

ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНУ ҐРУНТІВ МІСТА УМАНЬ ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Парахненко В.Г.¹, Гончарук В.В.²

¹Уманський національний університет
вул. Інститутська 1, 20300, м. Умань

²Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини
вул. Садова, 2, 20300, м. Умань

vladparachnenko@ukr.net, gvitalii1975@gmail.com

Здійснено комплексну екологічну характеристику стану ґрунтів міста Умань в умовах зростаючого техногенного навантаження на навколишнє середовище. Актуальність дослідження зумовлена інтенсифікацією урбанізаційних процесів, розвитком транспортної інфраструктури, діяльністю промислових і комунальних об'єктів, а також накопиченням забруднювальних речовин у ґрунтовому покриві, що становить потенційну загрозу для екологічної безпеки міських екосистем і здоров'я населення. Ґрунти розглянуто як ключовий компонент урбанізованого ландшафту, здатний акумулювати техногенні домішки та відображати довготривалий вплив антропогенних факторів.

У роботі проаналізовано просторові особливості забруднення ґрунтів міста важкими металами, нафтопродуктами та іншими токсичними сполуками, визначено основні джерела їх надходження та рівень екологічної небезпеки. Оцінювання стану ґрунтів здійснено з урахуванням принципів загальної та ландшафтної екології, зокрема функціонування ґрунтів як елементів міських екосистем, їх буферної здатності, стійкості до антропогенного впливу та потенціалу до самовідновлення. Виявлено території з підвищеним рівнем техногенного навантаження, де спостерігаються ознаки деградації ґрунтового покриву та зниження його екологічних функцій.

Особливу увагу приділено застосуванню геоінформаційних систем і методів екологічного моніторингу для картографування рівнів забруднення ґрунтів, аналізу їх просторової диференціації та прогнозування подальших змін. Обґрунтовано доцільність використання ґрунтових індикаторів як інструменту оцінювання екологічної безпеки урбанізованих територій і прийняття управлінських рішень у сфері охорони довкілля. Запропоновано напрями зниження техногенного впливу на ґрунти міста Умань, зокрема шляхом удосконалення системи екологічного контролю, рекультиваци порушених територій та інтеграції ґрунтового моніторингу в загальну систему управління міським середовищем.

Результати дослідження мають практичне значення для органів місцевого самоврядування, екологічних служб і фахівців у галузі охорони довкілля та можуть бути використані для розроблення заходів з підвищення рівня екологічної безпеки та сталого розвитку урбанізованих територій. *Ключові слова:* ґрунти міста, техногенне забруднення, екологічна безпека, урбанізовані території, важкі метали, ґрунтовий покрив, ландшафтна екологія, моніторинг довкілля, геоінформаційні системи, деградація ґрунтів.

Ecological characteristics of the state of soils in the city of uman under the influence of technogenic pollution of the environment. Parakhnenko V., Goncharuk V.

A comprehensive environmental assessment of the state of soils in the city of Uman was carried out in the context of growing anthropogenic pressure on the environment. The relevance of the study is due to the intensification of urbanization processes, the development of transport infrastructure, the activities of industrial and municipal facilities, as well as the accumulation of pollutants in the soil cover, which poses a potential threat to the ecological safety of urban ecosystems and public health. Soils are considered as a key component of the urbanized landscape, capable of accumulating anthropogenic impurities and reflecting the long-term impact of anthropogenic factors.

The paper analyzes the spatial characteristics of soil pollution in the city with heavy metals, petroleum products, and other toxic compounds, identifies the main sources of their origin and the level of environmental hazard. The assessment of soil condition was carried out taking into account the principles of general and landscape ecology, in particular the functioning of soils as elements of urban ecosystems, their buffering capacity, resistance to anthropogenic impact, and potential for self-recovery. Areas with increased levels of technogenic load were identified, where signs of soil cover degradation and a decrease in its ecological functions were observed.

Particular attention is paid to the use of geographic information systems and environmental monitoring methods for mapping soil pollution levels, analyzing their spatial differentiation, and predicting future changes. The feasibility of using soil indicators as a tool for assessing the environmental safety of urban areas and making management decisions in the field of environmental protection is justified. Directions for reducing the anthropogenic impact on the soils of the city of Uman are proposed, in particular by improving the environmental control system, recultivating disturbed areas, and integrating soil monitoring into the overall urban environment management system.

