
УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

УДК 504.06

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2026.eco.2-65.47>

ЕКОЛОГІЧНІ РИЗИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОЛІГОНІВ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В МЕЖАХ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

Бойко Т.В.¹, Дочинець В.В.¹, Король К.А.¹, Попович Н.П.², Шуплат Т.І.¹

¹Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

вул. Клепарівська 35, 79000, м. Львів

Львівський окружний адміністративний суд

вул. Чоловського, 2, 79000, м. Львів

katincheshi@gmail.com

Стаття присвячена актуальній проблемі оцінки екологічних ризиків, що виникають у процесі експлуатації полігонів побутових відходів у межах урбанізованих територій. Особливу увагу приділено об'єктам, розташованим у безпосередній близькості до житлової забудови та ландшафтів, що використовуються в рекреаційних і туристичних цілях. Об'єктом дослідження обрано полігон міста Борислав Львівської області, який функціонує в умовах тривалого техногенного навантаження. Методологія роботи ґрунтується на застосуванні інтегрованого ризик-орієнтованого підходу. Дослідження поєднує фізико-хімічний аналіз едафотопів (поверхневого шару ґрунту 0-20 см), визначення біологічних показників функціонального стану ґрунтових екосистем та просторовий аналіз із використанням буферних зон на відстані 100, 300 та 700 метрів від тіла полігону. Автори враховують експозиційні чинники – частоту та тривалість контакту населення й рекреантів із ґрунто-рослинним покривом. У результаті дослідження встановлено формування чіткого просторового градієнта забруднення. У приполігонній зоні зафіксовано перевищення фонових концентрацій Pb, Zn та Cu у 2,0–2,3 рази, причому вміст свинцю та цинку перевищує встановлені ГДК. Біологічна оцінка виявила суттєву деградацію ґрунтового середовища: індекс біологічної активності знизився до 42%, а фітотоксичний ефект зріс до 38% у зоні безпосереднього впливу. Ключовим висновком є те, що негативні біологічні ефекти зберігаються на відстані до 700 м від джерела, навіть коли концентрації металів наближаються до нормативних значень. Наукова новизна полягає в обґрунтуванні експозиційно орієнтованого підходу, який доводить недостатність лише концентраційного аналізу для оцінки реальної небезпеки. Практичне значення результатів полягає у можливості їхнього використання для вдосконалення екологічного моніторингу, просторового планування міст та розробки заходів із рекультивативної території у межах рекреаційно-туристичних зон. Дослідження підтверджує необхідність врахування специфіки використання земель при оцінці екологічної безпеки об'єктів управління відходами. *Ключові слова:* полігон побутових відходів, урбанізація, урбанізована територія, екологічна безпека, екологічний ризик, едафотопи, важкі метали, біотестування.

Environmental risks of operating municipal waste landfills within urbanized areas. Boyko T., Dochynets V., Korol K., Popovych N., Shuplat T.

The article addresses the critical issue of assessing environmental risks associated with the operation of municipal solid waste (MSW) landfills in urbanized areas. Specific focus is given to facilities located in immediate proximity to residential zones and landscapes used for recreational and tourist purposes. The landfill of the city of Boryslav (Lviv region), operating under prolonged anthropogenic stress, was selected as the study object. The methodology is based on an integrated risk-oriented approach. The research integrates physicochemical analysis of edaphotopes (surface soil layer 0-20 cm), biological indicators of the functional state of soil ecosystems, and spatial analysis using buffer zones at distances of 100, 300, and 700 meters from the landfill body. Exposure factors, including the frequency and duration of contact between the population or visitors and the soil-vegetation cover, were also considered. The study revealed a distinct spatial pollution gradient. In the immediate vicinity of the landfill, background concentrations of Pb, Zn, and Cu were exceeded by 2.0–2.3 times, with lead and zinc levels surpassing the established Maximum Allowable Concentrations (MAC). Biological assessment identified significant soil degradation: the biological activity index decreased to 42%, while the phytotoxic effect increased to 38% within the zone of immediate impact. A key finding is that negative biological effects persist at distances of up to 700 meters from the source, even when heavy metal concentrations approach regulatory standards. The scientific novelty lies in the substantiation of an exposure-oriented approach, demonstrating that concentration-based analysis alone is insufficient for assessing real environmental hazards. The practical significance of the results lies in their potential application for improving environmental monitoring, spatial planning of urban areas, and developing land remediation strategies within recreational and tourist zones. The research underscores the necessity of considering specific land-use patterns when evaluating the environmental safety of waste management facilities. *Key words:* municipal solid waste landfill, urbanization, urban area, environmental safety, environmental risk, edaphotopes, heavy metals, biotesting



