

УДК 628.4.08+004.3

ЦИФРОВЕ СМІТТЯ: НЕВИДИМИЙ ЗАГРОЗЛИВИЙ ФАКТОР ДЛЯ ЕКОЛОГІЇ

В. Г. Слободяник

Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

У статті розглядається феномен цифрового сміття як нової загрози для екологічної безпеки в умовах глобальної цифровізації. Автори аналізують джерела формування цифрових та електронних відходів, зокрема через моральне, фізичне та програмне застарівання пристроїв, а також через накопичення нерелевантних або невикористовуваних даних в інтернеті. Окреслено зв'язок між рівнем доходу населення та масштабами утворення цифрових та апаратних відходів. Запропоновано схему життєвого циклу файлів після видалення та описано наслідки цифрового сміття для інформаційної екосистеми. Стаття спирається на сучасні статистичні дані та міжнародні джерела, демонструючи потребу в цифровій гігієні як новому напрямі екологічної культури.

Ключові слова: цифрове сміття, електронні відходи, сталий розвиток, застарівання техніки.

Постановка проблеми. Цифрове сміття — це сукупність невикористаних та непотрібних цифрових даних і електронних пристроїв, які накопичуються в інформаційних системах та мають негативний вплив на довкілля. У сучасному світі, де цифрові технології є невід'ємною частиною повсякденного життя, проблема цифрового сміття стає все більш актуальною. Надмірне накопичення цифрових даних, таких як невикористані файли, документи, електронні листи та інші ресурси, призводить до значних енерговитрат на їх зберігання та обробку. Це, в свою чергу, сприяє збільшенню викидів парникових газів, оскільки центри обробки даних потребують великої кількості електроенергії для своєї роботи. Застарілі та непрацюючі електронні пристрої, які більше не використовуються, також становлять серйозну екологічну загрозу. Вони містять токсичні речовини, такі як свинець, ртуть та кадмій, які при неправильній утилізації можуть забруднювати ґрунти та водні ресурси, завдаючи шкоди екосистемам і здоров'ю людей.

Проблема цифрового сміття є особливо загрозливою через її невидимість для широкого загалу. Більшість людей не усвідомлюють масштабів цієї проблеми та її впливу на довкілля. Невикористані електронні листи, фотографії та документи здаються незначними, але в сукупності вони утворюють гігантські масиви даних, що потребують великих ресурсів для зберігання. Також недооцінюється екологічний вплив виробництва нових електронних пристроїв, що потребує видобутку корисних копалин і сприяє виснаженню природних ресурсів.

Таким чином, цифрове сміття є невидимим загрозливим фактором для екології, який вимагає термінового вирішення. Необхідно підвищити обізнаність суспільства про цю проблему та впровадити ефективні стратегії управління цифровими відходами. Це включає оптимізацію зберігання даних, удосконалення процесів утилізації електронних пристроїв та розробку політик, спрямованих на зменшення екологічного впливу цифрових технологій. Тільки завдяки спільним зусиллям можна зменшити негативний вплив цифрового сміття на довкілля та забезпечити стале майбутнє для наступних поколінь.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Упродовж останнього десятиліття проблема електронних і цифрових відходів набула глобального розголосу, що знайшло відображення в наукових дослідженнях, статистичних оглядах та міждисциплінарних публікаціях [1, 2, 3]. Особливу увагу вчені [4, 5] приділяють аналізу зростання обсягів електронного сміття (e-waste), яке тісно пов'язане з цифровим — так званим «невидимим» — сміттям, що виникає у вигляді надлишкових даних, неактивних акаунтів, застарілих хмарних сервісів, а також обчислювальних пристроїв, що втратили функціональність.

За даними бібліометричного аналізу, проведеного Prakash Waghmare [6], у період з 1980 по 2021 рік у Scopus зафіксовано 534 наукові публікації з питань управління електронними відходами, при цьому основна активність дослідників спостерігається після 2010 року. Основні напрями наукового пошуку охоплюють утилізацію відходів, питання токсичності, перероблення, а також відповідальність виробників за обіг електронної продукції. Найбільш активними у сфері публікацій були науковці з Китаю, Індії, Великої Британії та США, що підкреслює глобальний характер проблеми.

