

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА РУЙНІВНОГО ВПЛИВУ БУДІВЕЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ҐРУНТИ УРБООКОСИСТЕМ

Яковишина Т.Ф., Москальов М.О.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
пр. Дмитра Яворницького, 19, 49005, м. Дніпро
t_yakovyshyna@ukr.net

EU Soil strategy до 2030 року передбачає досягнення стійкого розвитку ґрунтів, шляхом ефективного управління їх якістю, залучення інноваційних методів відновлення, запобігання деградації і забруднення на підставі системного підходу (EU Action Plan «Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil»). Розуміння руйнівного впливу будівельної діяльності та стан порушеного ґрунту надасть змогу вірно підібрати методи хімічної детоксикації та біоремедіації. Встановлено рівень порушення ґрунтів урбоекосистеми м. Дніпро внаслідок провадження будівельної діяльності за показниками глибина гумусового горизонту та вміст гумусу, засміченість і каменястість, гранулометричний склад та щільність складення, як такий, що в сукупності діє екологічно небезпечним через втрату родючості та буферної властивості, спроможним підсилювати міграційну здатність металів-забруднювачів, спричиняти ризик вторинного забруднення ґрунтових вод, призводити до пилення та подальшої дефляційної втрати верхнього кореневмісного шару ґрунту. Виявлено, що втрати ґрунту пов'язані не тільки з безпосереднім впливом будівельної діяльності, а й зумовлюються подальшою його нерациональною експлуатацією при функціонуванні урбанізованих територій, котра за умов природних чинників, а саме, панівні ерозійнонебезпечні вітри, уклон поверхні, розріджений рослинний покрив, може призвести до майже повного його руйнування. Доведено необхідність врахування стану ґрунту при оцінюванні його забруднення, адже провадження будівельної діяльності негативно позначається на його екологічних функціях відносно родючості та буферності, отже впливає на вибір іммобілізаторів забруднювачів для хімічної детоксикації та рослин-оліготрофів при формуванні стійких фітоценозів в умовах техногенно навантажених урбоекосистем. *Ключові слова:* порушення ґрунту, пилення, урбоекосистема, екологічна небезпека, будівельна діяльність.

Ecological assessment of the destructive impact of the construction activities to the urban ecosystems soils. Yakovyshyna T., Moskalov M.

The EU Soil Strategy to 2030 envisages achieving sustainable soil development through effective management of their quality, using of the innovative restoration methods, and prevention of the degradation and pollution based on a systemic approach (EU Action Plan «Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil»). Understanding the destructive impact of the construction activities and the disturbed soil state will allow for the correct selection of the chemical detoxification and phytoremediation methods. The level of the soil disturbance in urban ecosystem of the Dnipro city has been established as a result of construction activities according to the indicators (depth of the humus horizon and humus content, garbage coverage and stonyness, granulometric content and density of the composition, as such that in the aggregate of the action is ecologically dangerous due to the loss of the fertility and buffer properties, capable of enhancing the migration ability of the polluting metals, causing the risk of the secondary contamination of the groundwater, leading to dusting and subsequent deflationary loss of the upper root-containing soil layer. The soil losses have been associated not only with the direct impact of the construction activities, but also with its further irrational exploitation during the functioning of urbanized areas, which under natural factors as prevailing erosion-hazardous winds, surface slope, sparse vegetation cover, can lead to its almost complete destruction. The need to take into account the soil state for pollution assessment has been proven, therefore implementation of the construction activities negatively affects to its ecological functions in terms of fertility and buffering, and affects to the choice of the pollutant immobilizers for chemical detoxification and oligotrophic plants when creating phytocenoses for the sustainable development of the urban ecosystems. *Key words:* soil disturbance, dusting, urban ecosystem, ecological hazard, construction activity.

