

ВІЙСЬКОВІ ДІЇ ЯК ЧИННИК ДЕГРАДАЦІЇ УРБАНІЗОВАНИХ ЕКОСИСТЕМ

Сакун А.О., Кутковий Д.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків

Antonina.Sakun@khpi.edu.ua, Denys.Kutkovyi@mit.khpi.edu.ua

Військові дії є одним із найсильніших антропогенних чинників трансформації навколишнього природного середовища, наслідки яких особливо гостро проявляються в межах урбанізованих територій. Руйнування житлової, транспортної, енергетичної та промислової інфраструктури супроводжується значним навантаженням на всі компоненти міських екосистем, що призводить до погіршення стану атмосферного повітря, забруднення ґрунтів і водних об'єктів, скорочення площ зелених насаджень та зниження рівня біорізноманіття. У статті досліджено основні механізми деградації урбанізованих екосистем під впливом військових дій та проаналізовано їх екологічні наслідки. Визначено ключові джерела надходження забруднювальних речовин у довкілля, серед яких вибухи боєприпасів, пожежі, руйнування будівель і споруд, пошкодження промислових підприємств, об'єктів енергетики та систем життєзабезпечення.

Розглянуто особливості впливу воєнних дій на атмосферне повітря, ґрунтовий покрив, поверхневі та підземні води, а також на рослинний і тваринний світ міських територій. Встановлено, що накопичення важких металів, нафтопродуктів, продуктів горіння та будівельних відходів спричиняє довготривале погіршення екологічного стану урбанізованих територій і створює додаткові ризики для здоров'я населення. Особливу увагу приділено необхідності проведення комплексної екологічної оцінки територій, що зазнали воєнного впливу, з використанням системи показників стану окремих компонентів довкілля.

Обґрунтовано доцільність впровадження інтегрованого підходу до моніторингу наслідків військових дій, який дозволяє своєчасно виявляти екологічні загрози та визначати пріоритетні напрями природоохоронних заходів. Показано, що ефективне відновлення урбанізованих екосистем потребує поєднання заходів з екологічного моніторингу, рекультивації забруднених земель, відновлення зеленої інфраструктури та впровадження принципів сталого розвитку під час повоєнної відбудови територій. *Ключові слова:* військові дії, урбанізовані екосистеми, деградація екосистем, екологічні наслідки, забруднення атмосферного повітря, забруднення ґрунтів.

Military actions as a factor of urban ecosystem degradation. Sakun A., Kutkovyi D.

Military actions are among the most significant anthropogenic factors causing environmental transformation, with their impacts being particularly pronounced within urbanized areas. The destruction of residential, transport, energy, and industrial infrastructure imposes substantial pressure on all components of urban ecosystems, resulting in the deterioration of air quality, contamination of soils and water bodies, reduction of green spaces, and loss of biodiversity. This article examines the main mechanisms of urban ecosystem degradation caused by military activities and analyzes their environmental consequences. The key sources of pollutant release into the environment are identified, including ammunition explosions, fires, the destruction of buildings and structures, and damage to industrial facilities, energy infrastructure, and life-support systems.

The study considers the specific impacts of military actions on atmospheric air, soil cover, surface and groundwater resources, as well as the flora and fauna of urban areas. It has been established that the accumulation of heavy metals, petroleum products, combustion by-products, and construction debris leads to long-term deterioration of environmental conditions in urbanized territories and creates additional risks to public health. Particular attention is paid to the necessity of conducting a comprehensive environmental assessment of territories affected by military activities using a system of indicators that characterize the condition of individual environmental components.

The feasibility of implementing an integrated approach to monitoring the environmental consequences of military actions is substantiated, as such an approach enables the timely identification of environmental threats and the determination of priority areas for environmental protection measures. It is demonstrated that the effective restoration of urban ecosystems requires a combination of environmental monitoring, remediation of contaminated lands, rehabilitation of green infrastructure, and the implementation of sustainable development principles during post-war reconstruction. *Key words:* military actions, urban ecosystems, ecosystem degradation, environmental consequences, air pollution, soil contamination.

Постановка проблеми. Військові дії є одним із найбільш масштабних чинників антропогенного впливу на навколишнє природне середовище, що спричиняє значні зміни у функціонуванні екосистем та порушення екологічної рівноваги. Особливо вразливими до таких впливів є урбанізовані території, де висока концентрація населення, промислових об'єктів, транспортної та енергетичної інфраструктури

зумовлює виникнення комплексних екологічних ризиків. Руйнування будівель і споруд, пошкодження промислових підприємств, виникнення пожеж, вибухи боєприпасів та утворення значних обсягів відходів руйнувань призводять до інтенсивного забруднення атмосферного повітря, ґрунтів і водних ресурсів, а також негативно впливають на стан біорізноманіття та зелених насаджень.



