoning of heavy metals in soils. *Agronomy*. 2014; (2): 66–72. https://elibrary.ru/rybiqd
- Trifonova T.A., Marcev A.A., Selivanov O.G., Kurbatov Yu.N. Ecological-hygienic assessment of soils of the industrial city of Ufa with glass production regarding heavy metals and arsenic. *Hygiene and sanitation*. 2023; 102(6): 549–55. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-6-549-555 https://elibrary.ru/kmlsk
- Marcev A.A., Selivanov O.G., Kurbatov Yu.N., Trifonova T.A. Soil pollution by heavy metals and arsenic and its impact on the health of the population. *Hygiene and sanitation*. 2024; 103(3): 208–15. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-208-215 https://elibrary.ru/fjszdv
- Trifonova T.A., Marcev A.A., Selivanov O.G., Kurbatov Yu.N., Rostunov A.O. Assessment of epidemiological risk for health and soil pollution by lead in small cities. *Hygiene and sanitation*. 2024; 103(2): 172–81. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-2-172-181 https://elibrary.ru/kjgop

10. Bashkin V.N., Galilin R.V., Galilina R.A., Arabsky A.K. Risk of soil contamination by heavy metals through gas-dust emissions. *Problemy analiza risika*. 2019; 16(1): 42–9. <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2019-16-42-49> <https://elibrary.ru/vunhrn> (in Russian)
11. Kaverina N.V. Transformation of urban soils under technogenic impacts. *Problemy regional'noi ekologii*. 2020; (4): 113–7. <https://elibrary.ru/hzhnvz> (in Russian)
12. Zharikova E.A. Assessment of heavy metals content and environmental risk in urban soils. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2021; 332(1): 164–73. <https://doi.org/10.18799/24131830/2021/1/3009> (in Russian)
13. Boev V.M., Zelenina L.V., Kudusova L.H., Kryazheva E.A., Zelenin D.O. Hygienic assessment of carcinogenic health risks associated with contamination of depositing media with heavy metals. *Health Risk Analysis*. 2022; (1): 17–26. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2022.1.02.eng> <https://elibrary.ru/amonix>
14. Wallace D.R., Djordjevic A.B. Heavy metal and pesticide exposure: A mixture of potential toxicity and carcinogenicity. *Curr. Opin. Toxicol.* 2020; 19: 72–9. <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2020.01.001>
15. Urban Environment Quality Index; 2024. Available at: <https://индекс-городов.рф/> (in Russian)
16. Trifonova T.A., Kurochkin I.N., Kurbatov Yu.N. Heavy metals in soils of various functional zones of urbanized territories: assessment of the content and environmental risk. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*. 2023; (2): 38–46. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2023-2-038-046> <https://elibrary.ru/csbsag> (in Russian)
17. Komarov V.I., Selivanov O.G., Martsev A.A., Podoletc A.A., Lukyanov S.N. Heavy metals contamination in arable horizon of soils of agricultural appointment of the Vladimir region. *Agrokhimiya*. 2019; (12): 75–82. <https://doi.org/10.1134/S0002188119100089> <https://elibrary.ru/eldgxk> (in Russian)
18. Vodyanitsky Yu.N. Assessment of local geochemical features and weather conditions at the regulation of heavy metals in soils. *Agrokhimiya*. 2014; (2): 66–72. <https://elibrary.ru/rybiqd> (in Russian)
19. Trifonova T.A., Martsev A.A., Selivanov O.G., Kurbatov Yu.N. Ecological and hygienic assessment of soils on the content of heavy metals and arsenic in an industrial city with glass production. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(6): 549–55. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-6-549-555> <https://elibrary.ru/lkmks> (in Russian)
20. Martsev A.A., Selivanov O.G., Kurbatov Yu.N., Trifonova T.A. Soil pollution of the city with machine-building production by heavy metals and arsenic and epidemiological risk to public health. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2024; 103(3): 208–15. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-3-208-215> <https://elibrary.ru/fjszdv> (in Russian)
21. Trifonova T.A., Martsev A.A., Selivanov O.G., Kurbatov Yu.N., Rostunov A.O. Assessment of the epidemiological health risk of foundry contamination of small-town soils. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2024; 103(2): 172–81. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-2-172-181> <https://elibrary.ru/kjgjop> (in Russian)

Сведения об авторах

Марцев Антон Андреевич, доцент, канд. биол. наук, доцент каф. биологии общей генетики, Сеченовский Университет, 119048, Москва, Россия. E-mail: MartsevAA@yandex.ru

Селиванов Олег Григорьевич, зав. лаб. каф. биологии и экологии ВлГУ, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 600000, Владимир, Россия. E-mail: selivanov6003@mail.ru

Курбатов Юрий Николаевич, аспирант каф. биологии и экологии ВлГУ, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 600000, Владимир, Россия. E-mail: iur.curbatov@gmail.com

Савельев Олег Владимирович, доцент, канд. биол. наук, доцент каф. биологии и экологии ВлГУ, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 600000, Владимир, Россия. E-mail: olegator86@bk.ru

Космачева Анастасия Геворговна, канд. биол. наук, старший преподаватель каф. биологии и экологии ВлГУ, ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», 600000, Владимир, Россия. E-mail: hijadelaluna@mail.ru

Трифонова Татьяна Анатольевна, заслуженный деятель науки РФ, профессор, доктор биол. наук, профессор факультета почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова, 119991, Москва, Россия. E-mail: tatrifon@mail.ru

Information about authors

Anton A. Martsev, PhD (Biology), associate professor, Department of Biology and General Genetics, Sechenov University, Moscow, 119048, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3572-9163> E-mail: MartsevAA@yandex.ru

Oleg G. Selivanov, head of the Laboratory of biology and ecology of the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University named after Alexander G. and Nikolai G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3674-0660> E-mail: selivanov6003@mail.ru

Yuri N. Kurbatov, postgraduate student of the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University named after Alexander G. and Nikolai G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-0904-3854> E-mail: iur.curbatov@gmail.com

Oleg V. Savel'yev, PhD (Biology), associate professor of the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University named after Alexander G. and Nikolai G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3425-8021> E-mail: olegator86@bk.ru

Anastasiya G. Kosmacheva, PhD (Biology), senior lecturer of the Department of Biology and Ecology, Vladimir State University named after Alexander G. and Nikolai G. Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1988-8615> E-mail: hijadelaluna@mail.ru

Tatyana A. Trifonova, DSc (Biology), Professor, Honoured Scientist of the Russian Federation, Faculty of Soil Science, Lomonosov Moscow State University, 119991, Moscow, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1628-9430> E-mail: tatrifon@mail.ru