



KAPITEL 9 / CHAPTER 9⁹
**ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF THE
SECONDARY USE OF CONCRETE WASTE FROM DEMOLISHED
BUILDINGS**

DOI: 10.30890/2709-2313.2025-43-01-005

Вступ

Будівельна галузь у XXI столітті є однією з ключових сфер економіки, що визначає темпи розвитку суспільства, рівень комфорту життя та інвестиційну привабливість міст. Водночас вона залишається одним із найбільших споживачів природних ресурсів і виробників відходів. За оцінками міжнародних організацій, щорічно у світі утворюється понад 3 млрд тонн будівельних і демонтажних відходів, з яких понад 40% припадає на бетон та залізобетонні конструкції [1].

Бетон – основний матеріал сучасного будівництва – вирізняється високою міцністю, довговічністю та стійкістю до впливу навколишнього середовища. Однак саме ці властивості перетворюють його на екологічну проблему у випадку потрапляння на полігони, оскільки бетон практично не розкладається природним шляхом. Накопичення бетонних уламків призводить до зайняття значних площ, зміни рельєфу та можливого забруднення ґрунтових вод унаслідок вимивання домішок цементу та металевих елементів.

Проблема утворення та утилізації будівельних і демонтажних відходів (C&D waste) є однією з найгостріших екологічних і економічних викликів сучасності. За даними Європейського екологічного агентства, частка C&D-відходів у загальному обсязі твердих відходів у країнах ЄС становить у середньому 25–40% [2]. У розвинених країнах досягнуто високих показників їх повторного використання та переробки – у Нідерландах, Данії, Бельгії цей рівень перевищує 85–90%, у Німеччині – близько 70% [3].

У країнах Європейського Союзу та Північної Америки вже сформовані комплексні підходи до управління будівельними відходами, які базуються на принципах циркулярної економіки. Вони передбачають, що бетон та інші

⁹*Authors: Valovyi Oleksandr Ivanovych, Valovyi Maksym Oleksandrovych, Balaba Denys Valeriyovych*



будівельні матеріали після завершення життєвого циклу споруди не утилізуються як сміття, а повертаються в економічний обіг через повторне використання або переробку [2].

В Україні ситуація кардинально інша: за оцінками Міндовкілля, рециклінгу піддається менше 5% будівельних відходів, а переважна їх частина вивозиться на полігони або несанкціоновані звалища [1]. Це призводить до швидкого вичерпання площ для захоронення, деградації земель і зростання викидів CO₂ та пилу внаслідок транспортування та зберігання відходів.

Особливу увагу слід приділяти Кривому Рогу як одному з найбільших промислових центрів України. На відміну від багатьох інших міст, тут основними джерелами будівельних відходів є не житловий сектор, а промислові підприємства гірничодобувної та металургійної галузей. У результаті в структурі C&D-відходів домінує бетон і залізобетон, часто змішаний із металевими конструкціями, технологічним обладнанням і специфічними промисловими матеріалами.

Наявність таких обсягів бетонних відходів створює одночасно і проблему, і можливість. Проблема – через екологічне навантаження та брак системи переробки. Можливість – у потенційному поверненні значної частини цих матеріалів у будівельний цикл у вигляді вторинних заповнювачів, що дозволить скоротити видобуток природних ресурсів, зменшити витрати на будівництво та підвищити екологічну стійкість міста.

Для України, яка наразі перебуває у процесі адаптації законодавства до стандартів ЄС, питання ефективного управління будівельними відходами набуває стратегічного значення. Упровадження сучасних технологій дроблення, очищення та сортування бетонних відходів у поєднанні з нормативними вимогами до їх повторного використання може забезпечити низку переваг: зменшення навантаження на полігони, скорочення видобутку природних інертних матеріалів, зниження викидів парникових газів і створення нових робочих місць у сфері «зеленої» економіки.

Таким чином, проблема повторного використання бетонних відходів



виходить за межі суто технічного питання й стає важливим чинником екологічної політики міста та країни в цілому. Наукове вивчення цієї теми особливо актуальне у світлі євроінтеграційного курсу України та впровадження принципів циркулярної економіки, що визначають переробку та повторне використання відходів як пріоритет над їх захороненням [2].

9.1 Актуальність проблеми та стан дослідження

Будівельні відходи, зокрема бетонні уламки, становлять значну екологічну загрозу в Україні та світі. Вони займають великі площі полігонів, змінюють рельєф територій, створюють пилові викиди та можуть забруднювати підземні води [1].

У країнах ЄС цю проблему розв'язують за рахунок поєднання нормативно-правових вимог і розвиненої інфраструктури рециклінгу. Директива 2008/98/ЄС передбачає, що до 2020 року держави-члени мають забезпечити підготовку до повторного використання, рециклінг та інші види утилізації не менше 70% за масою будівельних і демонтажних відходів [2]. Низка країн перевищила цей показник: у Нідерландах і Данії він сягає понад 90%, у Бельгії – 87%, у Німеччині – близько 70% [3].

В Україні, за даними Міндовкілля, рециклінг С&D-відходів не перевищує 5%, і більшість матеріалів, придатних до повторного використання, втрачається через відсутність системного збору та переробки [1]. Це пов'язано з кількома ключовими проблемами:

5. Відсутність обов'язкового роздільного демонтажу будівель.
6. Нестача мобільних і стаціонарних дробильних комплексів.
7. Економічна не вигідність через низькі ціни на природні інертні матеріали.
8. Відсутність механізмів стимулювання використання вторинних заповнювачів у будівництві.

Ситуація в Кривому Розі має власну специфіку. Це місто – центр



гірничодобувної та металургійної промисловості, де переважають промислові будівлі та споруди, а частка нового житлового будівництва відносно невелика. Як наслідок, у структурі С&D-відходів переважає бетон і залізобетон з демонтажу цехів, складів, підпірних стінок, транспортних вузлів.

Таблиця 1 - Орієнтовна структура будівельних відходів у Кривому Розі (2023 р.)

Вид матеріалу	Обсяг, тис. тонн	Частка, %
Бетон/залізобетон	520	43
Цегла	290	24
Метал	180	15
Інші матеріали	220	18

Джерело: узагальнено за даними Міндовкілля та місцевих звітів [1], [4].

Аналіз наукових публікацій в Україні свідчить, що дослідження переважно зосереджені на технологічних аспектах дроблення та використання вторинного щебеню [5], тоді як управлінські та економічні механізми рециклінгу на муніципальному рівні залишаються недостатньо розробленими.

Таким чином, актуальність цієї теми визначається одразу кількома факторами:

1. Високі обсяги бетонних відходів у промислових містах.
2. Низький рівень їх повторного використання в Україні.
3. Наявність міжнародного досвіду, який доводить економічну та екологічну доцільність рециклінгу.
4. Необхідність адаптації місцевих програм управління відходами до європейських стандартів.

9.2 Методологія та джерельна база дослідження

Методологічна основа дослідження ґрунтується на поєднанні кількох підходів, що дозволяють комплексно оцінити проблему та розробити реалістичні пропозиції для міста Кривий Ріг.



Основні методи дослідження:

1. Аналіз нормативно-правової бази: опрацьовано українські та європейські законодавчі акти у сфері поводження з будівельними відходами, включно з Національним планом управління відходами до 2030 року [1] та Директивою 2008/98/ЄС [2].

2. Статистичний аналіз: використано офіційні дані Державної служби статистики України та Міністерства захисту довкілля і природних ресурсів щодо утворення, переробки та захоронення С&D-відходів на національному та місцевому рівнях [1], [4].

3. Порівняльний аналіз міжнародного досвіду: вивчено приклади країн ЄС, які досягли високих показників переробки будівельних відходів (Нідерланди, Данія, Бельгія, Німеччина), з урахуванням їх нормативних і технічних рішень [3].

4. Економічні розрахунки: оцінено орієнтовний економічний ефект від переробки бетонних відходів у Кривому Розі з використанням показників вартості природних і вторинних інертних матеріалів.

