

Оцінка техногенного навантаження від місць захоронення твердих побутових відходів з використанням просторово-часових індикаторів

Вероніка Приходько¹

к. геогр. н., доцент, кафедра екології та охорони довкілля,

¹ Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Одеса, Україна,

e-mail: vks26@ua.fm,  <https://orcid.org/0000-0003-3854-6693>;

Тамерлан Сафранов¹

д. г.-м. н., професор, кафедра екології та охорони довкілля,

e-mail: safranov@ukr.net,  <https://orcid.org/0000-0003-0928-5121>

Стаття присвячена актуальній тематиці з визначення впливу місць захоронення твердих побутових відходів на довкілля. В умовах зростання питомого відходоутворення та превалування захоронення відходів над іншими методами поводження, вплив звалищ і полігонів твердих побутових відходів вимагає ідентифікації. Оцінка рівня техногенного навантаження від місць захоронення побутових відходів ґрунтується на використанні даних по регіонах України і визначенні питомих або похідних показників, яким привласнюється роль індикаторів, оскільки вони дозволяють отримати більш змістовну оцінку. Розроблена система індикаторів техногенного навантаження від місць захоронення твердих побутових відходів включає інтегральні, точкові, часові та специфічні індикатори. Інтегральні індикатори розраховуються відносно території певного регіону: модуль техногенного навантаження, відносна площа та щільність місць захоронення. Точкові індикатори дають інформацію щодо сукупності полігонів: питома захоронення та середня площа одного полігону. До часових індикаторів віднесені інтенсивність накопичення відходів та динаміка зміни середньої площі полігону. До специфічних індикаторів відносяться ті, що описують стихійні звалища – питома захоронення побутових відходів та коефіцієнт впливу несанкціонованих звалищ відносно полігонів побутових відходів. В статті представлені результати розрахунку індикаторів техногенного навантаження від місць захоронення побутових відходів для 24 областей України станом на 2021 р. (довоєнний період). Так, за значенням модулю техногенного навантаження визначені несприятливі регіони – Київська та Донецька області, та регіони з найнижчим рівнем навантаження – Сумська та Кіровоградська області. Найбільш завантаженими виявилися полігони Львівської, Донецької та Хмельницької областей, а найменше – Одеської та Житомирської області, але в цих регіонах вони займають найбільший відсоток площі. Середня інтенсивність накопичення відходів на полігонах твердих побутових відходів склала 4%, а сам показник значно залежить від якості вхідної інформації. Визначено, що вплив несанкціонованих сміттєзвалищ відносно офіційно зареєстрованих місць захоронення є незначним.

Ключові слова: тверді побутові відходи, полігони та сміттєзвалища, техногенне навантаження, індикатор.

Як цитувати: Приходько Вероніка, Сафранов Тамерлан (2025). Оцінка техногенного навантаження від місць захоронення твердих побутових відходів з використанням просторово-часових індикаторів. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія», (62), 452-461. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-62-34>

In cites: Prykhodko Veronika, Safranov Tamerlan (2025). Assessment of the technogenic pressure from solid waste disposal sites using spatial and temporal indicators. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology, (62), 452-461. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-62-34> [in Ukrainian]

Вступ. Проблема управління та поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) є однією з актуальних екологічних та соціально-економічних проблем сучасного суспільства, перш за все, через зростання обсягів їх утворення та накопичення, а також негативного впливу на природні складові довкілля. Зростають не тільки обсяги ТПВ, але й ускладнюється їхній компонентний склад, особливо за рахунок штучних та небезпечних для довкілля компонентів. Так, якщо на початку ХХ ст. в морфологічному складі ТПВ міст налічувалося до 10 компонентів, цілком дружніх до природи, то на початок ХХІ ст. їх кількість перевищила 70 завдяки широкому колу відходів пластикових матеріалів (ВПМ), хімічних розчинів, композитних матеріалів тощо. Все це значно ускладнює створення ефективних систем управління та поводження з ТПВ, а досягнення рівня нульових

відходів стає все більш проблематичним.

На сьогодні у світі основним методом поводження з відходами є їх захоронення на полігонах і звалищах. Так, за даними Global Waste Management Outlook 2024 [1], у країнах східної Європи 45% ТПВ захоронюється на полігонах і 25% – на неконтрольованих звалищах. В середньому, в світі захоронюють 68% ТПВ. Хоча в «Національній стратегії управління відходами в Україні до 2030 року» [2] вказано, що «надмірна залежність від захоронення побутових відходів не може бути основою системи управління ними на перспективу», варто зазначити, що захоронення лишатиметься основним методом поводження. Відповідно до даних Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України (Мінінфраструктури) [3], у населених пунктах України за 2023 рік утворилося понад 44 млн м³ побутових

відходів, або більш як 9 млн тон, з яких 89,5% були захоронені на 5,6 тис. звалищах і полігонах загальною площею понад 12 тис. га. На сьогодні загальна маса захоронених на них відходів перевищує 235 млн тон.

Також зазначимо, що в даній статті користуємося терміном «тверді побутові відходи (ТПВ)», хоча чинне законодавство передбачає термін «побутові відходи». Під ТПВ розуміються відходи переважно у твердій формі, що утворюються в процесі життєдіяльності людини в житлових та нежитлових приміщеннях, є залишками матеріалів, предметів, виробів, товарів, продукції, які не можуть надалі використовуватися за своїм призначенням у місцях їх накопичення та не пов'язані з виробничою діяльністю підприємств [4].

