

УДК 504.054
DOI 10.52575/2712-7443-2025-49-2-389-400
EDN WNTRTR

Экологическая оценка почв урбоценозов города Воронежа

Дьякова Н.А., Епринцев С.А., Шекоян С.В.

Воронежский государственный университет
Россия, 394018, г. Воронеж, Университетская площадь, 1
ninochka_v89@mail.ru, esa81@mail.ru, shekoyan.syuzanna@mail.ru

Аннотация. Цель исследования – эколого-гигиеническая оценка почв урбоценозов города Воронежа по содержанию наиболее приоритетных экотоксикантов. Было выбрано 13 площадок отбора образцов верхних слоев почв урбоценозов города Воронежа, а также 1 заповедная территория в качестве образцов сравнения. Атомно-абсорбционным методом определяли содержание валовых и подвижных форм основных токсичных элементов (ртути, кадмия, свинца, мышьяка, никеля, цинка, кобальта, хрома и меди). Методом газовой хроматографии вели определение остаточных хлорорганических пестицидов. Показаны территории, для которых характерно загрязнение верхних слоев почв теми или иными элементами. Выявлено практическое отсутствие остаточных хлорорганических пестицидов в почвах урбоценозов региона. Наиболее значимым лимитирующим показателем качества исследуемых почв урбоценозов явилось содержание в них подвижных форм меди – превышение предельно допустимых норм по данному показателю выявлено в 57 % исследуемых образцов, что можно связать с недостаточной эффективностью очистки выбросов в атмосферу промышленных предприятий и транспорта, а также с низкой гумусированностью урбанизированных почв и, как следствие, малой способностью к прочной фиксации металлов.

Ключевые слова: урбанизированные территории, почвы, мышьяк, тяжелые металлы, валовое содержание, подвижные формы, хлорорганические пестициды

Благодарности: настоящие исследования выполнены при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект № 24-27-00272, <https://rscf.ru/project/24-27-00272/>.

Для цитирования: Дьякова Н.А., Епринцев С.А., Шекоян С.В. 2025. Экологическая оценка почв урбоценозов города Воронежа. Региональные геосистемы, 49(2): 389–400.

DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-389-400 EDN: WNTRTR

Ecological Assessment of Urbogenic Soils in the City of Voronezh

Nina A. Dyakova, Sergey A. Yeprintsev, Syuzanna V. Shekoyan

Voronezh State University
1 Universitetskaya Sq, Voronezh 394018, Russia
ninochka_v89@mail.ru, esa81@mail.ru, shekoyan.syuzanna@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is an ecological and hygienic assessment of the soils of the urbocenoses in Voronezh in terms of the highest priority ecotoxicants content. Thirteen sites for sampling the upper layers of urbogenic soils were selected in the city, along with one protected area as a comparison sample. The content of total and labile forms of the main toxic elements (mercury, cadmium, lead, arsenic, nickel, zinc, cobalt, chromium, and copper) was determined by the atomic absorption method. Residual organochlorine pesticides were determined by gas chromatography. The study revealed areas typically contaminated with some elements in the upper layers of soil and showed that the region's urbocenoses did not contain residual organochlorine pesticides. The most significant limiting indicator of the quality of the soils under study was the content of labile copper forms – an excess of the maximum



permissible standards for this indicator was found in 57 % of the samples, which can be associated with insufficient efficiency of cleaning industry and vehicle emissions into the atmosphere, as well as with a low humus content in urbanized soils, and, as a result, a low metal fixation capacity.

Keywords: urbanized territories, environmental quality, atmospheric air, drinking water, anthropogenic pollutants

Acknowledgements: This study was carried out with financial support of the Russian Science Foundation, project No. 24-27-00272, <https://rscf.ru/project/24-27-00272/>.

For citation: Dyakova N.A., Yeprintsev S.A., Shekoyan S.V. 2025. Ecological Assessment of Urbogenic Soils in the City of Voronezh. *Regional Geosystems*, 49(2): 389–400 (in Russian). DOI: 10.52575/2712-7443-2025-49-2-389-400 EDN: WNTRTR

Введение

Возрастание техногенной нагрузки на окружающую среду диктует необходимость постоянного мониторинга экологического состояния как естественных экосистем, так и искусственно созданных человеком [Hansen et al., 2022]. В данных условиях почва, а особенно верхние ее слои, является ключевым депонирующим компонентом антропогенной экосистемы [Allen, Barn, 2020].

Воронежская область относится к важным агропромышленным субъектам Российской Федерации [Епринцев, 2022]. Регион обладает ежегодным приростом индекса промышленного производства, составляющим на 2023 год 107 % [Дьякова и др., 2024]. Возрастание техногенной нагрузки на окружающую среду диктует необходимость постоянного мониторинга экологического состояния и основных тенденций развития урбоценозов [Myeong, Shahzad, 2021; Kiaei et al., 2024].

Приоритетными источниками загрязнения окружающей среды экотоксикантами являются автотранспорт (до 80 % антропогенного влияния на окружающую среду), применение ядохимикатов и удобрений, промышленные предприятия [Побилат, Волошин, 2021; Лопатина, 2024]. Выбросы автотранспорта происходят непосредственно над поверхностью почвы, однако концентрация экотоксикантов и расстояние, на которое осуществляется их рассеивание, значительно варьируют [Плахов и др., 2023]. Распространение экотоксикантов от промышленных предприятий концентрации экотоксикантов зависит от розы ветров, климатических и погодных условий, особенностей очистных и хлопковых сооружений [Yang et al., 2023; Полетаев, Севрюков, 2024; Zhou et al., 2024].