© Бойко Т.В., Дочинець В.В., Король К.А., Попович Н.П., Шуплат Т.І., 2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

Постановка проблеми. Зростання антропогенного навантаження на урбанізовані території зумовлює актуалізацію проблеми екологічної безпеки об'єктів управління відходами, зокрема полігонів побутових відходів. В урбанізованих умовах такі об'єкти часто розташовані в безпосередній близькості до житлової забудови та рекреаційно використовуваних ландшафтів, що значно підвищує потенційні ризики для здоров'я населення та стану навколишнього природного середовища [7, 8].

Полігон побутових відходів міста Борислава, розташований в межах урбанізованої території Дрогобицького району Львівської області, поблизу житлової забудови та земель рекреаційного призначення. За таких умов традиційні підходи до оцінки екологічного стану, які ґрунтуються виключно на порівнянні концентрацій забруднювальних речовин із діючими нормативними значеннями, не завжди можуть дати репрезентативну оцінку рівня екологічної небезпеки [2]. Особливої актуальності дана діяльність набуває у парадигмі положень Закону України "Про управління відходами" прийнятого 20 червня 2022 року та Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року, які ставлять за мету оптимізувати на побудувати ефективну національну систему управління відходами у контексті євроінтеграційного руху України [15, 16].

Важливим є врахування експозиційних чинників, зокрема тривалості, регулярності та характеру контакту населення з ґрунтово-рослинним біогеоценозним середовищем. Це зумовлює необхідність застосування ризик-орієнтованого підходу, який поєднує фізико-хімічні, біологічні та просторові аспекти оцінки екологічної небезпеки.

Актуальність дослідження. Просторове розташування полігону побутових відходів у безпосередній близькості до житлових і рекреаційних територій, підсилює потенційні екологічні ризики, оскільки формує стійкий зв'язок техногенної зони впливу з компонентами навколишнього природного середовища та передбачає регулярний тісний контакт населення регіону та рекреантів з ґрунтово-рослинним покривом та його біотою. За таких умов екологічна небезпека об'єкта визначається не лише рівнем забруднення, але й характером і тривалістю експозиції. Актуальність дослідження зумовлена зростанням антропогенного навантаження на міські екосистеми та зміною функціонального використання урбанізованих територій, інтенсифікацією рекреаційного освоєння земель у межах міського простору. У умовах такого просторового розвитку традиційні підходи до оцінки екологічного стану, що ґрунтуються виключно на порівнянні концентрацій забруднювальних речовин із нормативними значеннями, є недостатніми для відображення реального рівня екологічної небезпеки [6, 12].

Місто Борислав Львівської області є репрезентативним прикладом урбанізованої території

з тривалим техногенним навантаженням, де функціонування полігону твердих побутових відходів поєднується з активним рекреаційним освоєнням прилеглих ландшафтів. За таких умов навіть відносно помірні рівні забруднення можуть формувати підвищений ризиковий профіль регіону дослідження [13]. У зв'язку з цим актуальним є застосування ризик-орієнтованого підходу до оцінки екологічної небезпеки полігонів побутових відходів у межах урбанізованих територій, який поєднує фізико-хімічні та біологічні показники стану навколишнього середовища з урахуванням експозиційних чинників, що дозволяє більш обґрунтовано оцінити рівень екологічних ризиків і визначити потенційні загрози для населення та рекреаційно використовуваних територій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінка комплексу ризиків забруднення едафотопів поблизу полігонів твердих побутових відходів свідчить, що іони важких металів є домінуючими контамінаціями у середовищі побутових відходів. Найбільшу небезпеку, як показують результати тривалих досліджень, обумовлену міграційно-накопичувальною активністю, становлять іони Cr, Zn, Pb, As та Cd, що є типовими індикаторами таких об'єктів. окремі з них, а саме, As і Cd, можуть перевищувати порогові нормативні значення і створювати потенційні канцерогенні ризики для здоров'я населення. При цьому концентрації іонів важких металів у едафотопіях можуть залежати і від характеристик самого полігону, інтенсивності і тривалості атмосферних опадів, експлуатаційної тривалості об'єкту та конструктивних особливостей покриття [4, 21].