Дослідження впливу місць видалення ТПВ є актуальною науково-практичною задачею. Так, в «Національній стратегії управління відходами в Україні до 2030 року» [2] серед завдань вказано про необхідність переходу до мережі регіональних полігонів, які відповідатимуть вимогам Директиви ЄС №1999/31/ЄС від 26.04.1999 «Про захоронення відходів». Для реалізації такого переходу необхідно провести попередній аналіз ситуації в сфері захоронення ТПВ на полігонах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженням щодо оцінки впливу полігонів ТПВ на довкілля присвячено чимало наукових публікацій, які стосуються, переважно, таких напрямків: утворення та емісія біогазу, кількісні та якісні характеристики фільтрату, комплексний вплив полігону ТПВ на прилеглі території, міграція політантів з полігонів ТПВ тощо. В окрему групу можна виділити роботи українських вчених, присвячені комплексному впливу місць захоронення відходів – В. Поповича, Н. Попович, М. Мальованого, О. Будака, О. Ілляш, В. Погребенного, В. Петрука, І. Пацевої, В. Вамболь та інших. Використанню комплексних показників впливу полігонів ТПВ присвячені роботи авторів даної статті [5-7]. Системний підхід щодо оцінки впливу полігонів ТПВ на прилеглі території розглядається, наприклад, в роботах [8, 9]. В дослідженнях, присвячених техногенному навантаженню на довкілля, як правило, відходи розглядають як складову модулю техногенного навантаження на природні складові довкілля [10-13]. Але полігони ТПВ – це навмисно перетворені на джерела забруднення природні території, які, по-перше, займають певну територію, а, по-друге, є джерелом забруднення повітряного басейну, поверхневих і підземних вод, ґрунтового покриву та геологічного середовища на прилеглій території. Отже, вплив полігонів ТПВ є більш комплексним, який супроводжується вторинними ефектами у довкіллі, а сам полігон розглядається як джерело

забруднення. В цьому випадку показники рівня техногенного навантаження є складовою частиною комплексної оцінки формування екологічної ситуації на основі, наприклад, *PSR*-моделі (*Pressure – State – Response*) [14, 15]. Комплексна оцінка впливу окремих факторів роботи полігону ТПВ є основою для окремого напрямку наукових досліджень з оцінки екологічних ризиків для довкілля [16-18] та здоров'я населення [19, 20].

Аналіз закордонних досліджень з індикаторів впливу полігонів ТПВ на довкілля показав, що переважна більшість досліджень пов'язана з обґрунтуванням індикаторної ролі певних забруднюючих речовин у ґрунтах або ґрунтових водах, видів рослин тощо. Достатньо близькими до представленого дослідження є, до прикладу, розробка муніципального ГІС-індикатора ризику від відходів (*Municipal Risk Index*), який визначається в залежності від кількісних та якісних характеристик відходів, місць розміщення, відомого або потенційного забруднення навколишнього середовища відходами та населення, яке проживає поблизу місць видалення відходів [21]. Комплексній оцінці на основі індикаторів присвячено дослідження вплив на землекористування, спричинений полігонами ТПВ, за допомогою зваженого екологічного індексу (*WEI*) [22]. Згадані індикатори ґрунтуються на комплексному впливі полігонів ТПВ на довкілля, проте наша увага зосереджена на індикаторній ролі використання земель під захоронення таких відходів. Основу представленого дослідження з розробки індикаторів для оцінки техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ склали певні методичні підходи з розробки екоіндикаторів [14, 15] та індикаторів сталості поведінки з побутовими відходами [23].

Метою даної статті є представлення результатів наукових досліджень з розробки набору показників-індикаторів техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ та його просторово-часових мінливостей в регіонах України. *Об'єктом дослідження* є місця захоронення ТПВ як джерело техногенного навантаження. *Предмет дослідження* – аналіз просторово-часових мінливостей техногенного навантаження, що створюється місцями захоронення ТПВ в регіонах України, з використанням індикаторів.

Методи дослідження: статистичні методи обробки інформації, кваліметричні методи, узагальнення та інтерпретації інформації.

Результати дослідження. Техногенне навантаження від місць захоронення ТПВ – це сукупний вплив усіх забруднюючих речовин, що забруднюють природні складові довкілля. Джерелом техногенного навантаження є накопичені маси ТПВ – складна суміш гетерогенних компонентів, в основному, біодеградабельної складової (харчових,

садово-паркових відходів, паперу і картону, текстилю тощо) та ресурсоцінної складової (пластику, металу, скла тощо) [4].

Розробка індикаторів техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ.

Показники, які описують просторові параметри місць захоронення відходів відносно територіальних одиниць певного рівня господарської організації, можна розглядати як такі, що характеризують техногенне навантаження полігонів ТПВ на регіональному рівні. Такі показники мають властивості індикаторів, тобто параметрів або характеристик, на підставі яких можна судити про стан або зміну певного явища або процесу вищого рівня [5, 14, 15, 23]. Розробка набору індикаторів вимагає універсальності та спільності вихідної інформації. Тому вихідними даними для розробки набору індикаторів ситуації із захороненням ТПВ в регіонах мають стати масиви однорідної статис-

тичної інформації, наприклад, дані Мінінфраструктури або Державної служби статистики. Для вивчення техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ слід розробити систему індикаторів на основі питомих або похідних показників, які дозволять отримати більш змістовну характеристику ситуації та провести міжрегіональні порівняння. Отже, на основі результатів попередніх досліджень [5-7], сформували систему індикаторів техногенного навантаження від полігонів ТПВ, обравши серед показників використання земель під захоронення ТПВ ті, що максимально наближені до категорії «техногенне навантаження» (табл. 1).

Інтегральні індикатори характеризують місце захоронення ТПВ як джерело техногенного навантаження відносно території регіону, точкові індикатори – описують сукупність місць захоронення ТПВ у межах певної території (регіону).