Ежегодно растет тоннаж используемых пестицидов и удобрений [Novykh et al., 2021; Новых и др., 2024]. В Воронежской области, обладающей свыше 700 сельскохозяйственных растениеводческих объектов общей площадью более 3 тыс. га, применение пестицидов составляет около 1,5 тыс. т в год [Дьякова, 2022; Доклад..., 2024]. При этом обнаружение наиболее устойчивых в объектах окружающей среды (период полураспада более 20 лет) ядохимикатов – хлорорганических пестицидов – отмечают на значительном удалении от мест их использования (сотни километров) [Goleusov, Malyshev, 2021].

Принимая во внимание ежегодно возрастающее воздействие на флору и фауну тяжелых металлов и пестицидов, как наиболее приоритетных экотоксикантов в силу их распространенности, токсического эффекта и способности к кумуляции, необходимо комплексное исследование экологического состояния почв урбоценозов Воронежской области.

Целью исследования являлась эколого-гигиеническая оценка почв урбоценозов города Воронежа по содержанию наиболее токсичных тяжелых металлов и пестицидов.

Объекты и методы исследования

Исследования проводили на примере урбоценозов города Воронежа, вблизи наиболее значимых объектов хозяйственного пользования [Куrolап и др., 2010]. Места пробоотбора расположены в зонах предполагаемого загрязнения почвы промышленно-

транспортными объектами (рис. 1). Схема розы ветров представлена на рис. 2. Пробы почв отбирали согласно ГОСТ Р 58595-2019 методом конверта на удалении 0–50 м от обочины дороги на улице Димитрова; на удалении 500–800 м от теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) «ВОГРЭС»; на удалении 500–900 м от химического предприятия ОАО «Воронежсинтезкаучук»; вблизи взлетно-посадочных полос международного аэропорта Воронеж им. Петра Первого; на расстоянии 0–50 м от правого берега низовья Воронежского водохранилища (вблизи Химзатона); на удалении 0–300 м с шагом в 100 м от автомагистрали М-4 «Дон» на выезде из г. Воронежа; на удалении 0–300 м с шагом в 100 м от железнодорожного пути вблизи станции Графская Железнодорожного района г. Воронежа; в Воронежском государственном природном биосферном заповеднике им. В.М. Пескова вблизи поселка Краснолесный (Железнодорожный район г. Воронежа) – контрольная точка заготовки образцов (табл. 1). Исследовали верхние слои почв (0–20 см), так как именно они подвергаются наибольшему антропогенному воздействию.

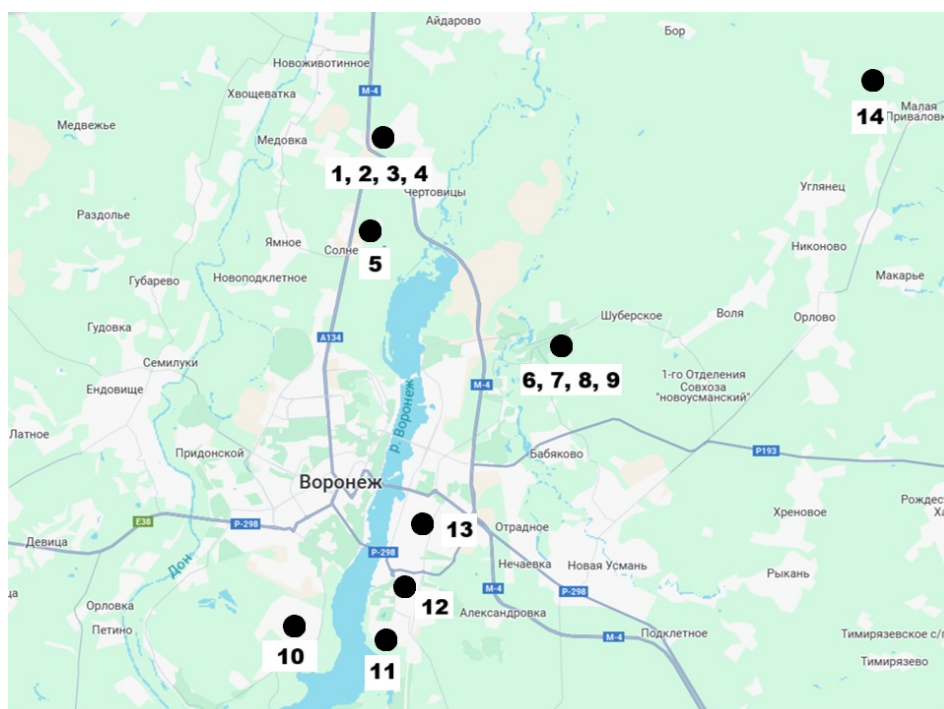


Рис. 1. Карта-схема пунктов отбора проб (обозначения расшифрованы в табл. 1)
Fig. 1. Schematic map of sampling points (symbols are deciphered in Table 1)

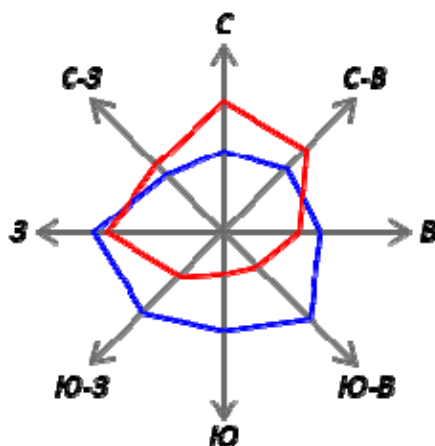


Рис. 2. Схема розы ветров (красная линия – июль, синяя – январь)
[Строительные онлайн калькуляторы..., 2025]
Fig. 2. Wind rose scheme (red line – July, blue – January)
[Online construction calculators ..., 2025]