5. Логіко-структурний аналіз: застосовано для формулювання висновків та пропозицій, визначення пріоритетів і послідовності впровадження заходів

Джерельна база дослідження включає:

1. Аналіз нормативно-правової бази: опрацьовано українські та європейські законодавчі акти у сфері поводження з будівельними відходами, включно з Національним планом управління відходами до 2030 року [1] та Директивою 2008/98/ЄС [2].

2. Міжнародні документи: Директива 2008/98/ЄС, звіти Європейського екологічного агентства (EEA Report No 18/2020) [2], [3].

3. Наукові публікації: дослідження українських і міжнародних авторів щодо технологій дроблення бетону, повторного використання вторинних заповнювачів, економічної ефективності рециклінгу [5], [6].

4. Аналітичні огляди: публікації профільних асоціацій та галузевих видань, що висвітлюють досвід муніципальних програм управління будівельними відходами.



Методологія побудована таким чином, щоб забезпечити зв'язок між міжнародними практиками та локальними умовами Кривого Рогу, з урахуванням обсягів, структури і джерел будівельних відходів у місті.

9.3 Мета, завдання, об'єкт і предмет дослідження

Метою даної науково-дослідної роботи є оцінка екологічної та економічної ефективності повторного використання бетонних відходів від демонтажу будівель і споруд у промисловому місті, а також розробка комплексу практичних пропозицій для впровадження системи їх переробки у Кривому Розі [1], [2].

Для досягнення цієї мети передбачено виконання таких завдань: проаналізувати сучасний стан поводження з будівельними відходами в Україні та безпосередньо в Кривому Розі [1], [4]; вивчити міжнародний досвід рециклінгу бетонних відходів, зокрема у країнах ЄС, де досягнуто високого рівня їх повторного використання [2], [3]; визначити основні технічні, економічні та управлінські бар'єри впровадження системи переробки у промисловому місті; розробити перелік практичних заходів, спрямованих на зменшення обсягів захоронення бетонних відходів і підвищення частки їх повторного використання; оцінити орієнтовний економічний, екологічний та соціальний ефект від впровадження таких заходів; сформулювати висновки та рекомендації для органів місцевого самоврядування та бізнесу.

Об'єктом дослідження є процес поводження з бетонними відходами будівництва і демонтажу в умовах промислового міста [4].

Предметом дослідження є екологічна та економічна ефективність вторинного використання бетонних відходів, включаючи технологічні аспекти їх підготовки, методи утилізації та можливості повторного використання у будівельних проєктах [5].



9.4 Теоретичні основи повторного використання будівельних відходів

Повторне використання та переробка будівельних відходів, зокрема бетону, є одним із ключових напрямів сучасної екологічно орієнтованої будівельної галузі [2]. Основою цього підходу є принципи циркулярної економіки, що передбачають максимальне збереження матеріалів у господарському обігу з мінімальним утворенням відходів.

У країнах ЄС переробка бетонних відходів відбувається в кілька етапів:

1. Селективний демонтаж – роздільне розбирання конструкцій з відокремленням металу, деревини, скла та інертних матеріалів.
2. Первинне сортування та видалення домішок – очищення бетону від забруднень, бітумних та інших включень.
3. Подрібнення – механічне дроблення бетонних блоків до потрібних фракцій.
4. Сортування за фракціями – отримання заповнювачів різного розміру, придатних для різних типів будівельних робіт.
5. Контроль якості – перевірка на міцність, морозостійкість, вміст шкідливих домішок згідно з нормативами [3].

Вторинний щебінь, отриманий із бетонних відходів, застосовується у:

1. Виробництві бетонних і залізобетонних виробів (часткове заміщення природного щебеню до 30-50);
2. Дорожньому будівництві (основи та підоснови дорожнього полотна, насипи);
3. Благоустрої (тротуари, майданчики підсипка комунікацій) [5].

Переваги повторного використання бетонних відходів:

1. Екологічні – зменшення навантаження на полігони, скорочення видобутку природних інертів, зниження викидів CO₂ у результаті зменшення транспортних перевезень і енерговитрат [2], [3].
2. Економічні – зниження витрат на закупівлю природних матеріалів, можливість реалізації надлишкових обсягів вторинної сировини іншим



підприємствам.

3. Соціальні – створення нових робочих місць у сфері сортування, переробки та логістики.

Досвід Нідерландів, Данії та Японії свідчить, що ефективний ринок вторинних заповнювачів формується лише за наявності чіткої нормативної бази та економічної мотивації для бізнесу [3]. Це підтверджує необхідність адаптації українського законодавства до стандартів ЄС і створення умов для масового впровадження технологій переробки бетонних відходів.

9.5 Економічна ефективність вторинного використання бетонних відходів

Економічний аспект повторного використання бетонних відходів є не менш важливим, ніж екологічний. Досвід зарубіжних країн доводить, що впровадження сучасних технологій регенерації компонентів бетонної суміші дозволяє не лише скоротити обсяг відходів, а й досягти відчутного фінансового ефекту.

Так, західнонімецький дослідник Р. Рікер зазначає, що централізована переробка некондиційного бетону та залізобетону забезпечує зростання продуктивності виробництва та зменшення витрат на первинні ресурси [8]. Подібні результати продемонстровано і у США: компанія *Skyline Concrete* ще у 1980-х роках впровадила установку «Enviro-Matic», яка дозволила регенерувати всі компоненти бетонної суміші та отримувати матеріал високої якості. Незважаючи на високу вартість обладнання, річна економія лише за рахунок повторного використання дрібного заповнювача становила близько 11 тис. доларів [9].

Проведений техніко-економічний аналіз підтверджує, що навіть за умов високих стартових інвестицій переробка бетонних відходів є вигідною у середньо- та довгостроковій перспективі. Основними чинниками економічної ефективності виступають:

1. зниження витрат на закупівлю природних інертних матеріалів;



2. скорочення транспортних витрат завдяки розміщенню дробильних установок поблизу майданчиків демонтажу;
3. формування додаткового ринку збуту вторинних заповнювачів;
4. підвищення конкурентоспроможності будівельних підприємств за рахунок зменшення собівартості проєктів [10].

Таким чином, економічна ефективність використання вторинних бетонних матеріалів підтверджує доцільність розвитку інфраструктури переробки в Україні. Вона не лише сприятиме екологічній стабільності, а й створить реальні фінансові стимули для бізнесу, що є важливою передумовою переходу до циркулярної економіки.

Висновки

Кривий Ріг – промисловий центр України, де основними джерелами будівельних відходів є демонтаж промислових об'єктів. У 2021–2023 роках обсяг бетонних і залізобетонних відходів зріс на понад 40%, а рівень їх переробки у 2023 році становив лише 17% [1], [4], [6]. Причини: обмежені потужності дробильних комплексів, відсутність селективного демонтажу та низький попит на вторинні матеріали.

Потенціал міста значний: більшість об'єктів демонтажу розташовані в межах 10–15 км від можливих місць переробки, що дозволяє зменшити витрати на транспортування. Необхідні кроки – впровадження мобільних дробильних установок, створення центру сортування інертних матеріалів і запровадження селективного демонтажу. Це дасть змогу скоротити витрати на 20–25% і зменшити викиди CO₂.

Економічний ефект від переробки 20% бетонних відходів становить 33,28 млн грн, при 80% – 133,12 млн грн. Підвищення рівня переробки забезпечує щорічну економію понад 100 млн грн. Доцільно встановити частку використання вторинного щебеню 15–20% у міських проєктах.

Міжнародна практика показує, що високих результатів досягають країни з



чіткою нормативною базою та економічними стимулами. У Нідерландах рівень переробки C&D-відходів перевищує 98% [2], [3], у Данії – 87% [3], у Японії діє обов'язкова система реєстрації та ліцензування [5].

Комплексна реалізація подібних заходів дозволить Кривому Рогу зменшити обсяг захоронення бетонних відходів, скоротити викиди CO₂, створити нові робочі місця та підвищити інвестиційну привабливість. Це сприятиме переходу до моделі циркулярної економіки та формуванню позитивного іміджу міста сталого розвитку [1], [2], [4], [5].