

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
бакалавра
(освітньо-кваліфікаційний рівень)
на тему

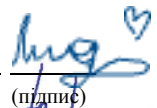
*Еколого-технологічні аспекти рециклінгу будівельних відходів у
повоєнному відновленні міста Харків*

Виконала: студента 4 курсу, групи Еко 2022-1
спеціальності 101 Екологія

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Руденко Л. В.

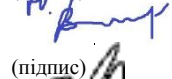
(прізвище та ініціали)



(підпис)

Керівник ст. викл. Вергелес Ю. І.

(прізвище та ініціали)



(підпис)

Рецензент Оробченко В. С.

(прізвище та ініціали)



(підпис)

м. Харків – 2026 рік

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА

Інститут, факультет ІНІ будівництва, землеустрою та цивільної інженерії
Кафедра Інженерної екології міст
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Галузь знань 10 Природничі науки
(шифр і назва)
Спеціальність 101 Екологія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д. геол. н., проф. Удалов І. В.

“ 16 ” червня 2026 р.

З А В Д А Н Н Я **на кваліфікаційну роботу бакалавра** **студента**

Руденко Ліани Владиславівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Еколого-технологічні аспекти рециклінгу будівельних відходів у повоєнному відновленні міста Харків

керівник проєкту (роботи) ст. викл. Вергелес Ю. І.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом Університету від “22” травня 2026 року № 441-03.

2. Строк подання студентом проєкту (роботи): 24.06.2026

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) Наукові літературні джерела з питань управління відходами, циркулярної економіки, рециклінгу будівельних відходів та відходів руйнації; нормативно-правові акти України у сфері управління відходами, охорони навколишнього природного середовища та повоєнного відновлення територій; Директива 2008/98/ЕС та інші документи Європейського Союзу у сфері поводження з відходами; статистичні та аналітичні матеріали Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, Міністерства розвитку громад та територій України, Харківської міської ради, Державної екологічної інспекції України; звіти Світового банку, UNEP, UNDP тощо; дані щодо обсягів утворення відходів руйнації у Харкові.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розділ 1. Теоретико-методологічні засади рециклінгу будівельних відходів та відходів руйнації. Розділ 2. Світовий досвід рециклінгу у повоєнному та постконфліктному відновленні міст. Розділ 3. Аналіз стану поводження з відходами руйнації у м. Харків. Розділ 4. Еколого-технологічні

рішення з рециклінгу для повоєнного відновлення м. Харків. Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація – 13 слайдів

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 25.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1.	Пошук та аналіз літературних джерел	11.05.26 – 17.05.26	
2.	Формування теоретичної частини роботи	18.05.26 – 24.05.26	
3.	Аналіз світового досвіду рециклінгу у повоєнному відновленні міст	25.05.26 – 30.05.26	
4.	Аналіз стану поведження з відходами руйнації у м. Харків	25.05.26 – 01.06.26	
5.	Розроблення еколого-технологічних рішень з рециклінгу	02.06.26 – 06.06.26	
6.	Розробка рекомендацій	05.06.26 – 07.06.26	
7.	Оформлення пояснювальної записки	05.06.26 – 10.06.26	
8.	Підготовка презентації та захисту	11.06.26 – 17.06.26	

Студент _____


(підпис)

Руденко Л.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи) _____


(підпис)

Вергелес Ю.І.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 79 с., 12 табл., 8 рис., 56 джерел.

ВІДХОДИ РУЙНАЦІЇ, БУДІВЕЛЬНІ ВІДХОДИ, РЕЦИКЛІНГ,
ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА, ВТОРИННА СИРОВИНА, ПОВОЄННЕ
ВІДНОВЛЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ,
ХАРКІВ

Об'єкт дослідження - процеси поводження з відходами від руйнувань у повоєнному відновленні м. Харків.

Предмет дослідження - еколого-технологічні аспекти рециклінгу відходів руйнації як інструменту повоєнного відновлення м. Харків.

Мета роботи - обґрунтування еколого-технологічних рішень з рециклінгу будівельних відходів та відходів руйнації для забезпечення екологічно безпечного повоєнного відновлення м. Харків.

У роботі досліджено теоретико-методологічні засади рециклінгу будівельних відходів та відходів руйнації, проаналізовано нормативно-правове регулювання у сфері управління відходами в Україні та країнах Європейського Союзу. Розглянуто міжнародний досвід рециклінгу відходів руйнації у повоєнному та постконфліктному відновленні міст у прикладі Німеччини тощо.

Проведено аналіз масштабів руйнувань та обсягів утворення відходів руйнації у м. Харків, досліджено їх морфологічний склад, екологічні ризики накопичення та сучасний стан поводження з ними. На основі проведеного дослідження запропоновано комплекс еколого-технологічних рішень щодо рециклінгу відходів руйнації, розроблено концепцію муніципальної системи рециклінгу для м. Харків.

Результати роботи можуть бути використані органами місцевого самоврядування, підприємствами сфери поводження з відходами, проєктними організаціями та іншими суб'єктами, залученими до процесів повоєнного відновлення територій України.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РЕЦИКЛІНГУ БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ ТА ВІДХОДІВ РУЙНАЦІЇ	9
1.1. Поняття, ієрархія та принципи управління відходами	9
1.2. Класифікація відходів будівництва і зносу та відходів руйнації	12
1.3. Еколого-технологічні характеристики відходів руйнації	16
1.4. Нормативно-правове регулювання поводження з відходами та рециклінгу в Україні	19
РОЗДІЛ 2. СВІТОВИЙ ДОСВІД РЕЦИКЛІНГУ У ПОВОЄННОМУ ТА ПОСТКОНФЛІКТНОМУ ВІДНОВЛЕННІ МІСТ	23
2.1. Німеччина після Другої світової війни: Trümmerverwertungsgesellschaft та культура «Schuttberge»	23
2.2. Сучасний європейський досвід C&D рециклінгу	25
2.3. Постконфліктні країни: Боснія і Герцеговина, Сирія, Ірак, сектор Газа	28
2.4. Узагальнення міжнародного досвіду та best practices для повоєнного відновлення м. Харків	33
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ СТАНУ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ РУЙНАЦІЇ У М. ХАРКІВ	37
3.1. Фізико-географічна характеристика м. Харків як території дослідження	37
3.2. Масштаби руйнувань і обсяги утворених відходів руйнації	39
3.3. Екологічні наслідки накопичення відходів руйнації	42
3.4. Існуюча інфраструктура та практики поводження з відходами руйнації у м. Харків	45
3.5. Проблеми та обмеження існуючої системи	49
РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ З РЕЦИКЛІНГУ ДЛЯ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ М. ХАРКІВ	52

4.1. Технології переробки відходів руйнації: обладнання, процеси та порівняння технологічних схем	52
4.2. Технологічні рішення з мінімізації екологічного впливу процесу переробки	57
4.3. Концепція муніципальної системи рециклінгу відходів руйнації для м. Харків	59
4.4. Розрахунок прогнозованого еколого-економічного ефекту	62
4.5. SWOT-аналіз пропонованої системи рециклінгу та дорожня карта впровадження.....	65
ВИСНОВКИ.....	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Внаслідок повномасштабної збройної агресії російської федерації проти України, розпочатої 24 лютого 2022 року, місто Харків зазнало безпрецедентних руйнувань. Станом на травень 2026 року у місті пошкоджено або зруйновано понад 13 тисяч будівель, близько 160 тисяч мешканців залишилися без житла [48], а загальні збитки місту, за оцінкою Харківської міської ради, перевищують 10 млрд євро [34]. Екологічні збитки, завдані навколишньому середовищу Харківської області, за оцінкою Державної екологічної інспекції станом на березень 2026 року, становлять понад 558,9 млрд грн [44].

Уламки зруйнованих будівель формують специфічну категорію відходів - відходи від руйнувань, обсяги яких у масштабах України станом на 2025 рік перевищили 6 млн т [31], а за оцінками Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів кінцевий обсяг сягне 10–12 млн т [32]. Це найбільший випадок утворення відходів руйнації у Європі з часів Другої світової війни. Найбільші обсяги акумульовано у Харківській, Херсонській, Миколаївській, Дніпропетровській та Запорізькій областях [31, 33].

Захоронення таких обсягів на полігонах є економічно і екологічно неприйнятним: воно вичерпує полігонні потужності, спричиняє вторинне забруднення ґрунтів і ґрунтових вод фільтратом, посилює пилове навантаження на атмосферне повітря та позбавляє будівельну галузь значних обсягів потенційної вторинної сировини. Тому рециклінг стає ключовим інструментом повоєнного відновлення. Питання еколого-технологічних аспектів цього процесу від класифікації відходів і виділення небезпечних компонентів до підбору технологій переробки з мінімальним впливом на довкілля та обґрунтування муніципальної системи рециклінгу досі недостатньо досліджені у вітчизняній науці саме у контексті відбудови м. Харків.

Мета дослідження. На основі аналізу теоретичних засад, світового досвіду та поточного стану поводження з відходами руйнації у м. Харків

обґрунтувати еколого-технологічні рішення з рециклінгу для повоєнного відновлення міста.

Завдання дослідження:

1. Узагальнити теоретико-методологічні засади рециклінгу будівельних відходів та відходів руйнації, проаналізувати чинне нормативно-правове регулювання.
2. Дослідити світовий і європейський досвід рециклінгу у повоєнному та постконфліктному відновленні міст.
3. Оцінити масштаби утворення відходів руйнації у м. Харків, проаналізувати їх еколого-технологічні характеристики та існуючі практики поводження.
4. Обґрунтувати вибір технологій переробки відходів руйнації та заходів мінімізації екологічного впливу процесу рециклінгу з урахуванням специфіки м. Харків.
5. Розробити концепцію муніципальної системи рециклінгу відходів руйнації для м. Харків та виконати орієнтовний еколого-економічний розрахунок ефективності запропонованих рішень.
6. Провести SWOT-аналіз пропонованої системи та сформулювати дорожню карту її впровадження.

Об'єкт дослідження - процеси поводження з відходами від руйнувань у повоєнному відновленні м. Харків.

Предмет дослідження - еколого-технологічні аспекти рециклінгу відходів руйнації як інструменту повоєнного відновлення у м. Харків.

Методи дослідження: аналіз і синтез нормативно-правових та літературних джерел, статистичний аналіз даних щодо обсягів руйнувань, порівняльний аналіз міжнародного досвіду, метод матеріальних потоків (MFA) для оцінки балансу утворення та переробки відходів, елементи еколого-економічного оцінювання, SWOT-аналіз.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ РЕЦИКЛІНГУ БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ ТА ВІДХОДІВ РУЙНАЦІЇ

1.1 Поняття, ієрархія та принципи управління відходами

Сучасна європейська політика поводження з відходами тримається на простій ідеї: матеріали по можливості мають залишатися в обігу, а не йти на полігон. Це і є концепція циркулярної економіки. Її основним документом у ЄС є Директива 2008/98/ЕС «Про відходи», прийнята 19 листопада 2008 року. У статті 4 цієї Директиви закріплено п'ятирівневу ієрархію управління відходами - фактично, обов'язковий пріоритет для законодавства всіх держав-членів [2].

Логіка ієрархії проста і зростає за принципом «що краще - що гірше». На першому місці - запобігання утворенню. Найкраще, що можна зробити з відходом, це його не створити. На другому, підготовка до повторного використання: коли продукт ще цілий і його просто треба почистити чи полагодити, щоб знову вживати. Далі рециклінг: технологічна переробка матеріалу для повторного використання, як правило, з пониженням якості (вторинний щебінь з бетону, наприклад). Потім інше відновлення, включно з енергетичним (спалити з утилізацією тепла). І нарешті, найгірший варіант-видалення, тобто захоронення на полігоні, цей шлях допускається тільки як крайній захід.

Для відходів руйнації ієрархія набуває особливого значення ще й тому, що обсяги тут значно більші, ніж при звичайному будівництві чи зносі. Якщо при плановому демонтажі одного будинку утворюється кілька тисяч тонн відходів, то внаслідок масованих обстрілів цілого мікрорайону обсяги можуть сягати сотень тисяч тонн. Захоронення таких мас на полігонах фізично неможливе без катастрофічних наслідків для довкілля і саме тому рух вгору по ієрархії, від захоронення до рециклінгу і повторного використання, стає не побажанням, а необхідністю, як саме кожен рівень ієрархії може бути реалізований стосовно відходів руйнації з конкретними прикладами операцій і матеріалів, показано у табл. 1.1.

Таблиця 1. 1 – П'ятирівнева ієрархія управління відходами за Директивою 2008/98/ЕС у застосуванні до відходів руйнації

Пріоритет	Рівень ієрархії	Зміст операції	Застосування до відходів руйнації
1	Запобігання утворенню (Prevention)	Заходи до того, як матеріал став відходом: скорочення обсягів, зменшення впливу та вмісту шкідливих речовин	На етапі проєктування - модульні та розбірні конструкції; на етапі демонтажу пошкоджених будівель - селективний розбір замість обвалу
2	Підготовка до повторного використання (Preparing for re-use)	Перевірка, очищення, ремонт компонентів, що стали відходами, для повторного використання без переробки	Очищена цегла, вціліла дерев'яна столярка, бордюрний камінь, металопрофілі, тротуарна плитка
3	Рециклінг (Recycling)	Переробка відходів у продукти, матеріали чи речовини для первинного або іншого призначення	Дроблення бетону і цегли у вторинний щебінь різних фракцій; переплавка металобрухту; переробка скла і пластику
4	Інше відновлення (Other recovery)	Переробка з іншим корисним призначенням, у т.ч. енергетичне відновлення	Спалювання деревних компонентів з утилізацією тепла на ТЕЦ; використання інертної фракції як підсипки без додаткової переробки
5	Видалення (Disposal)	Захоронення на полігонах та інші операції, що не є відновленням, - крайній захід	Захоронення азбестовмісних компонентів на спеціальних полігонах; захоронення сильно забруднених залишків

Якщо це уявити графічно то виходить перевернута піраміда, де запобігання - найширший верх, а захоронення - найвужче дно, показано на рис. 1.1. Саме так її і прийнято зображати у європейській екологічній літературі.



Рисунок 1.1 – П'ятирівнева ієрархія управління відходами за Директивою 2008/98/ЕС

Ключовими принципами, на яких базується сучасне управління відходами, є також:

- Принцип «забруднювач платить» (polluter-pays principle) - витрати на поводження з відходами несе утворювач відходів або попередні власники [2].
- Принцип розширеної відповідальності виробника (extended producer responsibility) - виробник продукції несе відповідальність за стадію її утилізації.
- Принцип близькості та самозабезпеченості - відходи бажано переробляти максимально близько до місця утворення.
- Принцип запобігання - пріоритет недопущення утворення відходів над їх переробкою.

В українському законодавстві ці принципи закріплено у Законі України «Про управління відходами» № 2320-IX від 20 червня 2022 року, який набув чинності 9 липня 2023 року [1]. Закон імплементує положення Директиви 2008/98/ЕС і формує засади переходу України до європейської моделі поводження з відходами як обов'язкової умови євроінтеграції. Стаття 1 цього Закону містить ключові терміни: «рециклінг» визначено як операцію з відновлення відходів, у результаті якої відходи перероблюються у продукти,

матеріали або речовини для їх первинного призначення чи інших цілей, за винятком використання як палива або інших засобів генерації енергії [1].

Тут варто звернути увагу на термінологічну тонкість, яка часто плутає. Утилізація і рециклінг - це не синоніми. Утилізація - це ширше поняття, що охоплює будь-яке корисне використання відходу, включно з енергетичним. Рециклінг же завжди передбачає технологічну переробку - зміну фізичного або хімічного стану матеріалу [2, 4]. Повторне використання - це взагалі без переробки, в первинному вигляді. У літературі ці терміни часто вживають взаємозамінно, але строго кажучи - це різні речі [2, 4]. У практиці поводження з будівельними відходами -рециклінг найчастіше реалізується через механічне дроблення бетону і цегли з отриманням вторинного щебеню різних фракцій, який використовується як заповнювач у нових бетонах або як основа дорожнього покриття.

Окремо у статті 4(2) Директиви 2008/98/ЕС є цікавий нюанс, принцип *best overall environmental outcome*. Він дозволяє відступати від жорсткої ієрархії для конкретних потоків відходів, якщо є докази, що інший шлях дає кращий загальний екологічний результат [2]. Чому ж це важливо? Тому що у випадку відходів руйнації не все так однозначно. Скажімо, термічна обробка азбестовмісних компонентів у багатьох ситуаціях кращий вибір, ніж пряма переробка. Це гнучкість, яка в реальній практиці виявляється критичною, тому що вона є екологічно доцільніша за пряму переробку.

1.2 Класифікація відходів будівництва і зносу та відходів руйнації

Тепер про самі відходи. У міжнародній практиці виділяють самостійну категорію - відходи будівництва і зносу (Construction and Demolition Waste, C&D Waste). Згідно з визначенням Європейської Комісії, до них належать матеріали, що утворюються при будівництві, реконструкції, ремонті та зносі будівель і споруд: бетон, цегла, керамічна плитка, дерево, скло, метали, гіпс, пластик, ізоляційні матеріали, асфальт тощо [5]. C&D waste становить близько 35-37% усього обсягу відходів, що утворюються у країнах ЄС, і є одним із

найбільших матеріальних потоків в економіці [5]. Типовий морфологічний склад приблизно такий [5]:

- бетон і залізобетон 40-50%;
- цегла і керамічні матеріали 15-25%;
- асфальт 5-10%;
- деревина 5-10%;
- метали 3-5%;
- скло, пластик, гіпс, ізоляційні матеріали 5-10%;
- небезпечні компоненти (азбест, лакофарбові матеріали з важкими металами тощо) до 2%.