Численні наукові роботи підкреслюють, що забруднення едафотопів у зоні впливу полігонів побутових відходів відбувається не лише через безпосереднє накопичення важких металів, а й через міграційні ланцюги токсикантів у поблизу розташовані поверхневі водні об'єкти та ґрунтові води, що призводить до розширення зони ризику навколо полігону та створює ряд еколого-біобезпекових загроз для екосистем та доступу населення регіону до безпечних природних ресурсів [18, 19].

Питання оцінки ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення едафотопів побутовими відходами з різним періодом розкладання також є предметом досліджень. У роботах, що аналізують ризики у навколишньому середовищі великих полігонів, зазначено, що різні методики оцінки, наприклад, базовані на підходах Агенції з охорони довкілля США (US EPA), можуть давати значення ризику певних груп населення, які відповідають високим класам небезпеки. Тому доцільним є використання всебічних підходів до оцінки ризиків, оскільки класичні концентраційні аналізи, не завжди розкривають повної картини потенційних загроз [5, 14].

У цьому контексті важливим напрямом досліджень є інтеграція оцінок екологічних показни-

ків і біологічних реакцій. Підходи, що включають біотестування та фітотоксичність ґрунтів у зонах впливу полігонів побутових відходів, дозволяють виявити негативні чинники техногенного забруднення, які не завжди корелюють із концентраційними даними, оскільки відображають біодоступність і біологічну реакцію організмів на комплекс поллютантів та їх сумішей. Такі методи важливі для оцінки реального функціонального стану ґрунтових екосистем і можуть служити чутливими індикаторами ризику [9, 17].

Соціально-екологічний вимір впливу полігонів також було досліджено у контексті забруднення едафотопів і стану здоров'я населення. Наприклад, дослідження у наукових публікаціях, присвячених екологічному стану африканських та середземноморських регіональних полігонів виявили, що забруднення едафотопів іонами важких металів може бути пов'язане не лише зі зниженням біорізноманіття та деградацією екосистем, але й із реальними ризиками для місцевих громад, у вигляді підвищення концентрацій токсикантів у харчових культурах і водних системах [10, 20].

Сучасні дослідження вказують на важливість комплексної оцінки екологічних ризиків полігонів побутових відходів, що поєднує фізико-хімічні показники, біологічні індикатори та оцінку впливу на здоров'я населення. Водночас потреба у розвитку підходів, що враховують екологічні, соціальні та експозиційні аспекти ризику в межах урбанізованих територій із рекреаційним використанням, є вкрай актуальною і визначає наукову спрямованість цього дослідження.

Новизна. Запропоновано інтегрований експозиційно-орієнтований підхід до оцінки екологічних ризиків полігонів побутових відходів, що поєднує просторовий аналіз концентрацій іонів важких металів у ґрунтах із біологічними показниками стану ґрунтових екосистем. Уперше на прикладі конкретного полігону, встановлено просторовий зв'язок поміж вмістом іонів (Pb, Zn і Cu) і зниженням біологічної активності ґрунтів, що дозволило ідентифікувати зони підвищеного ризику. Даний підхід враховує частоту і тривалість контакту населення з ґрунтово-рослинним середовищем, що підвищує точність оцінки екологічної небезпеки в умовах поєднання важливих для регіону факторів урбанізації та рекреації.