The results of the study are of practical importance for local authorities, environmental services, and specialists in the field of environmental protection and can be used to develop measures to improve the level of environmental safety and sustainable development of urban areas. *Key words:* city soils, technogenic pollution, environmental safety, urbanized areas, heavy metals, soil cover, landscape ecology, environmental monitoring, geographic information systems, soil degradation.



Постановка проблеми. У сучасних умовах зростаючого антропогенного навантаження на урбанізовані території питання екологічної безпеки ґрунтового покриву набуває особливої актуальності, оскільки ґрунти є одним із найбільш уразливих і водночас інформативних компонентів міського довкілля. Урбанізація, розвиток промислових і комунальних об'єктів, інтенсивний транспортний рух, ущільнення забудови та порушення природної структури ландшафтів зумовлюють накопичення у ґрунтах міста Умань техногенних забруднювачів, зокрема важких металів, нафтопродуктів і токсичних сполук, що негативно впливають на екологічний стан території та здоров'я населення.

За умов тривалого техногенного впливу ґрунти міських територій втрачають здатність виконувати свої основні екологічні функції – регуляцію кругообігу речовин, фільтрацію забруднювачів, підтримання біорізноманіття та стабільності екосистем. Особливо небезпечними є локальні осередки забруднення, пов'язані з промисловими зонами, транспортними магістралями, місцями накопичення відходів та об'єктами інженерної інфраструктури, де відбувається формування зон підвищеного екологічного ризику. За відсутності системного контролю та комплексної оцінки стану ґрунтів такі процеси можуть мати кумулятивний і довготривалий характер, спричиняючи деградацію міських ландшафтів.

Незважаючи на наявність нормативних вимог щодо охорони ґрунтів, у практиці екологічного контролю часто спостерігається фрагментарність досліджень, обмеженість моніторингових даних та недостатній облік просторової диференціації техногенного навантаження. Це ускладнює своєчасне виявлення небезпечних тенденцій, оцінку реального рівня забруднення ґрунтів і прогнозування подальших змін їх екологічного стану. За таких умов зростає потреба у проведенні комплексної екологічної характеристики ґрунтів міста Умань з урахуванням принципів загальної та ландшафтної екології, що дає змогу розглядати ґрунтовий покрив як складову цілісної міської екосистеми.

Актуальність дослідження. Зростання масштабів антропогенного впливу на урбанізовані території формує нові виклики у сфері охорони ґрунтів і забезпечення екологічної безпеки міського середовища. Інтенсифікація урбанізаційних процесів, розвиток промислових і комунальних об'єктів, збільшення транспортного навантаження та ущільнення забудови зумовлюють істотну трансформацію ґрунтового покриву міста Умань. У результаті відбувається накопичення техногенних забруднювачів, порушення природної структури та функцій ґрунтів, зниження їх екологічної стійкості й здатності до саморегуляції, що створює потенційні загрози для здоров'я населення та сталого розвитку міської території.

Особливої актуальності набуває проблема адекватної оцінки стану ґрунтів у межах урбанізова-

них ландшафтів, оскільки традиційні підходи до контролю ґрунтового забруднення часто мають фрагментарний характер, базуються на обмеженій кількості показників і не враховують просторову неоднорідність техногенного навантаження. Відсутність системного моніторингу та комплексного аналізу ускладнює виявлення зон підвищеного екологічного ризику, оцінку кумулятивного впливу забруднювальних речовин і прогнозування подальших змін екологічного стану ґрунтового покриву міста.

Важливим аспектом актуальності дослідження є необхідність інтеграції положень загальної та ландшафтної екології у процес оцінювання ґрунтів міських територій. Ґрунти слід розглядати не лише як депо техногенних домішок, а як функціональний елемент міської екосистеми, що бере участь у кругообігу речовин і енергії, формуванні біотичних зв'язків та підтриманні екологічної рівноваги. Недостатній облік цих закономірностей призводить до спрощеного розуміння екологічних загроз і зниження ефективності природоохоронних заходів.