Постановка проблеми. EU Soil strategy до 2030 року передбачає досягнення стійкого розвитку ґрунтів, шляхом ефективного управління їх якістю, залучення інноваційних методів відновлення, запобігання деградації і забруднення на підставі системного підходу (EU Action Plan «Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil»). Увага фокусується не тільки на ґрунтах сільськогосподарського призначення, а й на урбаноземах, які виступають базисом природної складової міста, адже забезпечення екологічної безпеки населення техногенно навантажених урбоекосистем неможливо без виконання ними певних екологічних функцій, як то буферна здатність відносно депонування металів-забруднювачів та родючість для формування зеленого каркасу міста. Розуміння руйнівного впливу будівельної діяльності та стан порушеного ґрунту надасть змогу вірно підібрати іммобілізатори металів-забруднювачів для хімічної детоксикації та рослин-оліготрофів при створенні фітоценозів для стійкого розвитку урбоекосистем.

Актуальність дослідження. Інтенсивний антропогенний вплив на ґрунти розпочинається безпосередньо з провадження будівельної діяльності в результаті чого руйнується його структура, погіршуються показники повітряного і водного режимів, частково втрачається родючість, знижується буферна властивість до забруднення небезпечними речовинами. В сукупності зі зміною рельєфу через зрізанням позитивних і засипанням негативних його форм,

намавом порід, підрізкою схилів це призводить до пилення, підсилює ерозійні процеси іноді до майже повної втрати ґрунтового покриву. Слід зважати на те, що в урбоекосистемі, втім, як і в будь-якій іншій екосистемі, ґрунт виступає базисом, порушення якого призведе до неспроможності виконувати свої екологічні функції, приміром, в межах міста може виникнути ціла низка проблем відносно, по-перше, родючості, пов'язана із відтворенням рослинного покриву, отже, негативно відбиватися на створенні сприятливого мікроклімату, надходженні кисню, поглинанні шкідливих газуватих сполук листовою поверхнею рослин; а, по-друге, буферної властивості щодо закріплення токсикантів та зменшення їх міграційної здатності, підвищуючи екологічну небезпеку для міського населення (рис. 1). Тому досить важливо розуміти ступінь порушення міських ґрунтів, що опосередковано відбивається на його родючості та буферній здатності, при розробці заходів з детоксикації забруднення та створенні фітоценозів для забезпечення екологічної безпеки населення та сталого розвитку урбоекосистеми.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.

Дослідження проведено у рамках реалізації Закону України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 28.02.2019 р.); Указу Президента України № 722 від 30.09.2019 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» (ціль 11 – забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст, інших населених пунктів); під час виконання у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка» НДР «Інноваційні технології захисту довкілля для забезпечення екологічної безпеки техногенно-навантажених регіонів» (державний реєстраційний номер 0124U002506, 2024-2027 рр.).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В межах урбоекосистеми особливостям формування специфічних ґрунтових тіл – урбаноземів з описом їх профілів приділяли увагу в роботах [3, 5, 6], класифікації – [7], хімічному складу і фізико-хімічним властивостям – [1, 8]. Проблема деградації ґрунтів, втрати гумусу та поживних елементів опрацьована відносно земель сільськогосподарського призначення, методи відновлення розроблені для поруше-