Але ось у чому важливий момент, відходи руйнації (war-related debris) у вітчизняній і міжнародній практиці виокремлюють в окрему категорію, відмінну від звичайних C&D відходів. У Постанові Кабінету Міністрів України № 1073 від 27 вересня 2022 року «Про затвердження Порядку поводження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків» вперше було сформульовано їх визначення. Цитую дослівно [3, 15]:

Відходи від руйнувань-частини (уламки) пошкоджених (зруйнованих) об'єктів, а також матеріали, предмети, які були всередині або поряд з такими об'єктами у момент пошкодження (руйнування) та/або виконання робіт з демонтажу та які повністю або частково втратили свої споживчі властивості та не можуть у подальшому використовуватись за місцем їх утворення чи виявлення.

Принципові відмінності відходів руйнації від звичайних C&D відходів полягають у наступному:

1. **Перемішаність потоку.** При плановому зносі чи будівництві матеріали відносно легко сортуються за категоріями ще на місці. Внаслідок ударної хвилі, обвалу і пожежі матеріали зруйнованої будівлі утворюють єдиний змішаний потік. Бетон, цегла, деревина, ізоляція, побутові предмети -

все це перемішане механічно, часто з домішками небезпечних компонентів [4, 11]. Особливо це актуально для Харкова, де руйнування переважно відбувалися від балістичних ракет, КАБів і дронів - і ці удари дають максимально хаотичну морфологію уламків.

2. Наявність вибухонебезпечних предметів. Уламки можуть містити невибухлі залишки боєприпасів, дронів, ракет. Це пряма загроза життю при будь-якому поводженні. У звичайних C&D відходах такого не буває в принципі [11].

3. Підвищений рівень небезпечних домішок. У результаті горіння, контакту з паливом боєприпасів і руйнування інженерних мереж зростає вміст важких металів, поліхлорованих біфенілів (ПХБ), залишків трансформаторних мастил, нафтопродуктів [10, 11]. Стандартні C&D відходи цього зазвичай не мають.

4. Складна правова кваліфікація. Відходи руйнації не вписуються прямо в категорії, передбачені Законом «Про управління відходами». Саме тому довелося приймати окремий підзаконний акт - Постанову № 1073 [15]. Для відходів руйнації запроваджені спрощені дозвільні процедури і виключення з оцінки впливу на довкілля.

5. Відсутність повного контролю утворення. На відміну від планових будівельних робіт, де обсяги і склад відходів прогнозовані, відходи руйнації утворюються несподівано і у непередбачуваних обсягах.

Порівняння відходів будівництва і зносу (C&D) від відходів руйнації можна переглянути у табл. 1.2.

У Переліку компонентів відходів від руйнувань, розробленому Офісом Сталих Рішень спільно з Міндовкілля, виокремлено понад 30 окремих позицій, які поділяються на чотири основні групи [10]:

- інертні неметалеві матеріали (бетон, цегла, керамічна плитка, скло) - основний потік для рециклінгу;

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика відходів будівництва і зносу (C&D) та відходів руйнації

№	Критерій порівняння	Відходи будівництва і зносу (C&D waste)	Відходи руйнації (war debris)
1	Джерело утворення	Планове будівництво, ремонт, реконструкція, контрольований знос	Бойові дії, обстріли, вибухи, теракти
2	Прогнозованість обсягів	Висока - обсяги відомі ще на стадії проектування	Низька - формуються несподівано, обсяги і склад непрогнозовані
3	Структура потоку	Часткова сегрегація на місці утворення можлива	Перемішаний потік; сегрегація на місці утруднена
4	Наявність вибухонебезпечних предметів	Відсутня	Висока ймовірність наявності боєприпасів, мін, уламків ракет та дронів
5	Вміст небезпечних компонентів	Помірний (азбест у старих будівлях, ЛКМ)	Підвищений - пожежні забруднення, ПХБ, важкі метали, продукти горіння
6	Технологічна готовність до переробки	Висока - технології відпрацьовані	Потребує адаптації технологій і додаткових заходів безпеки
7	Правовий режим в Україні	Закон № 2320-IX; загальні вимоги до C&D	Спеціальний режим - Постанова КМУ № 1073, виключення з ОВД
8	Потреба у дозвільних процедурах	Дозвіл на здійснення операцій з відходами; ОВД (за необхідності)	Спрощені процедури - без спецдозволу і без ОВД
9	Відповідальність за поводження	Утворювач (забудовник, замовник демонтажу)	Власник/управитель об'єкта; ОМС / військова адміністрація - для територій загального користування

- металобрухт (армування, профілі, покрівельне залізо) - підлягає окремому збиранню та металургійній переробці;
- деревина та біорозкладні компоненти - можуть йти на енергетичне використання або компостування;

- небезпечні компоненти - азбестовмісні матеріали, гіпс з небезпечними речовинами, компоненти з ртуттю, ПХБ-вмісні ізолятори і конденсатори, люмінесцентні лампи, змішані небезпечні відходи [10].

Така диференційована класифікація - це методологічна основа для сортування на місці утворення відходів. А сортування на місці - це перший і ключовий етап будь-якого ефективного рециклінгу.

1.3 Еколого-технологічні характеристики відходів руйнації

Морфологічний і хімічний склад відходів руйнації безпосередньо визначає еколого-технологічні підходи до їх переробки. Інертна частина потоку - бетон, залізобетон, цегла, керамічні матеріали - у середньому становить 65-80% маси відходів руйнації житлових будівель типової забудови, характерної для Харкова (5- і 9-поверхові панельні та цегляні будинки 1960-1980-х років). Саме ця частина має найвищий рециклінговий потенціал і при дробленні дає вторинний щебінь, придатний для повторного використання у будівництві [4, 14]. Решту потоку формують металобрухт - арматура, профілі близько 4–6% за масою, деревина та інші органічні компоненти 3–8%, дрібнозем і штукатурка фракцією менше 5 мм це десь 10-20%, а також небезпечні компоненти - азбест, ПХБ-вмісні матеріали, ртутні лампи, лакофарбові покриття з важкими металами, частка яких зазвичай не перевищує 2%, але саме вони створюють найбільші екологічні ризики при переробці. Орієнтовний розподіл відходів руйнації типової житлової забудови м. Харків за основними компонентами наведено на рис. 1.2.

Окремо хочу сказати про вторинні екологічні наслідки накопичення. Уявіть собі тимчасовий майданчик зберігання уламків десь у Слобідському чи Холодногірському районі. Що з ним відбувається з часом? Підвищене запилення прилеглих територій. Забруднення поверхневих і ґрунтових вод вилугованими речовинами. Погіршення санітарно-епідеміологічної ситуації через захаращення. Ризики самозаймання дерев'яних компонентів. Деградація земельної ділянки під майданчиком [4, 11].

■ Бетон і залізобетон 45% ■ Цегла і кераміка 20% ■ Дрібнозем (<5 мм) 15% ■ Деревина 7%
 ■ Інше (скло, пластик, гіпс) 7% ■ Метали 4% ■ Небезпечні компоненти 2%

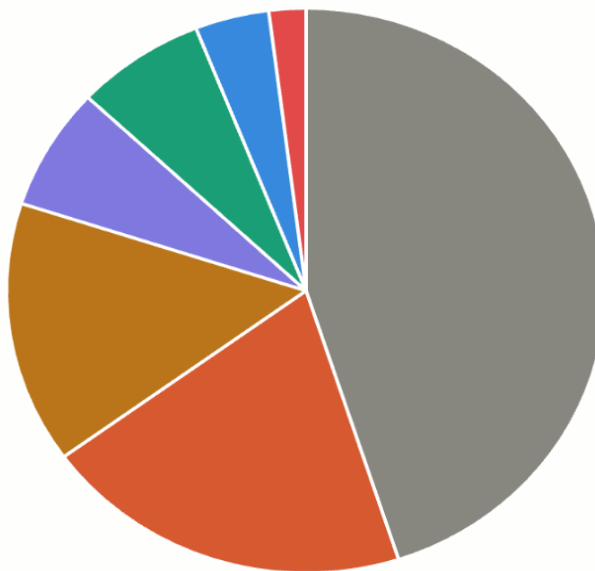


Рисунок 1.2 – Орієнтовний морфологічний склад відходів руйнації типової житлової забудови м. Харків, % за масою

Чим довше уламки лежать без переробки, тим серйозніші ці наслідки. Тому швидкість переробки – це вже не питання економіки, а питання здоров'я людей і стану довкілля.

Але саме змішаний характер потоку обумовлює головні екологічні ризики. Розберу їх по черзі у табл. 1.3.

З технологічної точки зору відходи руйнації характеризують такими ключовими параметрами:

- насипна щільність: 1,2-1,8 т/м³ (залежить від частки залізобетону і пустотності);
- вологість після контакту з опадами: 8-18%;
- вміст металобрухту: 2-6% за масою (у залізобетонних конструкціях до 8-10%);
- вміст органічних компонентів (деревина, пластик, текстиль): 3-8%;
- вміст «дрібнозему» (фракція <5 мм, частково-грунт, штукатурка): 10-20%.

Таблиця 1.3 – Класифікація небезпечних компонентів у складі відходів руйнації

№	Категорія небезпечного компонента	Типові приклади матеріалів	Основні небезпеки для довкілля і здоров'я	Рекомендований режим поводження
1	Азбестовмісні матеріали	Шифер, азбестоцементні плити, азбестова ізоляція трубопроводів	Канцероген 1 групи (МАІР); азбестоз, мезотеліома, рак легень при вдиханні волокон	Ізольоване збирання у герметичні мішки; захоронення на спеціальних полігонах
2	Матеріали на основі гіпсу з небезпечними речовинами	Гіпсокартон з вогнезахисними добавками, штукатурки старих будівель	Виділення сульфідів при контакті з вологою; забруднення фільтрату полігонів	Окреме збирання; видалення у спеціально обладнаних секціях полігонів
3	ПХБ-вмісні компоненти	Ізолятори, ущільнювачі склоблоків, ПХБ-вмісні покриття для підлоги, конденсатори	Стійкі органічні забруднювачі (Стокгольмська конвенція); канцерогенність, біоаккумуляція	Знищення термічними методами при температурі >1100 °C на спеціальних установках
4	Компоненти з вмістом ртуті	Люмінесцентні і ртутні лампи, термометри, реле, частина побутової техніки	Висока токсичність; біоаккумуляція; нейротоксичність	Спеціалізована демеркуризація; захоронення вилучених сполук ртуті
5	Лакофарбові матеріали з важкими металами	ЛКМ внутрішнього і зовнішнього оздоблення довоєнних будівель (свинець, кадмій, хром)	Свинцеве отруєння (особливо у дітей); забруднення ґрунтів важкими металами	Окреме збирання поверхневих шарів; знешкодження як небезпечні відходи
6	Невибухлі боєприпаси (UXO)	Уламки і нерозірвані частини ракет, бомб, артилерійських снарядів, FPV-дронів	Прямий ризик загибелі чи тяжких травм; забруднення довкілля компонентами ВР	Обов'язкове саперне обстеження майданчиків; знешкодження силами ДСНС
7	Залишки нафтопродуктів і мастил	Трансформаторні мастила, паливо з пошкоджених резервуарів, технічні масла	Забруднення ґрунту, поверхневих і ґрунтових вод; зменшення родючості ґрунту	Окреме збирання; передача спеціалізованим утилізаторам; біоремедіація ґрунтів

Продовження таблиці 1.3

№	Категорія небезпечного компонента	Типові приклади матеріалів	Основні небезпеки для довкілля і здоров'я	Рекомендований режим поводження
8	Електронне та електричне обладнання	Пошкоджена побутова техніка, кабелі, акумулятори, плати	Важкі метали, бромовані антипірени; ризики при горінні	Окреме збирання у системі розширеної відповідальності виробника
9	Біорозкладні компоненти у змішаному вигляді	Залишки харчових продуктів, текстиль, побутове сміття з квартир	Розкладання з утворенням метану і фільтрату; антисанітарія	Відділення на сортуванні; компостування або термічна обробка
10	Змішані відходи з небезпечними домішками	Відходи, де сегрегація неможлива і виявлено небезпечні компоненти	Залежно від складу клас небезпеки II-III	Класифікація як небезпечні; переробка на спеціалізованих об'єктах

Так чому ж ці параметри важливі? Вони визначають вибір технологічної схеми. При високій частці залізобетону пріоритетне магнітне сепарування після первинного дроблення. При значній частці деревини доцільне попереднє ручне або механічне видалення. За наявності азбестових ділянок робота починається з ізолюваного вилучення азбестовмісних компонентів до початку основного дроблення [4, 14]. Тобто немає однієї універсальної схеми, кожен майданчик потребує адаптації.

1.4 Нормативно-правове регулювання поводження з відходами та рециклінгу в Україні

Українська правова система поводження з відходами зараз переживає період глибокої трансформації. Причина проста: євроінтеграція потребує імплементації європейського *acquis communautaire* у сфері довкілля. Ключовий документ, який реформує цю сферу, це Закон України «Про управління відходами» № 2320-IX від 20 червня 2022 року, який набрав чинності 9 липня 2023 року [1]. Закон гармонізований із Директивою 2008/98/ЕС і визначає

правові, організаційні та економічні засади діяльності щодо запобігання утворенню та зменшення обсягів відходів, сприяння підготовці відходів до повторного використання, рециклінгу і відновленню [1].

Основні новації Закону № 2320-IX, релевантні для теми дослідження:

- закріплення європейської п'ятирівневої ієрархії управління відходами як обов'язкового пріоритету;
- запровадження системи розширеної відповідальності виробника для упаковки, електричного та електронного обладнання, батарей, шин, текстилю та інших груп товарів;
- обов'язок утворювачів і власників відходів вести облік відходів у електронній формі;
- регулювання інституту брокера у сфері поводження з відходами;
- запровадження ієрархії планування: національний, регіональний, місцевий рівні планів управління відходами;
- регулювання дозвільних процедур у сфері поводження з відходами [1].

Однак Закон № 2320-IX не містить спеціальних положень щодо відходів, які утворюються внаслідок бойових дій. Тому в умовах війни ця прогалина була заповнена окремим підзаконним актом Постановою Кабінету Міністрів України № 1073 від 27 вересня 2022 року «Про затвердження Порядку поводження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків» [3, 15].

Постанова № 1073 встановлює спеціальний режим поводження з відходами руйнації, який діє під час воєнного стану та протягом 90 календарних днів після його припинення (відновлювальний період). Ключові положення Порядку [15]:

- координатором операцій з поводження з відходами руйнації виступає виконавчий орган сільської, селищної, міської ради (або військова адміністрація);

- передбачено комплекс операцій: первинне розчищення з можливим сортуванням, перевезення, остаточне розчищення після демонтажу, тимчасове зберігання, оброблення (перероблення), утилізація, видалення, знешкодження, захоронення;
- встановлено вимоги до організації місць тимчасового зберігання з виокремленням ділянок для сортування, переробки і зберігання вторинної сировини;
- спрощено дозвільні процедури: операції з відходами руйнації не потребують спеціального дозволу та оцінки впливу на довкілля;
- запроваджено обов'язок органів місцевого самоврядування використовувати такі відходи (після обробки) при реалізації проєктів будівництва, замовником яких вони є.

Останній пункт - це, на мою думку, найбільш прогресивна частина Постанови. По суті, створено правову основу для пріоритету переробки над захороненням на місцевому рівні. Питання, наскільки ця норма реально працює. Поки що, відверто кажучи, її виконання дуже нерівномірне і залежить від конкретного ОМС.

Серед інших релевантних нормативних актів слід виділити:

- Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» - рамковий екологічний закон;
- Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» - встановлює загальні вимоги до ОВД (з якого відходи руйнації виключено Постановою № 1073);
- ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» - містить вимоги до поводження з будівельними відходами на майданчиках;
- ДБН В.1.2-12-2008 «Будівництво в умовах ущільненої забудови. Вимоги безпеки» - релевантний для робіт у міському середовищі;
- ДСТУ Б В.2.7-43-96 «Бетони важкі. Технічні умови» та інші стандарти, що регулюють використання вторинного щебеню;
- Постанова КМУ № 1198 від 2002 року «Про затвердження

Положення про контроль за транскордонними перевезеннями небезпечних відходів» - для регулювання експорту-імпорту.

Україна також приступила до імплементації принципу «End of Waste» - встановлення критеріїв, за яких відходи перестають бути відходами і стають вторинною сировиною. Це принципово важливо для повного циклу рециклінгу, оскільки знімає юридичний бар'єр на шляху використання вторинного щебеню у нових будівельних проєктах.

Загальний висновок щодо нормативної бази такий. Формально-юридичні передумови для розгортання повноцінного рециклінгу відходів руйнації в Україні і Харкові, зокрема, існують. Це доволі сильна стартова позиція, але на практиці нажалі залишаються істотні прогалини. По-перше, немає детальних технічних регламентів на вторинну сировину з відходів руйнації - поки що ДСТУ на recycled concrete aggregate (RCA) в Україні фактично не розроблено. По-друге, не сформовано систему фінансових стимулів для переробників, ні через податок на захоронення, ні через субсидії на переробку. По-третє, не вирішено питання правової кваліфікації відходів, що накопичились ще до прийняття Постанови № 1073, формально вони у «сірій зоні» [4, 15]. Подолання цих прогалин, одне з ключових завдань, рішення яких я пропоную у Розділі 4.

РОЗДІЛ 2. СВІТОВИЙ ДОСВІД РЕЦИКЛІНГУ У ПОВОЄННОМУ ТА ПОСТКОНФЛІКТНОМУ ВІДНОВЛЕННІ МІСТ

Україна не перша країна, яка стикається з катастрофічним обсягом відходів від руйнувань. Подібний виклик мали деякі європейські і близькосхідні країни, кожна по-своєму. Тож перш ніж говорити про конкретні рішення для Харкова, треба розібратися, як з цим справлялися інші. У цьому розділі ми розглянемо чотири кейси, які видаються мені найбільш повчальними: повоєнну Німеччину, сучасну практику ЄС, постконфліктну Боснію і Сирію/Ірак та найсвіжіший приклад- сектор Газу.