Методологічне або загальнонаукове значення. Методологічне значення проведеного дослідження полягає в удосконаленні підходів до оцінки екологічних ризиків функціонування полігону побутових відходів в межах урбанізованих територій шляхом переходу від традиційної концентраційної оцінки до ризик-орієнтованого аналізу з урахуванням рекреаційного використання територій. На відміну від поширених методичних підходів, які зосереджуються переважно на встановленні фактів переви-

щення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин, у роботі запропоновано інтеграцію фізико-хімічних показників, біологічних індикаторів та просторових характеристик зони впливу полігону побутових відходів [14].

Порівняння отриманих результатів із даними, наведеними у дослідженнях урбанізованих територій, свідчить, що ізольований аналіз концентрацій забруднювачів не завжди дозволяє всебічно оцінити рівень екологічної небезпеки. У низці випадків навіть за відсутності істотних перевищень діючих екологічних нормативів, фіксується зниження біологічної активності ґрунтів і прояви фітотоксичного ефекту.

Це підтверджує доцільність використання біологічних показників як інтегральних індикаторів екологічного ризику, що є методологічним доповненням до традиційних схем екологічного контролю. Важливою складовою запропонованого підходу є врахування просторового градієнта забруднення (на віддалі 300-700 м від джерела впливу) та тривалості техногенного навантаження, що дозволяє перейти від точкової оцінки стану довкілля до аналізу зони екологічного ризику у межах міських і рекреаційно навантажених територій [11].

У загальнонауковому аспекті проведене дослідження розширює уявлення про полігони побутових відходів, як багатфакторні джерела техногенного впливу, екологічна небезпека яких формується рівнем забруднення компонентів довкілля, функціональним використанням територій та характером взаємодії людини із природними середовищем. Вперше для умов рекреаційно привабливої урбанізованої території, обґрунтовано необхідність врахування інтенсивності, тривалості та повторюваності контактів населення з ґрунтовим і рослинним покривом, як складової методології оцінки екологічних ризиків.

Запропоновані методологічні положення можуть бути успішно використані як основа, для порівняльних досліджень подібних техногенно навантажених урбанізованих і рекреаційних територій, а також для вдосконалення науково-методичних засад екологічного моніторингу та оцінки екологічної безпеки об'єктів управління відходами.

Виклад основного матеріалу. Об'єктом дослідження були едафотопи урбанізованих і рекреаційно навантажених територій у зоні впливу полігону побутових відходів міста Борислава Дрогобицького району Львівської області.

Предметом дослідження виступали показники забруднення едафотопів іонами важких металів, біологічний стан техногенно сформованого покриву та пов'язані з цим екологічні ризики.

Відбір проб здійснювали у приповерхневому горизонті (0-20 см) за маршрутно-точковою схемою з урахуванням просторового градієнта техногенного впливу. Географічні координати пунктів

відбору проб були наступними: 49.309183° пн. ш., 23.423907° сх. д.; 49.309576° пн. ш., 23.421842° сх. д.; 49.307563° пн. ш., 23.423412° сх. д.; 49.309277° пн. ш., 23.425696° сх. д.

Просторове розташування полігону, ділянок відбору проб та межі сформованих буферних зон, які становили 100, 300 і 700 м., наведено на рис. 1.

Для оцінки просторової диференціації техногенного впливу сформовано буферні зони на відстанях 100, 300 і 700 м від тіла полігону, що відповідають приполігонній, помірно навантаженій та віддаленій зонам впливу. Використання буферних зон дозволило оцінити просторовий градієнт техногенного впливу та порівняти зміни фізико-хімічних і біологічних показників ґедатофів, по відношенні до джерела забруднення.

Вміст іонів Pb, Zn і Cu визначали стандартними лабораторними методами, рекомендованими для екологічного моніторингу ґрунтів. Для інтегральної оцінки екологічного стану ґрунтів застосовано біо-

логічні методи – індекс біологічної активності та показник фітотоксичного ефекту.

Оцінку екологічних ризиків виконували з урахуванням основних шляхів потенційної експозиції населення – прямого контакту з ґрунтовим середовищем, інгаляційного впливу пилових часток і опосередкованого впливу через рослинний покрив, як одну із основних ланок накопичення поллютантів.

