

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.47>

ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПОЧВЕННЫХ СВОЙСТВ ГОРОДСКИХ ЭКОСИСТЕМ

Научная статья

Ельшаева И.В.^{1,*}

¹ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (elshaevaiv[at]mail.ru)

Аннотация

Актуальность мониторинга экологического состояния антропогенных ландшафтов определяется тем, что специфичные составляющие экологической оценки, их химический состав и морфология представляют собой среду, которая депонирует загрязняющие вещества и во многом определяет устойчивость экосистемы к негативному воздействию хозяйственной деятельности человека. Целью исследования являлся анализ особенностей пространственного распределения тяжелых металлов в почве в пределах городского ландшафта и оценка эффективности основных критериев, используемых для идентификации источников загрязнения почвенного покрова. Исследован участок территории учебно-опытного поля Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, который можно отнести к урбоэкосистеме с высоким уровнем антропогенной нагрузки. Анализ основных критериев, используемых для идентификации источников загрязнения почвенного покрова, показал, что основным источником загрязнения земель является отвал городского мусора. Поверхностные воды изученной экосистемы загрязнены характерными для города поллютантами.

Ключевые слова: урбоэкосистема, почва, тяжелые металлы, идентификация источника, пространственное распределение, нефтепродукты.

SPECIFICS OF ECOLOGICAL ASSESSMENT OF SOIL PROPERTIES OF URBAN ECOSYSTEMS

Research article

Elshaeva I.V.^{1,*}

¹ St. Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (elshaevaiv[at]mail.ru)

Abstract

The relevance of monitoring the ecological state of anthropogenic landscapes is determined by the fact that the specific components of environmental assessment, their chemical composition and morphology represent the environment that deposits pollutants and largely determines the resilience of the ecosystem to the negative impact of human economic activity. The aim of the study was to analyse the features of the spatial distribution of heavy metals in soil within the urban landscape and to evaluate the effectiveness of the main criteria used to identify sources of soil contamination. The area of the territory of the experimental field of St. Petersburg State Agrarian University, which can be attributed to the urban ecosystem with a high level of anthropogenic load, was studied. The analysis of the main criteria used to identify the sources of soil cover pollution showed that the main source of land pollution is the dumping of urban rubbish. Surface waters of the studied ecosystem are contaminated with pollutants typical for the city.

Keywords: urban ecosystem, soil, heavy metals, source identification, spatial distribution, petroleum products.

Введение

В полной мере функции динамического равновесия и устойчивого развития способны выполнять ландшафты, находящиеся в природном, неизменном состоянии. Если же природные компоненты оказываются нарушенными, выполнение функций саморегуляции становится неполным или совсем прекращается. Это, соответственно, приводит к потерям: снижению урожаев, истощению природных ресурсов, таким образом, степень нарушения природных компонентов ландшафта в значительной степени влияет на степень удовлетворения человеческих потребностей [1], [2].

К промышленно-урбанизированным территориям относят территории городов с высокой численностью населения, развитой инфраструктурой и транспортной сетью [3], [4]. Ландшафты, находящиеся в зонах, прилегающих к таким территориям, подвергаются постоянному воздействию загрязняющих веществ, что неизбежно приводит к увеличению объемов накопления поллютантов и вызывает опасения в связи с их дальнейшим использованием.

Среди многочисленных поллютантов антропогенного характера, одними из самых распространенных в городской черте загрязнителей является группа углеводородов, к которым относят бензин, керосин, мазут, масла и их примеси. Последствия от загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами зависят от количества и состава загрязняющих веществ, условий внешней среды и свойств почвы. Под воздействием данных загрязняющих веществ происходят необратимые изменения морфологических, физико-химических и микробиологических свойств почвы. Изменяется кислотность, нарушается структура, снижается водопроницаемость, меняются окислительно-восстановительные условия, изменяется структура микробных ценозов, нарушаются микробиологические процессы и т.д. [5], [6].

Одним из главных загрязнителей городских ландшафтов являются тяжелые металлы, что обусловлено повсеместным участием их в промышленном производстве. В связи с несовершенными системами очистки тяжелые металлы попадают в окружающую среду, в том числе и в почву, загрязняя и отравляя ее. Почва в свою очередь, служит источником вторичного загрязнения приземного воздуха, а также почвенных и грунтовых вод. На сегодняшний день имеется большое количество исследований, отражающих поступление и трансформацию тяжелых металлов в почвенный покров [7], [8], [9], [10].

Одним из важнейших мероприятий, позволяющих объективно оценить состояние почвенного покрова земель, находящихся в зоне влияния крупных городов с высоким уровнем антропогенного воздействия и промышленных центров, является проведение регулярного мониторинга содержания в почве загрязняющих веществ. Цель проведенного исследования – анализ особенностей пространственного распределения тяжелых металлов в почве в пределах городского ландшафта и оценка эффективности основных критериев, используемых для идентификации источников загрязнения почвенного покрова.

Объекты и методы исследования

Для оценки состояния урбоэкосистем с высоким уровнем антропогенной нагрузки был выбран участок территории учебно-опытного поля Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. С одной стороны, опытное поле примыкает к территории государственного музея заповедника «Царское Село» и Александровскому парку. С другой стороны, территория вплотную граничит с площадкой обслуживания техники городского коммунально-бытового хозяйства. Для экологического анализа был проведен отбор проб из отвала городского мусора, почвы на разном расстоянии от отвала и воды из поверхностных источников, находящихся в зоне влияния. Отбор проб почвы производился на глубину пахотного слоя агрохимическим буром в соответствии с ГОСТом 28168-89 [11] летом 2019 года. С целью изучения степени загрязненности почвы на исследуемом участке было определено содержание тяжелых металлов согласно методическим указаниям по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства [12].

Для изучения исследуемых показателей почв было отобрано четыре пробы: образец №1 – «отвал»; образец №2 – «точка 10 м от отвала», образец №3 – «точка 30 м от отвала»; образец №4 – «точка 40 м от отвала».

Результаты исследований

Уровень содержания тяжелых металлов в почве является косвенным показателем степени техногенной нагрузки и потенциальной опасности для здоровья населения на конкретной территории. Содержание тяжелых металлов в почвах исследуемого участка представлено в табл. 1.

Таблица 1 - Содержание тяжелых металлов в почве
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.47.1>

Показатель	Точка отбора				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	ПДК*
	валовое содержание тяжелых металлов, мг/кг				
As	0,83	0,78	0,36	0,31	2,00
Zn	18,32	4,34	2,96	0,91	23,00
Cu	138,03	102,54	53,98	39,75	55,00
Cd	0,93	0,94	0,32	0,25	0,50

Примечание: постановление 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» [13]

Следует отметить, что содержание кадмия в образцах №1 и №2 превышает ПДК в 1,8 раз. На расстоянии свыше 30 м (в образцах №3 и №4) концентрация кадмия была в пределах нормы. Аналогичным образом распределилось загрязнение почвы медью. Концентрация меди в образце №1 превышает ПДК в 2,5 раза, в образце №2 – в 1,8 раза, в образцах №3 и №4, которые находятся в 30 и 40 метрах от отвала соответственно, не превышают нормативного.

Экологический мониторинг включает в себя обнаружение и изучение признаков, характеризующих современное и ожидаемое состояние окружающей среды, экосистем и ландшафтов, а также разработку методов и средств обнаружения, предупреждения и ликвидации источников негативных экологических явлений и процессов. Определение степени контрастности загрязнения тяжелыми металлами позволяет дать предварительное заключение о характере источника загрязнения. Для оценки степени контрастности ореола загрязнения может использоваться индекс контрастности, рассчитываемый по формуле, предложенной В.А. Алексеенко [14]:

$$I_c = C_a / (C_b \times L) ,$$

где:

C_a – концентрация элемента в почве в точке a, мг/кг;

C_b – концентрация элемента в почве в точке b, мг/кг;

L – расстояние между точками a и b, м.

Степень контрастности ореола загрязнения оценивается по следующей градации:

> 1,0 – чрезвычайно контрастное загрязнение;

0,1 – 1,0 – контрастное загрязнение;

0,01 – 0,1 – средняя контрастность загрязнения;

< 0,01 – слабая контрастность загрязнения.