2.1 Німеччина після Другої світової війни: Trümmerverwertungsgesellschaft та культура «Schuttberge»

Найбільш масштабним і пізнавальним історичним кейсом повоєнного рециклінгу у європейській практиці є відбудова німецьких міст після 1945 року. За оцінками істориків, загальний обсяг уламків зруйнованих будівель у Німеччині на момент капітуляції становив від 400 до 500 мільйонів кубічних метрів [16, 17]. Це астрономічна величина: для порівняння, якщо викласти цей обсяг на десяти футбольних полях, висота сягне рівня Монблану [18]. Лише у Берліні було приблизно 75 млн м³ уламків, у Гамбурзі близько 43 млн м³ при 50% повністю зруйнованого житлового фонду, у Дрездені аналогічна ситуація, у Франкфурті від 11,7 до 13 млн м³ при 30 тис. серйозно пошкоджених будівель [16, 17, 18].

Як це розчищали? Власне, переважно вручну. Тому окремою сторінкою німецької повоєнної відбудови є феномен Trümmerfrauen («жінок руйнівних завалів»). У 1945-1946 рр. союзницька адміністрація як у Західній, так і у Східній Німеччині зобов'язала всіх жінок віком 15-50 років брати участь у розчищенні міст, оскільки значна частина чоловіків загинула чи перебувала у полоні [16, 18]. Лише у Берліні до робіт було залучено приблизно 60 тис. жінок, які щодоби переробляли близько 7 тис. м³ уламків [19]. Що мене особисто

вважає в цій історії - не масштаб, а підхід, тому що технологічно процес був ручним і трудомістким, але виключно ефективним з погляду рециклінгу звісно: цегла механічно очищалась від розчину молотками та зубилами, сортувалась за якістю і повторно використовувалась; вилучений металобрухт прямував на металургійні заводи; навіть пил від розчину збирали та змішували з піском для отримання нового будівельного матеріалу [19]. Завдяки цьому орієнтовно 30% повоєнного житлового фонду Німеччини було побудовано з рециклінгованих матеріалів [19]. По суті, це була циркулярна економіка за 70 років до того, як сам термін взагалі з'явився.

Інший важливий урок - інституційний. У жовтні 1945 року у Франкфурті міська влада разом із концерном Metallgesellschaft і будівельними компаніями Philipp Holzmann та Wayss & Freytag заснували неприбуткову організацію Trümmerverwertungsgesellschaft (TVG)-буквально «Товариство з переробки руйнівних відходів» [17]. Завданням TVG було не просто прибрати уламки, а організувати їх переробку: вторинне використання цегли, переплавлення металу, дроблення інертних матеріалів.

Спочатку уламки звозили на штучний пагорб Monte Scherbelino («гора друзків»). Але вже до 1964 року цей пагорб повністю зник - увесь матеріал було залучено у вторинний обіг [17]. Аналогічна модель спрацювала в Берліні, Мюнхені, Нюрнберзі. У результаті в Німеччині з'явилася характерна особливість - рукотворні пагорби з неперероблених залишків, Schuttberge, які пізніше перетворили на парки і оглядові майданчики. Берлінський Тойфельсберг чи мюнхенський Олімпіаберг, це саме такі «гори». Це рішення дозволило одночасно вирішити проблему розміщення відходів і створити нову міську інфраструктуру [17].

З методологічної точки зору, німецький досвід 1945-1960-х років являє собою ранню форму циркулярної економіки та урбан-майнінгу (urban mining), хоч і реалізовану не з екологічних, а суто з економічних міркувань тотального дефіциту будівельних матеріалів. Що ж з цього варто запам'ятати для Харкова? На мою думку, два ключові уроки. Перший, переробка має бути не випадковою,

а інституційно організованою. TVG як спеціалізоване підприємство, що поєднало повноваження міста і ресурси приватного сектору, виявилось стрижнем усієї системи. Другий, навіть в умовах тотального дефіциту і відсутності сучасних технологій рециклінг будівельних відходів технічно можливий. Якщо це робили вручну у 1945-му, то у 2026-му з нашими технологіями, тим більше можливо.

2.2. Сучасний європейський досвід C&D рециклінгу

Якщо німецький досвід, це перш за все, історія, то країни сучасного ЄС демонструють, як рециклінг будівельних відходів виглядає у мирній економіці. Цифри тут вражають. Щороку у Європейському Союзі утворюється понад 850 мільйонів тонн відходів будівництва і зносу- це 35-37% усього обсягу відходів економіки ЄС [20, 21]. Тобто кожна третя тонна сміття у Європі - це будівельні матеріали, які значно перевищує побутові, промислові чи сільськогосподарські відходи.

Як з цим справляються? Рамкова Директива 2008/98/ЄС встановила обов'язковий цільовий показник: до 2020 року всі держави-члени мали досягти 70% рециклінгу і повторного використання C&D відходів [2]. За даними Eurostat, у 2020 році середній рівень відновлення (recovery rate) C&D відходів по ЄС-27 склав 88%, що суттєво перевищує цільовий показник [22]. Це означає, що Європа загалом не просто виконала, а перевиконала поставлену ціль майже на 20 відсоткових пунктів. Утім, цей середній показник дещо оманливий він включає не лише повноцінний рециклінг з отриманням якісної вторинної сировини, а й так зване backfilling, тобто засипання кар'єрів і виїмок інертними матеріалами. Однак між країнами існує значний розрив у показниках це можна подивитись у табл. 2.1.

Беззаперечний лідер, це Нідерланди з рівнем відновлення близько 99,7%. Мальта і Греція формально мають ~100%, але через невеликі обсяги. На сильних позиціях також Бельгія, Німеччина і Данія.

Таблиця 2.1 – Рівень відновлення (recovery rate) відходів будівництва і зносу у країнах ЄС у 2020 році

Місце	Країна	Рівень відновлення, %	Ключові фактори
1	Нідерланди	99,7	Високий податок на захоронення; обов'язкова сегрегація; розвинута мережа переробки; критерії End of Waste для RCA
2	Бельгія (Фландрія)	~95	Обов'язкове окреме збирання 22 категорій відходів з 2024 р.; сильна сортувальна інфраструктура
3	Естонія	~93	Сучасні регуляції, гармонізовані з ЄС
4	Німеччина	~88	Технічні регламенти на recycled concrete aggregate; історична спадщина TVG; розвинутий ринок переробки
5	Данія	~87	Заборона захоронення певних категорій; landfill tax; сильна екологічна свідомість
6	Австрія	~85	Цикл «End of Waste» для будівельних матеріалів; високі стандарти ОВД
-	Середнє по ЄС-27	88,0	Перевищення цільового показника Директиви 2008/98/ЕС (70%)
7	Італія	~78	Помірний прогрес; нерівномірність між регіонами
8	Польща	~72	Досягнення мінімального цільового показника ЄС
9	Швеція	~75	Удосконалення обліку у 2016-2020 рр.
10	Угорщина	~50	Слабка інфраструктура переробки
11	Фінляндія	~61	Поліпшення якості обліку; раніше показники були вищими формально

Серед країн з найнижчими показниками - Фінляндія (близько 61%), а також низка країн Центральної та Східної Європи, де рециклінг C&D відходів все ще перебуває на ранній стадії розвитку [22, 23], що можна побачити на рис. 2.1.

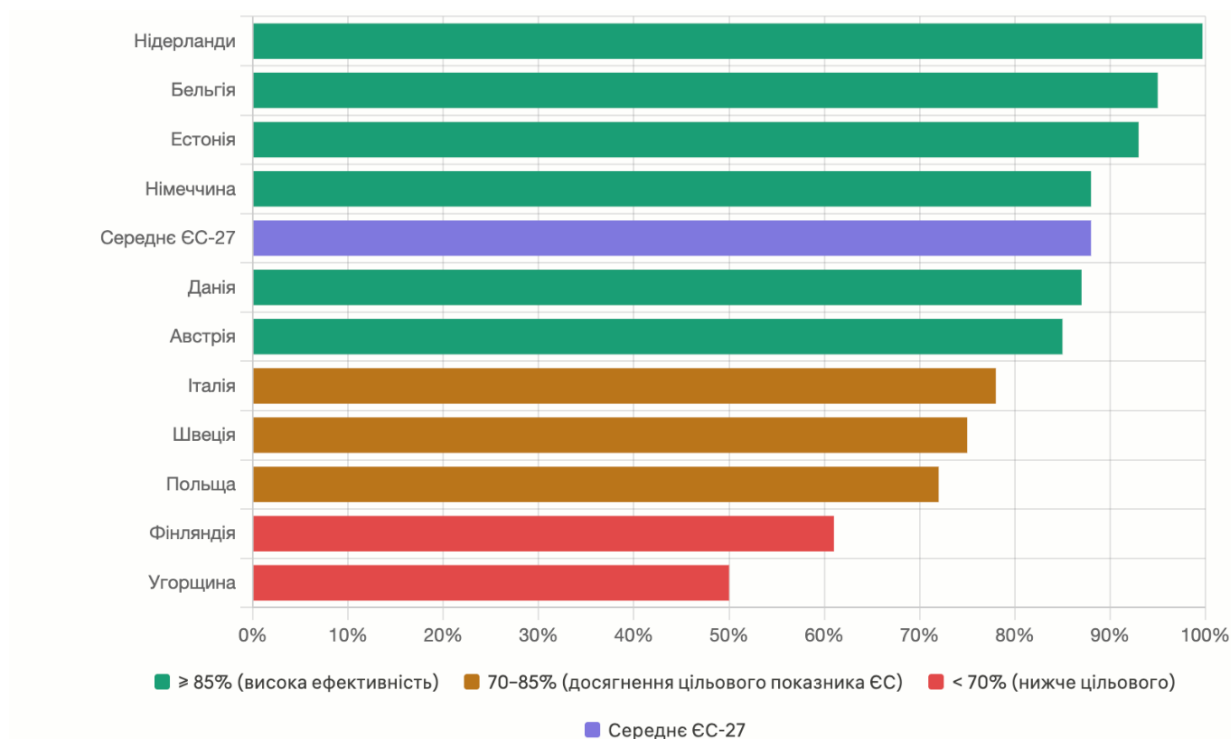


Рисунок 2.1 – Стовпчикова діаграма рівнів відновлення C&D відходів у країнах ЄС

Ключові фактори успіху лідерів, як показує аналіз практик Нідерландів, Німеччини і Данії [21, 23, 30]:

1. Жорсткі економічні інструменти. Нідерланди ввели один з найвищих у ЄС податків на захоронення C&D відходів, що зробило захоронення економічно не вигідним і змусило ринок шукати альтернативи через рециклінг. Дансько-нідерландська модель «landfill ban + landfill tax» комбінує заборону на захоронення певних категорій із високим податком на ті, що захоронюються легально.

2. Розвинута інфраструктура переробки. У Нідерландах функціонує густа мережа спеціалізованих об'єктів-як стаціонарних дробильно-сортувальних комплексів, так і мобільних установок, що дозволяє переробляти матеріал максимально близько до місця утворення відходів (реалізація «принципу близькості» Директиви 2008/98/EC) [23].

3. Сегрегація на джерелі утворення. Обов'язкові вимоги до забудовників щодо роздільного збирання матеріалів на будівельному

майданчику забезпечують високу якість вхідного потоку і, відповідно, високу якість вторинної сировини. У Фландрії, наприклад, з 2024 року діє вимога окремого збирання 22 категорій відходів [23].

4. Стандарти якості вторинної сировини. Запровадження критеріїв «End of Waste»-умов, за яких перероблений матеріал припиняє вважатися відходом і стає повноцінним продуктом-є юридичною основою для масового використання вторинного щебеню у будівництві. У Німеччині, Нідерландах і Бельгії діють детальні технічні регламенти на recycled concrete aggregate (RCA) та інші види вторинних заповнювачів.

5. «Зелені» вимоги до публічних закупівель. Уряди країн-лідерів закладають у тендерну документацію бюджетних будівельних проєктів обов'язкові частки використання вторинних матеріалів, створюючи стабільний попит на ринку.

6. Технологічні інновації. Сучасні дробильно-сортувальні комплекси включають автоматизоване розпізнавання матеріалів, магнітну і вихретокову сепарацію металів, повітряну сепарацію легких фракцій, мийку інертних матеріалів. Бельгія і Нідерланди є піонерами впровадження цих технологій [21].

Для Харкова, як на мене, з цього випливає кілька конкретних висновків. Без розвиненої інфраструктури переробки високих рівнів рециклінгу не досягнути в принципі. Технічні стандарти на вторинний щебінь з відходів руйнації - це обов'язкова умова, а не побажання. І навіть найкраща переробка не запрацює, якщо немає попиту на готову продукцію, тому державні і муніципальні закупівлі повинні стати першим стимулом ринку, як у Нідерландах і Бельгії.

2.3 Постконфліктні країни: Боснія і Герцеговина, Сирія, Ірак, сектор Газа

А тепер про менш приємну частину - кейси, де руйнування мали військове походження. Тут історій успіху менше, але уроків точно не менше. Розглянемо три ключові кейси.

Боснія і Герцеговина (1992-1995, відбудова 1996+). Внаслідок боснійської війни понад половина житлового фонду країни зазнала пошкоджень або знищення. Після Дейтонських мирних угод 1995 року Світовий банк координував програму Priority Reconstruction Program (PRP) і мобілізував близько 6,2 млрд доларів міжнародної допомоги [24]. Але саме питання поводження з відходами руйнації виявилось одним із системних провалів цієї відбудови.

Чому так? Ось декілька особливостей боснійського кейсу [24, 25]:

1. Масштабне мінне забруднення. Близько 500 тис. мін у 17 тис. мінних полях, переважно вздовж ліній зіткнення, унеможливлювало розчищення без попереднього розмінування. Гуманітарне розмінування у Боснії триває донині.

2. Відсутність дедикованої інфраструктури. Спеціалізованих об'єктів переробки відходів руйнації, аналогічних до німецької TVG, не було створено. Переважна частина уламків була вивезена на стихійні майданчики або захоронена.

3. Перевантаження санітарних полігонів. Полігон Уборак біля Мостара та інші об'єкти швидко перевантажились, особливо тому, що окрім будівельних відходів, на них вивозились побутові відходи з безпрецедентного обсягу гуманітарної допомоги (упаковка, ліки) [25].

Точковий позитивний приклад все ж був і це Мостар. Ще у 1994 році, до завершення війни, Європейська адміністрація Мостара реалізувала проєкт «Захист пошкоджених війною будівель і поводження з будівельними відходами» з елементами селективного демонтажу і вторинного використання матеріалів для відновлення історичних споруд [26]. Маленьке і локальне, але правильне рішення.

Що з цього для Харкова? На мою думку, Боснія це антипатерн: показує, що буде, якщо НЕ створити спеціалізовану інституцію одразу. Уламки, які тоді просто захоронили замість переробки, вже неможливо повернути в обіг, їх перемішали з іншим сміттям, забетонували, забудували. Висновок очевидний: інституційну організацію поводження з відходами руйнації для Харкова треба

закладати зараз, а не після завершення активної фази війни.

Сирія та Ірак (з 2011-2014 рр.). Інший масштаб демонструє сирійський та іракський кейси, які насправді є ще менш сприятливими для класичного рециклінгу через триваючу нестабільність. За даними організації Mines Advisory Group (MAG), з 2014 року в Іраку та Сирії силами MAG було виявлено і знешкоджено майже 150 000 одиниць невибухлих боєприпасів, у тому числі 50 000 саморобних вибухових пристроїв (СВП) [27]. Це означає, що попереднє розмінування у постконфліктних містах є основним обмежувальним фактором швидкості розчищення.

Класичним прикладом постконфліктного відновлення з елементами рециклінгу став Мосул в Іраку. Після звільнення від ІДІЛ у 2017 році почалось багаторічне розчищення Старого міста з частковим вторинним використанням каменю та цегли для відновлення історичних об'єктів - Великої мечеті ан-Нурі, церков [27]. Це не масовий рециклінг у сенсі вторинного щебеню для нових будівель, а саме selective reuse - повторне використання збережених елементів. Підхід дуже трудомісткий, але важливий для збереження культурної спадщини. Для Харкова цей досвід може бути особливо актуальним при відновленні нашого історичного центру, наприклад Сумської та площі Свободи з її пошкодженими адмінбудівлями.

Сектор Газа (з жовтня 2023 р.). І нарешті найсвіжіший і, як на мене, найбільш цікавий кейс. За оцінками UNEP, на 1 грудня 2024 року у секторі Газа утворилось 51 млн тонн відходів від руйнувань [29]. До кінця 2025 року ця цифра перевищила 57 млн тонн. Знищено близько 75% забудованого середовища сектору [28]. Для контексту: Україна сьогодні має ~6 млн тонн зафіксованих відходів руйнації [31]. Тобто Газа це масштаб приблизно на порядок більший за наш.

Що тут зробили правильно? У квітні 2024 року UNEP і UNDP створили спільний координаційний орган-Gaza Debris Management Working Group [29, 30]. Це міжвідомча структура, до якої входять UN-Habitat, UNOPS, UN Mine Action Service (UNMAS) та інші партнери. Її функції:

- регулярна квантифікація обсягів утворених відходів через супутникові спостереження (UNOSAT);
- координація операцій з розчищення;
- розробка стандартів безпеки;
- планування інфраструктури переробки

Технологічно UNDP застосовує повноциклічний підхід: збір → дроблення → рециклінг. Перші результати на початок 2025 року: видалено 21 600 тонн уламків, з яких 290 тонн перероблено у вторинну сировину для ремонту доріг і облаштування майданчиків для тимчасових укриттів [30]. На перший погляд, 290 тонн з 57 мільйонів - це краплина в морі, але гарний початок. Зараз створюються два стаціонарні центри переробки [28]. За оцінкою UNDP, повне розчищення сектору Газа за оптимальних умов триватиме приблизно 7 років.

Окремо хочу відзначити одну дуже круту річ. UNDP свідомо вбудовує у програму компонент зайнятості: за один пілотний місяць у Хан-Юнісі було створено понад 1500 робочих днів для 53 місцевих працівників та інженерів [30]. Тобто це вже не просто «прибрати сміття», а «прибрати сміття і дати людям роботу». Для Харкова, де війна вже забрала тисячі робочих місць, такий підхід має пряму актуальність.