Проведений у науково-дослідній лабораторії екологічної безпеки Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, аналіз вмісту іонів важких металів у едафотобах, засвідчив формування чітко вираженого просторового градієнта техногенного забруднення залежно від відстані до тіла полігону. Найвищі концентрації іонів Pb, Zn та Cu зафіксовано у приполігонній зоні (50-100 м), що є характерною ознакою тривалого впливу досліджуваного об'єкту в умовах відсутності передбачених нормами інженерно-захисних бар'єрів (рис. 2)



Рис. 1. Загальний вигляд території полігону твердих побутових відходів міста Борислав із хаотично розміщеними відходами

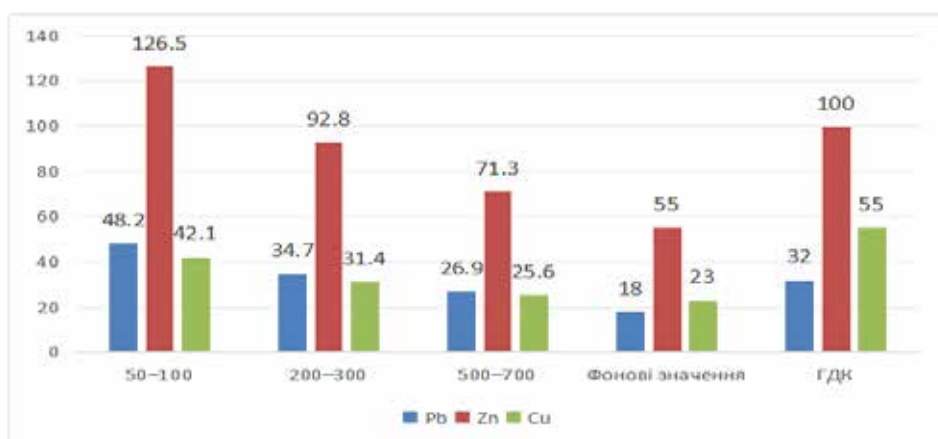


Рис. 2. Вміст іонів важких металів у едафотобах у зоні впливу полігону побутових відходів м. Борислав, мг/кг (горизонт 0-20 см)

Концентрація іонів Pb у межах територіального діапазону 50-100 м, становила 48,2 мг/кг, що у 2,0-2,3 раза перевищує фонові значення та перевищує гранично допустиму концентрацію, яка становить 32 мг/кг. Вміст у пробі, відібраній на віддалі 200-300 м від тіла полігону становив 34,7 мг/кг, що теж перевищує рівень ГДК. Вміст іонів Pb віддалі 500-700 м від тіла полігону був нижчим за ГДК – 26,9 мг/кг, фоновий рівень – 18 мг/кг.

Аналогічна тенденція спостерігалася і для іонів Zn, вміст якого у приповерхневому горизонті становив 126,5 мг/кг, що перевищує рівень ГДК – 100 мг/кг. Концентрація у пробі на віддалі 200-300 м, становила – 92,8 мг/кг, на віддалі 500-700 м – 71,3 мг/кг, що у обидвох випадках нижче рівня ГДК. Фоновий рівень зафіксований на рівні – 55 мг/кг.

Концентрація іонів Cu у у пробі відібраній на віддалі 50-100 м від тіла полігону, становила 42,1 мг/кг, у пробі з діапазону 200-300 м – 31,4 мг/кг, 500-700 м – 25,6 мг/кг, фоновий рівень – 23 мг/кг. Таким чином перевищень рівня ГДК 55 мг/кг, не зафіксовано.

Спостерігалась тенденція, що зі збільшенням відстані до 500-700 м від тіла полігону, концентрація іонів важких металів, не перевищувала встановлені нормативи. Однак їх рівень залишався вищим за фонові значення, що свідчить про розширену зону техногенного впливу в межах міської та рекреаційної інфраструктури.

Вираженою є лінійна тенденція зменшення концентрацій зі зростанням відстані від досліджуваного полігону твердих побутових відходів. Зосередження максимальних концентрацій у приповерхневому шарі ґрунту є важливим з точки зору оцінки екологічних ризиків, оскільки саме цей горизонт є основним середовищем контакту людини з ґрунтом у процесі рекреаційної діяльності.