Актуальність дослідження. Сучасні військові конфлікти супроводжуються значними екологічними наслідками, які охоплюють усі компоненти навколишнього природного середовища та становлять загрозу для екологічної безпеки територій. Особливо гостро ця проблема проявляється в урбанізованих екосистемах, де поєднання високої щільності населення, концентрації промислових об'єктів і розвинутої інфраструктури зумовлює масштабність негативних наслідків військових дій. Руйнування житлових кварталів, підприємств, об'єктів енергетики та транспортної мережі призводить до погіршення якості атмосферного повітря, забруднення ґрунтів і водних ресурсів, зниження рівня біорізноманіття та порушення екологічної стійкості міських територій.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконано в межах сучасного наукового напрямку, пов'язаного з оцінкою екологічних наслідків антропогенного впливу на навколишнє природне середовище та забезпеченням екологічної безпеки урбанізованих територій. Авторський доробок спрямований на вирішення актуального науково-практичного завдання щодо визначення особливостей деградації урбанізованих екосистем під впливом військових дій, виявлення основних джерел забруднення компонентів довкілля та оцінки екологічних ризиків для населення і природних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження екологічних наслідків військових дій набули особливої актуальності після початку повномасштабної війни в Україні. Сучасні наукові праці свідчать, що військові конфлікти спричиняють комплексний негативний вплив на всі компоненти навколишнього природного середовища, включаючи атмосферне повітря, ґрунти, водні ресурси, біорізноманіття та екосистемні послуги [1–3].

Одним із найбільш ґрунтовних міжнародних досліджень є звіт Програми ООН з навколишнього середовища (UNEP), у якому наведено результати попередньої оцінки екологічних наслідків війни в Україні. У документі зазначено, що руйнування промислової, транспортної та енергетичної інфраструктури супроводжується масштабним забрудненням атмосферного повітря, ґрунтів і водних ресурсів, а екологічні наслідки військових дій можуть зберігатися протягом тривалого часу після завершення бойових дій [4]. Аналогічні висновки наведено у дослідженні Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD), у якому проаналізовано екологічні наслідки руйнування промислової, транспортної та енергетичної інфраструктури, а також наголошено на необхідності інтеграції екологічних принципів у процес повоєнного відновлення України відповідно до концепції «зеленої» відбудови [5].

Комплексний аналіз сучасних наукових публікацій щодо впливу війни на компоненти довкілля представлено у роботі [6]. Автори узагальнили результати

досліджень щодо забруднення атмосферного повітря, деградації ґрунтів, порушення водних екосистем і втрати біорізноманіття, наголошуючи на необхідності застосування інтегрованих методів екологічної оцінки територій, що зазнали воєнного впливу [6].

Питання оцінки екологічної безпеки урбанізованих територій розглянуто у дослідженні [7], у якому показано взаємозв'язок між руйнуванням міської інфраструктури, виникненням екологічних ризиків та необхідністю формування стійких механізмів післявоєнного відновлення міст [7].

Окремий напрям досліджень присвячений оцінці екологічних збитків, завданих довіллю України внаслідок повномасштабної війни. Зокрема, у роботі [8] проаналізовано масштаби забруднення компонентів навколишнього природного середовища, економічні наслідки воєнних дій, а також ризики для здоров'я населення, зумовлені погіршенням стану довкілля.

Важливим джерелом інформації є також міжнародні аналітичні звіти щодо екологічних наслідків війни в Україні, підготовлені за участю експертів Програми ООН з навколишнього середовища (UNEP), Європейської економічної комісії ООН (UNECE), Conflict and Environment Observatory (CEOBS) та інших міжнародних організацій. У цих документах узагальнено результати оцінки екологічної шкоди, проаналізовано наслідки забруднення територій вибухонебезпечними предметами, деградації лісових екосистем, забруднення поверхневих і підземних вод, а також обґрунтовано необхідність створення сучасної системи екологічного моніторингу та екологічно орієнтованого повоєнного відновлення територій [4].