Також у 2026 році UNEP розглядає сценарій використання частини непридатних до повторного використання уламків Гази для створення штучних островів уздовж узбережжя [28]. Технічно це можливо, але потребує надзвичайно ретельного сортування, щоб у морську воду не потрапили азбест, ПХБ, важкі метали. Для Харкова це навряд застосовно, так як узбережжя у нас нема, але сама ідея «нестандартного використання» інертної фракції варта уваги, наприклад, для рекультивації відпрацьованих кар'єрів навколо міста. Порівняння характеристик повоєнних та постконфліктних кейсів з управління відходами можна подивитись у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняльна характеристика повоєнних та постконфліктних кейсів управління відходами руйнації

№	Критерій порівняння	Німеччина (з 1945 р.)	Боснія і Герцеговина (з 1995 р.)	Ірак / Сирія (з 2014 р.)	Сектор Газа (з 2023 р.)
1	Обсяг утворених відходів руйнації	400-500 млн м³ (≈600-750 млн т)	Дані фрагментарні; десятки млн т	Десятки млн т (точна оцінка ускладнена)	51-57 млн т (UNEP, 2024-2025)
2	Частка зруйнованого житлового фонду	До 50% у великих містах (Гамбург, Дрезден)	Понад 50% у зонах активних боїв	Високий ступінь у містах (Мосул, Алеппо, Хомс)	~75% забудованого середовища
3	Часовий горизонт відбудови	19+ років (Monte Scherbelino-до 1964 р.)	25+ років (досі триває)	10+ років (триває)	Оцінка UNDP-7+ років
4	Інституційна модель	Спеціалізована організація TVG (публічно-приватне партнерство)	Світовий банк PRP + місцеві ОМС, без єдиного координатора	Міжнародні організації (MAG, UNDP) + місцева влада	UNEP/UNDP Debris Management Working Group
5	Технологічна модель переробки	Ручне сортування + механізоване дроблення, повторне використання цегли	Переважає стихійне захоронення; точкові проекти (Мостар)	Селективний демонтаж історичних об'єктів (Мосул)	Повноциклічна: збір-дроблення-рециклінг
6	Орієнтовна частка переробки	~30% повоєнного житлового фонду з вторинних матеріалів	Низька; переважало захоронення	Низька, ускладнена UXO	Зростає (пілотні центри переробки)

Продовження таблиці 2.2

	Критерій порівняння	Німеччина (з 1945 р.)	Боснія і Герцеговина (з 1995 р.)	Ірак / Сирія (з 2014 р.)	Сектор Газа (з 2023 р.)
7	Наявність UXO/мінного забруднення	Низька на момент розчищення	Висока (≈500 тис. мін у 17 тис. полях)	Висока (≈150 тис. одиниць UXO виявлено MAG)	Дуже висока
8	Ключові виклики	Тотальний дефіцит матеріалів; розчищення вручну	Відсутність інституцій; перевантаження полігонів	UXO; продовження конфлікту; гуманітарний доступ	UXO; присутність людських останків; азбест; гуманітарна криза
9	Релевантність для повоєнного Харкова	Висока-модель інституційного анкера	Середня-антипатерн (наслідки інституційної слабкості)	Середня-досвід UXO-clearance	Висока-найсвіжіша системна методологія

2.4 Узагальнення міжнародного досвіду та best practices для повоєнного відновлення м. Харків

Порівняльний аналіз чотирьох розглянутих кейсів (Німеччина 1945+, Боснія 1995+, Ірак-Сирія 2014+, Газа 2023+) і сучасної практики країн-лідерів ЄС дозволяє виокремити ряд best practices, релевантних для повоєнного відновлення Харкова, узагальнення цих кейсів з прив'язкою до контексту м. Харків також подано у табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Best practices з міжнародного досвіду рециклінгу відходів руйнації та їх застосовність для м. Харків

№	Best practice	Першоджерело досвіду	Релевантність для м. Харків	Орієнтовний термін впровадження
1	Створення спеціалізованої муніципальної інституції з виключною компетенцією у поводженні з відходами руйнації	Німеччина (TVG, 1945)	Висока-необхідна для координації операцій у місті	Короткостроковий (1 рік)
2	Обов'язкове попереднє саперне обстеження майданчиків	Боснія, Ірак, Газа	Критично висока-пряма безпекова вимога	Уже впроваджується ДСНС

Продовження таблиці 2.3

№	Best practice	Першоджерело досвіду	Релевантність для м. Харків	Орієнтовний термін впровадження
3	Створення міжвідомчої координаційної структури (working group)	Газа (UNEP/UNDP, 2024)	Висока-для узгодження дій Міндовкілля, ОВА, МСУ	Короткостроковий (1 рік)
4	Розробка ДСТУ на вторинний щебін з відходів руйнації, гармонізованих з європейськими нормами	Нідерланди, Німеччина	Дуже висока-без цього неможливе масштабне використання RCA	Середньостроковий (1-2 роки)
5	«Зелені» публічні закупівлі з обов'язковою часткою вторинних матеріалів	Нідерланди, Бельгія	Висока-інструмент стимулювання попиту	Середньостроковий (2-3 роки)
6	Поетапне впровадження landfill tax / landfill ban	Нідерланди, Данія	Середня (після завершення воєнного стану)	Довгостроковий (3-5 років)
7	Інтеграція компонента зайнятості у програми поводження з відходами руйнації	Газа (UNDP, 2024-2025)	Дуже висока-соціальна функція в умовах втрати робочих місць	Короткостроковий (1 рік)
8	Гібридна технологічна модель: мобільні + стаціонарні дробильно-сортувальні комплекси	ЄС загалом	Висока-оптимально для розосередженості руйнувань	Середньостроковий (2-3 роки)
9	Електронна система обліку відходів руйнації	Газа, ЄС	Висока-вимога Постанови КМУ № 1073, п. 12	Уже впроваджується
10	Реалістичне планування горизонту (10-15 років)	Усі історичні кейси	Висока-для управління очікуваннями	Постійно

1. Інституційна організація. Німецький кейс показав, як це працює правильно (TVG); боснійський-як виглядає, коли цього немає. На мою думку, Харкову потрібен прямий аналог TVG: спеціалізована муніципальна структура (комунальне підприємство або муніципально-приватне партнерство), яка займається виключно поводженням з відходами руйнації.

2. Попереднє розмінування. Це банально, але всі без винятку постконфліктні кейси (Боснія, Сирія, Ірак, Газа) свідчать одне і те ж: ніяка переробка не починається до того, як саперна служба обстежить майданчик.

Для Харкова це означає тісну координацію з ДСНС і операторами гуманітарного розмінування вже як інституційну рутину.

3. Стандарти на вторинну сировину. Без цього лідери ЄС (Нідерланди, Німеччина) не змогли б досягнути своїх показників. Україні потрібно терміново розробити ДСТУ на recycled concrete aggregate з відходів руйнації, гармонізовані з європейськими нормами. Це юридично відкриє ринок для вторинної сировини.

4. «Зелені» публічні закупівлі. Постанова КМУ № 1073 у пункті 16 уже містить норму про обов'язок ОМС використовувати оброблені відходи руйнації у проєктах, замовником яких вони є [3]. Але ця норма потребує деталізації - конкретних відсотків, технічних вимог, контролю виконання. У Нідерландах саме держзамовлення створило основний попит на вторинний щебінь.

5. Соціальний компонент. Газький приклад UNDP з 1500 робочих днів за місяць особливо актуальний для Харкова, з урахуванням того, що місто втратило значну частину робочих місць через релокацію бізнесу, обстріли промислових об'єктів, виїзд населення. Програма поводження з відходами руйнації може і має стати джерелом масової зайнятості: працівники на демонтажі, оператори дробарок, водії, інженери з контролю якості.

6. Гібридна технологічна модель. Світова практика показує доцільність комбінування мобільних дробильно-сортувальних установок (для роботи безпосередньо на руйнаційних майданчиках, скорочення транспортних плечей) і стаціонарних комплексів (для отримання вищої якості вторинної сировини). Для Харкова доцільна саме така гібридна модель.

7. Реалістичні часові горизонти. Тут хочу бути відвертою, німецька TVG переробила Monte Scherbelino за 19 років. UNDP оцінює очищення Гази у 7+ років. Для Харкова реалістичний горизонт повної відбудови 10-15 років мінімум. Це треба чесно комунікувати і політикам, і населенню, щоб не було потім розчарування.

8. Економічні інструменти проти захоронення. Дансько-нідерландська модель landfill tax/ban може бути адаптована до українських реалій. Але вже

після завершення активної фази війни, коли тимчасові спрощення Постанови № 1073 заміняться на постійний режим.

9. Національна координаційна структура. Газький приклад working group UNEP/UNDP дуже хороший. Для України аналогом може стати міжвідомча група за участі Міндовкілля, Мінвідновлення, ДСНС, обласних військових адміністрацій. Частково таке вже існує - Міндовкілля координує методичну роботу. Але формалізованої міжвідомчої структури досі немає.

10. Електронна система обліку. Постанова № 1073 у пункті 12 уже передбачає електронну систему обліку відходів [3]. Це відповідає кращим практикам Гази і ЄС. Питання, як забезпечити її повноцінне функціонування на місцях, з повним покриттям.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ СТАНУ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ РУЙНАЦІЇ У М. ХАРКІВ

3.1 Фізико-географічна характеристика м. Харків як території дослідження

Харків розташований на північному сході України, на схилах Середньоруської височини, у долинах річок Уди, Лопань та Харків, на середній географічній широті 50° пн. ш. та довготі 36° сх. д. , площа території 370 км². Рельєф міста - яружно-балковий, з високими правими берегами річок та низинними заплавами ділянками, переважають ґрунтоутворюючі породи: лесовидні суглинки та алювіальні піски, які характеризуються відносно високою фільтраційною здатністю - ця особливість є важливою для нас у контексті поводження з відходами руйнації, тому що, якщо тимчасовий майданчик зберігання уламків не обладнаний геомембраною, дощова вода, проходячи крізь шар відходів, може досить швидко просочитися вниз і дістатися ґрунтових вод. [54] Глибина залягання ґрунтових вод у заплавах районах міста таких як Слобідський, Київський, Холодногірський - становить 2-5 м, тобто шлях забруднювачів від поверхні до водоносного горизонту тут дуже короткий.

Клімат у місті Харків помірно-континентальний із холодною зимою середня температура січня $-4,5^{\circ}\text{C}$ та спекотним літом середня температура липня $+22^{\circ}\text{C}$, середньорічна кількість опадів 513-520 мм, з нерівномірним внутрішньорічним розподілом: максимум припадає на червень-липень 67 мм/міс., мінімум - на лютий менше 35 мм/міс., сніговий покрив утримується до 110 днів на рік [55]. Кліматичні умови безпосередньо впливають на еколого-технологічні параметри поводження з відходами руйнації за кількома напрямками:

1. Посушливі літні періоди створюють умови для інтенсивного пилоутворення на відкритих майданчиках тимчасового зберігання відходів руйнації, дрібнодисперсна фракція менше 5 мм, яка становить 10-20% маси

накопиченого матеріалу, під дією вітрової ерозії може розноситися на сотні метрів від місця складування, а зважаючи на те, що середня швидкість вітру у Харкові становить 4,0 м/с [53], а максимальні пориви можуть сягати 15-20 м/с у зимово-весняний період, ризик пилового забруднення прилеглих житлових кварталів є значущим і потребує обов'язкового впровадження систем пилопригнічення.

2. Інтенсивні літні дощі, це червень-липень формують значний обсяг поверхневого стоку, який, проходячи крізь шар уламків, перетворюється на фільтрат, збагачений розчиненими та завислими забруднювачами: важкими металами, нафтопродуктами, сполуками азбесту. Нерівномірність розподілу опадів означає, що основне фільтратоутворення припадає саме на літній сезон, коли ґрунт у міжопадні періоди пересихає і має підвищену здатність до всмоктування рідини.

3. Зимові умови середня температура січня 4,5 °С, тривалість снігового покриву до 110 днів обумовлюють сезонне обмеження роботи мобільних дробильно-сортувальних комплексів, які чутливі до морозів і налипання вологого матеріалу, стаціонарні комплекси менш залежні від погодних умов, що є додатковим аргументом на користь гібридної технологічної моделі.

4. Спекотні літні місяці температура повітря нерідко перевищує +30 °С і це створює ризик самозаймання органічних компонентів таких як деревина, пластик, текстиль у нижніх шарах майданчиків зберігання, де температура може підвищуватися внаслідок біохімічних процесів, потребує організації контролю температурного режиму та забезпечення протипожежних заходів на всіх майданчиках тимчасового зберігання відходів руйнації.

У тектонічному відношенні територія м. Харків розташована у межах Дніпровсько-Донецької западини - великої платформенної структури, що пролягає між Українським щитом і Воронезьким кристалічним масивом, глибина залягання кристалічного фундаменту у районі Харкова становить 2-3 км [54, 56]. Осадовий чохол представлений морськими та континентальними

відкладеннями від девонського до четвертинного віку, з переважно горизонтальним або слабо нахиленим заляганням пластів.

Поверхню більшої частини території м. Харків покривають четвертинні відклади двох основних типів: лесовидні суглинки та алювіальні піски [54, 56]. Лесовидні суглинки є основною ґрунтоутворюючою породою і покривають вододільні ділянки та схили; алювіальні піски приурочені до заплав і надзаплавних терас річок Уди, Лопань та Харків.

Ґрунтовий покрив м. Харків відповідає перехідній зоні між лісостепом і степом, переважними типами ґрунтів є чорноземи типові - на вододілах у степовій частині, чорноземи опідзолені - у лісостеповій частині та лучні ґрунти - у заплавах зонах, за даними Екологічного паспорту Харківської області, у межах області нараховується понад 150 різновидів ґрунтів [54].

Гідрогеологічні умови є ключовим фактором ризику для системи поводження з відходами руйнації у м. Харків. Неглибоке залягання ґрунтових вод у заплавах районах у поєднанні з високою фільтраційною здатністю ґрунтоутворюючих порід створює об'єктивний ризик забруднення першого водоносного горизонту фільтратом з тимчасових майданчиків зберігання відходів руйнації. Це визначає обов'язковість облаштування гідроізоляційної геомембрани та дренажної системи збору фільтрату на кожному майданчику, а також необхідність періодичного моніторингу якості ґрунтових вод у контрольних свердловинах. Окремо слід зазначити, що головна водна артерія Харківщини р. Сіверський Донець - притока Дону, довжина в межах області 375 км [54] та її притоки формують єдину гідрологічну систему, в яку можуть потрапляти забруднювачі з поверхневого стоку з території м. Харків, це підвищує регіональне значення заходів зі збору і очищення поверхневого стоку з майданчиків поводження з відходами руйнації.

3.2 Масштаби руйнувань і обсяги утворених відходів руйнації

Харків це друге за чисельністю місто України і найбільш близький до кордону мегаполіс, ця географія нажаль визначила все. З перших днів

повномасштабного вторгнення у лютому 2022 року місто опинилося під регулярними обстрілами, спочатку це була артилерія і ракети С-300, потім вже балістика, КАБи, ракети Іскандер, FPV-дрони і шахеди. Кожен з цих видів зброї дає свій тип руйнувань - від точкових до руйнацій цілих кварталів.

Згідно з даними Харківської міської ради, оприлюдненими у травні 2026 року, у м. Харків від початку повномасштабного вторгнення пошкоджено або зруйновано понад 13 тисяч будівель, близько 160 тисяч мешканців міста залишилися без житла [48]. Станом на березень 2026 року 42 будинки офіційно визнано такими, що не підлягають відновленню та підлягають демонтажу [49]. Якщо порівнювати з іншими містами України, Харків - другий за кількістю пошкоджених житлових об'єктів після Маріуполя [38], потік нових руйнувань у місті стабільний, масштаби не зменшуються.

Усі 9 районів міста зазнали ударів -Київський, Слобідський, Шевченківський, Холодногірський, Новобаварський, Основ'янський, Індустріальний, Немишлянський та Салтівський. Хоча й всі райони постраждали достатньо, найбільш зруйнованими залишаються - Північна Салтівка, мікрорайон Обрій (Горизонт), мікрорайон П'ятихатки, Роганський житловий масив [29]. Особливої та окремої уваги заслуговує мікрорайон Північна Салтівка, який є найбільшим за площею житловим масивом м. Харків. До війни у Салтівці (всі мікрорайони разом) жило від 450 до понад 500 тисяч людей, це більше, ніж населення Полтави, Чернігова чи Сум, тобто фактично, це було «місто в місті» зі своїми ринками, торговими центрами, парками, лікарнями, школами. У 2022 році, особливо у березні-травні, Північна Салтівка перебувала під прямою артилерією, і її руйнування мали системний характер. У цьому районі забудова типова - 9 і 16 поверхові панельні будинки 1970- 1980-х років, площа однієї секції такого будинку складає приблизно 2 000- 2 500 м², а маса конструкцій 5 секційної дев'ятиповерхівки від 8 до 12 тисяч тонн. Тому якщо ця будівля повністю обвалюється або демонтується, ми отримуємо 8-12 тисяч тонн відходів руйнації лише від одного об'єкта, а у масштабах Північної Салтівки, де серйозні руйнування мають десятки таких будинків, об'єми

сягають сотень тисяч тонн. Розподіл пошкоджень житлового фонду м.Харкова за адміністративними районами можна подивитись у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Розподіл пошкоджень житлового фонду м. Харків за адміністративними районами

№	Адміністративний район	Відомі найбільш постраждали локації / мікрорайони	Тип характерної забудови
1	Салтівський	Північна Салтівка (всі мікрорайони), мікрорайон Обрій (Горизонт), Салтівка	Великопанельні 9- і 16-поверхові житлові будинки 1970-1980-х рр.
2	Шевченківський	мікрорайон П'ятихатки	Серії панельних 5-поверхових будинків 1960-х рр.; науково-дослідні комплекси
3	Немишлянський	Роганський житловий масив (Роганка)	Великопанельні 9-поверхівки 1980-х рр.
4	Холодногірський	Влучання БПЛА у житлові будинки (травень 2026 р.)	Змішана: історична малоповерхова + сучасна багатоповерхова
5	Новобаварський	Влучання БПЛА у житлові будинки та лікарню (травень 2026 р.)	Переважно 9-поверхова панельна
6	Основ'янський	Пошкодження депо Харківського метрополітену, промислові об'єкти	Промислова + житлова
7	Слобідський	Стихійне звалище будівельних/побутових відходів (земельна ділянка 6310136900:09:001:0061)	Змішана міська забудова
8	Київський	Деталізовані публічні дані обмежені	Центральна історична забудова + житлова
9	Індустріальний	Деталізовані публічні дані обмежені	Промислова + житлова

Кількісна оцінка обсягів накопичених відходів руйнації, яка доступна у публічних джерелах, наразі є лише фрагментарною. За даними Комунального підприємства «Муніципальна компанія поводження з відходами» Харківської міської ради, станом на грудень 2025 року на спеціалізованому майданчику тимчасового зберігання вже накопичено близько 100 000 тонн відходів руйнації [41], з 18-20 демонтованих багатоповерхівок, для порівняння, у червні 2024 року аналогічний показник становив близько 16 тис. тонн [43], тобто якщо поррахувати то протягом 18 місяців обсяг накопичених на майданчику відходів

зріс приблизно у шість разів. І як для масштабу одного майданчика це дуже багато, але як для всього міста це лише початок: 18 будинків з понад 13 000 пошкоджених.