Результати біологічної оцінки підтверджують наявність інтегрального негативного впливу комп-

лексу забруднювальних речовин на функціональний стан ґрунтів (рис. 3)

У зоні безпосереднього впливу полігону (50-100 м), індекс біологічної активності знижувався до 42%, що на 40-50% менше порівняно із контрольними ділянками. Одночасно фіксувалося зростання фітотоксичного ефекту до 38%, що свідчить про суттєве пригнічення ростових процесів рослинного покриву і порушення функціонування ґрунтової біоти.

На відстанях 200-300 м спостерігалось часткове відновлення біологічних показників, однак індекс біологічної активності залишався зниженим порівняно з контролем і становив – 57%, а фітотоксичний ефект – 24%.

Навіть на відстанях 500-700 м від тіла полігону, біологічні показники не досягали контрольних значень і становили: індекс біологічної активності – 85%, фітотоксичний ефект – 12%, що свідчить про тривалий і просторово поширений характер техногенного впливу.

Показники у контролі були наступними: індекс біологічної активності – 71%, фітотоксичний ефект – 5%.

Отримані результати демонструють, що ізольований аналіз концентрацій забруднювальних речовин не завжди дозволяє достатньо точно оцінити рівень екологічної небезпеки, оскільки біологічні ефекти зберігаються навіть за умов зниження концентрацій до рівнів, близьких до нормативних.

Поєднання результатів фізико-хімічного аналізу та біологічної оцінки ґрунтів дозволило перейти від ізольованої концентраційної характеристики стану навколишнього природного середовища до комплексної оцінки екологічних ризиків у межах урбанізованої рекреаційно навантаженої території.

Оцінка екологічних ризиків проводилася з урахуванням розселення населення регіону, рекреаційного

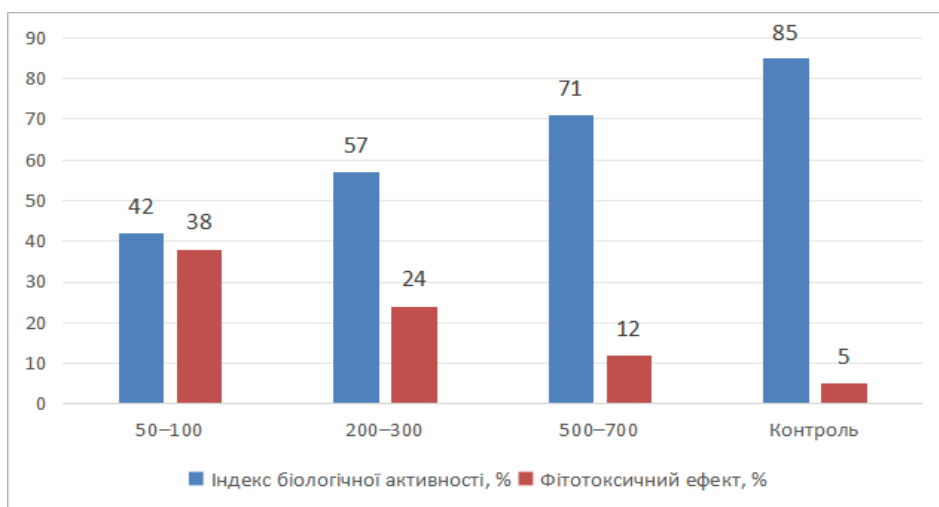


Рис. 3. Показники біологічного стану ґрунтів у зоні впливу полігону побутових відходів м. Борислав

навантаження, рівня впливу на ґрунт інгаляційного впливу пилових часток і опосередкованого впливу через рослинність. В умовах рекреаційного використання територій дані шляхи набувають підвищеної значущості, оскільки контакт із компонентами навколишнього природного середовища має регулярний і сезонний інтенсивний характер [1, 3].

Поєднання перевищень фонових концентрацій іонів важких металів, зниження біологічної стійкості ґрунтів, виражений фітотоксичний ефект підвищений ризиковий профіль територій, прилеглих до полігону побутових відходів. За таких умов навіть помірні рівні забруднення здатні створювати суттєву екологічну небезпеку для рекреаційно використовуваних міських ландшафтів і населення.