У сучасних умовах особливої значущості набуває застосування комплексних підходів до дослідження ґрунтового покриву міста Умань, які поєднують інструментальні методи аналізу, екологічні індикатори, геоінформаційні технології та просторове моделювання. Реалізація таких підходів дає змогу об'єктивно оцінити рівень техногенного забруднення ґрунтів, визначити екологічно небезпечні ділянки та обґрунтувати напрями зниження екологічних ризиків. Саме тому дослідження екологічного стану ґрунтів міста Умань під впливом техногенного забруднення є актуальним і необхідним для формування науково обґрунтованих рішень у сфері охорони довкілля та забезпечення екологічної безпеки урбанізованих територій.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Авторський доробок спрямований на розв'язання комплексу актуальних наукових і прикладних завдань, пов'язаних з оцінюванням екологічного стану ґрунтів урбанізованих територій та зниженням негативного впливу техногенного забруднення на міське довкілля. В умовах інтенсивного розвитку міста Умань, зростання транспортного навантаження, функціонування промислових і комунальних об'єктів особливого значення набуває науково обґрунтована оцінка ґрунтового покриву як базового компонента міських ландшафтів і ключового індикатора екологічної безпеки території. Результати дослідження сприяють формуванню цілісного уявлення про просторові закономірності техногенного впливу та механізми трансформації ґрунтів у межах урбанізованого середовища.

Наукове значення роботи полягає у поглибленні теоретико-методологічних засад екологічної оцінки ґрунтів міських територій на основі положень

загальної та ландшафтної екології. У дослідженні ґрунти розглянуто як елемент складної міської екосистеми, що взаємодіє з іншими компонентами довкілля та реагує на антропогенне навантаження шляхом накопичення забруднювальних речовин і зміни своїх екологічних функцій. Запропоновані підходи до аналізу рівнів техногенного забруднення, екологічної стійкості та просторової диференціації ґрунтового покриву розширюють наукові уявлення про процеси деградації ґрунтів у межах урбанізованих ландшафтів і можуть бути використані в подальших наукових дослідженнях [3].

Практична цінність авторського доробку полягає у можливості застосування отриманих результатів для вирішення завдань екологічного моніторингу, територіального планування та управління міським середовищем. Розроблені підходи до оцінювання стану ґрунтів і виявлення зон підвищеного екологічного ризику можуть бути використані органами місцевого самоврядування, екологічними службами та природоохоронними установами під час планування природоохоронних заходів, рекультивації порушених земель і оптимізації землекористування. Таким чином, результати дослідження мають важливе значення як для розвитку наукових основ екології ґрунтів та ландшафтної екології, так і для практичного забезпечення екологічної безпеки міста Умань в умовах техногенного навантаження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Упродовж останніх десятиліть у наукових дослідженнях істотно зростає увага до проблем екологічного стану ґрунтів урбанізованих територій, зокрема під впливом техногенного забруднення. Ґрунтовий покрив розглядається як один із найбільш інформативних індикаторів антропогенного навантаження, здатний акумулювати забруднювальні речовини та відображати довготривалі наслідки господарської діяльності. Теоретичні та методологічні засади оцінювання стану ґрунтів і ландшафтів сформовано у працях українських учених-географів та екологів, зокрема М. Д. Гродзинського, П. Г. Шищенко, Л. Д. Руденка, у яких обґрунтовано необхідність комплексного ландшафтно-екологічного підходу до аналізу деградаційних процесів у межах природних і міських територій.

Значний внесок у дослідження екологічного стану ґрунтів зробили праці, присвячені урбанізованим ландшафтам і трансформації ґрунтового покриву під впливом антропогенних факторів (В. П. Кучерявий, О. Г. Голубцов, М. А. Хильчевський). У цих роботах розглянуто закономірності зміни фізико-хімічних властивостей ґрунтів, їх забруднення важкими металами, нафтопродуктами та іншими токсикантами, а також роль ґрунтів у забезпеченні екологічної стійкості міських екосистем. Автори підкреслюють, що техногенно змінені ґрунти втрачають свої природні регуляторні функції, що призводить до підвищення екологічних ризиків у межах міст.

Окремий напрям сучасних досліджень пов'язаний з оцінюванням просторової диференціації забруднення ґрунтів і використанням геоінформаційних систем у ґрунтово-екологічному аналізі (О. В. Ковальчук, Н. Ф. Качинська, О. В. Землянська). У цих публікаціях обґрунтовано доцільність поєднання результатів лабораторних аналізів із ГІС-технологіями для картографування рівнів забруднення, виявлення зон підвищеного техногенного навантаження та прогнозування екологічного стану міських територій. Такий підхід дозволяє більш повно враховувати просторову неоднорідність ґрунтового покриву та специфіку урбанізованих ландшафтів.