По всій Україні станом на 2025 рік офіційно зафіксовано понад 6 млн тонн відходів руйнації [31], а кінцева оцінка Міндовкілля 10-12 млн тонн [32], найбільші обсяги акумульовано саме у Харківській, Херсонській, Миколаївській, Дніпропетровській і Запорізькій областях. А якщо припустити, що Харківська область дає 15-20% загального обсягу (виходячи з пропорції зруйнованих об'єктів), то це орієнтовно 1,5-2,5 млн т, а на теперішній час обробляється близько 5-10% від цього обсягу, це багато за обсягами, але мало за відсотками.

3.3 Екологічні наслідки накопичення відходів руйнації

Відповідно до оцінки Державної екологічної інспекції у Харківській області станом на 23 березня 2026 року, сукупна сума екологічних збитків регіону внаслідок повномасштабного вторгнення перевищила 558 мільярдів 966 мільйонів гривень [44], для порівняння це приблизно вдесятеро більше, ніж сукупні економічні збитки місту (≈ 10 млрд євро за оцінкою червня 2024 року [34]) і цю динаміку можна побачити на рис. 3.1.

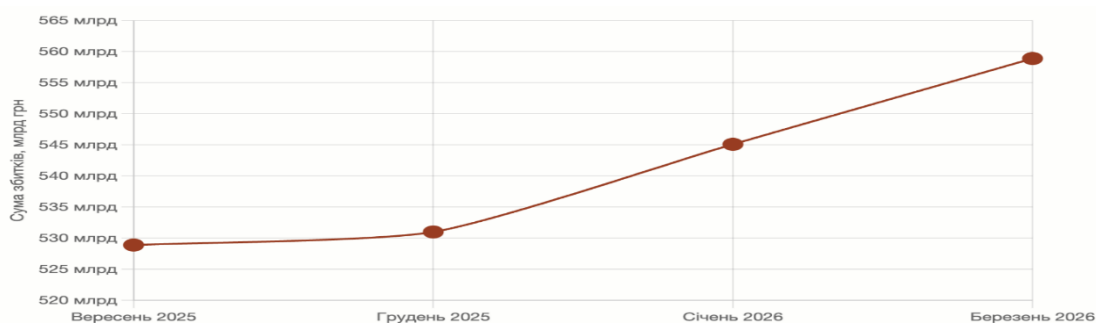


Рисунок 3.1 – Динаміка зростання сукупних екологічних збитків Харківської області внаслідок повномасштабного вторгнення, млрд грн

Тобто екологічні збитки істотно більші за прямі матеріальні, що і логічно: матеріальні можна відновити за десятиліття, а екологічні – на покоління. І цей

екологічний показник збитків демонструє стійку висхідну динаміку: у вересні 2025 року він становив 528,9 млрд грн [42], у грудні 2025 року -531 млрд грн [37], у січні 2026 року -545 млрд грн [36], у березні 2026 року -558,9 млрд грн [44]. Структура сукупних екологічних збитків Харківщини, за даними Держекоінспекції, є такою [44], дивитись у табл. 3.2:

Таблиця 3.2 – Структура сукупних екологічних збитків Харківської області внаслідок повномасштабного вторгнення

№	Категорія збитків	Сума, млрд грн	Частка у структурі, %	Фізичні показники
1	Засмічення та забруднення земельних ресурсів	547,7	98,0	Понад 7,6 млн м ² уражених територій
2	Забруднення водних ресурсів	7,3	1,3	86 т забруднюючих речовин у водні об'єкти; 482,2 млн м ³ води, самовільно вилученої на ТОТ
3	Викиди в атмосферне повітря	3,9	0,7	Близько 558 тис. т забруднюючих речовин
	Усього	558,9	100,0	

Те, що 98% збитків припадає саме на земельні ресурси - це принципово важливо, бо ж відходи руйнації якраз і збираються на землі: у тимчасових майданчиках зберігання, на полігонах, інколи, на стихійних звалищах, складування відходів руйнації на таких тимчасових майданчиках, особливо у разі недотримання вимог щодо герметизації, призводить до низки вторинних екологічних впливів, серед яких варто виокремити такі:

1. Пилоутворення та вторинне забруднення атмосферного повітря. Дрібнодисперсна фракція відходів руйнації (частинки розміром менше 5 мм) становить 10-20% маси накопиченого матеріалу та містить кристалічний кварц (силікати), цемент, штукатурні розчини. Розсіювання цих частинок вітровою ерозією поширюється на відстань до сотень метрів від місця складування та становить професійний ризик силікозу для працівників, а також несприятливо

впливає на стан здоров'я населення прилеглих кварталів. У м. Харків ця проблема є особливо актуальною з огляду на розташування майданчиків тимчасового зберігання у межах міської забудови.

2. Забруднення ґрунтів і ґрунтових вод фільтратом. Атмосферні опади та талі води формують фільтрат - рідину, яка просочується крізь шар уламків і виносить розчинені і завислі речовини у нижчі горизонти ґрунту та водоносні горизонти, у складі фільтрату виявляються важкі метали (свинець, кадмій, хром) зі старих лакофарбових покриттів, нафтопродукти з пошкодженого трансформаторного обладнання та автомобілів, синтетичні смоли, а у разі присутності азбестовмісних компонентів -також азбестові волокна. Геологічні умови Харкова з відносно неглибоким заляганням ґрунтових вод у Слобідському, Київському та Холодногірському районах підвищують значущість цього ризику.

3. Пожежна небезпека. Наявність деревини, пластиків, текстилю, паперу та інших органічних компонентів у складі відходів руйнації (3-8% маси) створює умови для самозаймання у спекотні періоди року, особливо у нижніх шарах майданчиків зберігання, загоряння відходів руйнації супроводжується викидом в атмосферне повітря діоксинів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів, важких металів та інших токсичних сполук.

4. Утворення стихійних звалищ. Окремою проблемою є стихійні звалища, на яких поряд із побутовими відходами розміщуються будівельні відходи приватного походження. У Слобідському районі м. Харків Державною екологічною інспекцією та правоохоронними органами зафіксовано незаконне сміттєзвалище на земельній ділянці з кадастровим номером 6310136900:09:001:0061, де поряд з побутовими виявлено будівельні відходи [45], подібні об'єкти створюють додаткове навантаження на екологічний стан міста та ускладнюють реалізацію централізованої системи поводження з відходами руйнації.

Аналіз структури екологічних збитків та характеристик вторинного впливу накопичення відходів руйнації свідчить, що організація ефективної

системи їх рециклінгу є не лише економічним, але й критичним екологічним завданням, бо розвиток системи рециклінгу важливий не лише для економії будматеріалів наприклад, але і для запобігання довгостроковій екологічній шкоді.

3.4 Існуюча інфраструктура та практики поводження з відходами руйнації у м. Харків

Якщо порівнювати місто з Боснією то Харків виглядає значно краще, бо тут існує робоча інституційна модель, є спеціалізована техніка, міжнародні партнери, такі як :

1. Інституційний анкер КП «МКПВ»

Ключовий гравець у системі поводження з відходами руйнації у Харкові це Комунальне підприємство «Муніципальна компанія поводження з відходами» Харківської міської ради [40], засноване як комунальне підприємство, з кодом ЄДРПОУ 30990215. Підприємство має широкий перелік статутних видів діяльності у сфері поводження з відходами, що охоплює всі ключові операції відповідно до КВЕД 2010 [28]:

- 38.11 -збирання безпечних відходів;
- 38.12 -збирання небезпечних відходів;
- 38.22 -оброблення та видалення небезпечних відходів;
- 38.31 -демонтаж (розбирання) машин і устаткування;
- 38.32 -відновлення відсортованих відходів;
- 39.00 -інша діяльність щодо поводження з відходами.

Такий перелік повноважень дозволяє кваліфікувати КП «МКПВ» як спеціалізовану муніципальну інституцію, що відповідає функціональному профілю аналогічних структур у міжнародній практиці поводження з відходами повоєнної відбудови. Іншими словами, це фактично той самий «інституційний анкер», про який я писала у Розділі 2 на прикладі німецької TVG, не у форматі публічно-приватного партнерства, а як суто комунальне підприємство, але з близьким функціоналом. На мою думку, це доволі гарна стартова позиція, у

багатьох українських містах такої інституції немає.

2. JICA-обладнання-конкретний приклад міжнародної співпраці

У 2024 році відбувся ключовий стрибок. Японське агентство міжнародного співробітництва (JICA) у рамках спільної програми UNDP в Україні за фінансування Європейського Союзу і Уряду Японії передало Харкову повний комплект сучасної техніки для поводження з відходами руйнації [24, 43]. До складу обладнання, переданого КП «МКПВ», увійшли [24, 29, 40] показано у табл. 3.3:

Таблиця 3.3 – Технічна база КП «Муніципальна компанія поводження з відходами» для поводження з відходами руйнації

№	Найменування обладнання / технологічного елементу	Функціональне призначення	Кількість характеристика	Джерело надходження
1	Дробильний комплекс для бетону і залізобетону	Подрібнення інертної фракції	2 одиниці	JICA / UNDP / EU, 2024 р.
2	Сито для розділення фракцій	Класифікація подрібненого матеріалу за розмірами	1 комплект	JICA / UNDP / EU, 2024 р.
3	Фронтальний навантажувач Komatsu	Завантаження, розвантаження, переміщення матеріалу	3 одиниці	JICA, 2024 р.
4	Обладнання для розбирання і сортування пошкоджених будівель	Демонтаж конструкцій із селективним відокремленням компонентів	Комплект	JICA / UNDP / EU, 2024 р.
5	Система зрошення (water spray)	Пилопригнічення під час дроблення	Інтегрована у дробильний комплекс	JICA / UNDP / EU, 2024 р.
6	Аналізатор азбесту	Виявлення азбестовмісних компонентів у потоці відходів	1 одиниця	JICA / UNDP / EU, 2024 р.
	Проектна потужність переробки	Переробка інертної фракції відходів руйнації	До 200 т/добу (≈50 тис. т/рік)	

Особливо я хочу звернути увагу на останні два пункти, а саме : система зрошення - це прямий відгук на ризик пилового забруднення, який ми обговорювали у попередньому підрозділі, а аналізатор азбесту - це конкретний

інструмент для того, щоб не пропускати небезпечні матеріали в основний потік переробки. Наявність цих компонентів свідчить про впровадження європейських стандартів організації процесу рециклінгу відходів руйнації, що справді добре. Проектна потужність переробного комплексу становить до 200 т відходів руйнації на добу [29], а за умови безперервної експлуатації упродовж 250 робочих днів річна потужність переробки становитиме до 50 тис. т.

3. Майданчик тимчасового зберігання і використання продукту

МКПВ використовує спеціально відведений майданчик для тимчасового зберігання відходів руйнації. станом на початок 2026 року він вміщує близько 100 тис. т матеріалу, отриманого внаслідок демонтажу 18 багатоповерхових житлових будинків [29, 41]. Технологічний процес поводження з відходами на майданчику включає: первинний прийом і огляд, відокремлення металобрухту магнітною сепарацією, дроблення інертної фракції, розділення подрібненого матеріалу за фракціями (сито), складування вторинної сировини [41] це у вигляді блок-схеми можна побачити на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Технологічна блок-схема процесу поводження з відходами руйнації на майданчику КП «МКПВ»

З цим вже роблять: бетон і цегла подрібнюються, метал відокремлюється магнітним сепаратором, отримана вторинна сировина наразі використовується для двох основних напрямів [41]:

1. підсипка під'їзних шляхів на території полігонів і будівельних об'єктів;
2. формування котлованів для подальшого розміщення твердих побутових відходів на новому санітарному полігоні КП «МКПВ».

За свідченням начальника відділу управління проєктами розвитку, міжнародної співпраці та комунікацій КП «МКПВ» І. Назаренко, підприємство проводить лабораторні дослідження складу вторинного матеріалу з метою його подальшого використання як добавки для бетонних сумішей за зразком європейської практики [41]. Реалізація цього напрямку є обмеженою через відсутність відповідних національних стандартів.

Окремої згадки заслуговує новий санітарний полігон КП «МКПВ», який є об'єктом європейського рівня обладнання і не часто зустрічається в Україні. Його ключові характеристики [40]: площа карти полігону -13,2 га, проектна потужність -350 000 тонн твердих побутових відходів на рік, обладнаний геомембраною, дренажною системою і станцією очищення фільтрату з використанням технології зворотного осмосу [40], а інтеграція полігону у систему поводження з відходами руйнації забезпечує безпечне розміщення тих фракцій, які не підлягають рециклінгу.

Наразі вторинна сировина з рециклінгу використовується переважно як інертний матеріал низької цінності -підсипка і котловани, але МКПВ цілеспрямовано рухається до більш цінних застосувань, а начальник відділу управління проєктами Іванна Назаренко прямо говорить: «Проводяться лабораторні дослідження складу матеріалу, і ми знаємо, що європейський досвід дозволяє використовувати його як домішки для бетону та бетонних конструкцій» [41], тобто рух у бік «End of Waste» для recycled concrete aggregate уже почався, навіть якщо не оформлений нормативно.

4. Перспективи розширення застосування

Окрім КП «МКПВ», у м. Харків функціонують приватні оператори, що надають послуги з демонтажу та переробки будівельних відходів. До них належить, зокрема, ТОВ «ТехБудМеханіка», яке володіє мобільним дробильно-сортувальним комплексом EXTEC 10 (виробництво -Велика Британія) [27]. Приватний сектор доповнює муніципальну систему та забезпечує переробку відходів, утворених при приватних демонтажних роботах, це частина системи, яка теж важлива: вона показує, що ринок переробки в Харкові формується не тільки за рахунок муніципального підприємства.

5. Зв'язок з глобальним планом відбудови

Окремо хочу згадати, що генеральний план відбудови Харкова розроблявся міжнародним консорціумом за участі інженерної студії Agur і Фонду Норманна Фостера [38], це світовий рівень архітектурного та інженерного бачення, а питання поводження з відходами руйнації - невід'ємна частина цього плану, хоча у відкритих документах воно прописано лише в загальних рисах і саме це, мабуть, найбільший резерв роботи на майбутнє: інтегрувати конкретні рішення з рециклінгу в загальну стратегію відбудови.

3.5 Проблеми та обмеження існуючої системи

Тепер про те, що ще не працює як треба, а саме незважаючи на наявність інституційної основи та сучасної технічної бази, існуюча у м. Харків система поводження з відходами руйнації характеризується рядом системних обмежень, які потребують концептуального та практичного подолання.

- Проблема 1: обсяги перевищують потужності

Тепер найочевидніше, на майданчику МКПВ накопичено близько 100 000 тонн відходів руйнації [41], а потужність переробки 200 тонн на день, або приблизно 50 000 тонн на рік [29], а тепер рахуємо: щоб переробити лише наявний обсяг, потрібно близько 2 років безперервної роботи, а обсяг продовжує зростати щодня. У травні 2026 року сукупна кількість пошкоджених будівель оновлена до понад 13 тис. одиниць [48], таким чином, наявна модель

не забезпечує балансу між темпами утворення та переробки відходів.

- Проблема 2: відсутність ДСТУ на recycled concrete aggregate

Як ми розглядали у Розділі 1, в Україні досі немає детальних технічних регламентів і ДСТУ на recycled concrete aggregate з відходів руйнації, і як наслідок, вторинний щебінь, що утворюється на майданчику КП «МКПВ», використовується виключно для допоміжних інженерних потреб (підсипка під'їзних шляхів, формування котлованів полігонів) і не може бути формально допущений до конструкційного будівництва. Тобто ми можемо технологічно, але не маємо права формально, а це чи не найбільш гострий гальмівний фактор.

- Проблема 3: інституційна вразливість

МКПВ фактично єдиний муніципальний оператор, що і добре, і погано одночасно. Позитивною стороною є один центр відповідальності, єдина точка координації з міжнародними партнерами, а на противагу цьому у разі будь-якого збою (від кадрових проблем до прямого удару по майданчику чи техніці) робота може зупинитися. У міжнародній практиці (Нідерланди, Бельгія, Німеччина -див. підрозділ 2.2) аналогічні функції розподілені між десятками спеціалізованих операторів, які конкурують між собою.

- Проблема 4: триваючі обстріли

Специфіка ситуації м. Харків полягає у тому, що формування відходів руйнації відбувається не у постконфліктний період (як у кейсах Боснії, Іраку, Мосула -див. підрозділ 2.3), а у режимі поточного утворення. Кожна нова повітряна атака генерує додатковий потік відходів. За оцінкою міського голови І. Терехова, одна повітряна атака середньої інтенсивності призводить до пошкодження «2-3 тисяч вікон і близько 70 розтрощених дахів» [49]- цей фактор має бути врахований у будь-яких прогностичних розрахунках обсягів та потреб у переробних потужностях.

- Проблема 5: фрагментарність даних по районах

Готуючи цю роботу я виявила, що деталізованих публічних даних щодо обсягів відходів руйнації у окремих районів м. Харків наразі не оприлюднено. Цифри представлені у формі загальних показників (загальна кількість

пошкоджених будинків, загальна маса на майданчику МКПВ), але немає конкретних тонн по кожному з 9 районів, це створює утруднення як для планування інфраструктури, так і для оцінки потреб переробки. Нажаль електронна система обліку відходів руйнації, передбачена пунктом 12 Постанови КМУ № 1073 [3], у публічній частині поки що не доступна.

- Проблема 6: відсутність системи економічних стимулів

Поточна модель переробної інфраструктури значною мірою опирається на безоплатне обладнання, передане у рамках донорських програм (JICA, UNDP, ЄС), та бюджетне фінансування процесу, у разі завершення донорської підтримки питання економічної самоокупності рециклінгу стане критичним. Українське законодавство наразі не передбачає диференційованого податку на захоронення відходів руйнації (за аналогом нідерландської та данської практики -див. підрозділ 2.2), що могло б створити фінансовий стимул для переробки і не дати повернутись до простого захоронення.

У висновку подолання зазначених системних обмежень потребує комплексу взаємопов'язаних рішень -нормативно-правових, інституційних, технологічних та економічних, тому пропозиції щодо такого комплексу, орієнтовані на м. Харків, наведено у Розділі 4 цієї роботи.

РОЗДІЛ 4. ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ З РЕЦИКЛІНГУ ДЛЯ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ М. ХАРКІВ

4.1 Технології переробки відходів руйнації: обладнання, процеси та порівняння технологічних схем

Технологічний процес рециклінгу відходів руйнації складається з кількох послідовних стадій, кожна з яких визначається характеристиками вхідного матеріалу і вимогами до кінцевого продукту, процес включає шість послідовних стадій: від попереднього сортування і вилучення небезпечних компонентів до фінального контролю якості отриманої вторинної сировини. Кожна стадія має свою технологічну функцію і взаємопов'язана з іншими, а пропуск або неякісне виконання будь-якої з них знижує якість кінцевого продукту або створює екологічні ризики. Повну послідовність стадій з зазначенням побічних потоків та фракцій отриманого щебню наведено на рис. 4.1.

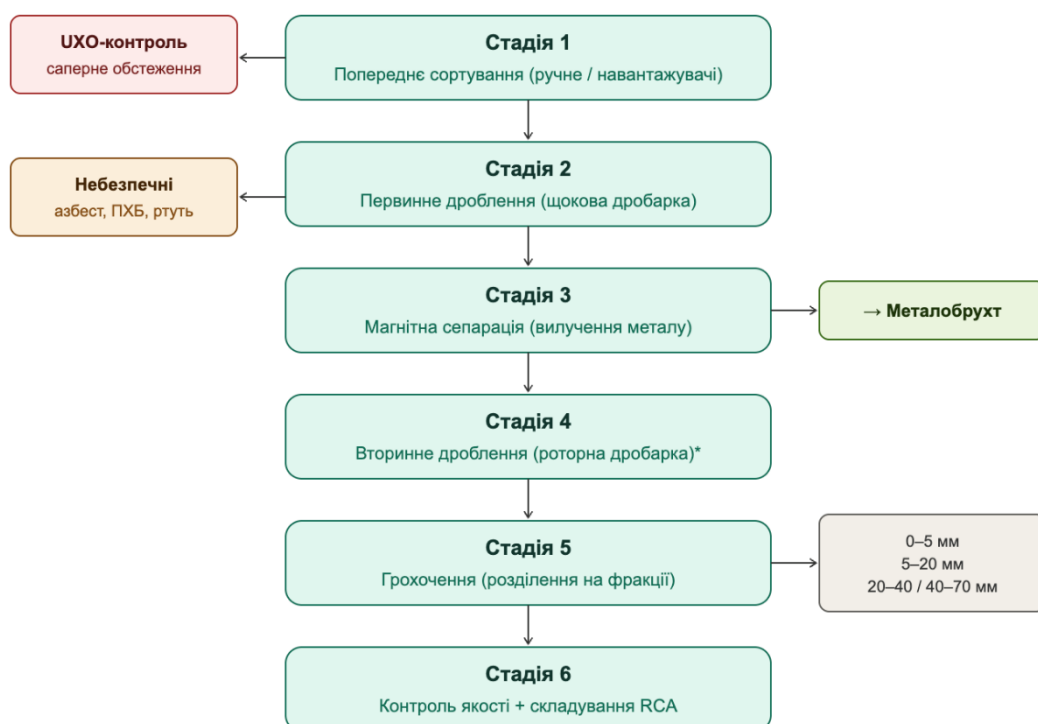


Рисунок 4.1 – Стадії технологічного процесу рециклінгу відходів руйнації

Стадія 1 – попереднє сортування. На цьому етапі з потоку відходів вручну або за допомогою навантажувачів вилучаються великогабаритні сторонні предмети: деревина, меблі, побутова техніка, металоконструкції великого формату, а також візуально ідентифіковані небезпечні компоненти, такі як шифер, люмінесцентні лампи, трансформатори. Ефективність попереднього сортування безпосередньо впливає на якість кінцевого продукту і безпеку подальших стадій, у практиці КП «МКПВ» цю стадію забезпечує обладнання для розбирання і сортування, передане у рамках програми JICA [29].

Стадія 2 – первинне дроблення. Великі фрагменти бетону і залізобетону розміром від 0,5 до 2 м подрібнюються до фракції 0-150 мм, на цій стадії зазвичай використовуються щоківі дробарки (jaw crushers), які працюють за принципом стискання матеріалу між двома щоками: рухомою і нерухомою. Щоківі дробарки є найбільш поширеним типом первинного подрібнення у практиці рециклінгу C&D відходів завдяки високій надійності, простоті конструкції та здатності приймати великогабаритний вхідний матеріал [5, 52], типова продуктивність такої одиничної щоківі дробарки від 50 до 400 тонн на годину залежно від моделі та розміру завантажувального отвору.

Стадія 3 – магнітна сепарація. Після первинного дроблення над конвеєрною стрічкою або у зоні вивантаження встановлюється магнітний сепаратор, який автоматично вилучає металеві включення: арматуру, дріт, дрібний металобрухт, це є критично важливою стадією з двох причин: по-перше, метал є цінною вторинною сировиною, ринкова вартість металобрухту в Україні зараз становить приблизно 8 000-12 000 грн/т; по-друге, наявність металу у подрібненому матеріалі знижує якість вторинного щебеню і може пошкодити обладнання на подальших стадіях. У складі обладнання КП «МКПВ» магнітна сепарація є інтегрованою частиною технологічної лінії [41].

Стадія 4 – вторинне дроблення (за необхідності). Для отримання дрібніших фракцій, наприклад, 0-40 мм, 0-20 мм, придатних для використання як заповнювач бетону або основа дорожнього покриття, застосовуються роторні дробарки (impact crushers) і на відміну від щоківих, вони працюють за

принципом удару ротора по матеріалу, що забезпечує більш кубовидну форму частинок-важливий параметр для якісного бетону. Однак ударні дробарки чутливіші до абразивного зносу і менш ефективні при наявності сильно армованого бетону.

Стадія 5 – просівання. Подрібнений матеріал розділяється на фракції за розмірами за допомогою вібраційних грохотів (сит). Типові фракції:

- 0 - 5 мм дрібнозем, піщана фракція для підсипки, засипки;
- 5 - 20 мм дрібний щебінь для заповнювача бетону, тротуарних основ;
- 20 - 40 мм середній щебінь для дорожніх основ;
- 40 - 70 мм великий щебінь для фундаментних основ, котлованів.

У складі обладнання КП «МКПВ» присутнє сито для розділення подрібненого матеріалу на фракції [29], що забезпечує отримання стандартизованих фракцій вторинного щебеню.

Стадія 6 – контроль якості та складування. Отриманий вторинний щебінь оцінюється за ключовими показниками: гранулометричний склад, вміст сторонніх включень - дерева, пластик, гіпс, марка за міцністю, морозостійкість, водопоглинання, як зазначено у підрозділі 3.3, КП «МКПВ» проводить лабораторні дослідження складу матеріалу з метою його подальшого використання як добавки для бетонних сумішей [41], а після контролю якості матеріал складається за фракціями для подальшого використання або реалізації.

Вибір між мобільними та стаціонарними комплексами є одним з ключових технологічних рішень при проєктуванні системи рециклінгу. Обидва типи мають свої переваги й обмеження, що визначають їх оптимальну сферу застосування. Мобільні дробильно-сортувальні комплекси це самохідні або причіпні установки, які можуть бути доставлені безпосередньо на місце демонтажу, до цього типу належить, зокрема, комплекс EXTEC 10, який використовує ТОВ «ТехБудМеханіка» у м. Харків [51]. Характеристики мобільних комплексів:

- продуктивність: 100-300 т/добу (це одна одиниця);
- капітальні витрати: 5-15 млн грн за одиницю все залежно від виробника та комплектації;
- строк розгортання на новому майданчику: 1-3 дні;
- основна перевага - усунення транспортного плеча: відходи переробляються на місці утворення, що суттєво знижує витрати на перевезення і зменшує вуглецевий слід операцій;
- обмеження: нижча якість кінцевого продукту, зазвичай одна стадія дроблення без повноцінного грохочення, залежність від погодних умов, підвищене пилоутворення через обмежені можливості інженерного захисту.

Стаціонарні дробильно-сортувальні комплекси це капітальні об'єкти, розміщені на виділеній промисловій ділянці з повним комплектом інфраструктури, до цього типу належить комплекс КП «МКПВ», оснащений обладнанням ЛСА [29]. Характеристики стаціонарних комплексів:

- продуктивність: 200-1000 т/добу;
- капітальні витрати: 20-80 млн грн за повний комплекс з інфраструктурою;
- строк облаштування: 3-12 місяців;
- основна перевага вища якість продукції: можливість реалізації двостадійного дроблення, повноцінного грохочення на кілька фракцій, інтеграції системи пилопригнічення та шумозахисту;
- обмеження: необхідність перевезення сировини, транспортне плече 10-30 км у міських умовах, потреба у виділеній земельній ділянці, вищі початкові інвестиції.

Саме стаціонарний комплекс є оптимальним рішенням для виробництва вторинного щебеню, придатного для конструкційного будівництва, оскільки дозволяє забезпечити стабільну якість продукції і контрольовані умови роботи, для Харкова, де основний потік відходів руйнації формується з панельних залізобетонних будівель з високою часткою арматури, саме стаціонарні комплекси з інтегрованою магнітною сепарацією є найбільш технологічно

обґрунтованим варіантом для централізованої переробки, а порівняльну характеристику мобільних та стаціонарних дробильно-сортувальних комплексів показано у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Порівняльна характеристика мобільних та стаціонарних дробильно-сортувальних комплексів

№	Критерій	Мобільний комплекс	Стаціонарний комплекс
1	Продуктивність, т/добу	100-300	200-1 000
2	Капітальні витрати, млн грн	5-15	20-80
3	Строк розгортання	1-3 дні	3-12 місяців
4	Кількість стадій дроблення	Зазвичай 1	1-2
5	Якість кінцевого продукту	Середня (фракція 0-70 мм)	Висока (фракціонування до 0-5/5-20/20-40/40-70)
6	Транспортне плече	Мінімальне (робота на місці)	10-30 км (міські умови)
7	Можливість пилопригнічення	Обмежена (портативне зрошення)	Повна (інтегрована система)
8	Шумозахист	Обмежений	Стаціонарні екрани 3-4 м
9	Залежність від погоди	Висока	Низька
10	Оптимальне застосування	Великі одиничні об'єкти демонтажу; віддалені майданчики	Централізована переробка потоку з кількох джерел; виробництво якісної RCA

На основі проведеного порівняння пропонується гібридна технологічна модель, яка поєднує обидва типи комплексів відповідно до специфіки м. Харків:

- Стаціонарні комплекси 2 одиниці для централізованої переробки основного потоку відходів руйнації з отриманням якісної фракціонованої RCA. Один комплекс уже функціонує з КП «МКПВ», а другий пропоную розмістити у Немишлянському районі для обслуговування східної частини міста. Стаціонарні комплекси забезпечуватимуть двостадійне дроблення, повноцінне фракціонування, інтегроване пилопригнічення та шумозахист тобто продукт

найвищої якості, придатний для конструкційного будівництва, за умови затвердження ДСТУ на RCA.

- Мобільні комплекси 2-3 одиниці для роботи безпосередньо на великих об'єктах демонтажу, насамперед у Салтівському та Шевченківському районах, де концентрація руйнувань найвища. Мобільні комплекси зменшують навантаження на транспортну мережу міста і скорочують час між демонтажем та переробкою, продукт мобільних комплексів фракція 0-70 мм без повного фракціонування спрямовується переважно на менш відповідальні застосування: підсіпку доріг, засипку котлованів, вирівнювання майданчиків.

Такий підхід відповідає кращим практикам ЄС і рекомендаціям Протоколу управління C&D відходами Європейської Комісії [5], який визначає оптимальну модель як «комбінацію мобільних і стаціонарних потужностей, розташованих максимально близько до джерел утворення відходів».

4.2 Технологічні рішення з мінімізації екологічного впливу процесу переробки

Процес рециклінгу відходів руйнації сам по собі є джерелом екологічного впливу: пилоутворення, шум, потенційне розсіювання небезпечних компонентів, для його мінімізації пропонується комплекс заходів, згрупованих за видами впливу.

- **Пилопригнічення**

Існуюча система зрошення (water spray), встановлена на дробильному комплексі КП «МКПВ» [29], забезпечує базовий рівень пилопригнічення, для підвищення ефективності пропоную доповнити її:

- системою туманоутворення для зрошення відкритих майданчиків зберігання - зменшує концентрацію завислих частинок PM10 у повітрі на 60-80%;
- вітрозахисними екранами по периметру майданчиків тимчасового зберігання - знижують швидкість вітру і, відповідно, інтенсивність вітрової ерозії дрібнодисперсної фракції;

- зрошенням під'їзних шляхів до і від майданчиків для запобігання вторинному підніманню пилу транспортом.

- **Протокол поводження з азбестовмісними матеріалами**

Аналізатор азбесту, наявний у КП «МКПВ» [29], забезпечує виявлення азбестових волокон у потоці відходів, пропоную формалізувати протокол поводження:

1. Первинний скринінг – візуальний огляд відходів на етапі прийому на предмет наявності шиферу та інших азбестовмісних компонентів.

2. Інструментальний аналіз – перевірка аналізатором усіх партій, у яких підозрюється наявність азбесту.

3. Ізольоване вилучення – виявлені азбестовмісні матеріали виокремлюються, упаковуються у герметичні поліетиленові мішки (товщина плівки не менше 200 мкм), маркуються.

4. Захоронення – передача упакованих азбестових відходів на спеціально обладнаний полігон для небезпечних відходів, використання секцій нового полігону КП «МКПВ», звичайно за умови наявності геомембрани та системи дренажу фільтрату.

5. Облік – ведення журналу обсягів вилучених азбестовмісних матеріалів з прив'язкою до конкретних об'єктів демонтажу.

З огляду на те, що понад 70% дахів будівель в Україні покриті азбестоцементними плитами [9], а руйнувань у Харкові зазнала переважно старіша забудова, обсяги виявлених азбестовмісних компонентів будуть значними. На мою думку, саме азбестова проблема є найбільш критичним екологічним ризиком процесу рециклінгу відходів руйнації у м. Харків.

- **Захист водних ресурсів**

Для запобігання забрудненню ґрунтових вод фільтратом з тимчасових майданчиків зберігання пропоную:

- облаштування основи кожного тимчасового майданчика гідроізоляційною геомембраною з дренажною системою збору фільтрату;

- облаштування відвідних каналів для збору поверхневого стоку з

майданчиків;

- періодичний моніторинг якості ґрунтових вод у контрольних свердловинах навколо майданчиків, щоквартально.

- Шумозахист

Робота дробильно-сортувальних комплексів генерує рівень шуму 95-105 дБ на робочому місці та 60-75 дБ на відстані 100 м, пропоную: встановлення шумозахисних екранів висотою 3-4 м по периметру стаціонарних майданчиків, обмеження годин роботи з 08:00 до 20:00 у робочі дні, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту від шуму.

- Безпекові заходи (UXO)

Усі партії відходів руйнації, що надходять на майданчик переробки, мають пройти обов'язковий контроль на наявність вибухонебезпечних предметів, пропоную: формалізація протоколу взаємодії КП «МКПВ» з підрозділами ДСНС у формі договору про постійну саперну підтримку, наявність на кожному стаціонарному майданчику зони тимчасового зберігання виявлених предметів до прибуття саперної групи.

4.3 Концепція муніципальної системи рециклінгу відходів руйнації для м. Харків

Аналіз, проведений нами у Розділах 1-3, дозволяє нам сформулювати основні засади концепції муніципальної системи рециклінгу відходів руйнації для м. Харків, запропонована концепція спирається на три опори: інституційну модель, логістичну схему та механізми стимулювання попиту на вторинну сировину.

1. Інституційна модель

У підрозділі 3 ми встановили, що КП «МКПВ» вже виконує функції інституційного анкера у системі поводження з відходами руйнації м. Харків, водночас у тому ж підрозділі виявлено ризик інституційної моноструктурності – концентрацію основного обсягу операцій в єдиному операторі. Для подолання

цього обмеження пропонується трирівнева інституційна модель, яка зображена на рис. 4.2.