Таблиця 1/ Table 1

Індикатори техногенного навантаження / Technogenic pressure indicators

Інтегральні	Точкові	Часові	Специфічні
1. Модуль техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ. 2. Відносна площа полігонів. 3. Щільність місць захоронення ТПВ.	1. Питоме захоронення на полігонах ТПВ – (м^3 , т на 1 га території полігону). 2. Середня площа одного полігону.	1. Інтенсивність накопичення відходів в місцях захоронення ТПВ, в т.ч. відносно національного рівня. 2. Динаміка зміни середньої площі одного полігону.	1. Питоме захоронення ТПВ на несанкціонованих звалищах. 2. Коефіцієнт впливу несанкціонованих звалищ відносно полігонів ТПВ.

Нижче наводиться стисла характеристика цих індикаторів.

Інтегральні індикатори. *Модуль техногенного навантаження* визначається як сума мас усіх газоподібних, рідких та твердих відходів від промислових та комунальних джерел, а також сільського господарства, віднесених до одиниці площі адміністративного району за рік [21]. Стосовно відходів, в роботах [10, 13] пропонується розглядати модуль техногенного навантаження на геологічне середовище як масу відходів, утворених та накопичених у межах певного регіону.

Модуль техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ – загальна маса захоронених відходів станом на певний рік на 1 км^2 площі, що відповідає загальноприйнятому визначенню модуля техногенного навантаження [6].

Відносна площа полігонів – це відсоток площі регіону, зайнятий полігонами.

Близьким до модулю техногенного навантаження є питомий *обсяг накопичених відходів* на 1 км^2 площі регіону, але в таблицю індикаторів (табл. 1) він не включений.

Щільність місць захоронення – це кількість полігонів на 1 км^2 площі регіону.

Отже, загальним для групи інтегральних індикаторів техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ є відношення похідних показників до площі регіону.

Точкові індикатори. *Питоме захоронення на полігонах ТПВ* – кількість ТПВ (м^3 , т), що захоронених на 1 га території сміттєзвалищ та полігонів.

Показник *середньої площі одного полігону* не дозволяє зробити однозначний висновок щодо ступеню впливу на довкілля [5], проте є похідним для визначення динаміки зміни середньої площі одного полігону.

Часові індикатори. *Інтенсивність накопичення відходів* – щорічний приріст маси захоронених відходів, у %, який також можна розглянути відносно національного рівня.

Динаміка зміни середньої площі одного полігону розраховується за 5-ти або 10-ти річний період. В авторській роботі [5] вказується про відсутність однозначного зв'язку між високими значеннями індикатору та впливом на довкілля. Проте територіальні одиниці з найбільшою середньою площею одного полігону повинні розглядатися як пріоритетні з точки зору використання біогазового потенціалу регіону.

До категорії специфічних індикаторів можна віднести ситуацію з несанкціонованими сміттєзвалищами. Несанкціоновані сміттєзвалища мають певну специфіку впливу на довкілля і, зазвичай, розглядаються окремими дослідженнями, наприклад [22-24].

Питоме захоронення ТПВ на несанкціонованих звалищах – обсяг ТПВ на одиницю площі несанкціонованого сміттєзвалища (тис. м³/га).

Коефіцієнт впливу несанкціонованих звалищ відносно полігонів ТПВ

$$K = \frac{V_n \cdot S_n}{V_n \cdot S_n} \cdot 100, \quad (1)$$

де V_n та S_n – обсяги відходів та площа несанкціонованих звалищ;

V_n та S_n – обсяги відходів та площа полігонів ТПВ.

Дослідження регіональних особливостей техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ.

Результати розрахунку індикаторів техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ (станом на 2021 рік) представлені у табл. 2-5. У якості вихідної інформації використані дані щодо місць захоронення ТПВ [3] в розрізі 24 областей України.

Таблиця 2 / Table 2

Інтегральні індикатори техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ по регіонах України (станом на 2021 рік) /

Integral indicators of technogenic pressure from solid waste disposal sites in the regions of Ukraine (2021)

Значення показників	Модуль техногенного навантаження, т/км ²	Відносна площа полігонів, %	Щільність місць захоронення, шт./км ²
Максимальне	1613,42 (Київська область)	0,0314 (Одеська область)	3,30 (Чернівецька область)
Мінімальне	31,56 (Сумська область)	0,0044 (Луганська область)	0,09 (Луганська область)
Національний рівень	451,78	0,0158	0,011

Модуль техногенного навантаження за 2021 р. є достатньо варіабельним (75%) з найбільшим значенням 1613,421 т/км² (Київська область), що у 3,6 рази вище за середнє значення для України. Найменше значення показника характерне для Сумської області – 31,564 т/км², що у 14 разів менше за середнє по Україні. Частка площі регіону, зайнята місцями захоронення ТПВ, в середньому склала 0,0158%, але максимальні значення, характерні для Одеської та Чернівецької областей (з максимальною щільністю місць захоронення), нівелюють перспективи вирішення проблеми відходів за рахунок збільшення площі місць захоронення відходів. Дослідження залежності між показниками відносної площі полігонів та щільності місць захоронення показало наявність тісного лінійного зв'язку з коефіцієнтом кореляції 0,75. Також зазначимо, що перехід від абсолютних значень до відносних величин у вигляді індикаторів дозволяє підвищити однорідність вибірки даних.

На рис. 1 представлений розподіл модулю техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ по регіонах України.

З рис. 1 видно, що значення модулю техногенного навантаження для 24 областей України достатньо неоднорідні (коефіцієнт варіації складає 75%).

З табл. 3 видно, що питоме захоронення ТПВ

достатньо варіабельне не тільки по регіонах, а й відповідно до маси/об'єму відходів. Коефіцієнт варіації питомого захоронення ТПВ за об'ємом склав 2,29, за масою – 1,01, що свідчить про значну неоднорідність вибірок даних. Середня площа одного полігону в Україні склала 1,48 га. Максимальне значення характерне для Черкаської області – 9,00 га, мінімальне – 0,21 га для Волинської області.

Виходячи із значень інтенсивності накопичення відходів (табл. 4), можна узагальнити, що, в середньому, 4% від загальної маси ТПВ припадає на 2021 рік. Максимальне значення на рівні 24% (Сумська область) свідчить про недоліки у вихідних даних. За п'ятирічний період середня площа одного полігону зменшилася на 0,02 га, проте кожний регіон України має власну особливість зміни показника.

Значення питомого захоронення на несанкціонованих звалищах та на полігонах ТПВ – 4,12 та 171 тис. м³/га відповідно – свідчить, що стихійні звалища є порівняно незначними за обсягами накопичених відходів. Проте є винятки, наприклад, Харківська область (табл. 5). В середньому по Україні відносна площа несанкціонованих сміттєзвалищ склала 6,85% від загальної площі офіційних полігонів та звалищ, проте кількість виявлених стихійних сміттєзвалищ у 4,5 вища за існуючі місця захоронення ТПВ. За даними щорічних зві-

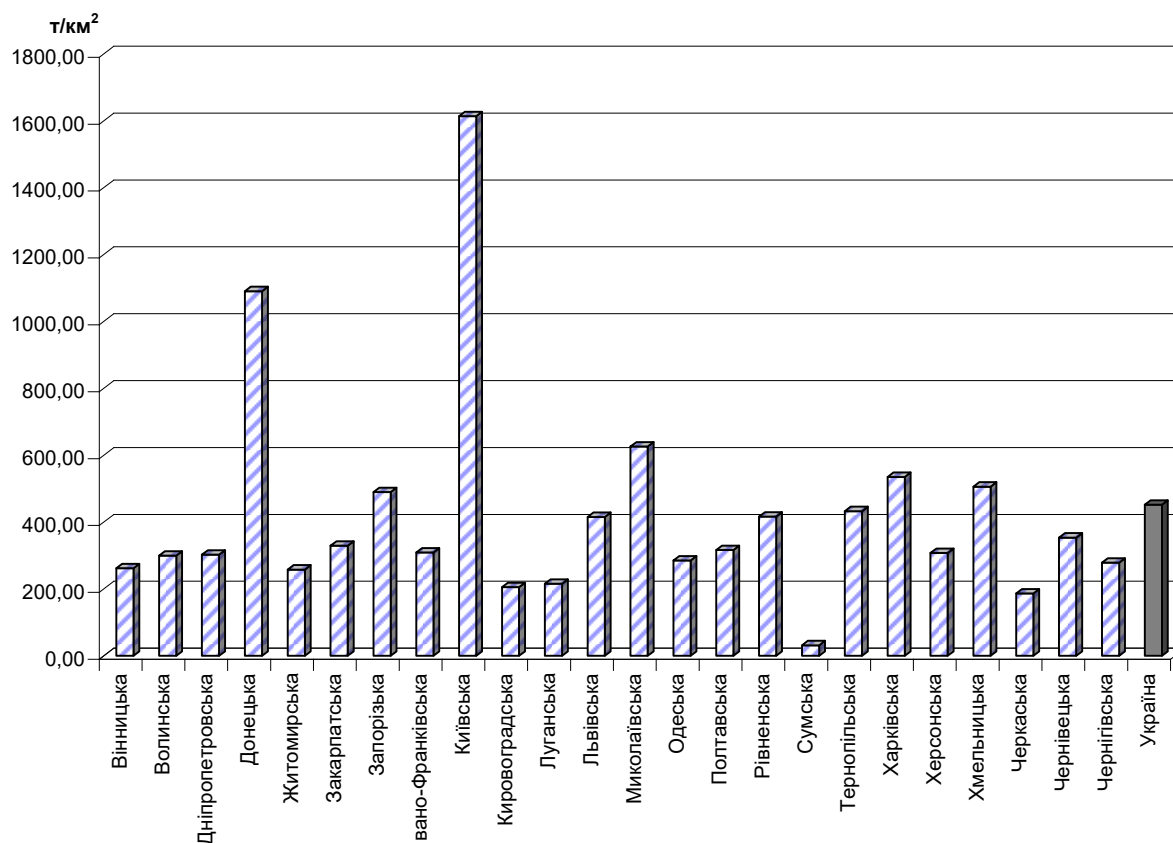


Рис. 1. Модуль техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ (станом на 2021 рік)

Fig. 1. Module of technogenic pressure from solid waste disposal sites (2021)

Таблиця 3 / Table 3

Точкові індикатори техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ

по регіонах України (станом на 2021 рік) /

Point indicators of technogenic pressure from solid waste disposal sites in the regions of Ukraine (2021)

Значення показників	Питоме захоронення на полігонах ТПВ, тис. м³/га полігону	Питоме захоронення на полігонах ТПВ, тис. т/га полігону	Середня площа полігону, га
Максимальне	3554,36 (Львівська область)	167,87 (Київська область)	9,00 (Черкаська область)
Мінімальне	36,31 (Одеська область)	5,12 (Сумська область)	0,21 (Волинська область)
Національний рівень	171,92	28,68	1,48

Таблиця 4 / Table 4

Часові індикатори техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ

по регіонах України (станом на 2021 рік) /

Temporal indicators of technogenic pressure from solid waste disposal sites in the regions of Ukraine (2021)

Значення показників	Інтенсивність накопичення відходів в місцях захоронення ТПВ, %	Динаміка зміни середньої площі одного полігону (2017-2021 рр.), га
Максимальне	24,43 (Сумська область)	2,75 (Черкаська область)
Мінімальне	0,67 (Київська область)	-1,14 (Луганська область)
Національний рівень	4,12	-0,02

Специфічні індикатори техногенного навантаження від місць захоронення ТПВ
по регіонах України (станом на 2021 рік) /
Specific indicators of technogenic pressure from solid waste disposal sites in the regions of Ukraine (2021)

Значення показників	Питоме захоронення ТПВ на несанкціонованих звалищах, тис. м ³ /га	Коефіцієнт впливу несанкціонованих звалищ відносно полігонів ТПВ
Максимальне	93,76 (Харківська область) *	1,078 (Донецька область)
Мінімальне	0,43 (Рівненська область)	$0,77 \cdot 10^{-4}$ (Херсонська область)
Національний рівень	4,12	0,175

* Миколаївська область – 9184,21 тис. м³/га

тів, до прикладу [3], 95% з них ліквідуються протягом року. Коефіцієнт впливу несанкціонованих звалищ відносно полігонів ТПВ є перспективним з точки зору розробки кількісно-якісної класифікації ситуації з незаконного захоронення відходів. Проте отримані значення для Донецької області (більші за 1) свідчать про необхідність перевірки вихідних даних.

Представимо територіальний розподіл окремих індикаторів у вигляді карти-схеми (рис. 2) – модуль техногенного навантаження, питоме захоронення на полігонах ТПВ та інтенсивність накопичення відходів у місцях захоронення ТПВ.

За розрахованими значеннями модулю техногенного навантаження до несприятливих регіонів можна віднести Київську та Донецьку області, де значення індикатору у більше ніж 2 рази вище за середній рівень. Натомість Сумська та Кіровоградська області характеризуються найнижчими показниками модулю техногенного навантаження, що у 2 та більше разів нижчі за національний рівень.

Найбільш завантажені відходами полігони Львівської, Донецької та Хмельницької областей. Натомість Одеська та Житомирська області характеризуються найнижчими показниками питомого захоронення ТПВ, але при цьому полігони займають найбільшу площу серед інших регіонів України.

Інтенсивно поповнювалися полігони Сумської та Дніпропетровської областей, але такі показники можуть свідчити про певні недоліки у вихідних даних. Так, для Сумської області характерна інтенсивність накопичення відходів 24% (протягом 2021 року), проте значення модулю техногенного навантаження є найнижчим з усіх 24 областей України. Середня інтенсивність накопичення відходів на полігонах ТПВ у 2021 р. склала 4%. Це означає, що за умов сталих темпів накопичення відходів вік українських полігонів складає, в середньому, 25 років.

Що стосується специфічних індикаторів, які описують ситуацію з несанкціонованими сміттє-

звалищами (див. табл. 5), то за розрахованими значеннями можна узагальнити, що їх вплив відносно офіційних місць захоронення відходів є незначним.

Дискусія і висновки. 1. Зростання кількості утворених відходів та домінування захоронення відходів у довгостроковій перспективі означає, що території, зайняті полігонами, будуть збільшуватися, тому важливим є дослідження їх впливу на довкілля, зокрема, через кількісні характеристики місць захоронення на регіональному рівні. Показано, що кількість та площа місць захоронення ТПВ, а також маса та об'єм відходів є вихідними даними для розробки системи індикаторів для оцінки техногенного навантаження.

2. Індикаторами є похідні показники, які дозволяють охарактеризувати ситуацію із захороненням відходів на національному рівні та визначити відмінності у розрізі адміністративних областей. Так, станом на 2021 р. на території України захоронено, в середньому, 451,8 т/км² ТПВ, що у 4 рази менше за максимальне техногенне навантаження у Київській області, та у 14 разів більше за мінімальне навантаження у Сумській області.

3. В середньому, полігони ТПВ займають 0,016% площі території, а їх кількість складає 1,1 на 10 км², середня площа – 1,5 га, яка протягом п'ятирічного періоду майже не змінилася. Станом на 2021 р., на 1 га захоронено 172 тис. м³ або 28,7 тис. т ТПВ. За останній рік полігони поповнилися відходами на 4%.

4. Показано, що несанкціоновані сміттєзвалища є незначними як за площею (7% від площі офіційних місць захоронення), так і за обсягом (4,12 проти 171 тис. м³/га для офіційних місць захоронення).

5. Застосування розробленої системи індикаторів техногенного навантаження дозволило провести просторово-часову диференціацію регіонів за рівнем техногенного навантаження від місць захоронення відходів у довоєнний період (2021 р.). Серед регіонів з несприятливою ситуацією із захороненням ТПВ – Київська, Львівська,

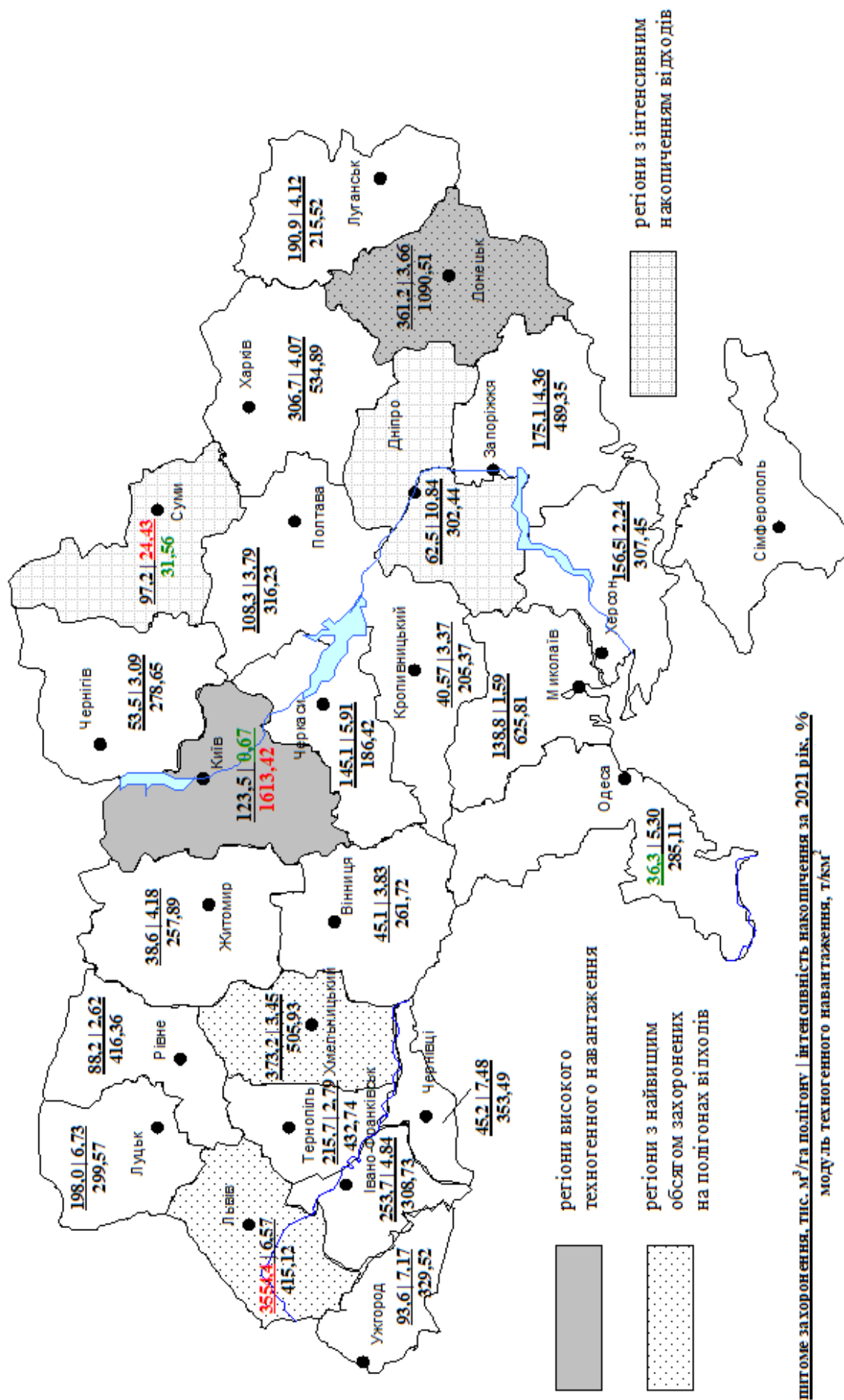


Рис. 2. Індикатори захоронення ТПВ в регіонах України, станом на 2021 р. / Fig. 2. Indicators of MSW disposal by regions of Ukraine (2021)

Донецька та Хмельницька області. Найбільш сприятлива ситуація в Сумській та Вінницькій областях.

6. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці комплексних показників впливу місць захоронення та опрацюванні шкал для показників-індикаторів.

Список використаних джерел

1. Global Waste Management Outlook. (2024). URL: https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024?utm_source=iswa&utm_medium=website&utm_campaign=GWMO2024 (дата звернення 7.11.2024)
2. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. (2017). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 25.09.2023).
3. Звіт про стан сфери управління побутовими відходами в Україні за 2023 рік. (2024). URL: <https://mtu.gov.ua/content/upravlinnya-pobutovimi-vidhodami.html> (дата звернення 7.11.2024).
4. Приходько, В.Ю., Сафранов, Т.А. (2024). Ресурсоінна складова твердих побутових відходів окремих регіонів України: монографія. Одеса : ОДЕКУ.
5. Приходько, В.Ю. (2016). Особливості застосування методу зважених балів для районування території за використанням земель для видалення твердих побутових відходів (на прикладі Одеської області). Фізична географія та геоморфологія, 3(83), 71-76.
6. Приходько, В.Ю. (2019). Дослідження регіональних особливостей захоронення твердих побутових відходів в Україні. Вісник ХНУ. Серія «Екологія», 21, 51-62. URL: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-21-04>
7. Сафранов, Т.А., Черкез, Є.А., Шаталін, С.М. (2018). Оцінка сприятливості території Одеської області для розміщення полігонів твердих побутових відходів. Український гідрометеорологічний журнал, 21, 98-109.
8. Будак, О.О. (2018). Екологічний моніторинг полігонів твердих побутових відходів та їхній вплив на сільські території: дис... канд. с.-г. наук : 03.00.16. Київ.
9. Пацева, І.Г., Герасимчук, О.Л., Казукіна, А.М. (2022). Системний підхід управління відходами об'єднаних територіальних громад. Екологічні науки, 43, 181-184. URL: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.30>
10. Чугай, А.В., Сафранов, Т.А. (2020). Техногенне навантаження на складові довкілля при утворенні і накопиченні відходів у регіонах Північно-Західного Причорномор'я. Екологічна безпека та природокористування, 33(1), 5–17. URL: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2020.1.5-17>.
11. Бастригіна, Т.М., Губіна, В.Г. (2017). Утворення відходів на території України та оцінка техногенного навантаження на природні ландшафти. Хімічна та радіаційна безпека : мат. конф. 24-26 травня 2017, 50-53.
12. Чугай, А.В., Сафранов, Т.А. (2021). Методи оцінки техногенного впливу на довкілля : навч. посібник. Одеса: Букаєв В.В.
13. Chugai, A. V., Safranov, T. A., Mudrak, O. V., Mudrak, H. V. (2020). Assessment of technogenic load on the environment in the regions of the Ukrainian Northwest Black Sea. Ukrainian Journal of Ecology, 10(1), 325-332.
14. Environment monographs № 83: OECD core set of indicators for environmental performance reviews. (1993). Paris: OECD.
15. Environment at a Glance Indicators. (2024). OECD Publishing, Paris. URL: <https://doi.org/10.1787/ac4b8b89-en>.
16. Корбут, М.Б., Сафранов, Т.А., Мальований, М.С. (2024). Методичні підходи до оцінки екологічних ризиків від полігонів твердих побутових відходів. Вісник Хмельницького національного університету, 3 (2), 187-196. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-28>
17. Єремєєв, І.С., Марчук, С.В. (2015). Невизначеність та ризики під час поводження з твердими побутовими відходами. Ефективна економіка, 7. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4182> (дата звернення: 07.11.2024);
18. Середа. М.С. (2021). Діагностика ризиків та загроз впливу техногенно порушених земель під звалищами твердих побутових відходів на сільськогосподарські угіддя. Вісник Полтавської державної аграрної академії, 3, 91-100. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.11>
19. Ілляш, О.Е., Смоляр, Н.О. (2022). Оцінювання ризиків впливу на довкілля та здоров'я населення при плануванні й реалізації Регіонального плану управління відходами. Проблеми охорони праці в Україні, 38(3-4), 41–46. <https://doi.org/10.36804/nndipbop.39-1-2.2023.47-54>
20. Рибалова, О., Артем'єв, С., Бригада, О., Ільїнський, О., & Мацак, А. (2024). Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів на території полігонів твердих побутових відходів. Вісник ХНУ: серія «Геологія. Географія. Екологія», 60, 399-413. URL: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-30>
21. Адаменко, О.М., Рудько, Г.І. (1998). Екологічна геологія. Київ: Манускрипт.
22. Nataliya Popovych and others. (2018). Environmental Hazard of Uncontrolled Accumulation of Industrial and Municipal Solid Waste of Different Origin in Ukraine. Environmental problems, 1, 53-59. URL: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/9548>
23. Vambol, S., Vambol, V., Sundararajan, M., Ansari, I. (2019). The nature and detection of unauthorized waste dump sites using remote sensing. Ecological Questions. 30(3), 43–55. URL: <https://doi.org/10.12775/EQ.2019.018>
24. Prykhodko, V., Osinovska, V. (2019). The municipal solid waste disposal on illegal dumps in Ukraine. The scientific heritage, 42 (2), 45-48.

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

Конфлікт інтересів: автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Assessment of the technogenic pressure from solid waste disposal sites using spatial and temporal indicators

Veronika Prykhodko ¹

PhD (Geography), Associate Professor of Ecology and Environmental Protection Department,

¹ Odesa I.I. Mechnikov National University, Odesa, Ukraine;

Tamerlan Safranov ¹

DSc (Geology and Mineralogy), Professor of Ecology and Environmental Protection Department

ABSTRACT

Introduction. The article is devoted to the topical issue of determining the environmental impact of solid waste disposal sites. In the context of waste generation growing and the prevalence of waste disposal over other methods of management, the impact of landfills and dumps requires identification. The **purpose** of this article is to present scientific research on the development a set of indicators of technogenic pressure from waste disposal sites and its spatial and temporal variations in the regions of Ukraine. The **object** of the study is solid waste landfills as a source of technogenic pressure. The **subject** of the study is the analysis of spatial and temporal variations of the technogenic pressure created by landfills in the regions of Ukraine using indicators. The study is based on the **methods** of statistical analysis, qualitative metrics, generalisation and interpretation of information.

Results of the study. The assessment of the technogenic pressure level from solid waste disposal sites is based on the use of data for the regions of Ukraine and the identification of specific or derivative indicators, which are assigned the role of indicators, as they allow to obtain a more meaningful assessment. The developed system of technogenic pressure indicators from solid waste disposal sites includes integral, point, time and specific indicators. Integral indicators are calculated in relation to the territory of a particular region: the module of technogenic pressure, the relative area and density of landfills. Point indicators provide information on a set of landfills: specific landfilling and average area of one landfill. Time indicators include the intensity of waste accumulation and the dynamics of changes in the average landfill area. Specific indicators include those describing illegal dumps, such as the specific volume of dumping waste and the coefficient of the illegal dumps impact in relation to the landfills. The article also presents the results of calculating the indicators of technogenic pressure from municipal solid waste disposal sites for 24 regions of Ukraine as of 2021 (pre-war period). Thus, according to the value of the technogenic pressure module, unfavourable regions were identified. The average intensity of waste accumulation at landfills was 4%, and this indicator significantly depends on the quality of the initial information. It has been determined that the impact of illegal dumps in relation to officially registered disposal sites (landfills) is insignificant. The **practical significance** of the work lies in the possibility of applying the developed set of indicators for a particular region or a group of regions. In addition, the application of the developed set of indicators allows us to analyze the dynamics of the process, which is important for assessing the impact of the war on the technogenic pressure redistribution by the regions of Ukraine.

Conclusions. The number and area of landfills, as well as the weight and volume of waste, are the initial data for developing a system of indicators for assessing the technogenic load, the average value of which was 451.8 t/km² of solid waste. On average, landfills occupy 0.016% of the territory, and their number is 1.1 per 10 km². Over the past year, landfills have been replenished with waste by 4%. Regions with unfavourable situations with municipal solid waste disposal include Kyiv, Lviv, Donetsk and Khmelnytskyi regions. The most favourable situation is in Sumy and Vinnytsia regions.