Незважаючи на значну кількість сучасних досліджень, більшість із них присвячена окремим компонентам довкілля або оцінці загальних екологічних наслідків війни. Водночас питання комплексної оцінки деградації саме урбанізованих екосистем, які характеризуються високою концентрацією населення, промислових об'єктів та інженерної інфраструктури, залишаються недостатньо дослідженими. Недостатньо розробленими є також інтегральні підходи до оцінювання стану міських екосистем після військового впливу, що обумовлює необхідність подальших наукових досліджень у цьому напрямі.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на значну кількість наукових праць, присвячених дослідженню екологічних наслідків військових дій, більшість із них зосереджена на оцінці окремих компонентів довкілля, зокрема забруднення атмосферного повітря, ґрунтів, водних ресурсів або втрати біорізноманіття. Значна частина сучасних досліджень також присвячена визначенню масштабів екологічних збитків, завданих військовими діями, та аналізу ризиків для здоров'я населення. Водночас питання комплексної оцінки деградації урбанізованих екосистем під впли-

вом військових дій залишаються недостатньо дослідженими.

Особливої уваги потребує вивчення взаємозв'язків між змінами окремих компонентів міського середовища та їх сукупним впливом на функціонування урбанізованих екосистем. Недостатньо дослідженими залишаються процеси трансформації екологічного стану міських територій внаслідок одночасного впливу руйнування інфраструктури, утворення відходів руйнувань, забруднення небезпечними речовинами та скорочення площ зелених насаджень. Також потребують подальшого наукового обґрунтування підходи до інтегральної оцінки ступеня деградації урбанізованих екосистем, які б дозволяли враховувати сукупний вплив військових дій на атмосферне повітря, ґрунтовий покрив, водні ресурси та біотичні компоненти міського середовища.

Крім того, недостатньо розробленими залишаються підходи до визначення пріоритетних напрямів екологічного відновлення урбанізованих територій, що зазнали воєнного впливу, з урахуванням особливостей їх екологічного стану та рівня антропогенного навантаження. У зв'язку з цим актуальним є проведення комплексного аналізу військових дій як чинника деградації урбанізованих екосистем та визначення основних екологічних наслідків такого впливу, що й обумовлює зміст даного дослідження.

Новизна роботи полягає у комплексному дослідженні військових дій як чинника деградації урбанізованих екосистем та узагальненні основних екологічних наслідків їх впливу на компоненти міського середовища. У роботі систематизовано основні джерела та чинники воєнного впливу на урбанізовані території, що призводять до порушення екологічної рівноваги, погіршення якості атмосферного повітря, забруднення ґрунтів і водних ресурсів, а також зниження рівня біорізноманіття.

Набуло подальшого розвитку наукове обґрунтування взаємозв'язку між руйнуванням міської інфраструктури та процесами деградації урбанізованих екосистем шляхом узагальнення сучасних даних щодо екологічних наслідків військових дій. Визначено основні напрями трансформації компонентів довкілля під впливом воєнних чинників та охарактеризовано їх вплив на екологічну стійкість міських територій.

Методологічне значення дослідження полягає у застосуванні комплексного підходу до аналізу впливу військових дій на урбанізовані екосистеми, який передбачає розгляд взаємопов'язаних змін у стані атмосферного повітря, ґрунтів, водних ресурсів, зелених насаджень та біотичних компонентів міського середовища.

Виклад основного матеріалу. Урбанізовані екосистеми є складними природно-антропогенними системами, розвиток і функціонування яких визначаються взаємодією природних компонентів довкілля, інженерної інфраструктури та господарської діяль-

ності людини. Висока концентрація населення, промислових підприємств, транспортної мережі та об'єктів життєзабезпечення зумовлює їх підвищену вразливість до зовнішніх впливів. Одним із найбільш масштабних антропогенних чинників трансформації міського середовища є військові дії, які супроводжуються руйнуванням об'єктів інфраструктури, виникненням пожеж, утворенням значних обсягів відходів руйнування, забрудненням атмосферного повітря, ґрунтів і водних ресурсів, а також порушенням екологічної рівноваги урбанізованих територій [9].

Наслідки військових дій мають комплексний характер і охоплюють усі компоненти урбанізованих екосистем. Вибухи боєприпасів, артилерійські обстріли, пожежі та руйнування промислових підприємств призводять до надходження у навколишнє природне середовище твердих частинок (РМ), оксидів азоту (NO_x), оксиду вуглецю (СО), діоксиду сірки (SO_2), поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ), важких металів та інших токсичних сполук, що становлять загрозу для екосистем і здоров'я населення [10].