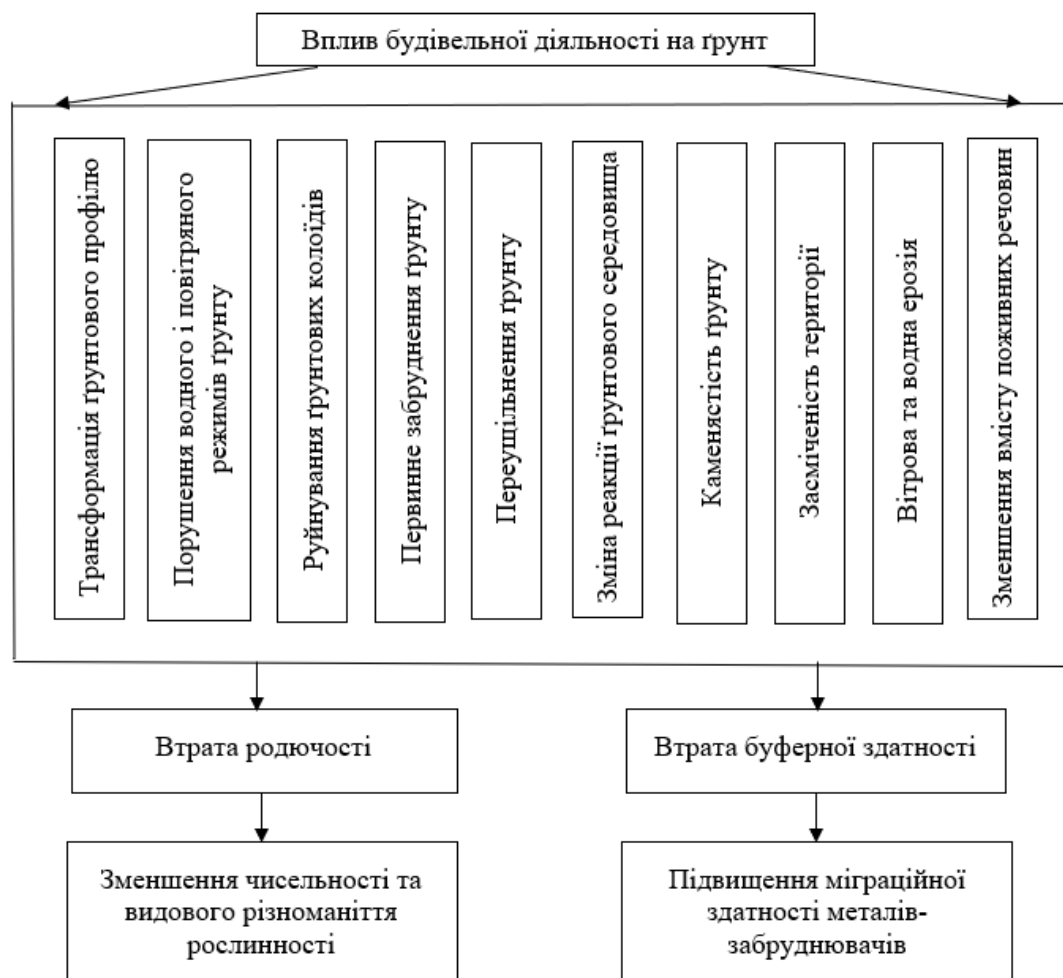


Рис. 1. Негативні наслідки впливу будівельної діяльності на ґрунт урбоекосистеми

них гірничо-добувною діяльністю ґрунтів, які потребують рекультивациі [4]. Проте системи оцінювання забруднення металами ґрунтів [9, 11] та технології їх детоксикації й біоремедіації [1, 8] зумовлюють необхідність врахування стану порушеного внаслідок будівельної діяльності ґрунту, його родючості та буферної здатності, розуміння можливості їх відновлення чи навпаки втрати з урахуванням фактору часу та за умов різного функціонального використання території.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Проблема дослідження полягає в обґрунтуванні залучення показників для характеристики втрат та стану порушення внаслідок будівельної діяльності міських ґрунтів і їх здатності виконувати свої екологічні функції в урбоєкосистемі відносно забезпечення поживними елементами рослинності та як іммобілізатора забруднюючих речовин.

Новизна. Встановлено втрати та рівень порушення ґрунтів м. Дніпро при провадженні будівельної діяльності та подальшого функціонування урбоєкосистеми для висотної житлової забудови та штучно створеної рекреаційної зони відносно зонального ґрунту – чорнозему звичайного малогумусного важкосуглинкового. Науково обґрунтовано при розробці і впровадженні методів детоксикації хімічного забруднення та формуванні стійких фітоценозів зважати на стан порушеного ґрунту та додатково залучати заходи спрямовані на підтримку його родючості та буферної здатності.

Методологічне або загальнонаукове значення. Оцінку впливу будівельної діяльності на ґрунти проводили в межах ґрунтово-кліматичних умов урбоєкосистеми м. Дніпро на різних стадіях: безпосередньо перед початком при плануванні поверхні на території будівельного майданчику (кільцева розв'язка пр. Героїв і вул. Космічна) та через 38 років після будівництва з природним заростанням території (вул. Запорізьке шосе на виїзді з міста) відносно зеленої зони – ділянка Набережної Перемоги, що не зазнала екореконструкції, та зонального ґрунту – чорнозему звичайного малогумусного важкосуглинкового. Всі ділянки знаходилися на правобережній частині міста, як такий що має складний рельєф, який підсилює процеси втрати ґрунту. Досліджувані ґрунти були представлені урбаноземами – в перших двох випадках з перемішаним, а в останньому з насипним типом ґрунтового профілю.