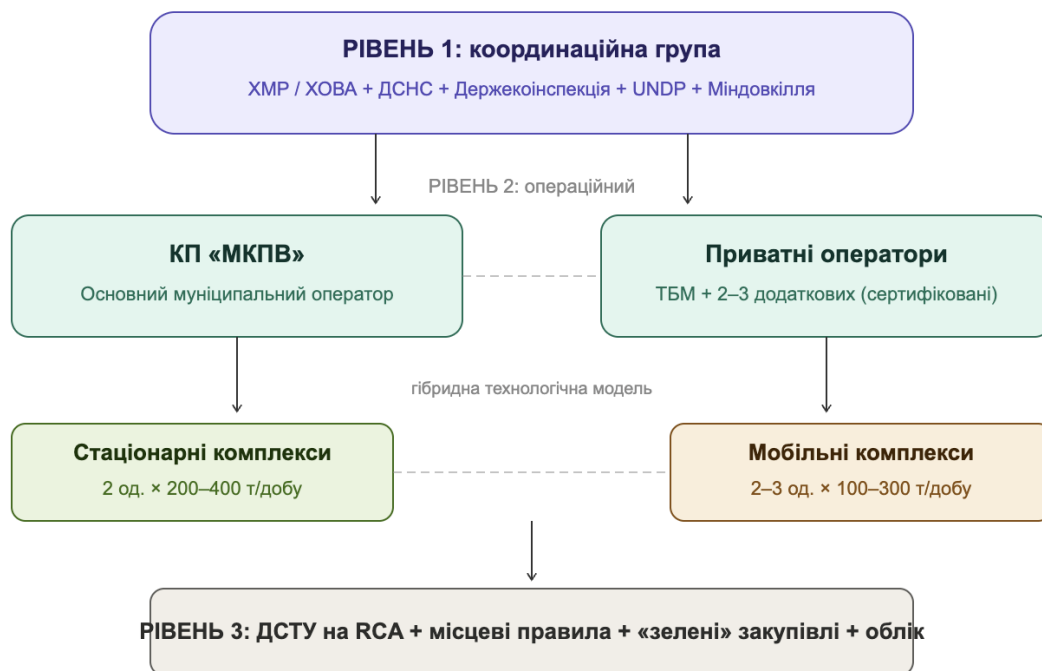


Рисунок 4.2 – Трирівнева інституційна модель системи рециклінгу м. Харків

Перший рівень – координаційний. Створення при Харківській міській раді або Харківській обласній військовій адміністрації міжвідомчої координаційної групи з поводження з відходами руйнації, до складу групи доцільно включити представників МКПВ, Держекоінспекції у Харківській області, ДСНС, Міндовкілля – регіональне представництво, UNDP та міжнародних донорів. Модель аналогічна Gaza Debris Management Working Group (UNEP/UNDP, 2024), функції: стратегічне планування, розподіл потоків між операторами, моніторинг обсягів, координація з саперними підрозділами.

Другий рівень – операційний. КП «МКПВ» залишається основним муніципальним оператором, але його потужності розширюються, паралельно формується мережа приватних операторів, сертифікованих за єдиними вимогами. ТОВ «ТехБудМеханіка» вже працює у Харкові [51], завдання - залучити ще 2-3 приватних оператора з мобільними дробильно-сортувальними комплексами, конкуренція між операторами знизить вартість послуг і підвищить надійність системи.

Третій рівень - нормативний. Розробка і затвердження місцевих правил поводження з відходами руйнації на рівні рішення Харківської міської ради, які деталізують Постанову КМУ № 1073 стосовно місцевих умов: визначають перелік дозволених майданчиків тимчасового зберігання, маршрути перевезення, вимоги до сортування, порядок передачі відходів операторам.

2. Логістична схема

Аналіз розподілу руйнувань за районами свідчить, що найбільш постраждалими є Салтівський, Шевченківський та Немишлянський райони міста. Пропоную розмістити переробної інфраструктури за принципом наближення до джерел утворення відходів (відповідно до принципу близькості, закріпленого у Директиві 2008/98/ЕС та Законі № 2320-IX):

- Основний стаціонарний майданчик - існуючий комплекс КП «МКПВ», продовжує функціонувати, потужність збільшується до 400 т/добу;
- Допоміжний стаціонарний майданчик - територія в Немишлянському районі, орієнтовно - промислова зона на периферії міста для обслуговування Роганського масиву та східної частини міста;
- Мобільні дробильно-сортувальні комплекси 2-3 одиниці для роботи безпосередньо на великих об'єктах демонтажу у Салтівському, Шевченківському та Холодногірському районах. Мобільні установки мінімізують транспортне плече і, відповідно, вартість перевезення та вуглецевий слід операцій.

Така гібридна модель стаціонарні + мобільні об'єкти відповідає кращим практикам ЄС і рекомендаціям Протоколу управління C&D відходами Європейської Комісії [5].

3. Механізми стимулювання попиту

Рециклінг не функціонуватиме без ринку збуту вторинної сировини, пропоную три взаємодоповнюючі механізми:

1. Розробка і затвердження ДСТУ на recycled concrete aggregate (RCA) з відходів руйнації. Це ключова передумова для допуску вторинного щебеню до конструкційного будівництва, на мою думку, стандарт має бути гармонізований

з європейськими нормами (EN 12620 «Aggregates for concrete», EN 13242 «Aggregates for unbound and hydraulically bound materials»), що одночасно забезпечить якість продукції та відповідність вимогам євроінтеграції.

2. Обов'язкова частка вторинних матеріалів у муніципальних закупівлях. Деталізація пункту 16 Постанови КМУ № 1073 на рівні рішення Харківської міської ради: встановити мінімальну частку пропону 15–20% використання RCA у дорожньому будівництві, благоустрої, будівництві фундаментів, за виконання проєктів, замовником яких виступає місто і це створить гарантований мінімальний попит.

3. Поетапне впровадження місцевого збору за захоронення. Після завершення воєнного стану та перехідного 90-денного періоду, передбаченого Постановою № 1073 пропону запровадити місцевий збір за захоронення будівельних відходів на полігонах Харкова, розмір збору має бути достатнім для того, щоб переробка стала дешевшим варіантом порівняно із захороненням.

4.4 Розрахунок прогнозованого еколого-економічного ефекту

Для кількісної оцінки доцільності запропонованої системи рециклінгу виконано орієнтовний розрахунок еколого-економічного ефекту на масштабі всього м. Харків. Вихідні дані для розрахунку:

1. Прогнозований сукупний обсяг відходів руйнації м. Харків – прийнято 1,5 млн т, як консервативну оцінку, виходячи з пропорції Харківської області у загальноукраїнському обсязі.

2. Частка інертної фракції, що підлягає рециклінгу – 70% від загальної маси, на основі даних морфологічного складу, що написано у підрозділі 1.3, що становить 1 050 000 тонн.

3. Частка металобрухту – 5%, або 75 000 тонн.

4. Частка небезпечних фракцій – азбест, ПХБ, ртуть, тощо 2%, або 30 000 тонн - спрямовуються на спеціальне захоронення.

5. Решта – деревина, побутові предмети, ґрунт 23%, або 345 000 тонн частково на енергетичне відновлення, частково на захоронення.

Розрахунок базується на порівнянні двох сценаріїв: (А) повне захоронення без рециклінгу і (Б) рециклінг з отриманням вторинної сировини.

Сценарій А. Захоронення (базовий). Вартість перевезення і захоронення 1 тонни будівельних відходів на полігоні у м. Харків становить орієнтовно 200-300 грн/т з урахуванням транспорту на відстань до 30 км. Для 1 500 000 тонн загальні витрати становитимуть:

$$1\,500\,000 \times 250 = 375 \text{ млн грн.}$$

При цьому місто не отримує жодних матеріальних ресурсів, а полігонні потужності вичерпуються.

Сценарій Б. Рециклінг, таким як його пропоную я. Витрати на переробку:

- Дроблення і сортування інертної фракції: $1\,050\,000 \text{ т} \times 120 \text{ грн/т} = 126 \text{ млн грн.}$
- Спеціальне поводження з небезпечними фракціями: $30\,000 \text{ т} \times 500 \text{ грн/т} = 15 \text{ млн грн.}$
- Захоронення решти (345 000 т): $345\,000 \times 250 = 86,25 \text{ млн грн.}$

Сукупні витрати сценарію Б: 227,25 млн грн.

Доходи і заощадження:

- Реалізація металобрухту: $75\,000 \text{ т} \times 10\,000 \text{ грн/т} = 750 \text{ млн грн.}$
- Заощадження на первинному щебені (вартість первинного щебеню - в середньому 350 грн/т, вторинного - 70 грн/т, різниця становить 280 грн/т): $1\,050\,000 \times 280 = 294 \text{ млн грн.}$

Сукупні доходи/заощадження: 1 044 млн грн.

Чистий економічний ефект сценарію Б: $1\,044 - 227,25 = 816,75 \text{ млн грн.}$

Порівняння сценаріїв А – захоронення та Б – рециклінг відображено на рис. 4.3.

Порівняння зі сценарієм А: сценарій Б дешевший за сценарій А на $375 - 227,25 = 147,75 \text{ млн грн}$ у прямих витратах, плюс генерує додатково 1 044 млн грн доходів і заощаджень, що не виникають при захороненні, і утворює екологічний ефект:

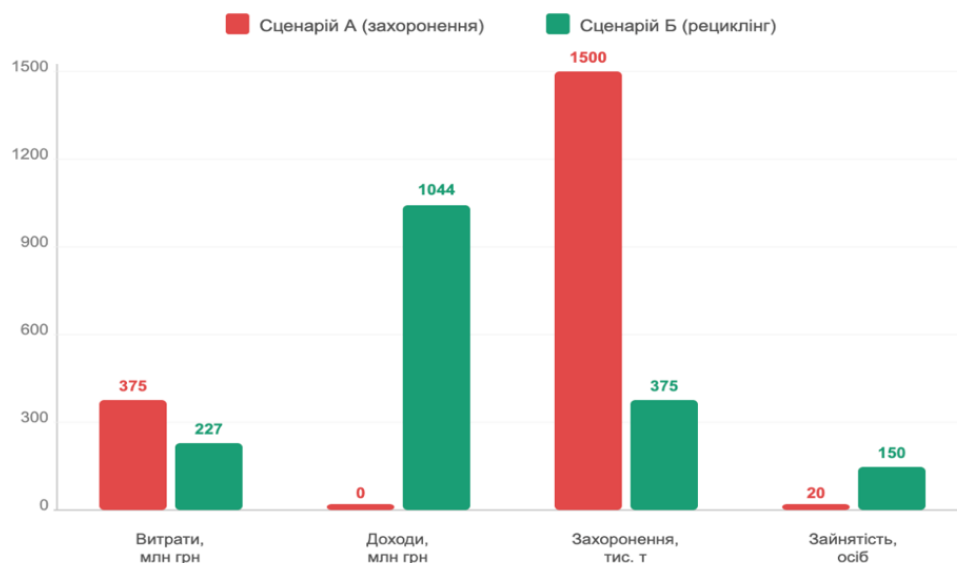


Рисунок 4.3 – Порівняння сценаріїв: А – захоронення та Б - рециклінг

- Зменшення обсягу захоронення на полігонах: з 1 500 000 тонн (сценарій А) до 375 000 тонн (сценарій Б), тобто зменшення на 75% (на 1 125 000 тонн).
- Збереження природних ресурсів: 1 050 000 тонн вторинного щебеню замінюють еквівалентний обсяг гранітного щебеню, що зберігає відповідний обсяг кар'єрного видобутку.
- Зменшення площі земель, відведених під захоронення: за насипної щільності відходів 1,5 т/м³ зменшення обсягу захоронення на 1 125 000 тонн еквівалентне заощадженню ~750 000 м³ полігонного простору, або приблизно 7,5 га площі полігону при висоті заповнення 10 м.

Соціальний ефект, розгортання пропонованої системи рециклінгу (2 стаціонарних + 2–3 мобільних комплекси, допоміжний персонал) створить орієнтовно 120–180 прямих робочих місць:

- оператори дробильних і сортувальних комплексів – 30-40 осіб;
- водії спецтехніки (навантажувачі, самоскиди) – 25-35 осіб;
- працівники ручного сортування та демонтажу – 30-50 осіб;
- інженери з контролю якості, екологічного моніторингу – 10-15 осіб;
- адміністративний і управлінський персонал – 15-20 осіб;
- додаткові непрямі робочі місця (постачальники, транспорт, сервіс) –

30-50 осіб.

За аналогією з досвідом UNDP у секторі Газа, де за один пілотний місяць створено понад 1 500 робочих днів для 53 працівників, масштабування програми у Харкові забезпечить стабільну зайнятість для понад 150 осіб протягом щонайменше 10 років реалізації. Результати розрахунку свідчать, що рециклінг відходів руйнації у м. Харків є не лише екологічно обґрунтованим, але й економічно вигіднішим варіантом порівняно з повним захороненням. Сукупний еколого-економічний ефект оцінюється на рівні понад 1 мільярд гривень за весь період реалізації.

4.5 SWOT-аналіз запропонованої системи рециклінгу та дорожня карта впровадження

Для оцінки ефективності та життєздатності запропонованої муніципальної системи рециклінгу відходів руйнації у м. Харків було проведено SWOT-аналіз, який дозволяє зіставити внутрішні чинники підприємства із зовнішніми умовами ринку та геополітичної ситуації. Цей інструмент особливо доречний у нашому випадку, оскільки система рециклінгу відходів руйнації функціонує в умовах надзвичайної невизначеності, тривають бойові дії, змінюється нормативне поле, обсяги відходів зростають непрогнозовано, а фінансування значною мірою залежить від міжнародних донорів, результати аналізу наведено у табл. 4.2.

Співставлення факторів показує, що головним деструктивним чинником є відсутність ДСТУ на вторинний щебінь (RCA), що блокує використання наявного обладнання на повну потужність, проте сильна сторона – наявність техніки JICA/UNDP та підтримка донорів у поєднанні з можливістю залучення авторів Генплану Харкова дозволяє місту виступити ініціатором розробки цих стандартів на національному рівні. Для подолання дефіциту потужностей із 50 до 150 тис. т/рік муніципалітет має використати комбінацію донорської допомоги та залучення приватних компаній, перехід від моноструктури до конкурентного ринку. На основі цього аналізу сформовано покроковий план

дій, який можна побачити на табл. 4.3.

Таблиця 4.2 – SWOT-аналіз пропонованої муніципальної системи рециклінгу відходів руйнації м. Харків

	Позитивні фактори	Негативні фактори
Внутрішні	Сильні сторони (S):	Слабкі сторони (W):
	1. Діючий інституційний анкер -КП «МКПВ» з широкими статутними повноваженнями	1. Інституційна моноструктурність -залежність від єдиного муніципального оператора
	2. Сучасне обладнання JICA/UNDP/EU: 2 дробарки, 3 навантажувачі, аналізатор азбесту	2. Наявна потужність 50 тис. т/рік значно нижча від необхідної 150+ тис. т/рік
	3. Правова основа: Закон № 2320-IX + Постанова КМУ № 1073	3. Відсутність ДСТУ на recycled concrete aggregate
	4. Значний обсяг сировини - завантаження на 10–15 років	4. Фрагментарність даних обліку відходів по районах
	5. Новий санітарний полігон європейського рівня	5. Обмежена прозорість поводження з небезпечними фракціями
	6. Підтримка міжнародних донорів	6. Відсутність фінансових стимулів рециклінгу
Зовнішні	Можливості (O):	Загрози (T):
	1. Євроінтеграційний курс → гармонізація стандартів з ЄС	1. Продовження або ескалація бойових дій → пошкодження інфраструктури
	2. Генплан відбудови (Arup/Foster) → попит на будматеріали	2. Донорська втома → зменшення міжнародного фінансування
	3. Потенціал залучення приватних операторів	3. Протидія постачальників первинного щебеню
	4. Вуглецеві кредити за зменшення захоронення	4. Відсутність попиту на RCA без ДСТУ
	5. Інтеграція компонента зайнятості	5. Неконтрольоване стихійне захоронення
	6. Тиражування моделі на інші міста України	6. Політична нестабільність

Таблиця 4.3 – Дорожня карта та етапи впровадження муніципальної системи рециклінгу в м. Харків

Етап / Горизонт	Ключові заходи та завдання	Очікувані результати
Короткостроковий <i>(1 рік)</i>	1. Створення міжвідомчої координаційної групи при ХМР / ХОВА. 2. Закупівля додаткового дробильного комплексу для КП «МКПВ». 3. Ініціювання проекту ДСТУ на RCA через профільні міністерства. 4. Затвердження протоколу поводження з азбестовмісними відходами. 5. Впровадження ліміту (квоти) на обов'язкове використання 15% RCA у муніципальних проектах благоустрою.	• Збільшення потужності переробки до 400 т/добу. • Легалізація використання вторинних матеріалів у місті. • Захист персоналу від шкідливих фракцій.
Середньостроковий <i>(2–3 роки)</i>	1. Затвердження та введення в дію національного ДСТУ на RCA. 2. Облаштування другого стаціонарного майданчика переробки у місті. 3. Залучення 2-3 приватних операторів з мобільними комплексами. 4. Запуск цифрової системи обліку відходів руйнації в розрізі районів. 5. Розширення соціальної програми зайнятості.	• Сукупна потужність переробки досягає 150 тис. т/рік. • Ліквідація монополії, створення прозорого ринку • Працевлаштування 120–150 осіб (в т.ч. ВПО та ветеранів).
Довгостроковий <i>(5+ років)</i>	1. Повна інтеграція рециклінгової інфраструктури у Генплан відбудови Харкова. 2. Впровадження жорсткого місцевого збору за захоронення необроблених будівельних відходів. 3. Перехід системи на комерційну самоокупність. 4. Експорт управлінської моделі.	• Рівень рециклінгу відходів руйнації досягає 70%+. • Припинення утворення стихійних звалищ. • Масштабування моделі на інші постраждалі міста України.