Значний негативний вплив також пов'язаний із пошкодженням складів паливно-мастильних матеріалів, систем водопостачання та водовідведення, що спричиняє вторинне забруднення ґрунтів і водних об'єктів [8]. Руйнування зелених насаджень, міських парків і природних територій призводить до зниження біорізноманіття, втрати екосистемних послуг та погіршення санітарно-гігієнічного стану міського середовища [11].

Для систематизації процесів деградації урбанізованих екосистем, визначення взаємозв'язків між основними чинниками військового впливу, компонентами довкілля та напрямками їх відновлення запропоновано концептуальну схему, наведену на рис. 1.

Як показано на рис. 1, військові дії є першопричиною комплексу взаємопов'язаних деградаційних процесів, що охоплюють атмосферне повітря, ґрунтовий покрив, поверхневі й підземні води, біоту, зелені насадження та урбанізовану інфраструктуру. Оцінка екологічного стану територій повинна здійснюватися на основі інтегрованої системи моніторингу, яка включає фізичні, хімічні, біологічні та просторові методи дослідження. Комплексний аналіз отриманих результатів дає можливість визначити рівень деградації урбанізованих екосистем, оцінити екологічні ризики та обґрунтувати пріоритетні природоохоронні й відновлювальні заходи.

Основні наслідки військових дій для компонентів урбанізованих екосистем узагальнено на рисунку 2.

Аналіз даних, наведених на рисунку 2, свідчить, що найбільш уразливими компонентами міського середовища є атмосферне повітря, ґрунти та водні ресурси. Водночас деградація окремих компонентів не є ізольованим процесом, а супроводжується каскадними змінами в межах усієї урбанізованої екосистеми. Забруднення атмосферного повітря