Головні висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що функціонування полігону твердих побутових відходів міста Борислава у межах урбанізованих територій є джерелом формування комплексних екологічних ризиків, зумовлених тривалим техногенним навантаженням, міграцією та акумуляцією забруднюючих речовин у компонентах навколишнього середовища.

Встановлено, що екологічна небезпека має просторово неоднорідний характер і є найбільш вираженою на територіях, безпосередньо прилеглих до полігону, що особливо критично в умовах сконцентрованої міської забудови та використання територій у рекреаційних цілях.

Встановлено, що ґрунтовий покрив виступає середовищем акумулювання забруднюючих речовин і відіграє провідну роль у формуванні екологічних ризиків, оскільки є основним середовищем потенційного контакту людини і біоти з токсикантами.

Результати досліджень підтверджують доцільність застосування комплексного підходу до оцінки екологічної небезпеки, який поєднує фізико-хімічні та біологічні показники стану навколишнього середовища і дозволяє більш повніше оцінити потенційні загрози для урбанізованих екосистем.

Обґрунтовано, що рекреаційне та туристичне використання територій у зоні впливу полігону твердих побутових відходів міста Борислава суттєво підвищує профіль урбанізованого середовища, оскільки збільшує ймовірність експозиції населення та відвідувачів до забруднених компонентів довкілля навіть за помірних рівнів забруднення.

Отримані результати свідчать про необхідність врахування рекреаційного чинника при оцінці екологічної безпеки полігонів побутових відходів, розташованих у межах міст, а також про доцільність

удосконалення системи екологічного моніторингу та розроблення науково обґрунтованих природоохоронних заходів, спрямованих на зниження екологічних ризиків і забезпечення екологічної безпеки рекреаційно привабливих урбанізованих територій.

Результати проведеного дослідження можуть бути використані як науково-методична основа для подальшого розвитку системи екологічного моніторингу полігонів твердих побутових відходів, розташованих у межах урбанізованих та рекреаційно привабливих територій. Отримані дані дозволяють обґрунтовано оцінювати рівень екологічних ризиків з урахуванням специфіки міського середовища, рекреаційного навантаження та потенційних шляхів впливу забруднюючих речовин на населення і відвідувачів туристичних зон.

Практичне використання результатів можливе при розробленні природоохоронних заходів, спрямованих на зниження техногенного навантаження та мінімізацію негативного впливу полігонів твердих побутових відходів на компоненти навколишнього середовища, зокрема ґрунти та рослинний покрив. Матеріали дослідження можуть бути застосовані органами місцевого самоврядування та природоохоронними установами для екологічного обґрунтування рішень у сфері ефективного управління відходами, просторового планування та визначення пріоритетів рекультивациі техногенно порушених територій.

Отримані результати доцільно використовувати при оцінці екологічної безпеки рекреаційних територій, плануванні створення туристичної інфраструктури та формуванні зон з обмеженим або регламентованим рекреаційним використанням. Запропонований підхід може бути адаптований для дослідження інших урбанізованих територій із подібними умовами техногенного навантаження, що створює передумови для проведення порівняльних регіональних досліджень та узагальнення отриманих результатів.

Перспективним напрямом подальших досліджень є поглиблення оцінки екологічних ризиків із використанням розширеного спектра біоіндикаційних і екотоксикологічних методів, а також залучення прогнозних моделей для оцінки довготривалого впливу полігонів побутових відходів, на урбанізовані та рекреаційні екосистеми. Це дозволить підвищити наукову обґрунтованість управлінських рішень і сприятиме формуванню комплексної системи забезпечення екологічної безпеки міських та туристично привабливих територій.

Література

1. Balyuk S. A., Medvedev V. V., Lisovyi M. V. Soils of Ukraine: Properties, classification, ecological condition. Kharkiv : NSC ISSAR named after O. N. Sokolovskyi, 2018.
2. Batyr Y., Lopatchenko I., Aliieva P., Akhmedova O., Ruban A., Stankevych S., Zelenin Y., Kanakova A. Environmental protection and public environmental policy in Ukraine. Ukrainian Journal of Ecology. 2021. Vol. 11, № 2. P. 346–348.