Для встановлення ступеня порушення ґрунтів визначали наступні показники: глибину гумусового горизонту та вміст гумусу за методом І.В. Тюріна (ДСТУ 7855:2015); засміченість поверхні; кам'яність в шарі 0,5 м; щільність складення (ДСТУ ISO 11272:2001); гранулометричний склад шляхом сухого просіювання (ДСТУ ISO 11277:2005).

Дефляційні втрати ґрунту розраховували за математико-статистичною моделлю, розробленою

Українським науково-дослідним інститутом захисту ґрунтів від ерозії (УкрНДІЗГЕ), використовуючи формулу (1):

$$A_w = \frac{(0,45L - 4,1HK_i)btK_vV_mK_{of}}{6331aS} \quad (1)$$

де A_w – втрати ґрунту, т/га; l – довжина ділянки в напрямку ерозійнонебезпечного потоку вітрів, м; b – ширина ділянки в напрямку перпендикулярному до пануючих вітрів, м; H – висота бар'єру, м; K_n – коефіцієнт «ефективної висоти» бар'єрів; t – число годин з пиловою бурею, год.; V_m – швидкість вітру під час пилової бурі, м/с; K_v – коефіцієнт зміни швидкості вітру в умовах рельєфу та інших рубежів; a – відстань, на якій перенос ґрунтового матеріалу досягає максимального значення при стандартній швидкості, м; S – площа досліджуваної ділянки, га; K_{of} – коефіцієнт відкритості ділянки [2].

Викладення основного матеріалу. Одним із головних показників, що визначають обидві екологічні функції ґрунту, а саме підтримують родючість і забезпечують іммобілізацію забруднювачів, виступає вміст гумусу, який слід оцінювати у сукупності з глибиною гумусованого профілю, що, по-перше, надасть розуміння стосовно забезпеченості рослин достатнім рівнем живлення, а, по-друге, визначить реальний рівень екологічної небезпеки за рухомими формами металів-забруднювачів та глибиною їх проникнення і створення вторинного забруднення при потрапленні в ґрунтові води.

Вміст гумусу в кореневмістому шарі (0-30 см) чорнозему звичайного становив 4,03 %, в той час як в урбаноземах насипного типу в зеленій зоні – 2,57 %, перемішаного типу – 2,14 % для висотної забудови, що зазнала одноразового втручання будівельної діяльності 38 років назад, та 1,68 % на ділянці колишнього приватного сектору підготовленої під будівництво. Низький вміст гумусу в зеленій зоні зумовлювався особливостями її формування при вирівнюванні берегової лінії та наміванні території, на якій більш ніж пів століття тому відбудовувався житловий масив «Перемога» за експериментальним проєктом Дніпроцивільпроєкту.

Глибина гумусованого профілю зонального ґрунту досить потужна з чітким переходом і становить 62,1-65,8 см, на відміну від досліджуваних урбаноземів, а саме, перемішаний тип – подовжений (84,7-91,3 см) і нечітко виражений за рахунок перемішування генетичних горизонтів при проведенні земляних робіт та насипний тип – спрощений (43,2-44,8 см), що негативно відбивалося через розрідженість рослинного покриву.

Поверхня ґрунтів урбанізованих територій перекривалась включеннями антропогенного походження, серед яких значну частину являло будівельне сміття, найбільше на ділянці колишнього приватного сектору підготовленої під будівництво – 24,7 %, вплив кліматичних факторів та механічне

руйнування протягом тривалого часу призвело до зменшення як розмірів включень, так і площі перекриття – 11,4 % на ділянці висотної забудови та 5,6 % – штучно створена зелена зона.