Водночас у низці наукових робіт наголошується на недостатності фрагментарних досліджень ґрунтів і необхідності переходу до комплексної екологічної характеристики, яка поєднує положення загальної, ландшафтної та ґрунтової екології (М. М. Назаренко, О. Г. Тараріко). Автори підкреслюють, що лише системний аналіз дозволяє оцінити реальний рівень техногенного навантаження, кумулятивний ефект забруднення та екологічну небезпеку для міських екосистем і населення.

Отже, аналіз наукових публікацій свідчить про значний розвиток теоретичних і прикладних досліджень у сфері екології ґрунтів та урбанізованих ландшафтів. Водночас недостатньо опрацьованими залишаються питання комплексної оцінки стану ґрунтів окремих міст з урахуванням локальних джерел техногенного забруднення та просторових особливостей урбанізованого середовища. Саме це зумовлює актуальність дослідження екологічного стану ґрунтів міста Умань як складової забезпечення екологічної безпеки території [4].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Попри наявність значного наукового доробку у сфері екології ґрунтів, урбаністичної екології та ландшафтно-екологічних досліджень, низка важливих аспектів оцінювання стану ґрунтового покриву міст під впливом техногенного забруднення залишається недостатньо опрацьованою. Передусім це стосується комплексної екологічної характеристики ґрунтів урбанізованих територій, яка б поєднувала аналіз хімічного забруднення, просторову диференціацію техногенного навантаження та оцінку екологічних функцій ґрунтів у межах міських екосистем. У більшості існуючих досліджень переважає фрагментарний підхід, орієнтований на окремі показники або локальні ділянки, що не дозволяє сформулювати цілісне уявлення про рівень екологічної небезпеки ґрунтів міста в цілому.

Недостатньо вивченими залишаються питання просторової неоднорідності забруднення ґрунтів у межах міських ландшафтів та взаємозв'язку між джерелами техногенного впливу, функціональним зонуванням міста й екологічним станом ґрунтового

покриву. Існуючі методики оцінювання часто не враховують специфіку урбанізованих ґрунтів, їх змінену морфологію, буферні властивості та здатність до акумуляції забруднювальних речовин у довготривалій перспективі. Це ускладнює визначення зон підвищеного екологічного ризику та прогнозування подальших деградаційних процесів.

Крім того, недостатньо реалізованим залишається потенціал інтеграції принципів загальної та ландшафтної екології у практику дослідження міських ґрунтів. У багатьох роботах ґрунтовий покрив розглядається ізольовано від інших компонентів міського середовища, без урахування екосистемних зв'язків, процесів саморегуляції та ролі ґрунтів у підтриманні екологічної стійкості урбанізованих територій. Також обмежено використовується інструментарій геоінформаційних систем, просторового моделювання та екологічних індикаторів для комплексної оцінки техногенного забруднення ґрунтів і його екологічних наслідків [5].

Саме ці невирішені аспекти зумовлюють необхідність проведення комплексного дослідження екологічного стану ґрунтів міста Умань під впливом техногенного забруднення, спрямованого на поєднання аналітичних, просторових і екосистемних підходів та формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення екологічної безпеки урбанізованої території.

Новизна: полягає у комплексній екологічній оцінці стану ґрунтів міста Умань під впливом техногенного забруднення з урахуванням принципів загальної та ландшафтної екології. Вперше для умов міста Умань ґрунтовий покрив розглянуто не лише як об'єкт накопичення забруднювальних речовин, а як функціональний компонент урбанізованої екосистеми, що виконує регуляторні, буферні та індикаторні функції в умовах інтенсивного антропогенного навантаження.

Запропоновано інтегрований підхід до оцінювання екологічного стану міських ґрунтів, який поєднує аналіз рівнів техногенного забруднення, просторову диференціацію ґрунтового покриву та оцінку екологічної вразливості різних функціональних зон міста. На відміну від традиційних досліджень, орієнтованих на окремі показники або локальні ділянки, у роботі враховано структурно-функціональні особливості урбанізованих ландшафтів, інтенсивність техногенного впливу та здатність ґрунтів до акумуляції й нейтралізації забруднювачів.

Уперше обґрунтовано можливість використання ґрунтів міста Умань як інтегрального індикатора екологічної безпеки урбанізованої території та інструменту прийняття управлінських рішень у сфері охорони довкілля. Отримані результати дозволяють підвищити наукову обґрунтованість оцінки екологічних ризиків, визначити пріоритетні зони для природоохоронних заходів і створюють основу для формування ефективної системи моніторингу та

управління станом ґрунтового покриву в умовах техногенного навантаження.

Методологічне або загальнонаукове значення полягає у формуванні цілісного підходу до оцінювання стану ґрунтів міських територій під впливом техногенного забруднення, який поєднує принципи загальної та ландшафтної екології, положення екологічної безпеки та сучасні інструменти моніторингу урбанізованих екосистем. Запропонована методологічна схема передбачає інтеграцію результатів хімічного та фізико-хімічного аналізу ґрунтів, просторового моделювання забруднення за допомогою геоінформаційних систем, оцінки екологічної вразливості функціональних зон міста та ризик-орієнтованого аналізу впливу техногенних факторів. Такий підхід дозволяє комплексно оцінювати стан ґрунтів, виявляти локальні осередки забруднення та прогнозувати можливі наслідки для екологічної безпеки міської території.

Виклад основного матеріалу. Дослідження зосереджене на комплексній оцінці стану ґрунтів міста Умань під впливом техногенного забруднення та визначенні його наслідків для екологічної безпеки урбанізованих територій. Аналіз включає оцінювання фізико-хімічних властивостей ґрунтів, концентрацій важких металів, нафтопродуктів та інших забруднювальних речовин, а також просторову диференціацію забруднення за функціональними зонами міста: промисловою, житловою, транспортною та рекреаційною.

Для оцінки використовувалися дані ґрунтового моніторингу, проведеного у межах міських ландшафтів, а також результати лабораторного аналізу проб ґрунтів з різних ділянок міста. Просторовий аналіз здійснено за допомогою геоінформаційних систем, що дозволило виявити локальні осередки підвищеного техногенного навантаження, оцінити екологічну вразливість територій та визначити потенційні ризики для функціонування міських екосистем.

Такий підхід дає змогу не лише фіксувати фактичний рівень забруднення ґрунтів, а й прогнозувати динаміку їх деградації, оцінювати вплив техногенних факторів на екологічну стійкість міських ландшафтів та обґрунтовувати пріоритети природоохоронних заходів. Отримані результати можуть бути використані для розробки рекомендацій щодо рекультивации порушених земель, планування територій та підвищення ефективності системи управління екологічною безпекою міста Умань [7].

Демонструє основні фізико-хімічні параметри ґрунтів у різних функціональних зонах міста Умань. Значення рН коливаються в межах 7,0–7,4, що свідчить про слабколужну реакцію ґрунтів. Найвищий рівень рН спостерігається в рекреаційній зоні (7,4), а найнижчий – поруч із АЗС (7,0), що може бути пов'язано з локальним техногенним впливом. Вологість ґрунтів найвища в рекреаційній зоні

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники ґрунтів

Показник	Житлова зона	Поблизу дороги	Поруч АЗС	Рекреаційна зона
pH	7.3	7.1	7.0	7.4
Вологість, %	18	14	15	20
Органічна речовина, %	3.8	3.5	3.2	4.1
Температура (°C)	12	12	12	11

Таблиця 2

Концентрації важких металів у ґрунтах (мг/кг)

Метал	Житлова зона	Поблизу дороги	Поруч АЗС	Рекреаційна зона	ГДК (мг/кг)
Pb	3.2	9.0	8.6	2.1	2.0
Ni	2.5	5.2	4.8	1.9	2.0
Cu	1.8	2.3	2.1	1.5	5.0
Zn	4.1	5.6	5.3	3.9	10

(20%) і найнижча поблизу дороги (14%), що відображає вплив інтенсивного транспорту та ущільнення ґрунту. Вміст органічної речовини коливається від 3,2% до 4,1%, при цьому рекреаційна зона характеризується найвищим показником, що свідчить про більш здорову структуру ґрунту та кращі умови для біологічної активності. Температурні показники практично однакові у всіх зонах (11–12 °C), що відповідає середньомісячним значенням для досліджуваного періоду. В цілому таблиця відображає закономірності впливу антропогенних факторів на фізико-хімічні властивості ґрунтів: найбільш трансформовані зони (поблизу дороги та АЗС) мають нижчу вологість, дещо кислійший pH і менший вміст органічної речовини.