Особливий інтерес становлять дослідження, що вказують на непрямий екологічний ефект цифрового сміття. Так, зберігання непотрібних даних — електронних листів, резервних копій, архівів — вимагає роботи дата-центрів, які споживають великі обсяги електроенергії. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню викидів вуглекислого газу та зростанню вуглецевого сліду цифрової інфраструктури. У працях [7, 8] зазначено, що основними темами сучасних публікацій є вплив e-waste на здоров'я дітей, проблеми поводження з відходами в країнах, що розвиваються, а також удосконалення технологій відновлення металів з відпрацьованої електроніки.

Окрему увагу дослідники приділяють рівню обізнаності населення. У роботах Nuwematsiko et al. (2021) [9] та Maphosa & Maphosa (2020) [10] виявлено, що низький рівень інформованості та відсутність доступної інфраструктури перешкоджають належному поводженню з електронними відходами. Це безпосередньо стосується і цифрового сміття, яке залишається «невидимим» навіть для освіченого користувача.

З огляду на зазначене, можна сказати, що наукова спільнота поступово визнає проблему цифрового сміття як екологічно важливу. Водночас спостерігається брак окремих міждисциплінарних досліджень, що фокусуються саме на цифрових даних як екологічно обтяжливому факторі. Це вказує на потребу в нових теоретико-практичних підходах до вивчення цифрової ентропії як складника глобальної екологічної безпеки.

Мета статті. Метою цього дослідження є аналіз цифрового сміття як екологічно небезпечного чинника, що виникає внаслідок накопичення непотрібних даних і електронних пристроїв у цифровому середовищі. Дослідження спрямоване на вивчення масштабів і впливу цифрового сміття на довкілля, зокрема в контексті енергоспоживання дата-центрів, утилізації електроніки та супутніх викидів парникових газів. Також розглянуто технічні й організаційні підходи до зменшення цифрового сліду та шляхи інтеграції принципів сталого розвитку в сферу цифрових технологій.

Виклад основного матеріалу дослідження. У контексті цифровізації сучасного суспільства зростає увага до феномену цифрового сміття як одного з критичних чинників впливу на екологічну безпеку. Під цифровим сміттям у цьому дослідженні розуміють сукупність неактуальних, надлишкових або невикористовуваних даних, що зберігаються у цифрових системах без функціонального призначення, а також фізичних електронних пристроїв, виведених з експлуатації. Проблематика цифрового сміття охоплює як інформаційний, так і матеріальний виміри — обидва формують нову екологічну загрозу, що залишається недостатньо усвідомленою на побутовому рівні.

Однією з ключових характеристик цифрового сміття є його системне накопичення у середовищах з обмеженою політикою очищення даних: корпоративних серверах, хмарних сховищах, особистих гаджетах. Результати моніторингу демонструють, що понад 60% збережених файлів не використовуються впродовж року після створення, але продовжують споживати обчислювальні ресурси та електроенергію, необхідну для їх обслуговування. У поєднанні з енергоспоживанням центрів обробки даних, це зумовлює додаткове навантаження на кліматичну систему, зокрема через збільшення обсягів викидів CO₂.

Матеріальна складова цифрового сміття — це електронні відходи (e-waste), які утворюються внаслідок заміни або морального старіння техніки. Згідно з даними Global E-waste Monitor [11], у 2023 році було зафіксовано понад 54 млн тонн електронного сміття у світі, значна частина якого не була належно утилізована. Особливе занепокоєння викликає вміст небезпечних компонентів у застарілих пристроях — свинцю, кадмію, ртуті — що у разі порушення умов зберігання здатні забруднювати довкілля.

Важливим аналітичним критерієм дослідження стала оцінка залежності обсягів цифрових відходів від рівня цифрової активності та доходу користувачів. Встановлено, що із зростанням доступу до цифрових платформ та збільшенням кількості електронних пристроїв, користувачі продукують більше сміттєвих даних. Наприклад, користувач із середнім доходом у 5000 грн на місяць генерує близько 3–5 кг апаратного сміття та до 50 ГБ інформаційних відходів на рік, тоді як користувач із доходом 40000 грн — до 15 кг технічних відходів та понад 200 ГБ цифрових файлів, що не використовуються.