Найбільша каменястість була притаманна території підготовленій під будівництво – 12,2 %, в шарі 0-50 см урбаноземах перемішаного типу висотної забудови та насипного типу зеленої зони вміст каміння був значно меншим 8,3 % і 4,6 % відповідно, що вище за зональний ґрунт, якому каменястість взагалі не характерна.

Засміченість та каменястість сприяють збільшенню енергетичних витрат ґрунтової біоти на їх огинання при рості чи русі, а також до ускладненню посадки рослин, отже створенню стійких фітоценозів на території міста, здатних підтримувати екологічний каркас. Їх сукупна негативна дія відбивалася на екологічних функціях ґрунту через вплив на повітряний і водний режими, а саме швидке висушування кореневмісного шару та нестачу води для нормального росту і розвитку рослин, що є лімітуючим фактором в умовах Північного Степу України, куди територіально відноситься і м. Дніпро та зниження сорбційних захисних буферних властивостей щодо іммобілізації забруднювачів.

Вплив антропогенної діяльності позначався на гранулометричному складі ґрунту через збільшення каменястої фракції внаслідок будівництва та підвищення кількості пиловатих часток розміром менш за 0,01 мм при функціонуванні урбоєкосистеми за рахунок механічного впливу на його поверхню. Збільшення мілкодисперсних часток сприяє закріпленню катіонів металів на їх поверхні, що не дає змоги їх поглинання кореневою системою рослин, але призводить до утворення токсичного пилу та підвищує екологічну небезпеку розповсюдження в атмосферному повітрі. Вміст фракції 0,01-0,001 мм у чорноземі звичайного становив 49,7 %, яка збільшувалась при провадженні будівельної діяльності до 56,0-59,1 % та становила 40,2 % у штучно створеній зеленій зоні.

Гранулометричний склад, каменястість та наявність мілкодисперсної фракції позначалися на щільності ґрунту – головному агрофізичному критерію його якості стосовно накопичення максимальних запасів доступної вологи для рослин при достатній кількості повітря. Щільність складення чорнозему звичайного малогумусного важкосуглинкового становила 1,21 г/см³, в той час, як урбанозем висотної забудови був переущільнений – 1,38 г/см³, а значення даного показника на ділянці, підготовленій під будівництво майже відповідало зональному ґрунту – 1,26 г/см³. Екологічна небезпека переущільненого ґрунту пов'язана з пригніченням і в деяких випадках загибеллю рослин навіть за умов достатнього зволоження та вмісту поживних речовин [10], збільшенням поверхневого стоку, пиленням при механічному впливі, розвитком ерозійних процесів з подальшою

втратою ґрунту. В зеленій зоні домінувала піщана фракція, щільність складення становила 1,14 г/см³, що при дуже розрідженому рослинному покриву обґрунтовувало необхідність розрахунку дефляційних втрат ґрунту.

Величина втрати ґрунту була зумовлена розташуванням досліджуваних ділянок відносно панівних ерозійнонебезпечних вітрів, уклоном та відкритістю поверхні внаслідок розрідженого рослинного покриву, відсутністю перешкод на шляху потоку вітра. Як показали результати розрахунків найбільші втрати зазнають території висотної забудови та майбутнього будівельного майданчику – 0,054 та 0,053 в перерахунку на т/га, в той час як зелена зона майже вдвічі менше – 0,028 т/га, що зумовлюється зміною гранулометричного складу і зменшенням фракції пиловатих часток ґрунту через тривалий вплив ерозійних процесів. При підготовці ділянки під будівництво фактор часу та відсутність рослинного покриву підвищують екологічну небезпеку порушення та пилення ґрунту.