Таблиця показує рівень забруднення ґрунтів важкими металами (Pb, Ni, Cu, Zn) у різних функціональних зонах міста Умань та порівняння з гранично допустимими концентраціями (ГДК).

Свинець (Pb) перевищує ГДК (2,0 мг/кг) у житловій зоні, поблизу дороги та поруч АЗС, причому найбільше накопичення спостерігається поблизу дороги (9,0 мг/кг).

Нікель (Ni) перевищує допустимий рівень у зонах поблизу дороги (5,2 мг/кг) та поруч АЗС (4,8 мг/кг), в той час як у житловій та рекреаційній зонах його концентрація нижча за ГДК.

Мідь (Cu) не перевищує допустимий рівень у жодній зоні, а найвищий показник спостерігається поблизу дороги (2,3 мг/кг).

Цинк (Zn) залишається в межах норми у всіх зонах, найбільше його накопичення у зоні поблизу дороги (5,6 мг/кг).

Таким чином, таблиця чітко ілюструє, що основні джерела техногенного забруднення – транспортні магістралі та АЗС – є зонами найбільшого накопичення важких металів. Житлова та рекреаційна зони мають відносно чистіші ґрунти, хоча Pb перевищує

норму навіть у житловій зоні, що вказує на потребу контролю та рекультивацийних заходів.

Показує значення pH ґрунтів у різних функціональних зонах міста Умань: житловій зоні, поблизу дороги, поруч АЗС та рекреаційній зоні. Найвищий рівень pH спостерігається в рекреаційній зоні (7,4), а найнижчий – поруч АЗС (7,0), що свідчить про вплив техногенного забруднення на кислотно-лужний баланс ґрунтів. Житлова зона має pH 7,3, а поблизу дороги – 7,1, демонструючи помірне зниження через транспортне навантаження. Загальна тенденція графіка свідчить, що зони з більш інтенсивним антропогенним впливом характеризуються дещо кислішою реакцією ґрунтів, тоді як рекреаційні та житлові території зберігають більш нейтральний рівень pH.

На графіку показано зміну вмісту органічної речовини в ґрунтах залежно від типу території.

У житловій зоні вміст органічної речовини становить близько 3,8%.

Поблизу дороги спостерігається зниження до приблизно 3,5%.

Поруч АЗС зафіксовано найнижче значення – близько 3,2%, що може свідчити про негативний вплив антропогенних факторів.

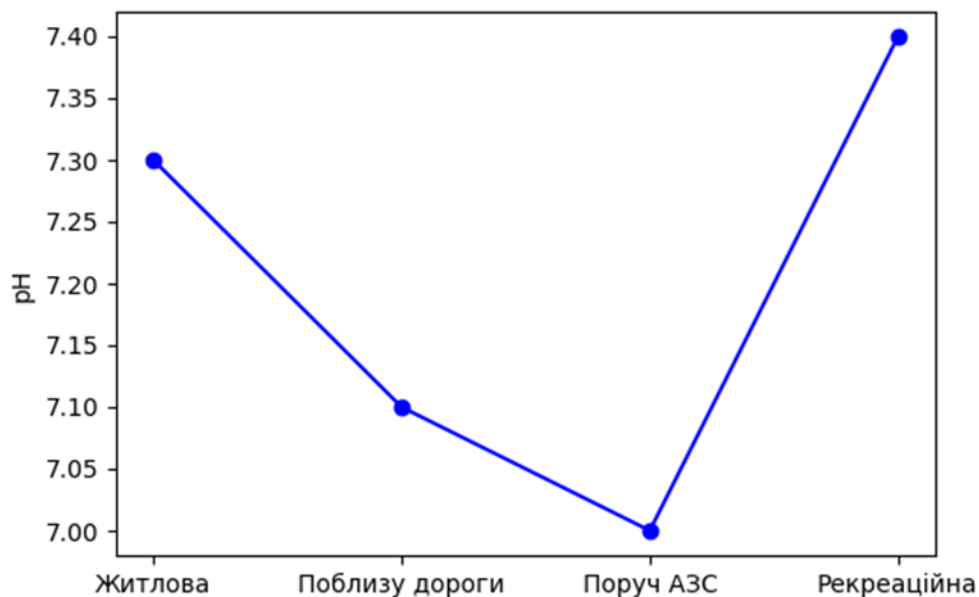
У рекреаційній зоні вміст органічної речовини є найвищим – близько 4,1%, що вказує на більш сприятливий екологічний стан ґрунту.