У розвинених країнах, зокрема США та Німеччині, показники є ще вищими: середній користувач формує понад 20 кг апаратного та понад 500 ГБ цифрового сміття щорічно. Ці тенденції демонструють необхідність впровадження цілеспрямованої

політики цифрової гігієни — включно з автоматизованими системами виявлення та видалення непотрібних файлів, а також популяризацією екологічно орієнтованих практик поводження з пристроями.

Візуалізацію основних категорій цифрового сміття подано на рисунку.

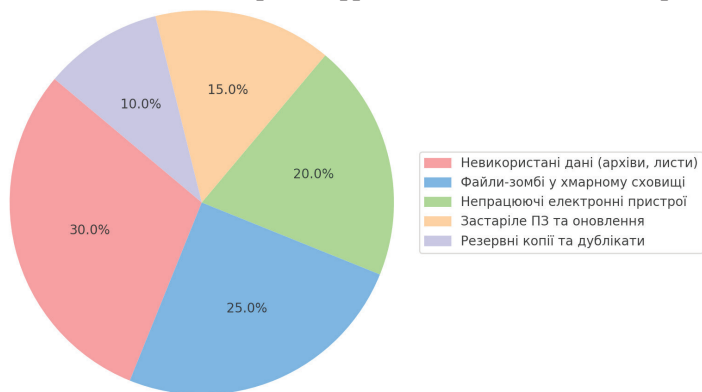


Рис. 1. Структура цифрового сміття за типами складників

На діаграмі представлено розподіл основних компонентів цифрового сміття за часткою в загальному обсязі. Найбільшу частку становлять невикористані дані (архіви, електронні листи), які складають 30 % усіх цифрових відходів. Другу за значущістю категорію — файли-зомбі в хмарних сховищах — оцінено у 25 %, що вказує на значний обсяг даних, які більше не використовуються, але продовжують зберігатися на серверах. Непрацюючі електронні пристрої становлять 20 % і є важливою складовою через вміст токсичних компонентів. Застаріле програмне забезпечення та оновлення займають 15 %, а резервні копії та дублікатні файли — ще 10 %, що свідчить про низьку ефективність управління цифровими ресурсами.

Ці дані ілюструють багатокомпонентну природу цифрового сміття та підкреслюють потребу в системному підході до його ідентифікації та оптимізації.

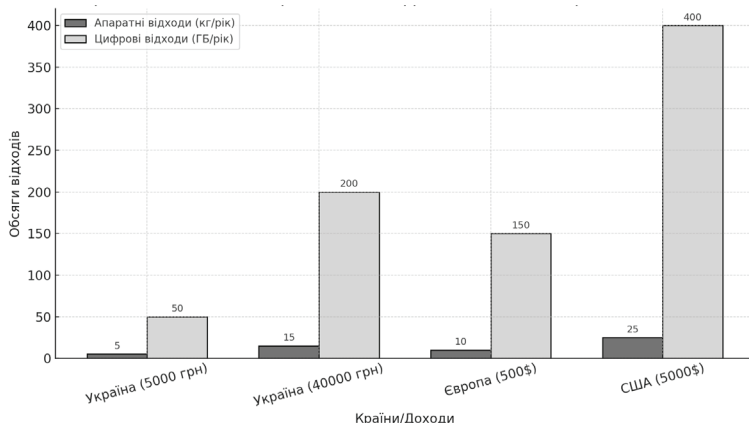


Рис. 2. Порівняння обсягів апаратних та цифрових відходів за рівнем доходу користувачів

На рисунку зображено співвідношення між обсягами апаратних відходів (кг/рік) та цифрових відходів (ГБ/рік) у користувачів з різним рівнем доходів у чотирьох групах: низький та високий дохід в Україні, середній дохід у країнах Європи та високий дохід у США.

Дані свідчать про чітку кореляцію між доходом користувача та обсягами як електронних, так і цифрових відходів. Зі зростанням доходу зростає і кількість генерованих відходів: у США, де середній дохід користувача становить близько 5000 доларів на місяць, спостерігається найбільший обсяг цифрових відходів — до 400 ГБ на рік, а також апаратних — 25 кг на особу.

Натомість у користувача в Україні з доходом 5000 грн на місяць ці показники становлять 50 ГБ цифрових та 5 кг апаратних відходів відповідно. Це підтверджує тезу про те, що інтенсивніше використання цифрових технологій, часте оновлення пристроїв і необмежене зберігання даних сприяють накопиченню сміття як у фізичному, так і в інформаційному середовищі.

Такий підхід до аналізу дозволяє оцінити екологічне навантаження не лише в контексті техногенного впливу, а й через призму цифрової поведінки користувачів у залежності від соціально-економічних факторів.

Одним з ключових чинників, що сприяють швидкому накопиченню апаратних відходів, є явище планованого застарівання. Воно передбачає штучне обмеження терміну служби пристроїв, що змушує споживачів оновлювати техніку навіть у випадках, коли вона залишається технічно справною. Виділяють три основні форми такого застарівання. По-перше, моральне застарівання полягає в тому, що нові моделі електронних пристроїв активно просуваються як більш функціональні, сучасні або модні, викликаючи у користувачів відчуття неповноцінності старих гаджетів. Це формує поведінковий тиск і стимулює регулярну заміну пристроїв, що ще могли б служити роками. По-друге, фізичне застарівання реалізується через використання малотривалих компонентів або створення штучних бар'єрів до ремонту: відсутність запасних частин, спеціалізованих інструментів, або ж висока вартість ремонту. Це робить повторне використання техніки економічно не вигідним. Третій аспект — програмне застарівання, яке проявляється у відсутності оновлень або несумісності нових програм із застарілими моделями пристроїв. Навіть повністю справні смартфони чи комп'ютери втрачають функціональність через припинення підтримки з боку розробників.

Вплив усіх форм застарівання очевидний: зростають обсяги викинутих електронних пристроїв, зменшується частка техніки, придатної до повторного використання чи ремонту, підвищується споживання природних ресурсів для виробництва нових товарів. Як наслідок — збільшення екологічного навантаження і створення умов для утворення значного обсягу апаратного цифрового сміття.

Паралельно з фізичним накопиченням електронних відходів спостерігається масштабне накопичення інформаційного сміття. У цифровому просторі відбувається безперервне зростання обсягів даних, які або не використовуються, або втратили свою актуальність. У цьому контексті мова йде про так звані «файли-зомбі» (дані, що більше не потрібні, але продовжують зберігатися), дублікати, резервні

копії, автоматичні збереження, а також масиви електронної пошти, які роками не очищуються.

Причиною цього є з одного боку — відсутність цифрової гігієни в користувачів, а з іншого — технологічна доступність зберігання великих обсягів даних завдяки хмарним сервісам. Проте навіть хмара не є нейтральною: обробка, дублювання та зберігання цифрової інформації вимагає великих енергетичних витрат. За даними міжнародних звітів, частка ІТ-сектору у глобальних викидах парникових газів зростає і вже порівнюється з авіаційною галуззю.

Шляхи зменшення цифрового перевантаження передбачають впровадження політик цифрової відповідальності: автоматичне очищення сміттєвих файлів, обмеження на зберігання старих копій даних, оптимізація структури хмарних архівів та активна просвітницька робота серед користувачів. Лише комплексний підхід, що поєднує регуляторні заходи, технологічні інновації та зміну поведінки користувачів, може забезпечити зменшення інформаційного перевантаження та відповідне зниження енергоспоживання в цифровій інфраструктурі.

Однією з прихованих форм цифрового сміття є файли, переміщені до корзини, які насправді продовжують існувати в системі. Попри те, що користувачі сприймають переміщення файлів до корзини як їх видалення, ці дані лише переміщуються у спеціальну директорію, з якої можуть бути легко відновлені. Така практика створює фальшиве враження очищення, хоча фактично ці файли:

- займають місце на накопичувачі (HDD, SSD або хмарному сховищі);
- підлягають індексації, тобто скануються системою або хмарним сервісом, спричиняючи додаткове навантаження;
- створюють ризики безпеки, оскільки можуть містити конфіденційну інформацію, доступну до повного знищення.

У деяких випадках навіть після очищення корзини дані можуть зберігатися у вигляді залишків на фізичному рівні накопичувача. Це дозволяє спеціальним програмам частково або повністю відновити видалені файли. Для повного знищення таких даних потрібно використовувати: методи безповоротного стирання (wipe); перезапис секторів диска; інструменти шифрування та очищення, що відповідають стандартам інформаційної безпеки (наприклад, DoD 5220.22-M).

У контексті хмарних сервісів ситуація ще складніша: видалені файли можуть зберігатися у кеші або резервних копіях серверів ще тривалий час, залежно від політики постачальника (Google, Microsoft, Dropbox тощо). Таким чином, дані, які здаються користувачу «видаленими», можуть бути збереженими в десятках екземплярів і продовжувати генерувати приховані витрати електроенергії на їхнє обслуговування.

Цей феномен посилює проблему цифрового сміття, оскільки: користувачі втрачають контроль над реальними обсягами своїх цифрових слідів; хмарні оператори накопичують величезні об'єми «мертвих даних», що призводить до надмірного навантаження на серверні ферми, збільшуючи викиди CO₂.

Відповідальне цифрове поведіння має передбачати не лише видалення файлів, а й усвідомлення необхідності остаточного знищення даних, використання інструментів безпечного стирання та регулярний аудит сховищ.

Схема (рис.3) відображає, що видалення файлу — це процес, а не одноразова дія. Файл залишається у системі до того моменту, поки його простір не буде перезаписано або доки не буде застосовано спеціальні методи очищення. Такий підхід добре ілюструє, чому навіть «видалені» файли можуть залишатися джерелом цифрового сміття та ризиків безпеки.

Зростаюча проблема цифрових і електронних відходів вимагає не лише технічних, а й системних рішень. Ефективне управління цифровим сміттям передбачає комплекс заходів, які мають охоплювати як індивідуальний, так і інфраструктурний рівень.

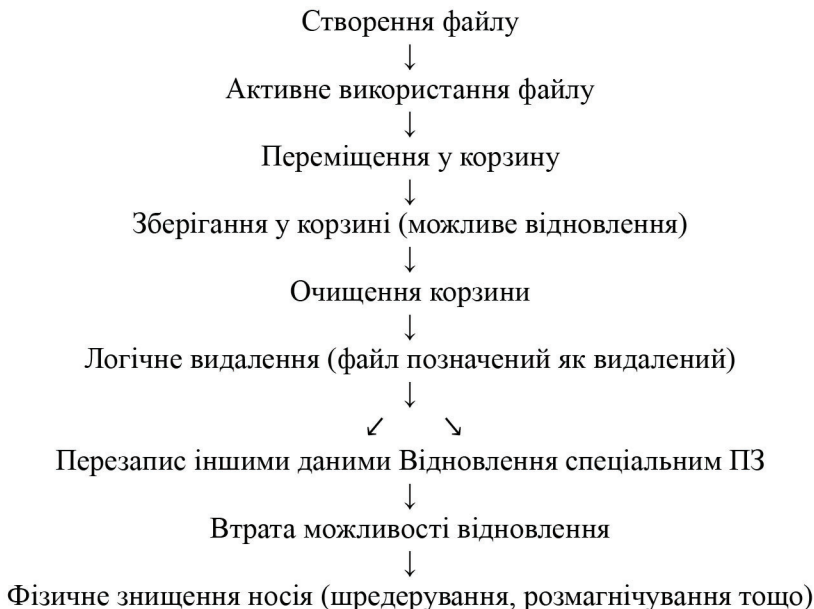


Рис.3. Логічна схема життєвого циклу видаленого файлу

Серед рекомендованих підходів до зменшення цифрового навантаження:

- впровадження політики цифрової гігієни на рівні установ і окремих користувачів (регулярне очищення електронної пошти, хмарних сховищ, кошиків, кешу);
- створення алгоритмів автоматичного виявлення та очищення цифрового сміття у великих інформаційних системах;
- підвищення цифрової обізнаності населення щодо екологічного сліду електронної діяльності;
- розширення терміну служби пристроїв через «право на ремонт», доступ до технічної підтримки, та обмеження планованого застарівання.