Таблица 1
Table 1

Характеристика территорий отбора проб
Characteristics of sampling areas

№ п/п	Территория отбора пробы	Координаты места заготовки	Тип почвы	Эколого-функциональная зона	Экологическая характеристика объекта
Урбоценозы					
1.	Автомостраль М-4 «Дон» (0 м)	51.850626, 39.215121	серые лесостепные среднесуглинистые	Транспортная	Относится к IА категории автомобильных дорог. Точки отбора образцов почв были выбраны в лесной зоне с преобладанием смешанных лесов, что позволило отследить характер распространения экотоксикантов от крупной автомобильной транспортной магистрали при наличии естественного барьера. Место сбора располагалось на 491-ом километре трассы М-4 в 3–5 километрах от г. Воронежа
2.	Автомостраль М-4 «Дон» (100 м)	51.850626, 39.215122			
3	Автомостраль М-4 «Дон» (200 м)	51.850626, 39.215123		Коммунально-складская	
4.	Автомостраль М-4 «Дон» (300 м)	51.850626, 39.215124			
5.	Аэропорт Воронеж им. Петра Первого	51.809360, 39.224236	серые лесные суглинистые	Транспортная	Международный аэропорт, расположен в Рамонском районе в лесостепной природной зоне. Наибольшее загрязнение окружающей среды происходит в зоне аэропортов во время посадки и взлета самолетов, что проявляется повышенными концентрациями экотоксикантов в почвах приаэродромных территорий
6.	Железнодорожные пути (0 м)	51.886364, 39.595095	серые лесные суглинистые	Транспортная	Узловая железнодорожная станция Юго-Восточной железной дороги, на удалении 2 км от ближайшего населенного пункта. Растительность представлена смешанными лесами с преобладанием ельников. Точки отбора образцов почв были выбраны в лесной зоне, что позволило отследить характер распространения экотоксикантов от дороги при наличии естественного барьера.
7.	Железнодорожные пути (100 м)	51.886364, 39.595097			
8.	Железнодорожные пути (200 м)	51.886365, 39.595099		Коммунально-складская	
9.	Железнодорожные пути (300 м)	51.886365, 39.595101			
10.	Низовье Воронежского водохранилища (Химзатон)	51.566783, 39.155915	серые лесостепные среднесуглинистые	Промышленная	В водохранилище производят сброс сточных вод большинство промышленных предприятий города. Представлялось актуальным проследить возможное влияние загрязненного водоема на прибрежную растительность, поэтому сбор образцов для анализа проводили на расстоянии 0–3 м от правого берега низовья водохранилища

Окончание таблицы 1
End of the table 1

№ п/п	Территория отбора пробы	Координаты места заготовки	Тип почвы	Эколого-функциональная зона	Экологическая характеристика объекта
Урбоценозы					
11.	ОАО «Воронеж-синтезкаучук»	51.623639, 39.245864	Аллювиальные луговые оглеенные суглинистые		Предприятие расположено в Левобережном районе г. Воронежа. В его продукцию входит более 35 видов каучука, что составляет около 20 % российского рынка. Наибольшее количество выбросов данного предприятия оседает на расстоянии 400–600 м от него; эта зона была выбрана для отбора образцов
12.	ТЭЦ «ВОГРЭС»	51.63055, 39.227738	Аллювиальные луговые оглеенные суглинистые		Предприятие, снабжающее теплоэнергией Левобережный, часть Ленинского и Железнодорожного районов г. Воронежа, более 1000 предприятий. Более 70 лет в качестве топлива применяли каменный уголь. Содержание негорючих примесей к каменному углю варьирует до 26–37 %. Угольная зола, попадающая в выбросы, также содержит высокие концентрации токсичных элементов (Hg, Ni и др.). Выбросы ТЭЦ оседают большей частью на расстоянии от 500 до 800 м, поэтому данная зона была выбрана для отбора образцов.
13.	Улица г. Воронежа (ул. Димитрова)	51.670659, 39.256599	Аллювиальные луговые оглеенные суглинистые	Селитебная	Протяженная (длиной 6,8 км) улица, расположенная в самом неблагоприятном по суммарному объему промышленных выбросов Левобережном районе. Приоритетным загрязнителем атмосферы города является автотранспорт, на который приходится более 70 % от валового выброса загрязняющих веществ.
Контроль					
14.	Воронежский биосферный заповедник	51.874765, 39.651187	дерновые лесные	ООПТ	Расположен на границе Воронежской (Верхнехавский район) и Липецкой (Усманский район) областей. Хозяйственная деятельность исключена.

Определение содержания в почвах валовых и подвижных форм элементов проводили на атомно-абсорбционном спектрометре МГА-915МД в соответствии с «МУ по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства». Экстракцию подвижных форм определяемых элементов проводили с использованием ацетат-аммонийного



буферного раствора ($\text{pH} \approx 4,8$). Исследования проводили с тремя параллельными опытами, допускаемые расхождения рассчитывали при доверительной вероятности 95 %.

Определение остаточных хлорорганических пестицидов в пробах почвы проводили после экстракции их н-гексаном с последующей очисткой, упариванием и растворением остатка в ацетоне. Концентрацию пестицидов определяли методом внешнего стандарта на газовом хроматографе «Цвет 500М».

Результаты и их обсуждение

Средние концентрации валовых и подвижных форм тяжелых металлов и мышьяка в почвах урбоценозов города Воронежа приведены в табл. 2 и 3 соответственно.