Загалом графік демонструє зменшення органічної речовини в зонах з інтенсивним техногенним навантаженням і її підвищення в менш забруднених територіях.

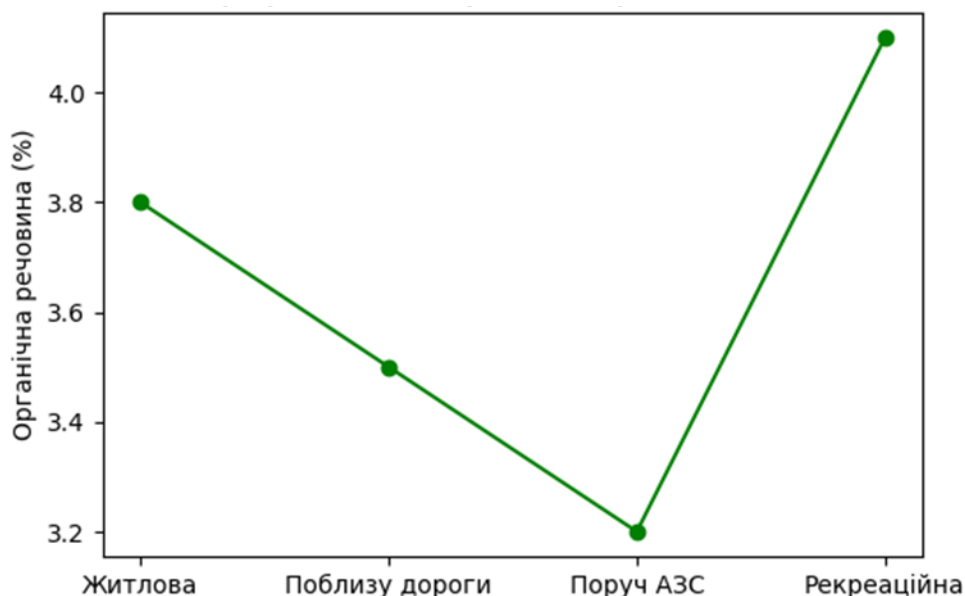
Графік відображає концентрацію свинцю (Pb) у ґрунтах різних функціональних зон.

У житловій зоні концентрація Pb становить близько 3,2 мг/кг.

Поблизу дороги зафіксовано різке зростання до приблизно 9,0 мг/кг, що є максимальним значенням.



Графік 1. рН ґрунтів за зонами



Графік 2. Вміст органічної речовини (%)

Поруч АЗС концентрація залишається високою – близько 8,6 мг/кг.

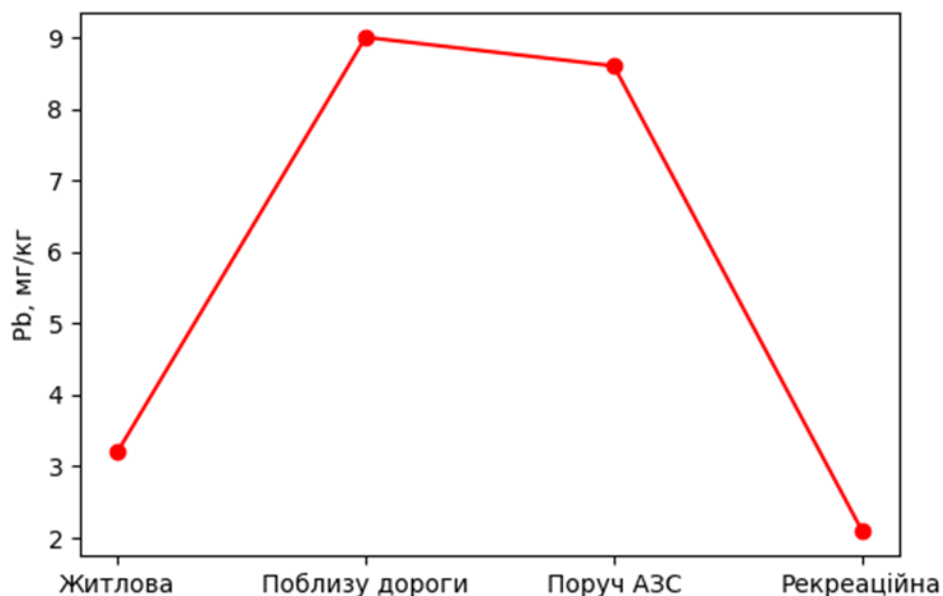
У рекреаційній зоні рівень Рв є найнижчим – близько 2,1 мг/кг.