Keywords: municipal solid waste, landfills and dumpsites, technogenic pressure, indicator.

References

1. Global Waste Management Outlook. (2024). Retrieved from: https://www.unep.org/resources/global-waste-management-outlook-2024?utm_source=iswa&utm_medium=website&utm_campaign=GWMO2024 (date of application 15.10.2024).
2. National waste management strategy in Ukraine until 2030. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text> (date of application 15.10.2024) [in Ukrainian]
3. Report on the state of household waste management in Ukraine for 2023. Retrieved from: <https://mtu.gov.ua/content/upravlinnya-pobutovimi-vidhodami.html> (date of application 15.10.2024) [in Ukrainian]
4. Prykhodko, V.Y., & Safranov, T.A. (2024). Resource-value component of municipal solid waste in certain regions of Ukraine: monograph. Odesa: ODEKU, 101. [In Ukrainian]
5. Prykhodko, V. Yu. (2016). Features of applying the method of weighted scores for zoning by land use for municipal solid waste removal (on the example of Odessa region). *Physical geography and geomorphology*, 3(83), 71-76. [in Ukrainian]
6. Prykhodko, V. Yu. (2019) Regional features research of municipal solid waste disposal in Ukraine. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University*, 21, 51-62 <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2019-21-04>. [in Ukrainian]
7. Safranov, T. A., Cherkez, Ye. A., & Shatalin, S. M. (2018). Evaluation of the extent of favourableness of the territory of the Odesa region for placement of solid household waste landfills. *Ukrainian hydrometeorological journal*, 21, 98-109. [in Ukrainian]

8. Budak O.O. (2018). *Ecological monitoring of solid household waste landfills and their impact on rural areas: PhD thesis*. Kyiv, 152 [in Ukrainian]
9. Patseva, I., Herasymchuk, O., & Kahukina, A. (2022). Systematic approach to waste management of united territorial communities. *Environmental Sciences*, 43, 181-184 <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.4-43.30>. [in Ukrainian]
10. Chugai, A. V., & Safranov, T. A. (2020). A Technogenic load on the environmental components during the formation and accumulation of the waste in the North-Western Black Sea regions. *Environmental safety and natural resources*, 33(1), 5–17. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2020.1.5-17>
11. Bastrygina, T.M., & Gubina, V.G. (2017). Waste generation in Ukraine and assessment of the technogenic load on natural landscapes. *Chemical and radiation safety: materials of the conference*, 24-26 May 2017, 50-53. [in Ukrainian]
12. Chugai, A.V., & Safranov, T.A (2021). *Methods of assessing the technogenic impact on the environment: a textbook*. Odesa, Bukaev V.V., 118. [in Ukrainian].
13. Chugai, A. V., Safranov, T. A., Mudrak, O. V., & Mudrak, H. V. (2020). Assessment of technogenic load on the environment in the regions of the Ukrainian Northwest Black Sea. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10(1), 325-332.
14. *Environment monographs № 83: OECD core set of indicators for environmental performance reviews*. (1998). Paris: OECD, 38.
15. OECD (2024), *Environment at a Glance Indicators*, OECD Publishing, Paris, URL: <https://doi.org/10.1787/ac4b8b89-en> (date of application 15.10.2024)
16. Korbut, M., Safranov, T., Malovanyy, M. (2024). Methodological approaches to the assessment of environmental risks from solid domestic waste landfills. *Herald of Khmelnytskyi national university*, 3(337), 87-196. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-337-3-28>. [in Ukrainian]
17. Eremeev, I.S., & Marchuk, S.V. (2015). *Uncertainty and Risks in Solid Waste Management. Effective Economy*. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4182> (date of application 15.10.2024) [in Ukrainian]
18. Sereda, M.S. (2021). Diagnostics of risks and threats of technogenically disturbed lands under solid household waste dumps on agricultural land. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, №3, 91-100. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.03.11> [in Ukrainian]
19. Illiash, O., & Smoliar, N. (2022). Risk assessment of impact on the environment and public health when planning and implementing the regional waste management plan. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 38(3-4), 41–46. DOI: 10.36804/nndipbop.38-3-4.2022.41-46. <https://doi.org/10.36804/nndipbop.39-1-2.2023.47-54> [in Ukrainian]
20. Olha Rybalova and others (2024). Assessment of the risk to public health from soil contamination on the territory of solid waste landfills. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series «Geology. Geography. Ecology»*, 60, 399-413. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-30>. [in Ukrainian]
21. Adamenko, O., & Rudko, G. (1998) *Environmental geology*. Kyiv, 348 p. [in Ukrainian]
22. Nataliya Popovych, Myroslav Malyovanyy, Oksana Telak, Andriy Voloshchyshyn, & Vasyl Popovych. (2018). Environmental Hazard of Uncontrolled Accumulation of Industrial and Municipal Solid Waste of Different Origin in Ukraine. *Environmental problems*, 1, 53-59. Retrieved from: <https://sci.ldubgd.edu.ua/jspui/handle/123456789/9548>
23. Vambol, S., Vambol, V., Sundararajan, M., & Ansari, I. (2019). The nature and detection of unauthorized waste dump sites using remote sensing. *Ecological Questions*, 30(3), 43–55. <https://doi.org/10.12775/EQ.2019.018>
24. Prykhodko, V., & Osinovska, V. (2019). The municipal solid waste disposal on illegal dumps in Ukraine. *The scientific heritage*, 42. Vol. 2, 45-48.

Authors Contribution: All authors have contributed equally to this work

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest

Received 27 November 2024

Accepted 17 March 2025