3. Demchuk L. I., Korbut M. M., Davydova I. V., Alpatova O. O., Kalenska V. M., Rusetska N. M. Environmental risk of municipal solid waste accumulation at the Zhytomyr city landfill in 2018–2024. *Scientific Journal of Metinvest Polytechnic. Series: Technical Sciences*. 2025. № 4. P. 24–33. URL: <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-4-3>
4. Dmóchowska A., Polańczyk A., Jarosz W., Czuga-Witrylak M., Matuszkiewicz R. Hazards related to suspended dust in the area adjacent to a closed municipal solid waste landfill. *Journal of Civil Engineering, Environment and Architecture*. 2019.
5. Municipal waste management and environmental impacts. Copenhagen : European Environment Agency, 2020.
6. Hiller E., Faragó T., Kolesár M., Filová L., Mihalevič M., Jurkovič I., Demko R., Štefanek J., Vítková M. Metals (metalloids) in urban soils from a historical municipal solid waste landfill: Geochemistry, source apportionment, bioaccessibility and human health risks. *Chemosphere*. 2024. Vol. 356. Article 142677. URL: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142677>
7. Hren L., Chebotarev M., Ruban A., Shvedun V., Sysoieva S., Stankevych S., Smirnova L., Sokolov A. The philosophy of environmental management: Evolution of scientific conceptions. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, № 2. P. 378–381.
8. Soil quality – Laboratory methods for determination of microbial soil respiration (ISO 16072:2002). Geneva : International Organization for Standardization, 2002.
9. Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora. Part 1: Method for the measurement of inhibition of root growth (ISO 11269-1:2012). Geneva : International Organization for Standardization, 2012.
10. Korol K., Popovych V. Spectral analysis method for distinguishing heavy metals pollution in the pioneer vegetation of landfills located within the Prikarpatian geobotanical district of Ukraine. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. Vol. 24, № 1. P. 29–37. URL: <https://doi.org/10.12912/27197050/154910>
11. Krasnianskyi M. V. Municipal solid waste landfill as a dangerous uncontrolled biochemical source. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*. 2024. Vol. 9, № 2. P. 230–241. URL: <https://doi.org/10.22161/ijeab.92.26>
12. Medvedev V. V. Monitoring of soils of Ukraine: Concept, methodology, practice. Kharkiv : NSC ISSAR, 2012.
13. Njoku P. O., Edokpayi J. N., Odiyo J. O. Health and environmental risks of residents living close to a landfill: A case study of Thohoyandou landfill, Limpopo Province, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. Vol. 16, № 12. P. 2125. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph16122125>
14. Risk assessment guidance for Superfund. Volume I: Human health evaluation manual. Washington : U.S. Environmental Protection Agency, 1989.
15. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
16. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80>
17. Попович В. В. Еколого-техногенна небезпека сміттєзвалищ та наукові основи фітомеліоративних заходів їх виведення з експлуатації : дис. ... д-ра техн. наук : 21.06.01. Львів : Львівський державний університет безпеки життєдіяльності ДСНС України, 2017.
18. Попович В. В. Особливості використання транспортних засобів під час транспортування, сортування, утилізації та фітомеліорації твердих побутових відходів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. Т. 22, № 10. С. 90–96.
19. Попович В. В. Полігони твердих побутових відходів у вироблених кар'єрах, ярах, траншеях і особливості їх фітомеліорації. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012. Т. 22, № 11. С. 119–128.
20. Попович В. В., Бучковський А. І., Попович Н. П. Логістична система транспортування небезпечних відходів в умовах міста. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2013. Вип. 19. С. 166–171.
21. Попович В. В., Кучерявий В. П. Вплив продуктів горіння полігонів твердих побутових відходів на організм людини та біоту. *Пожежна безпека*. 2012. Вип. 23. С. 60–66.

Дата першого надходження статті до видання: 29.03.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.04.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 29.05.2026