Графік чітко показує, що найбільше забруднення свинцем характерне для територій з інтенсивним транспортним та техногенним впливом, тоді як рекреаційні зони мають мінімальні показники.

Головні висновки. В ході дослідження проведено комплексну оцінку стану ґрунтів міста Умань під впливом техногенного забруднення та визначено пріоритетні зони ризику для урбанізованих екосистем. Розроблено інтегрований підхід до аналізу ґрунтового покриву, який поєднує принципи загальної та

ландшафтної екології, оцінку екологічної вразливості територій, фізико-хімічний та хімічний аналіз ґрунтів, а також використання геоінформаційних систем для просторового моделювання забруднення.

Результати показали, що найбільше накопичення важких металів та нафтопродуктів спостерігається поблизу магістралей і АЗС, тоді як житлові та рекреаційні зони характеризуються нижчими концентраціями забруднювачів та кращими фізико-хімічними показниками ґрунтів. Використання інтегрованої системи дозволило простежити просторову диференціацію забруднення, оцінити екологічну стійкість різних функціональних зон міста та визначити потенційні ризики для урбоекосистем.



Графік 3. Концентрація Рb у ґрунтах

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження стану ґрунтів міста Умань під впливом техногенного забруднення можуть бути використані для підвищення ефективності системи моніторингу та управління екологічною безпекою в міських урбоекосистемах. Запропоновані методи комплексної оцінки фізико-хі-

мічних властивостей ґрунтів, концентрацій важких металів та нафтопродуктів, а також використання геоінформаційних технологій дозволяють оперативно виявляти забруднені ділянки, оцінювати їхній вплив на стійкість міських ландшафтів і формувати обґрунтовані рекомендації щодо рекультивациі та охорони територій.

Література

1. Хохрякова А. І. Ґрунти міст: особливості генезису, класифікації та діагностики. *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*, 2016. № 1(28). С. 45–52. DOI: [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2016.1\(28\).90336](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2016.1(28).90336)
2. Yehorova O., Zhytska L., Bakharev V., Mislyuk O., Khomenko E. Assessing the deposition of heavy metals in urban edaphotopes and synanthropic vegetation under technological pollution. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2024. № 3. С. 55–63. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.297718>
3. Василенко О. М., Онищук І. П. Вплив техногенного забруднення на ґрунти санітарно-захисних зон промислових підприємств м. Житомира. *Український журнал природничих наук*, 2025. № 12. С. 112–118. DOI: <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.12.2025.30>
4. Ольховик Ю. О., Дудар Т. В. Геохімічні особливості забруднення ґрунтів України під час війни. *Геохімія техногенезу*, 2025. Вип. 39. С. 21–29. DOI: <https://doi.org/10.32782/geotech2025.39.02>
5. Ivashchenko A., Andreev V. Problem of soil pollution by heavy metals. *Interdepartmental Thematic Scientific Collection of Phytosanitary Safety*, 2017. Вип. 63. С. 69–76. DOI: <https://doi.org/10.36495/1606-9773.2017.63.69-76>
6. Tonkha O., Menshov O., Litvinov D., Bondar K., Glazunova O., Litvinova O., Pikovska O., Zabaluev V. Assessment of soil pollution levels in southern Ukraine damaged by military actions. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія*, 2025. Вип. 108. С. 34–41. DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2713.108.04>
7. Sakun A. O., Kutkovyy D. O. Оцінка впливу наслідків військових дій на ґрунти. *Екологічні проблеми та оцінювання впливів на ґрунтове середовище*, 2025. № 1. С. 56–62. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.1-58.56>

Дата першого надходження статті до видання: 30.01.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 25.02.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 13.04.2026