Розвиток так званих «зелених обчислень» (green computing), що передбачають енергоефективне програмування, мінімізацію обсягів збережених даних і перехід на екологічно чисті дата-центри, може значно зменшити енергоспоживання, спричинене цифровими відходами.

Таким чином, боротьба з цифровим сміттям потребує міждисциплінарного підходу: поєднання цифрової грамотності, екологічної відповідальності та сучасних технологічних рішень.

Висновки. У дослідженні проаналізовано явище цифрового сміття як сучасного виклику для екології та цифрової інфраструктури. Розкрито основні причини накопичення цифрових та апаратних відходів, зокрема феномен планованого застарівання та зростання інформаційного перевантаження в інтернеті. Запропоновано класифікацію джерел цифрових відходів (апаратних і інформаційних), проведено аналіз обсягів відходів у користувачів з різним рівнем доходу. Встановлено зв'язок між рівнем добробуту, частотою оновлення пристроїв і цифровою поведінкою. Окреслено особливості процесу «видалення» файлів, який не гарантує повного знищення даних, і може спричиняти приховані витрати енергії та ризики витоку інформації. Зроблено висновок про необхідність впровадження практик цифрової гігієни, розвитку інструментів очищення та зменшення цифрового сліду як важливих заходів для забезпечення екологічної безпеки у цифрову епоху.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. International Energy Agency. Data Centres and Data Transmission Networks. 2021. URL: <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks> (дата звернення: 01.07.2025).
2. Главацька Л. Аналіз системи поводження з відходами електричного та електронного обладнання в Україні. Екологічна безпека та збалансоване використання ресурсів. 2021. Том 12, № 1. С. 102—108. DOI: 10.31471/2415-3184-2021-1(23)-102-108 (дата звернення: 01.07.2025).
3. Козачук К. Поводження з електронними відходами: аналіз проблеми та європейські практики. Матеріали VI Міжнародної студентської науковотехнічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання». Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. С. 268—269. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/41315/2/268-269.pdf> (дата звернення: 01.07.2025).
4. 10 facts about data centers and cloud storage. HiveNet. URL: <https://www.hivenet.com/post/10-facts-about-data-centers-and-cloud-storage> (дата звернення: 01.07.2025).
5. What is the carbon footprint of data storage? Greenly. URL: <https://greenly.earth/en-us/blog/industries/what-is-the-carbon-footprint-of-data-storage> (дата звернення: 01.07.2025).
6. Waghmare P. Bibliometric analysis on e-waste and electronic waste management research published in Scopus-indexed journals from 1980 to 2021. Library Philosophy and Practice (e-journal). 2022. No. 6833. URL: <https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/6833> (дата звернення: 01.07.2025).
7. Gao W., Liu J., Xu M. Electronic waste recycling and environmental health in China: review. Waste Management & Research. 2019. Vol. 37. P. 865—875.
8. Unused data is a virtual goldmine. Digital Signage Today. URL: <https://www.digitalsignage-today.com/blogs/unused-data-is-a-virtual-goldmine> (дата звернення: 01.07.2025).
9. Nuwematsiko R. et al. Community engagement strategies for the effective management of e-waste in low-income urban areas. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. Vol. 18. P. 5376.

10. Maphosa V., Maphosa B. Electronic waste management in developing countries: a review. *Environment and Ecology Research*. 2020. Vol. 8, no. 4. P. 107—116.
11. The Global E-waste Monitor 2024. International Telecommunication Union. URL: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2024/03/GEM_2024_18-03_web_page_per_page_web.pdf (дата звернення: 01.07.2025).

REFERENCES

1. International Energy Agency. Data Centres and Data Transmission Networks. 2021. URL: <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks> (in English).
2. Hlavatska L. Analiz systemy povodzhennia z vidkhodamy elektrychnoho ta elektronnoho obladnannia v Ukraini // *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane vykorystannia resursiv*. 2021. Vol. 12, no. 1. P. 102–108. DOI: 10.31471/2415-3184-2021-1(23)-102-108 (in Ukrainian).
3. Kozachuk K. Povodzhennia z elektronnyimi vidkhodamy: analiz problemy ta yevropeiskii praktyky // *Materialy VI Mizhnarodnoi studentskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii «Pryrodnychi ta humanitarni nauky. Aktualni pytannia»*. Ternopil: TNTU imeni Ivana Puliuia, 2023. P. 268–269. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/41315/2/268-269.pdf> (in Ukrainian).
4. 10 facts about data centers and cloud storage. HiveNet. URL: <https://www.hivenet.com/post/10-facts-about-data-centers-and-cloud-storage> (in English).
5. What is the carbon footprint of data storage? Greenly. URL: <https://greenly earth/en-us/blog/industries/what-is-the-carbon-footprint-of-data-storage> (in English).
6. Waghmare P. Bibliometric analysis on e-waste and electronic waste management research published in Scopus-indexed journals from 1980 to 2021 // *Library Philosophy and Practice (e-journal)*. 2022. No. 6833. URL: <https://digitalcommons.unl.edu/libphilprac/6833> (in English).
7. Gao W., Liu J., Xu M. Electronic waste recycling and environmental health in China: review // *Waste Management & Research*. 2019. Vol. 37. P. 865–875 (in English).
8. Unused data is a virtual goldmine. Digital Signage Today. URL: <https://www.digitalsignage-today.com/blogs/unused-data-is-a-virtual-goldmine> (in English).
9. Nuwematsiko R., et al. Community engagement strategies for the effective management of e-waste in low-income urban areas // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. Vol. 18. P. 5376 (in English).
10. Maphosa V., Maphosa B. Electronic waste management in developing countries: a review // *Environment and Ecology Research*. 2020. Vol. 8, no. 4. P. 107–116 (in English).
11. The Global E-waste Monitor 2024. International Telecommunication Union. URL: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2024/03/GEM_2024_18-03_web_page_per_page_web.pdf (in English).

doi: 10.32403/0554-4866-2025-1-89-119-128

DIGITAL WASTE: AN INVISIBLE AND THREATENING FACTOR FOR THE ENVIRONMENT

V. H. Slobodianyuk

*Lviv Polytechnic National University
19, Pid Holoskom, St., Lviv, 79020, Ukraine
valentyna.h.slobodianyuk@lpnu.ua*

In the digital era, environmental sustainability is increasingly influenced not only by physical waste but also by intangible by-products of the information age, commonly referred to as digital waste. While the global community has gradually recognized the environmental consequences of electronic waste (e-waste), including obsolete devices and toxic components, there remains a significant underestimation of the risks posed by digital data accumulation — unnecessary, redundant, and obsolete data stored on personal and institutional devices, cloud platforms, and data centers. This paper addresses the multifaceted nature of digital waste, its causes, environmental implications, and strategies for sustainable digital behavior.

Digital waste emerges at the intersection of technological innovation and consumption culture. It includes unused files, spam, system caches, and outdated backups that continue to consume resources. Although digital in nature, such waste demands large amounts of electricity and water for storage and cooling, contributing to emissions and environmental degradation. Data centers alone consumed up to 340 TWh in 2022. The study outlines types of planned obsolescence — moral, physical, and software — that accelerate e-waste production.

The paper also explores the lifecycle of a deleted file, highlighting that deletion does not mean elimination. Data may remain recoverable until overwritten. This persistence contributes to digital overload and increases storage-related emissions. Furthermore, unequal e-waste generation across countries highlights global digital injustice, with developing regions often bearing the disposal burden.

Key solutions include promoting digital hygiene, responsible storage practices, and legislative initiatives that target excessive data use and cloud emissions.

Keywords: *digital waste, electronic waste, sustainable development, digital hygiene, planned obsolescence, information security, environmental awareness, data sets, digital ecosystem.*

Стаття надійшла до редакції 01.05.2025.

Received 01.05.2025.