Таблица 2
Table 2

Средние значения концентрации валовых форм токсичных элементов
в почвах урбоценозов города Воронежа, мг/кг

Average values of concentration of total forms of toxic elements in Voronezh urbogenic soils, mg/kg

№ п/п	Территория отбора пробы	Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Урбоценозы										
1.	Автомобильная М-4 «Дон» (0 м)	26,6	0,08	0,7	1,9	37,3	25,3	15,0	59,1	94,1
2.	Автомобильная М-4 «Дон» (100 м)	12,6	0,07	0,6	1,7	26,9	32,1	13,2	30,6	87,4
3.	Автомобильная М-4 «Дон» (200 м)	10,1	0,03	0,2	1,2	11,2	18,4	8,1	19,5	46,3
4.	Автомобильная М-4 «Дон» (300 м)	8,0	0,02	0,2	1,1	8,2	19,4	5,1	19,5	30,4
5.	Аэропорт Воронеж им. Петра Первого	33,8	0,11	0,2	1,6	15,6	24,6	6,3	28,1	25,9
6.	Железнодорожные пути (0 м)	20,2	0,24	0,3	0,9	28,0	18,3	12,8	65,4	90,8
7.	Железнодорожные пути (100 м)	6,2	0,06	0,2	0,8	15,7	14,2	9,7	58,1	83,8
8.	Железнодорожные пути (200 м)	3,9	0,09	0,5	0,4	10,2	10,6	4,1	42,9	74,4
9.	Железнодорожные пути (300 м)	3,0	0,02	0,4	0,1	6,3	9,4	2,2	31,4	64,8
10.	Низовье Воронежского водохранилища (Химзатон)	11,9	0,13	0,2	1,5	8,5	18,1	7,3	7,9	37,1
11.	ОАО «Воронежсинтезкаучук»	17,4	0,14	0,1	1,6	4,2	43,5	11,3	28,7	132,1
12.	ТЭЦ «ВОГРЭС»	7,4	0,16	0,1	3,8	5,4	36,7	12,1	37,9	94,3
13.	Улица г. Воронежа (ул. Димитрова)	15,8	0,15	0,2	1,7	6,2	35,5	21,8	38,3	123,3
Контроль										
14.	Воронежский биосферный заповедник	4,1	0,04	0,1	0,9	2,2	3,9	3,0	3,3	11,5
	Ориентировочно допустимый уровень (суглинистые и глинистые почвы) [СанПин 1.2.3685-21, 2021]	65,0	2,1	1,0	5,0	40,0	–	–	66,0	110,0
	Мировой кларк почв по Малюга Д.П. (1963)	10,0	0,03	0,5	5,0	40,0	200, 0	10,0	20,0	50,0
	Кларк селитебных почв по Алексеев В.А. (2014)	54,5	0,88	0,9	15, 9	33,0	80,0	14,1	39,0	158,0

Валовая концентрация свинца в изучаемых образцах почв урбоценозов варьировала 3,0–33,8 мг/кг, не превышая допустимых норм. В контрольном образце валовое содержание элемента составило 4,1 мг/кг. Наиболее высокие валовые концентрации свинца были отмечены в образцах почв, отобранных вблизи аэропорта и вдоль автотрассы М-4.

Таблица 3
Table 3

Средние значения концентрации подвижных форм токсичных элементов
в почвах урбоценозов города Воронежа, мг/кг
Average values of concentration of labile forms of toxic elements
in Voronezh urbogenic soils, mg/kg

№ п/п	Территория отбора пробы	Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Урбоценозы										
1.	Автоматрираль М-4 «Дон» (0 м)	7,2	0,03	0,12	0,15	6,3	6,6	3,6	17,1	26,5
2.	Автоматрираль М-4 «Дон» (100 м)	3,7	0,01	0,12	0,07	3,2	4,1	2,4	3,2	19,2
3.	Автоматрираль М-4 «Дон» (200 м)	2,8	0,01	0,04	0,05	1,5	3,5	1,5	2,3	13,9
4.	Автоматрираль М-4 «Дон» (300 м)	1,9	0,01	0,04	0,03	1,2	4,1	0,8	1,5	8,2
5.	Аэропорт Воронеж им. Петра Первого	10,8	0,03	0,05	0,12	2,2	5,9	1,2	5,9	5,5
6.	Железнодорожные пути (0 м)	7,1	0,06	0,07	0,06	4,2	3,9	2,9	13,0	26,4
7.	Железнодорожные пути (100 м)	2,0	0,01	0,05	0,04	2,5	2,0	1,5	5,0	18,5
8.	Железнодорожные пути (200 м)	1,0	0,01	0,09	0,03	1,2	1,8	0,5	2,2	14,9
9.	Железнодорожные пути (300 м)	0,8	0,01	0,07	0,01	0,8	1,2	0,4	1,1	14,9
10.	Низовье Воронежского водохранилища (Химзатон)	2,5	0,02	0,03	0,12	1,1	3,4	1,8	2,7	11,9
11.	ОАО «Воронежсинтезкаучук»	4,1	0,02	0,02	0,13	0,5	9,1	2,6	6,3	38,3
12.	ТЭЦ «ВОГРЭС»	2,4	0,03	0,02	0,37	0,5	6,9	2,4	9,1	19,8
13.	Улица г. Воронежа (ул. Димитрова)	6,9	0,06	0,04	0,17	1,0	9,6	5,5	10,4	35,8
Контроль										
14.	Воронежский биосферный заповедник	1,0	0,01	0,01	0,07	0,3	0,6	0,6	0,9	3,4
	ПДК [СанПин 1.2.3685-21, 2021]	6,0	–	–	–	4,0	6,0	5,0	3,0	23,0

Концентрация подвижных форм свинца варьировала 0,8–10,8 мг/кг, с превышением предельно допустимых норм (6 мг/кг) вблизи аэропорта, а также на улице города, вдоль трассы М-4, железной дороги, что можно объяснить хроническим загрязнением почв выбросами транспорта [Плахов и др., 2023]. В отношении ртути все изучаемые образцы почв соответствовали установленным нормативам. Валовое содержание данного элемента не превышало 50 % от допустимых концентраций. Концентрация подвижных форм ртути не превышала 0,06 мг/кг. Наиболее высокое содержание ртути отмечено в почвах вдоль железнодорожных путей, вблизи ТЭЦ, на улице города, что может объясняться хроническим загрязнением промышленными и транспортными выбросами [Полетаев, Севрюков, 2024].



В образце контрольной зоны валовое содержание кадмия составило 0,02 мг/кг, в почвах урбоценозов – 0,09–0,68 мг/кг. Концентрация подвижных форм элемента варьировала 0,01–0,12 мг/кг. Наиболее высокое содержание кадмия отмечено в почвах, отобранных на удалении 0–100 м от трассы М-4.

Валовое содержание мышьяка в почве контрольной зоны составило 0,9 мг/кг, в почвах урбоценозов – 0,1–3,8 мг/кг, достигая значений, превышающих установленные нормативы, в образцах, отобранных вблизи ТЭЦ, которая более 70 лет работала на каменном угле, естественной примесью к которому является мышьяк [Дьякова, 2022]. Концентрация подвижных форм мышьяка варьировала до 0,37 мг/кг, наибольшие значения отмечены вблизи ТЭЦ, химического предприятия, на улице города и вдоль трассы М-4, что связано с относительно высоким валовым содержанием элемента [Дьякова и др., 2024].

Валовая концентрация никеля соответствовала нормативным требованиям: в почвах урбанизированных территорий варьировала 4,2–37,3 мг/кг, в образце контрольной зоны составила 2,2 мг/кг. Наиболее высокая валовая концентрация никеля, близкая к ориентировочно допустимому уровню, отмечена вдоль автотрассы М-4, а также на удалении 100 м от автотрассы и вдоль железнодорожных путей. Содержание подвижных форм металла достигало 6,3 мг/кг, с превышением допустимых норм в образцах, отобранных вдоль трассы М-4 и железной дороги, что связано с высокой концентрацией в них валовых форм элемента и особенностями почв, бедных гумусовыми кислотами, связывающими металлы в прочные комплексы [Дьякова и др., 2024; Полетаев, Севрюков, 2024]. Валовое содержание хрома в почвах урбоценозов варьировало 9,4–43,5 мг/кг. Более низкий уровень концентраций хрома в почве выявлен для образца контрольной территории (3,9 мг/кг). Превышение допустимых норм подвижного хрома (6 мг/кг), содержание которого варьировало 0,6–9,6 мг/кг, отмечено в образцах, заготовленных на улице города, вблизи ТЭЦ, промышленного предприятия, вдоль трассы М-4.

Валовое содержание кобальта в почвах урбоценозов составило 2,2–21,8 мг/кг, в почве контрольной зоны – 3,0 мг/кг. Концентрация подвижных форм элемента варьировала 0,42–5,45 мг/кг. Наиболее высокая валовая концентрация элемента и превышение предельно допустимой концентрации подвижного кобальта отмечена в почве улицы г. Воронежа.

Валовая концентрация меди в почвах урбоценозов варьировала 7,9–65,4 мг/кг. В образце контрольной зоны содержание элемента составило 3,3 мг/кг. Наиболее высокие валовые концентрации меди, приближающиеся по числовому значению к ориентировочно допустимому уровню для суглинистых и глинистых почв, выявлены в образцах, отобранных вдоль трассы М-4 «Дон», вдоль и на удалении 100 м от железной дороги. Концентрация подвижных форм меди в почвах варьировала 0,9–17,1 мг/кг. Превышение допустимых норм подвижных форм металла выявлено в 8 образцах почв (вблизи аэропорта, ОАО «Воронежсинтезкаучук», ТЭЦ, на улице города, на удалении 0–100 м от железной дороги и трассы М-4), что связано с высокими валовыми концентрациями элемента данных территорий, а также с низкой гумусированностью урбанизированных почв [Плахов и др., 2023].

Валовая концентрация цинка в образце контрольной территории составила 11,5 мг/кг, в почвах урбоценозов – 25,9–132,1 мг/кг, превышая ориентировочно допустимый уровень для суглинистых и глинистых почв в образцах, заготовленных вблизи промышленного предприятия ОАО «Воронежсинтезкаучук» и на улице г. Воронежа. Концентрация подвижных форм цинка в почвах варьировала 3,4–38,3 мг/кг с превышением допустимых его норм вблизи ОАО «Воронежсинтезкаучук», на улице города, вдоль трассы М-4 и железной дороги. На этих же территориях отмечены более высокие валовые концентрации цинка (более 80 мг/кг), что, вероятно, связано с недостаточной очисткой выбросов производственного предприятия (цинк используется для вулканизации каучуков), а также с истиранием оцинкованных деталей транспорта, шин и применением в машинных маслах цинксодержащих присадок [Плахов и др., 2023; Дьякова и др., 2024].

Применение для интерпретации полученных результатов предельно и ориентировочно допустимых концентраций вызывает ряд затруднений в связи с их широким варьированием в зависимости от типа почв, страны установления и т. д. Более точной эколого-

геохимической характеристикой почв являются кларки, так как отражают содержание элементов при одновременном влиянии естественных и техногенных процессов, происходящих в период установления кларков. С течением времени числовые значения кларков изменяются, однако их представляется возможным использовать в качестве точек отсчета для формирования выводов о загрязнении почв.

Для анализа экспериментальных результатов сравнивали валовые концентрации элементов в почвах урбоценозов с кларками по Д.П. Малюга [1963] и по В.А. Алексеенко [Алексеенко В.А., Алексеенко А.В., 2014] (см. табл. 2). При сопоставлении валовых концентраций токсичных элементов в почвах урбоценозов города Воронежа с мировыми кларками их по Д.П. Малюга [1963], в 13 из 14 образцов почв содержание различных металлов превышало среднемировые концентрации. По свинцу отмечено превышение кларков в 8 из 14 образцов, по ртути – в 11, по меди – в 10, по цинку – в 9, по кобальту – в 6, по кадмию – в 2 (преимущественно в почвах вблизи производственных предприятий и транспортных магистралей). Концентрации хрома, никеля, мышьяка в изучаемых почвах урбоценозов города Воронежа не превышали мировых кларков по Д.П. Малюга [1963].

При сравнении полученных результатов с кларками селитебных почв по В.А. Алексеенко [Алексеенко В.А., Алексеенко А.В., 2014] превышение их было выявлено лишь в 5 образцах, и отмечено для 3 элементов – кобальт, никель, медь. Содержание никеля превышало данные кларки в 1 образце (вдоль автотрассы), кобальта – в 2 (на улице города и вдоль автотрассы), меди – в 4 (вдоль автотрассы и на удалении 0–200 м от железной дороги).

Анализ почв урбоценозов города Воронежа (табл. 4) показал практическое отсутствие остаточных хлорорганических пестицидов: содержание ГХЦГ составило менее 0,001 мг/кг, а ДДТ – менее 0,007 мг/кг, что соответствует нижнему пределу чувствительности хроматографа. Подтверждено отсутствие гептахлора и алдрина в почвенных образцах.

Таблица 4
Table 4

Содержание остаточных пестицидов в почвах урбоценозов Воронежской области, мг/кг
Content of residual pesticides in soils of urbocenoses of the Voronezh region, mg/kg

№ п/ п	Территория отбора пробы	Пестицид			
		ГХЦГ и его изомеры (в сумме)	ДДТ и его метаболиты (в сумме)	Алдрин	Гепта- хлор
Урбоценозы					
1.	Автомagистраль М-4 «Дон» (0 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
2.	Автомagистраль М-4 «Дон» (100 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
3.	Автомagистраль М-4 «Дон» (200 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
4.	Автомagистраль М-4 «Дон» (300 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
5.	Аэропорт Воронеж им. Петра Первого	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
6.	Железнодорожные пути (0 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
7.	Железнодорожные пути (100 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
8.	Железнодорожные пути (200 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
9.	Железнодорожные пути (300 м)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
10.	Низовье Воронежского водохранилища (Химзатон)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
11.	ОАО «Воронежсинтезкаучук»	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
12.	ТЭЦ «ВОГРЭС»	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
13.	Улица г. Воронежа (ул. Димитрова)	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
Контроль					
14.	Воронежский биосферный заповедник	не более 0,001	не более 0,007	Отс.	Отс.
ПДК		0,1	0,1	—	0,05

Заключение

Проведена эколого-гигиеническая оценка почв урбоценозов города Воронежа по содержанию наиболее токсичных тяжелых металлов и пестицидов. Изучено содержание в почвах урбоценозов и заповедных зон города Воронежа области валовых и подвижных форм свинца, мышьяка, ртути, кадмия, хрома, кобальта, никеля, меди и цинка, а также содержание основных хлорорганических пестицидов (ДДТ, ГХЦГ, гептахлора и алдрина). Выявлено, что важнейшее влияние на состояние почв урбоценозов города Воронежа оказывает авто- и железнодорожный транспорт, предприятия энергетики (ТЭЦ), а также ряд производственных предприятий. Лимитирующим показателем качества почв урбоценозов региона явилось содержание в них подвижных форм меди – превышение предельно допустимых норм по данному показателю выявлено в 57 % исследуемых образцов, что можно связать с недостаточной эффективностью очистки выбросов промышленных предприятий и транспорта, а также с низкой гумусированностью урбанизированных почв, и, как следствие, малой способностью к прочной фиксации металлов. Дальнейшие исследования будут направлены на изучение особенностей накопления токсичных элементов и пестицидов в различных растительных объектах, произрастающих на тех же учетных площадках, с целью анализа аккумуляции основных загрязняющих веществ в растительных организмах из почв, а также установление корреляционных взаимосвязей между накоплением экотоксикантов и биологически активных веществ растениями при произрастании в различных с экологической точки зрения условиях.

Список источников

- Доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Воронежской области в 2023 году». 2024. Воронеж, Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 199 с. Электронный ресурс. URL: https://36.rospotrebnadzor.ru/download/dokl_seb_2023.pdf (дата обращения: 20.01.2025).
- СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». 2021. М., 988 с. Электронный ресурс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 08.12.2024).
- Строительные онлайн калькуляторы Stroydocs.com. Построение розы ветров для городов России, Воронежская область, город Воронеж, 2025. Электронный ресурс. URL: https://stroydocs.com/info/e_veter (дата обращения: 08.04.2025).

Список литературы

- Алексеев В.А., Алексеев А.В. 2014. Химические элементы в городских почвах. М., Логос, 312 с.
- Дьякова Н.А. 2022. Экологическая оценка сырьевых ресурсов лекарственных растений Воронежской области. Воронеж, Цифровая полиграфия, 264 с.
- Дьякова Н.А., Епринцев С.А., Клепиков О.В., Виноградов П.М. 2024. Эколого-гигиеническая оценка верхних слоев почв антропогенно нарушенных территорий средней полосы России по содержанию подвижных форм тяжелых металлов. Грозненский естественнонаучный бюллетень, 2(36): 19–26. <https://doi.org/10.25744/genb.2024.10.32.003>
- Епринцев С.А. 2022. Геоинформационно-аналитическая оценка экологической безопасности городов Центрально-Черноземного региона. Региональные геосистемы, 46(3): 398–409. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-3-398-409>
- Куrolап С.А., Мамчик Н.П., Клепиков О.В. 2010. Медико-экологический атлас Воронежской области. Воронеж, ГУП ВО «Воронежская областная типография – издательство им. Е.А. Болховитинова», 167 с.
- Лопатина Д.Н. 2024. Фитотоксичность городских почв Иркутска и Ангарска. Региональные геосистемы, 48(1): 106–117. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-1-106-117>
- Малюга Д.П. 1963. Биогеохимический метод поисков рудных месторождений. Ленинград, АН СССР, 264 с.
- Новых Л.Л., Елисеева Н.В., Слюсаренко Э.Е. 2024. Геоэкологическая оценка состояния почв сельскохозяйственных ландшафтов: перспективные подходы и показатели. Региональные геосистемы, 48(3): 441–452. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-3-441-452>

- Плахов Г.А., Безуглова О.С., Тагивердиев С.С., Горбов С.Н. 2023. Взаимосвязь свинца, цинка и меди с органическим веществом и карбонатами в городских почвах (на примере Ростова-на-Дону). *АгроЭкоИнфо*, 4(58): 419. <https://doi.org/10.51419/202134419>
- Побилат А.Е., Волошин Е.И. 2021. Микроэлементы в сельскохозяйственных растениях (обзор). *Микроэлементы в медицине*, 22(3): 3–14. <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2021-22-3-3-14>
- Полетаев А.О., Севрюков И.С. 2024. Пространственное распределение тяжелых металлов и мышьяка в почвах вблизи горнопромышленных предприятий. *Региональные геосистемы*, 48(3): 453–465. <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-3-453-465>
- Allen R.W., Barn P. 2020. Individual and Household-Level Interventions to reduce air pollution exposures and Health Risks: a Review of the Resent Literature. *Current Environmental Health Reports*, 7(4): 424–440. <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00296-z>
- Goleusov P., Malyshev A. 2021. Resource Characteristics of Post-Agrogenic Chernozems in Multiple-Aged Fallow Lands of the Belgorod Region. In: *Steppes of Northern Eurasia. Ninth International Symposium*, 7–11 June 2021, Orenburg, Series: Earth and Environmental Science, 817(1): 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/817/1/012036>
- Hansen M.C., Potapov P.V., Pickens A.H., Tyukavina A., Hernandez-Serna A., Zalles V., Turubanova S., Kommareddy I., Stehman S.V., X-P Song. 2022. Global Land Use Extent and Dispersion within Natural Land Cover Using Landsat Data. *Environmental Research Letters*, 17(3): 034050. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac46ec>
- Kiaei R., Pardakhti A., Zahed M.A. 2024. The Role of Health Risk Assessment Techniques in Controlling Air Pollution: a Mini Review. *Health Nexus*, 2(3): 60–70. <https://doi.org/10.61838/kman.hn.2.3.8>
- Myeong S., Shahzad Kh. 2021. Integrating Data-Based Strategies and Advanced Technologies with Efficient Air Pollution Management in Smart Cities. *Sustainability*, 13(13): 7168. <https://doi.org/10.3390/su13137168>
- Novykh L., Eliseeva N., Voloshenko I., Solovyov A., Slyusarenko E. 2021. Features of the Structural-Aggregate Composition of Chernozems in Different Ecological Conditions. In: *SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference. 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, Bulgaria, 16–22 August 2021. Bulgaria, Albena, 3.1: 465–472. <https://doi.org/10.5593/sgem2021/3.1/s13.59>
- Yang S., Sun L., Sun Y., Song K., Qin Q., Zhu Z., Xue Y. 2023. Towards an Integrated Health Risk Assessment Framework of Soil Heavy Metals Pollution: Theoretical Basis, Conceptual Model, and Perspectives. *Environmental Pollution*, 316(2): 120596. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120596>
- Zhou H., Yue X., Chen Y., Liu Y. 2024. Source-Specific Probabilistic Contamination Risk and Health Risk Assessment of Soil Heavy Metals in a Typical Ancient Mining Area. *Science of the Total Environment*, 906: 167772. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167772>

References

- Alekseenko V.A., Alekseenko A.V. 2014. *Chemical Elements in Urban Soils*. Moscow, Publ. Logos, 312 p. (in Russian).
- D'yakova N.A. 2022. *Ekologicheskaya otsenka syr'evykh resursov lekarstvennykh rasteniy Voronezhskoy oblasti* [Environmental Assessment of Raw Materials of Medicinal Plants of the Voronezh Region]. Voronezh, Publ. Tsifrovaya poligrafiya. 264 p. (in Russian).
- D'yakova N.A., Eprintsev S.A., Klepikov O.V., Vinogradov P.M. 2024. Ecological and Hygienic Assessment of the Upper Soil Layers of Anthropologically Disturbed Territories of the Middle Strip of Russia by the Content of Mobile Forms of Heavy Metals. *Grozny Natural Science Bulletin*, 2(36): 19–26 (in Russian). <https://doi.org/10.25744/genb.2024.10.32.003>
- Yeprintsev S.A. 2022. Geoinformation and Analytical Assessment of Environmental Safety of the Cities of the Central Chernozem Region. *Regional Geosystems*, 46(3): 398–409 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2022-46-3-398-409>
- Kurolap S.A., Mamchik N.P., Klepikov O.V. 2010. *Mediko-ekologicheskii atlas Voronezh-skoy oblasti* [Medical and Ecological Atlas of the Voronezh Region]. Voronezh, Publ. GUP VO «Voronezhskaya. oblastnaya tipografiya – izdatel'stvo im. E.A. Bolkhovitinova», 167 p.
- Lopatina D.N. 2024. Phytotoxicity of Irkutsk and Angarsk Urban Soils. *Regional Geosystems*, 48(1): 106–117 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-1-106-117>
- Maljuga D.P. 1963. *Biogeoхимический метод поисков рудных месторождений* [Biogeochemical Method of Ore Deposit Prospecting]. Leningrad, Publ. AN SSSR, 264 p.
- Novykh L.L., Eliseeva N.V., Slyusarenko E.E. 2024. Geocological Assessment of Soil Conditions in Agricultural Landscapes: Perspective Approaches and Indicators. *Regional Geosystems*, 48(3): 441–452 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-3-441-452>



- Plakhov G.A., Bezuglova O.S., Tagiverdiev S.S., Gorbov S.N. 2023. Interrelation of Lead, Zinc, and Copper with Organic Matter and Carbonates in Urban Soils (a Case Study of Rostov-On-Don). *AgroEkoInfo*, 4(58): 419 (in Russian). <https://doi.org/10.51419/202134419>
- Pobilat A.E., Voloshin E.I. 2021. Mikrocells in Agricultural Plants (Review). *Trace Elements in Medicine*, 22(3): 3–14 (in Russian). <https://doi.org/10.19112/2413-6174-2021-22-3-3-14>
- Poletaev A.O., Sevryukov I.S. 2024. Spatial Distribution of Heavy Metals and Arsenic in Soils Near Mining Enterprises. *Regional Geosystems*, 48(3): 453–465 (in Russian). <https://doi.org/10.52575/2712-7443-2024-48-3-453-465>
- Allen R.W., Barn P. 2020. Individual and Household-Level Interventions to reduce air pollution exposures and Health Risks: a Review of the Resent Literature. *Current Environmental Health Reports*, 7(4): 424–440. <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00296-z>
- Goleusov P., Malyshev A. 2021. Resource Characteristics of Post-Agrogenic Chernozems in Multiple-Aged Fallow Lands of the Belgorod Region. In: *Steppes of Northern Eurasia. Ninth International Symposium*, 7–11 June 2021, Orenburg, Series: Earth and Environmental Science, 817(1): 012036. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/817/1/012036>
- Hansen M.C., Potapov P.V., Pickens A.H., Tyukavina A., Hernandez-Serna A., Zalles V., Turubanova S., Kommareddy I., Stehman S.V., X-P Song. 2022. Global Land Use Extent and Dispersion within Natural Land Cover Using Landsat Data. *Environmental Research Letters*, 17(3): 034050. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac46ec>
- Kiaei R., Pardakhti A., Zahed M.A. 2024. The Role of Health Risk Assessment Techniques in Controlling Air Pollution: a Mini Review. *Health Nexus*, 2(3): 60–70. <https://doi.org/10.61838/kman.hn.2.3.8>
- Myeong S., Shahzad Kh. 2021. Integrating Data-Based Strategies and Advanced Technologies with Efficient Air Pollution Management in Smart Cities. *Sustainability*, 13(13): 7168. <https://doi.org/10.3390/su13137168>
- Novykh L., Eliseeva N., Voloshenko I., Solovyov A., Slyusarenko E. 2021. Features of the Structural-Aggregate Composition of Chernozems in Different Ecological Conditions. In: *SGEM International Multidisciplinary Scientific GeoConference. 21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM*, Bulgaria, 16–22 August 2021. Bulgaria, Albena, 3.1: 465–472. <https://doi.org/10.5593/sgem2021/3.1/s13.59>
- Yang S., Sun L., Sun Y., Song K., Qin Q., Zhu Z., Xue Y. 2023. Towards an Integrated Health Risk Assessment Framework of Soil Heavy Metals Pollution: Theoretical Basis, Conceptual Model, and Perspectives. *Environmental Pollution*, 316(2): 120596. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120596>
- Zhou H., Yue X., Chen Y., Liu Y. 2024. Source-Specific Probabilistic Contamination Risk and Health Risk Assessment of Soil Heavy Metals in a Typical Ancient Mining Area. *Science of the Total Environment*, 906: 167772. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167772>

Поступила в редакцию 07.03.2025;

поступила после рецензирования 13.04.2025;

принята к публикации 11.05.2025

Received March 07, 2025;

Revised April 13, 2025;

Accepted May 11, 2025

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.

Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дьякова Нина Алексеевна, доктор фармацевтических наук, доцент, доцент кафедры фармацевтической технологии, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Епринцев Сергей Александрович, кандидат географических наук, доцент, доцент кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

Шекоян Сюзанна Вазгеновна, кандидат технических наук, научный сотрудник кафедры геоэкологии и мониторинга окружающей среды, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nina A. Dyakova, Doctor of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Pharmaceutical Technology, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Sergey A. Yepintsev, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia

Syuzanna V. Shekoyan, Candidate of Technical Sciences, Researcher of the Department of Geoecology and Environmental Monitoring, Voronezh State University, Voronezh, Russia