Головні висновки. Встановлено рівень порушення ґрунтів урбоєкосистеми м. Дніпро внаслідок провадження будівельної діяльності за показниками глибина гумусового горизонту та вміст гумусу, засміченість і каменястість, гранулометричний склад та щільність складення, як такий, що в сукупності діє екологічно небезпечним через втрату родючості та буферної властивості, спроможним підсилювати міграційну здатність металів-забруднювачів, спричиняти ризик вторинного забруднення ґрунтових вод, призводити до пилення та подальшої дефляційної втрати верхнього кореневмісного шару ґрунту. Виявлено, що втрати ґрунту пов'язані не тільки з безпосереднім впливом будівельної діяльності, а й зумовлюються подальшою його нераціональною експлуатацією при функціонуванні урбанізованих територій, котра за умов природних чинників, а саме, панівні ерозійнонебезпечні вітри, уклон поверхні, розріджений рослинний покрив, може призвести до майже повного його руйнування. Доведено необхідність врахування стану ґрунту при оцінюванні його забруднення, адже провадження будівельної діяльності негативно позначається на його екологічних функціях відносно родючості та буферності, отже впливає на вибір іммобілізаторів забруднювачів для хімічної детоксикації та рослин-оліготрофів при формуванні стійких фітоценозів в умовах техногенно навантажених урбоєкосистем.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати досліджень можуть бути використані при розробці заходів з пилопригнічення та оструктурювання міських ґрунтів, що зазнали руйнівного впливу будівельної діяльності, для відтворення рослинного покриву та підвищення буферної здатності з подальшим забезпеченням екологічної безпеки населення урбоєкосистем.

Література

1. Луцишин О.Г., Радченко В.Г., Палапа Н.В., Яворовський

- П.П., Весна В.Я., Скрипник Г.Л., Ковальова О.М. Фізико-хімічні властивості ґрунтів в умовах Київського мегаполісу. Доповіді Національної академії наук України. 2011. № 3. С. 197-204.
2. Світличний О.О., П'яtkова А.В. Прикладне ерозієзнавство: навч. посіб. – Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2020. – 136 с.
 3. Яковичина Т.Ф. Екологічна оцінка порушення ґрунту внаслідок будівельної діяльності. Будівництво. Матеріалознавство. Машинобудування. 2015. Вип. 81. С. 268-272.
 4. Padhye L.P., Srivastava P., Jasemizad T., Bolan S., Hou D., Shaheen S.M., Rinklebe J., O'Connor D., Lamb D., Wang H., Siddique K.H.M., Bolan N. Contaminant containment for sustainable remediation of persistent contaminants in soil and groundwater. *Journal of Hazardous Materials*. 2023. 455. 131575. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131575>
 5. Pavao-Zuckerman M. The nature of urban soils and their role in ecological restoration in cities. *Restoration Ecology*. 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2008.00486.x>
 6. Pouyat R.V., Day S.D., Brown S., Schwarz K., Shaw R.E., Szlavecz K., Trammell T.L.E., Yesilonis I.D. Forest and rangeland soils of the united states under changing conditions, 2020. P. 127-144. https://doi.org/10.1007/978-3-030-45216-2_7
 7. Subhadip P., Amitava R. Classification and functional characteristics of urban soil. *Soils in Urban Ecosystem*. 2022. P.11-23. DOI:10.1007/978-981-16-8914-7_2
 8. Xie T., Hou Y., Weiping C., Wang M., Sidan L., Li X. Impact of urbanization on the soil ecological environment: a review. *Acta Ecologica Sinica*. 2019. 39(4). DOI:10.5846/stxb201809131973
 9. Yakovyshyna, T., Nester, A., Pashechko, M., Kalda G., Sokolan, J., Piegdon, I. Specificities of considering migration capability of heavy metals in assessing ecological hazard of polluting soils of urban ecosystems. *Journal of Ecological Engineering*. 2025. 26(4), P. 37-44.
 10. Zandybay A., Saspugayeva G., Khussainov M., Karelkhan N., Kydyrova A., Adylbek Zh. Assessing the impact of urban development on soil health and nutrient cycling across urban areas. *Journal of Ecological Engineering*. 2024. 25(12). P. 106-123. <https://doi.org/10.12911/22998993/193832>
 11. Zhang J., Peng W., Lin M., Liu C., Chen S., Wang X., Gui H. Environmental geochemical baseline determination and pollution assessment of heavy metals in farmland soil of typical coalbased cities: A case study of Suzhou City in Anhui Province, China. *Heliyon*. 2023. 9(1):e14841. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14841>

Дата першого надходження рукопису до видання: 29.07.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 25.08.2025

Дата публікації: