

ІННОВАЦІЙНІ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМИ ВІДХОДАМИ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД

INNOVATIVE STRATEGIES FOR MANAGING CONSTRUCTION WASTE IN THE POST-WAR PERIOD

Іщенко С.С., аспірант, [ORCID.ORG /0000-0003-3435-3595](https://orcid.org/0000-0003-3435-3595); Бушмєлева С.І., магістрант, [ORCID.ORG /0009-0002-6424-8868](https://orcid.org/0009-0002-6424-8868) (Національний університет «Запорізька політехніка»)

Ishchenko S.S., PhD student, <https://orcid.org/0000-0003-3435-3595>, Bushmielieva S.I., student, <https://orcid.org/0009-0002-6424-8868>, (National University Zaporizhzhia Polytechnic, Department of Construction Production and Project Management)

Актуальність теми статті обумовлена проблемою управління будівельними відходами в умовах ліквідації наслідків збройної агресії в Україні, що пов'язана зі значними руйнуваннями об'єктів нерухомості та інфраструктури та може призвести до виникнення масштабної екологічної кризи. Наукове дослідження спрямоване на аналіз та переосмислення традиційних підходів до управління відходами через інтеграцію принципів циркулярної економіки на державному рівні. Сформовані технологічні та організаційні рішення, які забезпечують впровадження систем рециклінгу, оптимізацію планування будівельного ринку та максимізацію використання перероблених матеріалів під час відновлення інфраструктури. Додатково проводиться аналіз методів ефективного сортування, обліку та зниження обсягів відходів, що потребують безпечної утилізації, з метою мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. Отримані результати можуть слугувати науковим підґрунтям для розробки рекомендацій щодо удосконалення систем управління будівельними відходами в процесі післявоєнної відбудови, що має особливе значення для сучасної цивільної інженерії..

The article analyzes the multifaceted problem of managing construction waste in the context of eliminating the consequences of armed aggression in Ukraine. The armed conflict has resulted in the widespread destruction of real estate and critical infrastructure, thereby triggering a potential large-scale environmental crisis. In light of these developments, the study investigates the urgent need to reassess and modernize traditional waste management approaches by incorporating the principles of a circular economy at the state level. The scientific inquiry delves into both technological innovations and

organizational strategies that can facilitate the implementation of efficient recycling systems. In doing so, it aims to optimize the planning processes within the construction market and to maximize the utilization of recycled materials during the restoration of infrastructure.

Furthermore, the research examines in detail various methods for effective sorting, precise accounting, and systematic reduction of waste volumes that require safe disposal. It highlights how these methods can be integrated into existing waste management frameworks to mitigate the negative environmental impact. The analysis is supported by comparative studies of different recycling technologies and case studies from similar post-conflict scenarios in other regions, thus providing a comprehensive overview of potential solutions. The findings not only underscore the critical role of innovative waste management in preventing environmental degradation but also serve as a scientific basis for developing actionable recommendations. These recommendations aim to improve the efficiency and sustainability of construction waste management systems during the post-war reconstruction period, which is of paramount importance for ensuring the resilience and advancement of modern civil engineering practices.

Ключові слова: управління будівельними відходами, післявоєнна відбудова, рециклінг, екологічна безпека, цивільна інженерія, сортування відходів, циркулярна економіка

construction waste management, post-war reconstruction, recycling, environmental safety, civil engineering, waste sorting, circular economy

Постановка проблеми. Проблема управління будівельними відходами в Україні набуває все більшої актуальності в контексті реалізації Національної стратегії управління відходами до 2030 року [1], що враховує європейські підходи до екологічного регулювання та раціонального використання ресурсів.

За даними Євростату, у країнах ЄС будівельні відходи складають майже третину загального обсягу, що включає переважно ґрунт, бетон, цеглу, скло, деревину, гіпсокартон, азбест, метали, пластик та інші матеріали [2]. Показники їх переробки варіюються від 10 % до 90 %, що свідчить про різноманітність підходів до утилізації в ЄС. Структурно бетон і залізобетон складають близько 52 %, кам'яні стінові матеріали – приблизно 32 %, асфальт та будівельні розчини – 8 %, метали – 4 %, деревина та пластик – 2 %, а керамічні вироби, гіпсокартон і скло – по 1 % кожні. Загальний обсяг будівельних відходів формується переважно через знесення будівель та капітальний ремонт (до 60 %), реконструкцію (до 35 %) і в меншій мірі – через нове будівництво (близько 1,5 %) [3].

В умовах військової агресії території України зазнають не лише руйнувань житлової інфраструктури, а й значних екологічних втрат. Бойові

дії спричиняють утворення великих обсягів будівельних відходів, що ускладнює питання їх утилізації та негативно впливає на земельні ресурси, зокрема сільськогосподарські угіддя. Ефективне вирішення проблеми ліквідації наслідків війни вимагає впровадження системи управління будівельними відходами, що базується на принципах повторного використання та переробки, що дозволить уникнути збільшення територій для захоронення відходів [4]. При цьому розвиток ринку послуг у галузі демонтажу, транспортування, рециклінгу та реалізації вторинних матеріалів може стати важливим чинником економічного зростання, оскільки витрати на захоронення відходів потенційно можуть перетворитися на додаткове надходження до бюджету держави, а також стати джерелом доходу для малого та середнього бізнесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасна наукова література свідчить про зростаючу актуальність впровадження інноваційних стратегій у сфері управління будівельними відходами, особливо в умовах післявоєнного відновлення інфраструктури. Різноманіття підходів до переробки та утилізації будівельних матеріалів дозволяє не лише мінімізувати негативний вплив на довкілля, але й створити додаткові економічні можливості для держави та бізнесу.

За дослідженням Mayer M. [5], існує значний потенціал переробки будівельних матеріалів, який можна розкрити за допомогою порівняльного аналізу різних технологічних рішень, при цьому сам автор відзначає, що оптимізація процесів рециркуляції дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів, що є особливо важливим у післявоєнний період, коли обсяги відходів зростають, а ресурси потребують максимальної економії.

У роботі [6] розглядаються сприйняття, рішення та мотивації зацікавлених сторін щодо використання перероблених будівельних і демонтажних відходів. Автори підкреслюють, що активне залучення різних учасників ринку, включаючи державні органи, бізнес-сектор та громадські організації, є критично важливим для створення інтегрованої системи управління відходами.

Omer M., Rahman R.A., Almutairi S. [7] фокусуються на стратегічних заходах для підвищення ефективності переробки будівельних відходів, зокрема, аналізують вплив розміру організацій на можливості впровадження інноваційних технологій. Автори вказують, що гнучкі стратегії, адаптовані до специфіки діяльності як великих підприємств, так і малого бізнесу, можуть забезпечити кращі результати у період економічної нестабільності, характерної для післявоєнного відновлення.

Зарубіжними дослідниками Geng J., Huang Y. та співавторами [8] проведено комплексний PEST-аналіз, що дозволяє ідентифікувати бар'єри на шляху впровадження перероблених будівельних матеріалів, запропоновано адаптовані заходи для подолання цих перешкод, що дозволяє створити сприятливі умови для розвитку стійких технологій у будівництві. Наведені

висновки мають критично важливе значення в умовах відновлення інфраструктури після збройного конфлікту, коли необхідно швидко та ефективно інтегрувати інноваційні рішення у виробничі процеси.

Особливу увагу приділено інноваційним технологіям управління будівельними відходами згідно з концепцією економіки замкнутого циклу, як це продемонстровано в роботі Левченко Н.М. [9]. Автори демонструють успішні приклади впровадження екологічно орієнтованих технологій, що сприяють не лише зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище, але й створенню умов для стійкого економічного зростання. У післявоєнний період ці підходи можуть стати ключовими для оптимізації ресурсів та зниження витрат на відновлення пошкодженої інфраструктури.

Таким чином, аналіз сучасних досліджень свідчить про те, що інноваційні стратегії управління будівельними відходами є невід’ємною складовою успішного відновлення післявоєнних територій. Комплексний підхід, який враховує технологічні, економічні та соціальні аспекти, дозволяє розробити ефективні рішення для переробки та повторного використання будівельних матеріалів, що у свою чергу сприяє стабілізації екологічної ситуації та стимулює економічне зростання в умовах відновлення інфраструктури..

Формулювання цілей статті. Метою даної роботи є комплексний аналіз сучасних підходів до управління будівельними відходами в умовах післявоєнного відновлення інфраструктури України з акцентом на розробку інноваційних стратегій, що сприятимуть переходу до принципів циркулярної економіки. У процесі дослідження здійснюється огляд сучасних наукових праць та практичних рішень, спрямованих на оптимізацію процесів переробки відходів, зокрема тих, що утворилися внаслідок бойових дій. Завданням статті є виявлення основних проблем сучасної системи управління відходами, аналіз специфіки їхнього формування в умовах військових конфліктів та розробка рекомендацій щодо інтеграції інноваційних технологій у систему відновлення пошкодженої інфраструктури.

Виклад основного матеріалу. Розробка та впровадження комплексних стратегій управління будівельними відходами в Україні вимагає глибокого методологічного осмислення, адже сучасний спектр відходів включає не лише наслідки руйнування будівель та споруд, але й значну частину матеріалів, що формується безпосередньо в зонах активних бойових дій. Особливість цих регіонів полягає в тому, що відходи характеризуються високою небезпекою з огляду на можливе токсичне забруднення, що значно ускладнює їх подальшу технологічну обробку. Водночас відсутність систематизованого обліку та дефіцит статистичних даних про ці специфічні відходи свідчать про нагальну потребу розробки спеціалізованих підходів, здатних врахувати як особливості їхнього виникнення, так і потенційний вплив на екосистеми.

У сучасних умовах, що характеризуються ескалацією потреб у відновленні пошкодженої інфраструктури, українська модель управління

будівельними відходами повинна еволюціонувати шляхом інтеграції негайних оперативних заходів з довгостроковими стратегічними ініціативами. На перших етапах відновлювальних робіт надзвичайно важливим є створення умов для оперативного очищення довкілля, що передбачає впровадження систем безпечного збору та утилізації небезпечних матеріалів як побутового, так і військового походження. Реалізація пілотних проєктів локальної переробки дозволить не лише апробувати передові технологічні рішення в умовах високої динаміки та невизначеності, але й стимулювати розвиток фундаментальних досліджень у галузі рециклінгу та виробництва екологічно безпечних матеріалів [10].

Перспективний розвиток системи управління відходами вимагає синтезу цих оперативних кроків із формуванням загальнонаціональної стратегії, орієнтованої на впровадження принципів циркулярної економіки. Такий підхід неминуче потребує розробки комплексного нормативно-правового механізму, здатного окреслити як стандарти поводження з відходами, так і критерії якості матеріалів, отриманих із вторинної сировини. Водночас, ефективна економічна політика, що передбачає запровадження стимулюючих кредитних і податкових механізмів разом із регулюванням процесів видобутку первинних ресурсів, створює передумови для формування стійкої системи переробки, що суттєво знизить екологічне навантаження та сприятиме раціональному використанню ресурсного потенціалу держави.

Аналіз міжнародного досвіду, зокрема практик країн із розвиненими системами збереження ресурсів, а також тих, що нещодавно пережили військові конфлікти, дозволяє відзначити, що процес відбудови часто супроводжується розбіжностями між встановленими законодавчими вимогами та практичними умовами на місцях, що ускладнює ефективне управління відходами. В умовах української специфіки оптимальним є впровадження моделі локальної переробки будівельних відходів, яка дозволить не лише зменшити фінансове навантаження, але й прискорити темпи відновлювальних процесів.

Будівельний сектор може розглядатись як один із ключових чинників деградації навколишнього середовища у контексті формування значних обсягів будівельного сміття. У науковій літературі відходи будівництва та знесення класифікуються як комплексна суміш різних матеріалів (рис. 1), що включає як інертні компоненти, так і неінертні нешкідливі, а також небезпечні відходи, які утворюються в процесі будівництва, реконструкції та знесення споруд. До цього спектру додаються матеріали, що можуть виникнути раптово унаслідок стихійних лих, таких як землетруси, повені, урагани та цунамі, що демонструється на рис. 1 через класифікацію матеріалів за джерелом походження.



Рис. 1 – Класифікація будівельних відходів

У контексті відновлення регіонів, де завершилися бойові дії, процес повернення населення супроводжується активною участю малих підприємств, які займаються розбором, переробкою та реалізацією вторинних матеріалів, серед яких виділяються метал, деревина для опалення, ізоляційні матеріали, цегла та залізобетонні конструкції. Ця діяльність сприяє не лише економічному оживленню місцевих громад, але й забезпечує оперативне залучення цінних ресурсів до циклу повторного використання.

Згідно з морфологічними характеристиками, приблизно 80% будівельних відходів складаються з бетону, цегли, щебеню та подібних матеріалів, що, незважаючи на їхню відносно низьку собівартість, при обмеженості природних ресурсів і складнощах логістичного забезпечення набувають підвищеного попиту [11]. Зокрема, щебінь, який широко застосовується при засипці котлованів, ліквідації небезпечних територій і будівництві як тимчасових, так і постійних дорожніх покриттів, у вигляді термічно обробленого продукту вирізняється покращеними експлуатаційними характеристиками, що дозволяє використовувати його для спорудження магістральних доріг.

Процес переробки залізобетону, який є технічно складнішим, має значний економічний потенціал завдяки можливості виділення та повторного використання металевих компонентів. Реалізація цього процесу базується на застосуванні різних технологічних методів, таких як механічний, термічний та хімічний, кожен з яких вимагає спеціалізованого обладнання, а їх комбінований підхід сприяє досягненню високої ефективності переробки.

Не менш важливою є проблема сортування скла (рис. 2), що вимагає ретельного підходу через специфічність окремих його видів. Так, наприклад, віконне скло, дзеркала, кришталі та декоративні вироби не підлягають стандартній переробці, проте можуть бути інтегровані як добавки до бетону для покращення його зносостійкості, тоді як інші види скла, зокрема ампули або пляшки, що містять хімічно активні речовини, потребують спеціального збору та подальшої утилізації у спеціалізованих установах.

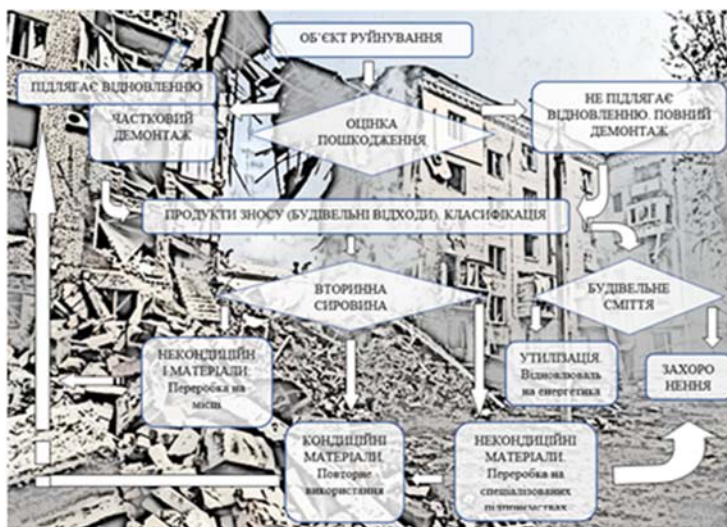


Рис. 2 – Принципи сортування будівельних відходів на об'єкті руйнування

Незважаючи на значний потенціал екологічних переваг, що виникають у процесі переробки, питання відновлення будівельного фонду вимагає зваженого підходу, який поєднує швидкість реконструкції з ретельним плануванням демонтажних робіт, сортуванням відходів і застосуванням рециклінгових матеріалів. Сучасні логістичні підходи, впроваджувані в управлінні будівельними відходами на об'єктах відновлення, дозволяють оптимізувати процеси переробки та зворотного використання матеріалів, що є важливим з огляду на високі витрати та проблему накопичення відходів. Функціонування логістичних рециклінгових центрів, які виступають у ролі посередників між власниками відходів, операторами переробки та кінцевими споживачами, сприяє створенню ефективної системи управління вторинними матеріалами та зниженню загального екологічного навантаження.

Активізація участі приватного бізнесу у процесах селективного розбору та реалізації вторинних матеріалів створює передумови для формування системного підходу до комплексного управління обстеженням, плануванням, сортуванням, переробкою та реалізацією будівельних відходів, а такий

інтегрований підхід сприятиме не лише розвитку циркулярної економіки, але й ефективно протидіятиме незаконному скиданню сміття, що в перспективі забезпечить стійке відновлення економічного потенціалу та екологічної безпеки України.

Висновки. Результати дослідження свідчать, що трансформація регіональних економік через впровадження інноваційних технологій рециклінгу має багатогранний ефект: крім вирішення глобальних екологічних викликів, вона стимулює створення нових робочих місць, знижує собівартість будівельних матеріалів та оптимізує логістичні процеси. Локальні підприємства, що спеціалізуються на демонтажі та переробці будівельних відходів, можуть виступати рушійною силою економічного зростання, сприяючи активізації діяльності органів місцевого самоврядування та стимулюючи регіональний розвиток.

У процесі реалізації будь-яких проєктів з рециклінгу надзвичайно важливим є врахування логістичних аспектів, зокрема розподілу місць накопичення відходів. Створення інтегрованої бази даних про існуючі проєкти відновлення та будівництва дозволить координувати регіональні потреби у вторинній сировині, що, у свою чергу, сприятиме зниженню витрат на переробку та транспортування, а також допоможе усунути проблему засміченості території.

Основні завдання логістичних центрів у сфері управління будівельними відходами:

1. Розробка регіональних планів розміщення об'єктів демонтажу та переробки будівельного сміття.
2. Проведення інформаційних кампаній для залучення місцевих підприємств і громад до процесів переробки відходів.
3. Організація тимчасових полігонів для сортування, переробки та подальшої реалізації вторинних матеріалів.
4. Збільшення обсягів переробки з урахуванням актуального попиту на вторинну сировину.
5. Оптимізація логістичних маршрутів для транспортування будівельних відходів до переробних підприємств.

Необхідність удосконалення класифікації та технологій переробки будівельних відходів:

1. Вплив джерела утворення відходів визначає необхідність застосування різних методик збору, транспортування та утилізації.
2. Існуючий класифікатор відходів (ДК 005-96) не враховує специфіку матеріалів, що виникають унаслідок бойових дій, що ускладнює їх ефективну переробку.
3. Розробка спеціалізованих технологічних процесів необхідна для утилізації військових будівельних відходів, що мають особливий склад та характеристики.

4. Адаптація логістичних ланцюгів для транспортування та сортування відходів, що включають зруйновані бетонні, металеві, полімерні та змішані матеріали.

Місцеві органи самоврядування відіграють ключову роль у розробці та реалізації ефективних стратегій поводження з будівельними відходами. Для оптимізації цього процесу необхідно здійснити комплекс заходів, що охоплюють аналіз, планування, впровадження стандартів та розвиток інфраструктури.

1. Оцінка стану будівельного фонду: проведення аналізу технічного стану об'єктів усіх форм власності з метою визначення будівель, що підлягають демонтажу або реконструкції.

2. Вивчення морфологічного складу відходів: класифікація матеріалів, що підлягають утилізації, для визначення потенційних можливостей їх переробки та повторного використання.

3. Формування інтегрованої бази даних учасників проєктів: створення карти взаємодії між місцевими органами влади, комунальними підприємствами, пунктами прийому вторсировини, перевізниками, переробними підприємствами та виробниками будівельних матеріалів.

4. Розробка місцевого плану управління відходами: визначення основних напрямів переробки та утилізації будівельного сміття з урахуванням регіональних потреб та екологічних стандартів.

5. Запровадження стандартів якості вторинних матеріалів: встановлення чітких вимог до використання вторинної сировини у будівництві та впровадження системи сертифікації перероблених матеріалів.

Також результати дослідження підкреслюють надзвичайну важливість створення децентралізованої системи управління будівельними відходами з активним залученням сучасних рециклінгових технологій на місцевому рівні. Комплексне вивчення місцевих перспектив відбудови та розвитку регіонів дозволить у співпраці державних органів, органів місцевого самоврядування, міжнародних партнерів, донорських установ і приватного бізнесу значно покращити економічні та екологічні показники країни. Впровадження інноваційних технологій рециклінгу в комплексі з оптимізованими логістичними рішеннями дозволить прискорити процес відновлення України після військових дій та повернутись до програми «Великого будівництва» з оновленою концепцією ефективної реконструкції інфраструктури. Для досягнення цього галузь переробки будівельних відходів повинна вийти на новий рівень циркулярної економіки, орієнтуючись на мінімізацію використання первинних природних ресурсів, зниження рівня марнотратства та подовження життєвого циклу матеріалів..

1. Кабінет Міністрів України. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року: Розпорядження від 08.11.2017 № 820-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text> (дата звернення: 14.01.2025).

2. Європейський парламент і Рада Європейського Союзу. Директива 2008/98/ЄС від 19 листопада 2008 року про відходи та про скасування деяких директив (ОВ L 312, 22.11.2008, с. 3). URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/2008-98-es.pdf> (дата звернення: 16.01.2025).
3. Сердюк В. Р. Циркулярна економіка: українські реалії та перспективи впровадження в будівельні галузі // Організація, управління та економіка в будівництві. – 2023. – ВНТУ, № 34. – С. 156–164. – DOI: 10.31649/2311-1429-2023-1-156-164.
4. Lee J., Thedy W., Chong Z., Ng J. L., Moon W., Hong X., Lee S. A Study on Recycling Waste Materials in Construction Industry // Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology. – 2024. – С. 227–241. – DOI: 10.37934/araset.59.1.227241.
5. Mayer M. Recycling Potential of Construction Materials: A Comparative Approach // Construction Materials. – 2024. – № 4. – С. 238–250. – DOI: 10.3390/constrmater4010013.
6. Shooshtarian S., Caldera S., Maqsood T., Ryley T. Using Recycled Construction and Demolition Waste Products: A Review of Stakeholders' Perceptions, Decisions, and Motivations // Recycling. – 2020. – № 5. – С. 1–17. – DOI: 10.3390/recycling5040031.
7. Omer M., Rahman R. A., Almutairi S. Construction Waste Recycling: Enhancement Strategies and Organization Size // Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. – 2022. – № 126. – С. 103114. – DOI: 10.1016/j.pce.2022.103114.
8. Geng J., Huang Y., Li X., Zhang Y. Overcoming Barriers to the Adoption of Recycled Construction Materials: A Comprehensive PEST Analysis and Tailored Strategies // Sustainability. – 2023. – № 15. – С. 14635. – DOI: 10.3390/su151914635.
9. Левченко Н. М., Назаренко О. М., Березовська А. О., Белоусова П. В., Щемелєв М. В., Гаджівердієв А. А. Інноваційні технології в управлінні будівельними відходами згідно економіки замкнутого циклу // Науковий вісник будівництва. – 2024. – Вип. 110. – С. 62–69. – DOI: 10.33042/2311-7257.2024.110.1.9.
10. Титок В.В., Ємельянова О.М., Лаврухіна К.О. Розвиток будівельної сфери у воєнний час // Ефективна економіка. 2022. № 11. DOI: <http://doi.org/10.32702/2307-2105.2022.11.55>
11. Попович О. Р. Проблеми утилізації та переробки будівельних відходів / О. Р. Попович, Я. М. Захарко, М. С. Мальований // Теорія і практика будівництва : [збірник наукових праць] / Міністерство освіти і науки України ; відповідальний редактор З. Я. Бліхарський. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. – С. 321–324. – (Вісник / Національний університет "Львівська політехніка" ; № 755). – Бібліографія: 4 назви.
12. Kucher, Anatolii & Kucher, Lesia & Rudenko, Dariia & Synytsia, Oleksandr. (2024). Розвиток «зеленого» будівництва в контексті «зеленої» післявоєнної відбудови. Journal of Innovations and Sustainability. 8. 10. 10.51599/is.2024.08.02.10.