Из полученных данных следует, что исследуемый участок по степени контрастности загрязнения почвы тяжелыми металлами оценивается как контрастный (табл. 2).

Таблица 2 - Индекс степени контрастности загрязнения тяжелыми металлами

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.47.2>

Номер образца	Степень контрастности			
	As	Zn	Cu	Cd
№2 «10 м» и №3 «30 м»	0,108	0,074	0,095	0,143
№3 «30 м» и №4 «40 м»	0,118	0,327	0,138	0,125
№4 «40 м» и №2 «10 м»	0,085	0,159	0,087	0,12

Источник контрастного загрязнения может быть связан в основном с выбросами промышленности и транспорта относительно небольшой интенсивности [9]. Наибольшей контрастностью распределения характеризуются цинк и кадмий. Индекс контрастности по цинку равен 0,187, кадмия – 0,129. Мышьяк и медь отличаются более равномерным распределением на исследуемом участке.

Главным источником загрязнения почвы на данной территории является отвал городского мусора. Данный вывод подтверждает и рассчитанный коэффициент корреляции между содержанием мышьяка, меди, цинка и кадмия в образцах, отобранных на разном удалении от него. Коэффициент корреляции между значениями загрязнения образцов №1 «Отвал» и образцов №2, №3, №4 колебался от 0,94 до 0,96. Причем, чем ближе к источнику загрязнения было место отбора пробы, тем выше был коэффициент корреляции.

Работа автотранспорта, выбросы газа и сброс сточных вод промышленных предприятий приводят к загрязнению окружающей природной среды и наносят большой ущерб экологическим системам городов. Хозяйственная деятельность человека в пределах городов является основным источником загрязнения поверхностных вод тяжелыми металлами и различными органическими токсикантами. Среди многочисленных вредных веществ антропогенного характера, нефтепродуктам принадлежит одно из лидирующих мест в загрязнении городских водоемов. Результаты анализа воды, отобранной из ближайших к дороге водных объектов, представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Гидрохимическая характеристика поверхностных вод

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.152.47.3>

Проба	Содержание тяжелых металлов, мкг/л						Нефтепродукты мг/л	ПДК мг/л
	Cu	ПДК	Zn	ПДК	As	ПДК		
1	1,756	1000	2,099	1000	18,773	50	1,35	0,3
2	1,877		2,189		15,180		1,84	
3	1,726		0,901		21,875		1,76	

Во всех отобранных пробах были обнаружены медь, цинк и мышьяк. Уровни загрязнения по данным металлам и мышьяку не превышают норму ПДК. Содержание нефтепродуктов во всех образцах воды превышает уровень ПДК: в образце №1 – в 4,5 раза. В образце №2 – в 6 раз, в образце №3 – в 5,8 раз. Это можно объяснить тем, что стоки, попадающие в поверхностные воды, содержат бензин, керосин, топливные масла.

Заключение

Оценка содержания тяжелых металлов в почве исследуемого участка Пушкинского района Санкт-Петербурга показала, что территория существенно загрязнена кадмием и медью. Значения содержания их в почве составили 1,8 ПДК и 2,5ПДК соответственно.

Анализ основных критериев, используемых для идентификации источников загрязнения почвенного покрова, показал, что основным источником загрязнения земель является отвал городского мусора. Высокий коэффициент корреляции (0,94-0,99) между содержанием тяжелых металлов в нем и исследуемых образцах почв прилегающей территории указывает на тесную связь признаков и загрязнение из одного источника.

Рассчитанный индекс контрастности указывает, что источник загрязнения связан в основном с выбросами промышленности и транспорта относительно небольшой интенсивности.

Воды поверхностных объектов загрязнены характерными для городской среды веществами.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Семенова Е.И. Содержание тяжелых металлов в почве после распашки залежи первой стадии сукцессии / Е.И. Семенова, В.И. Титова, И.О. Митянин // Международный научно-исследовательский журнал. — 2020. — № 1(91). — С. 108–113. DOI: 10.23670/IRJ.2020.91.1.021.
2. Титова В.И. Подходы к выбору показателей и опыт оценки способности почвенного покрова к выполнению общебиосферных функций / В.И. Титова // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. — 2018. — Т. 67. — № 6. — С. 4–16. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.04-16.
3. Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2020 год. — Москва : Росгидромет, 2021. — 201 с.
4. Вершинин В.В. Экологический мониторинг промышленно-урбанизированных территорий с использованием новой системы их зонирования / В.В. Вершинин, А.С. Нартов, В.М. Ретивов [и др.] // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. — 2020. — № 2(181). — С. 70–74.
5. Водянова М.А. Биологические показатели в системе мониторинга урбанизированных почв / М.А. Водянова, И.А. Крятов, Л.Г. Донерьян [и др.] // Гигиена и санитария. — 2017. — Т. 96. — № 11. — С. 1091–1096. DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-11-1091-1096.
6. Яковлев А.Л. Нарушения экологической безопасности при интенсификации добычи нефти на месторождениях Краснодарского края / А.Л. Яковлев, О.В. Савенок // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2017. — № 1. — С. 50–54.
7. Вишнева Ю.С. Влияние автотранспорта на загрязнение почвенного покрова г. Архангельска тяжёлыми металлами / Ю.С. Вишнева, А.Ф. Попова // Вестник САФУ. Естественные науки. — 2016. — № 2. — С. 32–41.
8. Пашкевич М.А. Биогеохимическая оценка состояния почвенно-растительного покрова в промышленных, селитебных и рекреационных зонах Санкт-Петербурга / М.А. Пашкевич, Дж. Бек, В.А. Матвеева [и др.] // Записки Горного института. — 2020. — Т. 241. — С. 125–130. DOI: 10.31897/PM1.2020.1.125.
9. Дабахов М.В. Экологическая оценка почв урбанизированных ландшафтов / М.В. Дабахов, Е.В. Дабахова, В.И. Титова. — Нижний Новгород : НИУ РАНХиГС, 2014. — 300 с. — ISBN 978-5-00036-090-3.
10. Ельшаева И.В. Особенности оценки загрязненности земель, прилегающих к мегаполису / И.В. Ельшаева // Проблемы агрохимии и экологии. — 2023. — № 4. — С. 48–52. DOI: 10.26178/AE.2023.79.42.009.
11. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. — М. : Стандартинформ, 2007. — 7 с.
12. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. — Москва : ЦИНАО, 1992. — 63 с.
13. Постановление № 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»». — 2021. — URL: https://ds278-krasnoyarsk-r04.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/19/8/SP123685_21_0.pdf (дата обращения: 14.11.2024).
14. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия / В.А. Алексеенко. — Москва : Логос, 2000. — 627 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Semenova E.I. Soderzhanie tzhazhelyh metallov v pochve posle raspashki zalezhi pervoj stadii suksessii [Heavy Metal Content in Soil After Plowing Fallow Land at the First Stage of Succession] / E.I. Semenova, V.I. Titova, I.O. Mityanin // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — 2020. — No. 1(91). — P. 108–113. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.91.1.021>. [in Russian]
2. Titova V.I. Podhody k vyboru pokazatelej i opyt ocenki sposobnosti pochvennogo pokrova k vypolneniju obshhebiوسفernyh funkcyj [Approaches to Selecting Indicators and Experience in Assessing the Ability of Soil Cover to Perform Biospheric Functions] / V.I. Titova // Agrarnaja nauka Evro-Severo-Vostoka [Agricultural Science of the Euro-North-East]. — 2018. — Vol. 67. — No. 6. — P. 4–16. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.04-16. [in Russian]
3. Obzor sostojanija i zagriznenija okruzhajushhej sredy v Rossijskoj Federacii za 2020 god [Review of the State and Pollution of the Environment in the Russian Federation for 2020]. — Moscow : Roshydromet, 2021. — 201 p. [in Russian]
4. Vershinin V.V. Jekologicheskij monitoring promyshlennno-urbanizirovannyh territorij s ispol'zovaniem novej sistemy ih zonirovaniya [Environmental Monitoring of Industrial and Urbanized Areas Using a New Zoning System] / V.V. Vershinin, A.S. Nartov, V.M. Retivov [et al.] // Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel' [Land Management, Cadastre, and Land Monitoring]. — 2020. — No. 2(181). — P. 70–74. [in Russian]
5. Vodyanova M.A. Biologicheskie pokazateli v sisteme monitoringa urbanizirovannyh pochv [Biological Indicators in the Monitoring System of Urbanized Soils] / M.A. Vodyanova, I.A. Kryatov, L.G. Doneryan [et al.] // Gigena i sanitarija [Hygiene and Sanitation]. — 2017. — Vol. 96. — No. 11. — P. 1091–1096. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-11-1091-1096>. [in Russian]

6. Yakovlev A.L. Narusheniya jekologicheskoy bezopasnosti pri intensivifikacii dobychi nefti na mestorozhdenijah Krasnodarskogo kraja [Violations of Environmental Safety During the Intensification of Oil Production in the Fields of the Krasnodar Territory] / A.L. Yakovlev, O.V. Savenok // Zashhita okruzhajushhej sredy v neftegazovom komplekse [Environmental Protection in the Oil and Gas Complex]. — 2017. — No. 1. — P. 50–54. [in Russian]
7. Vishnevaya Yu.S. Vlijanie avtotransporta na zagryaznenie pochvennogo pokrova g. Arhangel'ska tjazhjolymi metallami [The Impact of Motor Transport on Heavy Metal Pollution of the Soil Cover in Arkhangelsk] / Yu.S. Vishnevaya, A.F. Popova // Vestnik SAFU. Estestvennye nauki [Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: Natural Sciences]. — 2016. — No. 2. — P. 32–41. [in Russian]
8. Pashkevich M.A. Biogeoхимическая оценка состоjаниjа почвенно-растительного покрова в промышлennyh, selitebnyh i rekreacionnyh zonah Sankt-Peterburga [Biogeochemical Assessment of the State of Soil and Vegetation Cover in Industrial, Residential, and Recreational Zones of St. Petersburg] / M.A. Pashkevich, J. Beck, V.A. Matveeva [et al.] // Zapiski Gornogo instituta [Proceedings of the Mining Institute]. — 2020. — Vol. 241. — P. 125–130. DOI: 10.31897/PM1.2020.1.125. [in Russian]
9. Dabakhov M.V. Jekologicheskaja ocenka pochv urbanizirovannyh landshaftov [Ecological Assessment of Soils in Urbanized Landscapes] / M.V. Dabakhov, E.V. Dabakhova, V.I. Titova. — Nizhny Novgorod : RANEPА, 2014. — 300 p. — ISBN 978-5-00036-090-3. [in Russian]
10. Elshaeva I.V. Osobennosti ocenki zagryaznennosti zemel', prilgajushhih k megapolisu [Features of Assessing the Pollution of Lands Adjacent to a Megacity] / I.V. Elshaeva // Problemy agrohimii i jekologii [Problems of Agrochemistry and Ecology]. — 2023. — № 4. — P. 48–52. DOI: 10.26178/AE.2023.79.42.009. [in Russian]
11. GOST 28168-89. Pochvy. Otkor prob [GOST 28168-89. Soils. Sampling]. — Moscow : Standartinform, 2007. — 7 p. [in Russian]
12. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniju tjazhelyh metallov v pochvah sel'skohozjajstvennyh ugodij i produkcii rastenievodstva [Methodological Guidelines for Determining Heavy Metals in Agricultural Soils and Plant Products]. — Moscow : TsINAО, 1992. — 63 p. [in Russian]
13. Postanovlenie № 2 «Ob utverzhdenii sanitarnyh pravil i norm SanPiN 1.2.3685-21 «Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniju bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlja cheloveka faktorov sredy obitaniya»» [Decree No. 2 “On Approval of Sanitary Rules and Regulations SanPiN 1.2.3685-21 ‘Hygienic Standards and Requirements for Ensuring the Safety and (or) Harmlessness of Environmental Factors for Humans’”]. — 2021. — URL: https://ds278-krasnoyarsk-r04.gosweb.gosuslugi.ru/netcat_files/19/8/SP123685_21_0.pdf (accessed: 14.11.2024). [in Russian]
14. Alekseenko V. A. Jekologicheskaja geohimija [Ecological Geochemistry] / V.A. Alekseenko. — Moscow : Logos, 2000. — 627 p. [in Russian]