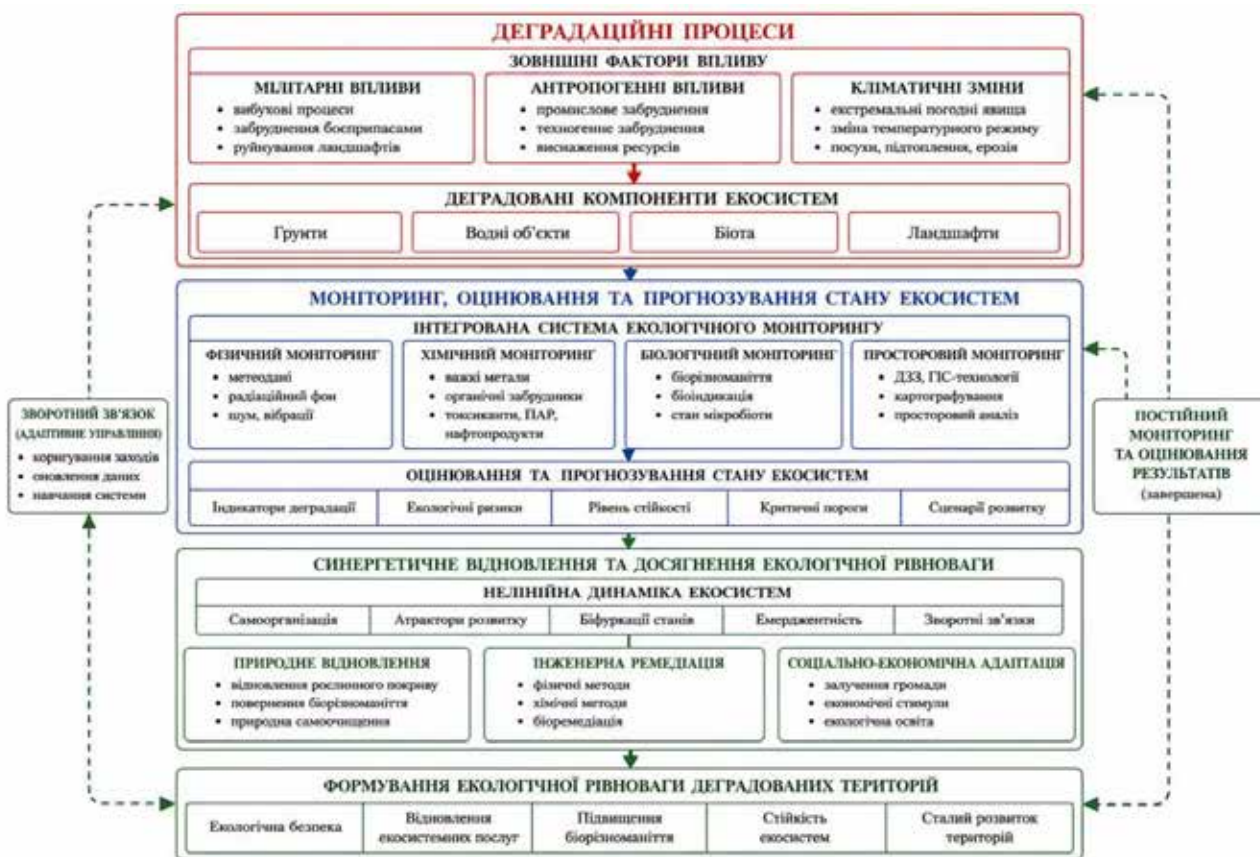


Рис. 1. Концептуальна схема деградації урбанізованих екосистем під впливом військових дій, їх моніторингу, оцінювання та відновлення

сприяє вторинному накопиченню токсичних речовин у ґрунтах і водних об'єктах, деградація рослинного покриву знижує природну здатність територій до самоочищення, а руйнування інженерної інфраструктури ускладнює функціонування систем екологічного захисту. Такий взаємозв'язок підтверджує необхідність застосування комплексного підходу до оцінювання екологічного стану територій, які зазнали воєнного впливу.

Таким чином, військові дії виступають одним із найвагоміших чинників деградації урбанізованих екосистем, наслідки якого мають системний і довготривалий характер. Ефективне управління такими територіями повинно базуватися на інтегрованому екологічному моніторингу, комплексній оцінці стану компонентів довкілля та реалізації науково обґрунтованих заходів щодо їх відновлення. Застосування запропонованого підходу сприятиме підвищенню ефективності екологічного управління в процесі повоєнної відбудови міст та забезпеченню їх екологічної стійкості.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що військові дії є одним із найвагоміших антропогенних чинників деградації урбанізованих екосистем, вплив яких має комплексний характер і охоплює всі компоненти навколишнього природного середовища. Руйнування об'єктів

житлової, промислової, транспортної та енергетичної інфраструктури супроводжується забрудненням атмосферного повітря, ґрунтів і водних ресурсів, скороченням площ зелених насаджень та порушенням екологічної рівноваги міських територій.

Узагальнення сучасних наукових досліджень дозволило визначити основні чинники деградації урбанізованих екосистем унаслідок військових дій та встановити взаємозв'язок між руйнуванням інфраструктури, трансформацією компонентів довкілля й формуванням довготривалих екологічних ризиків. Показано, що негативні наслідки військового впливу мають кумулятивний характер і можуть зберігатися протягом тривалого часу після завершення бойових дій.

Запропонована концептуальна схема комплексної оцінки деградації урбанізованих екосистем відображає взаємозв'язок між основними чинниками військового впливу, компонентами довкілля, системою екологічного моніторингу та природоохоронними заходами. Її використання сприяє систематизації процесу оцінювання екологічного стану територій і визначенню пріоритетних напрямів їх відновлення.

Встановлено, що забезпечення екологічної безпеки урбанізованих територій потребує впровадження інтегрованої системи моніторингу, яка поєд-

