

УДК 504.53+351.777.6
DOI: 10.7868/S25000640250306

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГОРОДСКИХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ (НА ПРИМЕРЕ ВОРОНЕЖА)

© 2025 г. Н.А. Дьякова¹

Аннотация. Представлены результаты комплексной эколого-гигиенической оценки почв урбоценозов Воронежа относительно содержания наиболее токсичных тяжелых металлов, пестицидов, а также природных и техногенных радионуклидов. Результаты исследования верхних слоев городских почв показали их соответствие действующим требованиям к содержанию основных токсичных элементов. Уровень концентрации тяжелых металлов в почвах урбанизированных территорий значительно превышает таковой в почве контрольной зоны, лишенной антропогенного воздействия. Остаточные хлорорганические пестициды в городских почвах отсутствуют. Проведенное радиологическое исследование подтверждает относительное экологическое благополучие почв урбоценозов изученного региона по сравнению со среднемировыми показателями и средними значениями удельной активности природных и техногенных радионуклидов по России. Важнейшее влияние на состояние почв урбоценозов Воронежа оказывают автотранспорт и железнодорожный транспорт, предприятия энергетики (тепловые электростанции), а также ряд производственных предприятий. При экологическом благополучии почв Воронежской области по абсолютному содержанию экотоксикантов в результате анализа рассчитанных суммарных показателей загрязнения почв антропогенно нарушенных территорий относительно контрольной (заповедной) зоны выявлено, что допустимой степени загрязнения не имеет ни одна из исследованных площадок. Умеренно опасной степенью загрязнения характеризуются почвы вблизи Воронежского водохранилища и на удалении более 200 м от автомобильной трассы М-4. В соответствии с расчетами суммарного показателя загрязнения почв к опасным территориям относятся улица Димитрова (Воронеж), территории вблизи аэропорта, тепловой электростанции, промышленного предприятия «Воронежсинтезкаучук», а также зоны, прилегающие к автотрассе М-4 (0–100 м) и к железнодорожной магистрали (0–300 м).

Ключевые слова: городские почвы, урбоценозы, тяжелые металлы, хлорорганические пестициды, радионуклиды, суммарный показатель загрязнения почв.

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL AND HYGIENIC STATE OF URBAN SOILS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION (ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF VORONEZH)

N.A. Dyakova¹

Abstract. The results of a comprehensive ecological and hygienic assessment of soils of urbocenoses of the city of Voronezh on the content of the most toxic heavy metals, pesticides, as well as natural and man-made radionuclides are presented. The results of the study of the upper layers of urban soils showed their compliance with the current requirements for the content of the main toxic elements. It was revealed that the level of concentration of heavy metals in the soils of urbanized areas significantly exceeds the content of elements in the soil of the control zone, devoid of anthropogenic impact. The practical absence of residual organochlorine pesticides in urban soils has been confirmed. The conducted radiological study confirms the relative ecological well-being of soils of urbocenoses of the studied region in comparison with the world average indicators and

¹ Воронежский государственный университет (Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation), Российская Федерация, 394018, г. Воронеж, пл. Университетская, 1, e-mail: ninochka_v89@mail.ru

average values of specific activities of natural and technogenic radionuclides in Russia. It was revealed that the most important impact on the state of the soils of the urbocenoses of the city of Voronezh has auto and railway transport, energy enterprises, as well as a number of production enterprises. With the relative ecological well-being of soil samples of the Voronezh Region in terms of the absolute content of ecotoxicants, when analyzing the calculated total indicators of soil pollution of anthropogenically disturbed territories relative to the control (protected) zone, it was found that none of the studied sites has an acceptable degree of pollution. A moderately dangerous degree of soil pollution was identified near the Voronezh Reservoir and at a distance of more than 200 m from the M-4 highway. In accordance with the calculations of the total indicator of soil pollution, hazardous areas include Dimitrov Street in the city of Voronezh, territories near the airport, thermal power station, industrial enterprise “Voronezhsintezkauchuk”, as well as zones adjacent to the M-4 highway (0–100 m) and the railway line (0–300 m).

Keywords: urban soils, urbocenoses, heavy metals, organochlorine pesticides, radionuclides, total soil pollution index.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипова О.Е., Патракеева О.Ю., Архипова К.Э. 2024. Оценка уязвимости экосистем прибрежной зоны Азовского моря. Индексы экономического развития. *Наука Юга России*. 20(4): 81–90. doi: 10.7868/S25000640240411
2. Allen R.W., Barn P. 2020. Individual- and household-level interventions to reduce air pollution exposures and health risks: a review of the recent literature. *Current Environmental Health Reports*. 7(4): 424–440. doi: 10.1007/s40572-020-00296-z
3. 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. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.167772
4. Myeong S., Shahzad Kh. 2021. Integrating data-based strategies and advanced technologies with efficient air pollution management in smart cities. *Sustainability*. 13(13): 7168. doi: 10.3390/su13137168
5. 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): 1–12. doi: 10.51419/202134419
6. Мещерякова В.Ю., Дьякова Н.А., Павлова Ю.А. 2024. Перспективы использования различных растений с целью фиторемедиации почв, загрязненных тяжелыми металлами. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 3: 139–154. doi: 10.34014/2227-1848-2024-3-139-154
7. Novykh L., Eliseeva N., Voloshenko I., Solovyov A., Slyusarenko E. 2021. Features of the structural-aggregate

- composition of chernozems in different ecological conditions. In: *21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM (Albena, Bulgaria, 26 June – 5 July, 2021)*. Sofia, STEF92 Technology: 465–472. doi: 10.5593/sgem2021/3.1/s13.59
8. Епринцев С.А. 2022. Геоинформационно-аналитическая оценка экологической безопасности городов Центрально-Чернозёмного региона. *Региональные геосистемы*. 46(3): 398–409. doi: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-398-409
 9. Дьякова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. 2020. Эколого-гигиеническая оценка состояния почв антропогенных экосистем Воронежской области. *Известия КГТУ*. 59: 61–72. doi: 10.46845/1997-3071-2020-59-61-72
 10. Лопатина Д.Н. 2024. Фитотоксичность городских почв Иркутска и Ангарска. *Региональные геосистемы*. 48(1): 106–117. doi: 10.52575/2712-7443-2024-48-1-106-117
 11. Полетаев А.О., Севрюков И.С. 2024. Пространственное распределение тяжелых металлов и мышьяка в почвах вблизи горнопромышленных предприятий. *Региональные геосистемы*. 48(3): 453–465. doi: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-453-465
 12. 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. doi: 10.1016/j.envpol.2022.120596
 13. Побилат А.Е., Волошин Е.И. 2021. Микроэлементы в сельскохозяйственных растениях (обзор). *Микроэлементы в медицине*. 22(3): 3–14. doi: 10.19112/2413-6174-2021-22-3-3-14
 14. 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*. 9(2)(36): 19–26. doi: 10.25744/genb.2024.10.32.003
 15. 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. doi: 10.61838/kman.hn.2.3.8
 16. Goleusov P., Malyshev A. 2021. Resource characteristics of post-agrogenic chernozems in multiple-aged fallow lands of the Belgorod Region. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volume 817. Ninth International Symposium "Steppes of Northern Eurasia" (7–11 June 2021, Orenburg, Russian Federation)*. IOP Publishing: 012036. doi: 10.1088/1755-1315/817/1/012036
 17. Dyakova N., Gaponov S., Slivkin A., Chupandina E. 2019. Accumulation of artificial and natural radionuclides in medicinal plant material in the Central Black Soil Region of Russia. In: *Advances in Biological Sciences Research. Volume 7. Proceedings of the 1st International Symposium Innovations in Life Sciences (ISILS 2019) (Belgorod, Russia, 10–11 October 2019)*. Atlantis Press: 94–96. doi: 10.2991/isils-19.2019.22
 18. Куролап С.А., Мамчик Н.П., Клепиков О.В. 2010. *Медико-экологический атлас Воронежской области*. Воронеж, Воронежская областная типография – издательство им. Е.А. Болховитинова: 167 с.
 19. *Методические указания 2.1.7.730-99 от 05.04.1999 «Почва, очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест»*. URL: https://www.ot-dist.ru/ЕКО/mu_2.1.7.730-99_gigienicheskaja_ocenka_kachestva_p.pdf (дата обращения: 08.12.2024).
 20. *Постановление от 28 января 2021 года № 2 об утверждении санитарных правил и норм СанПин 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»*. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 08.12.2024).
 21. *Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства*. 1992. М., Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева: 62 с.
 22. Методические рекомендации МР 2.6.1/2.3.7.0216-20 от 22.09.2020 «Радиохимическое определение удельной активности природных радионуклидов в пробах пищевой продукции, почвы, других объектов окружающей среды и биопробах». *ГАРАНТ.РУ*. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74835247/> (дата обращения: 10.07.2025).
 23. Орлов П.М., Лунев М.И., Сычев В.Г. 2015. *Радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий Российской Федерации*. М., Всероссийский НИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова: 175 с.

REFERENCES

1. Arkhipova O.E., Patrakeeva O.Yu., Arkhipova K.E. 2024. [Assessment of vulnerability of coastal zone ecosystems of the Sea of Azov. Economic development indices]. *Nauka Yuga Rossii*. 20(4): 81–90. (In Russian). doi: 10.7868/S25000640240411
2. Allen R.W., Barn P. 2020. Individual- and household-level interventions to reduce air pollution exposures and health risks: a review of the recent literature. *Current Environmental Health Reports*. 7(4): 424–440. doi: 10.1007/s40572-020-00296-z
3. 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. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.167772
4. Myeong S., Shahzad Kh. 2021. Integrating data-based strategies and advanced technologies with efficient air pollution management in smart cities. *Sustainability*. 13(13): 7168. doi: 10.3390/su13137168
5. Plakhov G.A., Bezuglova O.S., Tagiverdiev S.S., Gorbov S.N. 2023. [The relationship of lead, zinc and copper with organic matter and carbonates in urban soils (on the example of Rostov-on-Don)]. *AgroEkoInfo*. 4(58): 1–12. (In Russian). doi: 10.51419/202134419
6. Meshcheryakova V.Yu., D'yakova N.A., Pavlova Yu.A. 2024. [Phytoremediation prospects for soils contaminated with heavy metals]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*. 3: 139–154. (In Russian). doi: 10.34014/2227-1848-2024-3-139-154
7. Novykh L., Eliseeva N., Voloshenko I., Solovyov A., Slyusarenko E. 2021. Features of the structural-aggregate composition of chernozems in different ecological conditions. In: *21st International Multidisciplinary Scientific*

- GeoConference SGEM (Albena, Bulgaria, 26 June – 5 July, 2021)*. Sofia, STEF92 Technology: 465–472. doi: 10.5593/sgem2021/3.1/s13.59
8. 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). doi: 10.52575/2712-7443-2022-46-3-398-409
 9. Dyakova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. 2020. [Ecological and hygienic assessment of soil condition of the anthropogenic ecosystems of the Voronezh Region]. *Izvestiya KGTU*. 59: 61–72. (In Russian). doi: 10.46845/1997-3071-2020-59-61-72
 10. Lopatina D.N. 2024. [Phytotoxicity of Irkutsk and Angarsk urban soils]. *Regional Geosystems*. 48(1): 106–117. (In Russian). doi: 10.52575/2712-7443-2024-48-1-106-117
 11. 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). doi: 10.52575/2712-7443-2024-48-3-453-465
 12. 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. doi: 10.1016/j.envpol.2022.120596
 13. Pobilat A.E., Voloshin E.I. 2021. [Microcells in agricultural plants (review)]. *Trace Elements in Medicine*. 22(3): 3–14. (In Russian). doi: 10.19112/2413-6174-2021-22-3-3-14
 14. Dyakova 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*. 9(2)(36): 19–26. (In Russian). doi: 10.25744/genb.2024.10.32.003
 15. 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. doi: 10.61838/kman.hn.2.3.8
 16. Goleusov P., Malyshev A. 2021. Resource characteristics of post-agrogenic chernozems in multiple-aged fallow lands of the Belgorod Region. In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volume 817. Ninth International Symposium “Steppes of Northern Eurasia” (7–11 June 2021, Orenburg, Russian Federation)*. IOP Publishing: 012036. doi: 10.1088/1755-1315/817/1/012036
 17. Dyakova N., Gaponov S., Slivkin A., Chupandina E. 2019. Accumulation of artificial and natural radionuclides in medicinal plant material in the Central Black Soil Region of Russia. In: *Advances in Biological Sciences Research. Volume 7. Proceedings of the 1st International Symposium Innovations in Life Sciences (ISILS 2019) (Belgorod, Russia, 10–11 October 2019)*. Atlantis Press: 94–96. doi: 10.2991/isils-19.2019.22
 18. Kurolap S.A., Mamchik N.P., Klepikov O.V. 2010. *Mediko-ekologicheskii atlas Voronezhskoy oblasti. [Medical and ecological atlas of Voronezh Region]*. Voronezh, Voronezh Regional Printing House named after E.A. Bolkhovitinov: 167 p. (In Russian).
 19. *Metodicheskie ukazaniya 2.1.7.730-99 ot 05.04.1999 “Pochva, oчитка naseleennykh mest, bytovye i promyshlennyye otkhody, sanitarnaya okhrana pochvy. Gigienicheskaya otsenka kachestva pochvy naseleennykh mest”*. [Methodical instructions 2.1.7.730-99 of 05 April 1999 “Soil, cleaning of populated areas, household and industrial waste, sanitary protection of soil. Hygienic assessment of soil quality in populated areas”]. 1999. Available at: https://www.ot-dist.ru/EKO/mu_2.1.7.730-99_gigienicheskaja_ocenka_kachestva_p.pdf (accessed 8 December 2024). (In Russian).
 20. *Postanovlenie ot 28 yanvarya 2021 goda № 2 ob utverzhdenii sanitarnykh pravil i norm SanPin 1.2.3685-21 “Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov srede obitaniya”*. [Resolution No. 2 of 28 January 2021 approving SanPin 1.2.3685-21 “Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of habitat factors for humans”]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (accessed 8 December 2024). (In Russian).
 21. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhelykh metallov v pochvakh sel'khozogodiy i produktsii rastenievodstva. [Methodological recommendations for the determination of heavy metals in the soils of farmland and crop production]*. 1992. Moscow, Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev: 62 p. (In Russian).
 22. *Metodicheskie rekomendatsii 2.6.1/2.3.7.0216-20 ot 22.09.2020 “Radiokhimicheskoe opredelenie udel'noy aktivnosti prirodnykh radionuklidov v probakh pishchevoy produktsii, pochvy, drugikh ob’ektov okruzhayushchey srede i bioprobakh”*. [Methodological Recommendations 2.6.1/2.3.7.0216-20 of 22 September 2020 “Radiochemical determination of specific activity of natural radionuclides in samples of food products, soil, other environmental objects and biological samples”]. GARANT.RU. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74835247/> (accessed 10 July 2025). (In Russian).
 23. Orlov P.M., Lunev M.I., Sychev V.G. 2015 *Radiatsionnyy monitoring sel'skokhozyaystvennykh ugodiy Rossiyskoy Federatsii. [Radiation monitoring of agricultural land of the Russian Federation]*. Moscow, D.N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agricultural Chemistry: 175 p. (In Russian).

Поступила 26.03.2025

Принята 09.06.2025