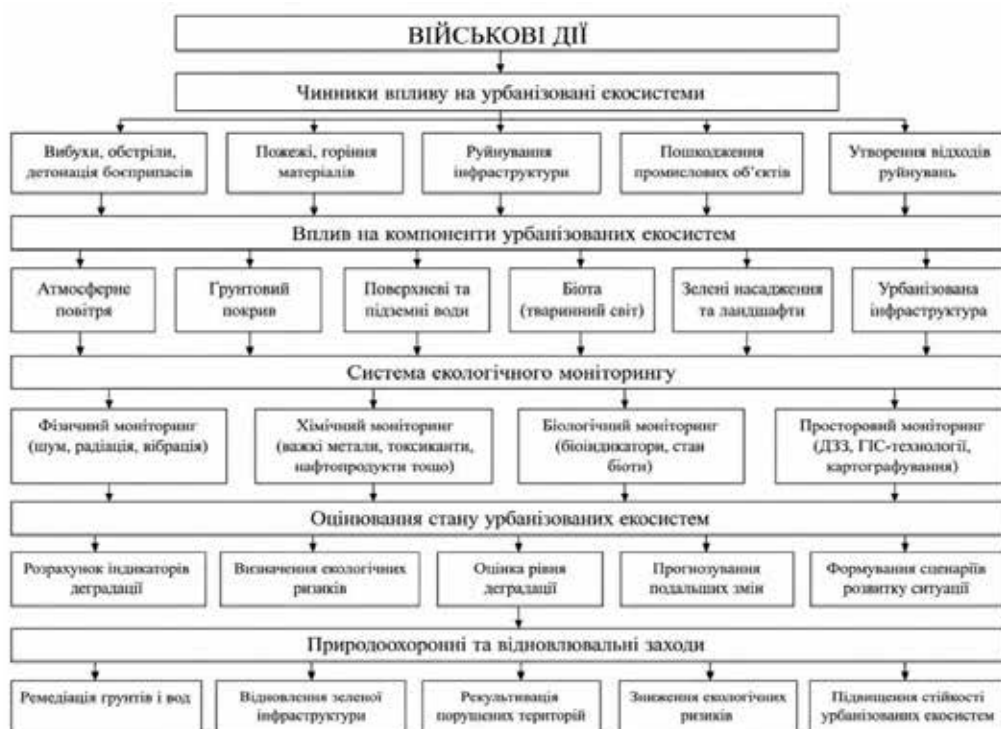


Рис. 2. Основні наслідки військових дій для компонентів урбанізованих екосистем

нує фізичні, хімічні, біологічні та просторові методи дослідження. Комплексний аналіз отриманих даних є необхідною передумовою для оцінки ступеня

деградації екосистем, прогнозування можливих екологічних ризиків та розроблення ефективних заходів з відновлення порушених територій.

Література

1. Leal Filho W., Eustachio J. H. P. P., Fedoruk M., Lisovska T. War in Ukraine: an overview of environmental impacts and consequences for human health. *Frontiers in Sustainable Resource Management*. 2024. Vol. 3. Article 1423444. DOI: 10.3389/fsrma.2024.1423444.
2. Elbakidze M., Kuns B., Gunko R., Kruhlov I. et al. Understanding the impact of the war on people–nature relationships in Ukraine. *Ecosystem Services*. 2025. Vol. 73. Article 101725. DOI: 10.1016/j.ecoser.2025.101725.
3. Leal Filho W., Fedoruk M., Eustachio J. H. P. P., Splodytel A. et al. The environment as the first victim: The impacts of the war on the preservation areas in Ukraine. *Journal of Environmental Management*. 2024. Vol. 364. Article 121399. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.121399.
4. United Nations Environment Programme. *The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine: A Preliminary Review*. Nairobi, 2022. URL: <https://www.unep.org/resources/report/environmental-impact-conflict-ukraine-preliminary-review>.
5. OECD. *Environmental Impacts of the War in Ukraine and Prospects for a Green Reconstruction*. OECD Policy Responses on the Impacts of the War in Ukraine. Paris, 2022. DOI: 10.1787/9e86d691-en.
6. Lelechenko N., Derun T. Impact of the armed conflict on environmental safety and resilience of the urban environment in Ukraine. *Aestim*. 2025. No. 86. P. 61–72. DOI: 10.36253/aestim-16857.
7. Hryhorczuk D., Levy B. S., Prodanchuk M., Kravchuk O., et al. The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*. 2024. Vol. 19. Article 1. DOI: 10.1186/s12995-023-00398-y.
8. Hartmane I., Biyashev B., Getman A., Yaroshenko O., et al. Impacts of war on Ukrainian nature. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81. No. 1. P. 455–462. DOI: 10.1080/00207233.2024.2314856.
9. Solokha M., Demyanyuk O., Symochko L., Mazur S., et al. Soil Degradation and Contamination Due to Armed Conflict in Ukraine. *Land*. 2024. Vol. 13. No. 10. Article 1614. DOI: 10.3390/land13101614.
10. Goyanna F.A. de Alencar, Bezerra M. F., Silva G. B. da, Rezende C. E., et al. Ecological drivers of mercury accumulation in oceanic apex predators: A human consumption advisory. *Science of the Total Environment*. 2025. Vol. 970. Article 178994. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2025.178994.
11. Bilyi T., Hlavatskyi D., Poliachenko I., Melnyk G., et al. The degree of soil degradation and aerosol formation from explosion products resulting from hostilities in Ukraine. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*. 2025. Vol. 108. No. 1. P. 39–46. DOI: 10.17721/1728-2713.108.05.

Дата першого надходження статті до видання: 09.07.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 28.07.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 31.08.2026