Таким чином, запропонована дорожня карта відображає поетапний перехід від кризового реагування, як екстрене очищення міста від завалів руйнації до створення циркулярної економічної моделі європейського зразка. Кожен із визначених часових горизонтів орієнтований на поступове зниження регуляторних та технологічних ризиків, що були виявлені на етапі SWOT-аналізу. Успішна реалізація короткострокового етапу дозволить закласти правовий та інституційний фундамент для подолання проблеми відсутності національних стандартів (ДСТУ). Своєю чергою, залучення приватного

капіталу та мобільних переробних комплексів на середньостроковому етапі забезпечить децентралізацію системи та покриття дефіциту потужностей без надмірного навантаження на муніципальний бюджет м. Харків. У довгостроковій перспективі розгортання цієї моделі дозволить не лише вирішити екологічну проблему накопичення відходів війни, але й забезпечить будівельну галузь регіону дешевою та доступною вторинною сировиною, мінімізуючи капітальні витрати на повоєнну відбудову житлового та інфраструктурного фонду міста.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі мною вирішено актуальне науково-практичне завдання – обґрунтування еколого-технологічних рішень з рециклінгу відходів руйнації для повоєнного відновлення м. Харків. За результатами дослідження сформульовано такі висновки.

1. Встановлено, що сучасна модель управління відходами, закладена Рамковою Директивою 2008/98/ЕС та імплементована Законом України «Про управління відходами» № 2320-IX, ґрунтується на п'ятирівневій ієрархії з пріоритетом запобігання, повторного використання і рециклінгу над захороненням. Відходи руйнації, що утворюються внаслідок бойових дій, є окремою категорією, відмінною від звичайних відходів будівництва і зносу (C&D waste), і характеризуються змішаним характером потоку, наявністю вибухонебезпечних предметів, підвищеним вмістом небезпечних компонентів (азбест, ПХБ, важкі метали) та потребують спеціального правового режиму, закріпленого Постановою КМУ № 1073.
2. Аналіз міжнародного досвіду виявив десять best practices повоєнного рециклінгу, серед яких ключовими для м. Харків визначено: створення спеціалізованої муніципальної інституції (за зразком Trümmerverwertungsgesellschaft у повоєнному Франкфурті 1945 р.), впровадження технічних стандартів на recycled concrete aggregate (за зразком Нідерландів і Німеччини), обов'язкове попереднє саперне обстеження майданчиків, інтеграцію компонента зайнятості (за зразком програми UNDP у секторі Газа 2024–2025 рр.) та створення міжвідомчої координаційної структури (за зразком Gaza Debris Management Working Group UNEP/UNDP 2024 р.).
3. Визначено, що масштаби руйнувань у м. Харків станом на травень 2026 року сягнули понад 13 тисяч пошкоджених та зруйнованих будівель; близько 160 тисяч мешканців втратили житло. На спеціалізованому майданчику тимчасового зберігання КП «МКПВ» накопичено близько

100 тисяч тонн відходів руйнації. Прогнозований кінцевий обсяг по Харківській області оцінюється на рівні 1,5–2,5 млн т. Сукупні екологічні збитки Харківщини перевищили 558,9 млрд грн, з яких 98% припадає на засмічення і забруднення земельних ресурсів.

4. У м. Харків функціонує робоча інституційна модель поводження з відходами руйнації, ядром якої є КП «Муніципальна компанія поводження з відходами» Харківської міської ради, оснащене сучасним обладнанням (дробильні комплекси, аналізатор азбесту, система зрошення) потужністю до 200 тонн на добу, отриманим у рамках програми JICA/UNDP/EU у 2024 році. Водночас ідентифіковано сім системних обмежень: невідповідність потужностей обсягам утворення; відсутність ДСТУ на RCA; інституційна моноструктурність; продовження бойових дій; фрагментарність даних обліку; відсутність економічних стимулів; недостатня прозорість поводження з небезпечними фракціями.
5. Обґрунтовано вибір гібридної технологічної моделі переробки відходів руйнації для м. Харків, що поєднує 2 стаціонарні дробильно-сортувальні комплекси (для отримання якісної фракціонованої RCA з двостадійним дробленням) та 2–3 мобільні комплекси (для роботи безпосередньо на великих об'єктах демонтажу з мінімізацією транспортного плеча). Розроблено комплекс заходів мінімізації екологічного впливу процесу переробки: туманоутворення та вітрозахисні екрани для пилопригнічення, п'ятиступінчастий протокол поводження з азбестовмісними матеріалами, геомембрана та дренаж для тимчасових майданчиків, шумозахисні екрани та формалізований протокол безпеки (UXO).
6. Розроблено концепцію трирівневої муніципальної системи рециклінгу: координаційна група (за участі ХМР, ДСНС, Держекоінспекції, UNDP, Міндовкілля), операційний рівень (КП «МКПВ» + приватні оператори), нормативний рівень (місцеві правила, ДСТУ на RCA, «зелені» публічні закупівлі з 15–20% обов'язковою часткою RCA).

7. Еколого-економічний розрахунок свідчить, що рециклінг 1,5 млн т відходів руйнації м. Харків порівняно з повним захороненням: зменшує прямі витрати на 147,75 млн грн; генерує 1 044 млн грн доходів і заощаджень (у т.ч. 750 млн грн від реалізації металобрухту та 294 млн грн від заміщення первинного щебеню вторинним); скорочує обсяг захоронення на 75% (з 1 500 до 375 тис. тонн); забезпечує створення 120–180 прямих робочих місць; зберігає ~7,5 га полігонного простору. Сукупний еколого-економічний ефект оцінюється на рівні понад 1 мільярд гривень.
8. SWOT-аналіз підтверджує наявність потужної стартової бази (діючий КП «МКПВ», правова основа, міжнародна підтримка) за наявності ключових ризиків (інституційна моноструктурність, відсутність ДСТУ на РСА, продовження бойових дій). Дорожня карта впровадження передбачає три фази: короткострокову (1 рік — координаційна група, подвоєння потужностей, пілот «зелених» закупівель), середньострокову (2–3 роки — ДСТУ, другий стаціонарний майданчик, приватні оператори, 150 тис. т/рік сукупної потужності) та довгострокову (5+ років — 70%+ рівень рециклінгу, економічна самоокупність, тиражування на інші міста).

За умови реалізації запропонованих рішень м. Харків має реальні передумови стати модельним кейсом ефективного повоєнного рециклінгу відходів руйнації у Європі XXI століття.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20> (дата звернення: 12.05.2026).
2. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives. Official Journal of the European Union, L 312, 22.11.2008. P. 3–30. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj> (дата звернення: 12.05.2026).
3. Про затвердження Порядку поводження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків : Постанова Кабінету Міністрів України від 27.09.2022 № 1073. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1073-2022-%D0%BF> (дата звернення: 12.05.2026).
4. Управління відходами руйнації війни в Україні. Актуальні практики та необхідні зміни : аналітичний звіт. Zero Waste Alliance Ukraine, 2024. 72 с. URL: https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2024/04/dodatok_1_zvit_vidhody_rujnacziyi_vijny.pdf (дата звернення: 12.05.2026).
5. EU Construction and Demolition Waste Management Protocol. Brussels: European Commission, DG Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs, 2018. URL: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/24563/attachments/1/translations/en/renditions/native> (дата звернення: 12.05.2026).
6. Особливості поводження з відходами будівництва та зносу в регіонах України. Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування». 2024. URL: <https://journals.academ.vinnica.ua/index.php/eco-pa/article/view/174/163> (дата звернення: 12.05.2026).

7. На Харківщині частково або повністю зруйновано 42 тисячі об'єктів інфраструктури. Gwara Media. URL: <https://gwaramedia.com/na-kharkivshchyni-chastkovo-abo-povnistiu-zruynovano-42-tysiach-ob-iektiv-infrastruktury/> (дата звернення: 12.05.2026).

8. Екологічні збитки Харкову внаслідок війни становлять близько 200 млрд грн – Терехов. Суспільне Харків. URL: <https://suspilne.media/kharkiv/409881-ekologicni-zbitki-harkovu-vnaslidok-vijni-stanovlat-blizko-200-mlrd-grn-terehov/> (дата звернення: 12.05.2026).

9. Управління відходами, що містять азбест – переймаємо досвід Європи. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2024. URL: <https://mepr.gov.ua/upravlinnya-vidhodamy-shho-mistyat-azbest-perejmayemo-dosvid-yevropy/> (дата звернення: 12.05.2026).

10. Перелік компонентів відходів від руйнувань та можливі шляхи їх повторного використання. Офіс Сталих Рішень, 2023. URL: <https://ukraine-oss.com/perelik-komponentiv-vidhodiv-vid-rujnuvan-ta-mozhlyvi-shlyahy-yih-povtornogo-vykorystannya/> (дата звернення: 12.05.2026).

11. Україна формує системний підхід до управління відходами руйнувань внаслідок війни. Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства, 2026. URL: <https://me.gov.ua/News/Detail/c5a41dd9-b10e-4b2f-8737-b255eda5e87d?lang=uk-UA&title=UkrainaFormuSistemniiPidkhidDoUpravlinniaVidkhodamiRuinuvanVnaslidokViini> (дата звернення: 13.05.2026).

12. Elimination of asbestos-related diseases. Geneva : World Health Organization, 2014. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-FWC-PHE-EPE-14.01> (дата звернення: 13.05.2026).

13. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. URL: https://chm.pops.int/Portals/0/Repository/convention_text/UNEP-POPS-COP-CONVTEXT-FULL.English.PDF (дата звернення: 13.05.2026).

14. Жук Т., Павлій І. Руїни знову стануть будинками: як переробка будівельного сміття може змінити відбудову. Хмарочос, 28.11.2023.

URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2023/11/28/ruyny-znovu-stanut-budynkami-yak-resajkling-budivelnogo-smitty-mozhe-zminyty-vidbudovu/> (дата звернення: 13.05.2026).

15. Порядок поводження з відходами руйнації в Україні: чинне нормативно-правове регулювання. Екологія Право Людина (ЕПЛ), 2024. URL: <https://epl.org.ua/environment/poryadok-povodzhennya-z-vidhodamy-rujnatsiyi-v-ukrayini-chynne-normatyvno-pravove-regulyuvannya/> (дата звернення: 13.05.2026).

16. Diefendorf J. M. In the Wake of War: The Reconstruction of German Cities after World War II. New York : Oxford University Press. URL: <https://archive.org/details/inwakeofwarrecon0000dief/page/n9/mode/2up> (дата звернення: 13.05.2026).

17. Post-war reconstruction of Frankfurt. Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Post-war_reconstruction_of_Frankfurt (дата звернення: 13.05.2026).

18. Trümmerfrauen: contested memories of Germany's 'rubble women'. OpenLearn / The Open University, 2017. URL: <https://openlearn.medium.com/trümmerfrauen-contested-memories-of-germanys-rubble-women-d258fa92ba6> (дата звернення: 14.05.2026).

19. Trümmerfrauen: Unsung Heroes of Germany's Post-War Rebirth. I Had No Clue!, 2024. URL: <https://www.ihadnoclue.com/article/1074949858105294849> (дата звернення: 14.05.2026).

20. Waste statistics. Eurostat / European Commission, September 2024. URL: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics (дата звернення: 14.05.2026).

21. Construction and demolition waste. European Commission, DG Environment. URL: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en (дата звернення: 14.05.2026).

22. Recovery rate of construction and demolition waste (CDW) in the

European Union (EU-27) in 2020, by country. Statista. URL: <https://www.statista.com/statistics/1316268/recovery-rate-of-construction-and-demolition-waste-eu-by-country/?srsltid=AfmBOopxbVFSjyAN0S75fIJTFm97-Bg8ZlzNn7jOqkZ26O-JnR5lEQGI> (дата звернення: 14.05.2026).

23. Recycling in the Netherlands, Belgium and the EU: how well are we really doing? Milgro, April 2026. URL: <https://www.milgro.eu/en/blog/recycle> (дата звернення: 14.05.2026).

24. Bosnia and Herzegovina: Post-conflict Reconstruction. Country Case Study Series. Washington, D.C. : World Bank, Operations Evaluation Department. URL: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/415151468742482736/pdf/302270PAPER0Bi1flict0reconstruction.pdf>(дата звернення: 14.05.2026).

25. Coccia M., Marciante F., Sansone M. Post-conflict waste management: the case of Bosnia and Herzegovina. ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/publication/348357699_Post_conflict_reconstructions_in_Bosnia_and_Herzegovina(дата звернення: 14.05.2026).

26. Pivac D. Emergency Protection of War Damaged Buildings and Recycling of Building Materials (Mostar case). WIT Transactions on The Built Environment. 1999. URL: <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/STR99/STR99069FU.pdf> (дата звернення: 15.05.2026).

27. Ingram S. Lessons Learned from Iraq and Syria Debris Management and Rubble Clearance. Mine Action 2025. MAG International, 2025. URL: https://www.maginternational.org/media/filer_public/dc/b0/dcb0cec4-be11-4815-a427-07d682616a8c/final_stephen_ingram_mine_action_2025_publication.pdf (дата звернення: 15.05.2026).

28. Gaza reconstruction envisages building 'islands' out of rubble. UN News, May 2026. URL: <https://news.un.org/en/story/2026/05/1167506> (дата звернення: 15.05.2026).

29. Sustainable debris management in Gaza. United Nations Environment

Programme (UNEP), 2025. URL: <https://www.unep.org/topics/waste/sustainable-debris-management> (дата звернення: 15.05.2026).

30. Clearing most of the rubble in the Gaza Strip is possible in seven years under right conditions. United Nations Development Programme (UNDP), November 2025. URL: <https://www.undp.org/stories/clearing-most-rubble-gaza-strip-possible-seven-years-under-right-conditions> (дата звернення: 15.05.2026).

31. За межами поля бою: як Україна бореться з відходами руйнації. Кабінет Міністрів України, 05.06.2025. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/za-mezhamy-polia-boiu-iak-ukraina-boretsia-z-vidkhodamy-ruinatsii> (дата звернення: 15.05.2026).

32. Відходи руйнації в Україні вже можна порівняти з кількістю твердих побутових відходів, що в середньому утворюються в країні за рік. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/vidhody-rujnatsiyi-v-ukrayini-vzhe-mozhna-porivnyaty-z-kilkistyu-tverdih-pobutovyh-vidhodiv-shho-v-serednomu-utvoryuyutsya-v-krayini-za-rik/> (дата звернення: 15.05.2026).

33. Відходи війни: Україна вже накопичила понад 6 мільйонів тонн уламків. Rayon.in.ua. URL: <https://eco.rayon.in.ua/news/811324-vidkhodi-viyni-ukraina-vzhe-nakopichila-ponad-6-milyoniv-tonn-ulamkiv> (дата звернення: 15.05.2026).

34. Збитки Харкова від російської збройної агресії, за попередніми оцінками, становлять 10,5 млрд євро. УКРІНФОРМ, 2025. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-regions/4051212-zbitki-harkova-vid-agresii-rf-sagnuli-105-milarda-terehov.html> (дата звернення: 15.05.2026).

35. Збитки, завдані навколишньому середовищу Харківської області війною, оцінюють у 528 мільярдів гривень. URL: <https://www.sq.com.ua/ukr/novini/24.09.2025/zbitki-zavdani-navkolisnyomu-seredovishhu-xarkivskoyi-oblasti-viinoyu-ocinyuyut-u-528-milyardiv-griven> (дата звернення: 16.05.2026).

36. Мер Харкова назвав кількість зруйнованих обстрілами будинків за

- рік. Слово і Діло, 2025.
 URL: <https://www.slovoidilo.ua/2025/01/07/novyna/suspilstvo/mer-xarkova-nazvav-kilkist-zrujnovanyx-obstrilamy-budynkiv-rik> (дата звернення: 16.05.2026).
37. У Харкові назвали точну кількість зруйнованих та пошкоджених будинків. 2024.
 URL: <https://www.ukr.net/news/details/kharkiv/107782922.html> (дата звернення: 16.05.2026).
38. Політична карта Харківської області. ОПОРА.
 URL: <https://www.oporaua.org/viyna/politichna-karta-harkivs-koyi-oblasti-24884> (дата звернення: 16.05.2026).
39. Як у Харкові розвивають переробку уламків розбомблених будівель на вторсировину для відбудови. Радіо «Накипіло», 02.03.2026.
 URL: <https://radio.nakypilo.ua/podcast/yak-u-harkovi-rozvyvayut-pererobku-ulamkiv-rozbomblenyh-budivel-na-vtorsyrovynu-dlya-vidbudovy/> (дата звернення: 16.05.2026).
40. Муніципальна компанія поводження з відходами (Харків). Вікіпедія.
 URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Муніципальна_компанія_поводження_з_відходами_\(Харків\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Муніципальна_компанія_поводження_з_відходами_(Харків)) (дата звернення: 16.05.2026).
41. 100 000 тонн руйнувань: навіщо Харків збирає залишки вщент розбитих будинків? Інфосіті Харків. URL: <https://infocity.kharkiv.ua/tv-proekty/100-000-tonn-rujnuvan-navishcho-kharkiv-zbyraie-zalyshky-vshchent-rozbytykh-budynkiv/> (дата звернення: 16.05.2026).
42. Бетон везуть сюди і багато: як переробляють відходи після руйнацій на Харківщині. Суспільне Харків, 16.03.2023.
 URL: <https://suspilne.media/kharkiv/415662-beton-vezut-sodna-i-bagato-ak-pereroblaut-vidhodi-pisla-rujnacij-na-harkivsini/> (дата звернення: 16.05.2026).
43. Харкову допоможуть переробити тисячі тонн бетону від зруйнованих будинків. 2day.kh.ua, 18.06.2024.
 URL: <https://2day.kh.ua/ua/kharkow/kharkovu-dopomozhut-pererobyty-tysyachi-tonn-betonu-vid-zruynovanykh-budynkiv> (дата звернення: 16.05.2026).

44. Харківщина зазнала понад 558 млрд грн екозбитків через війну. Gwara Media, 24.03.2026. URL: <https://gwaramedia.com/harkivshhina-zaznala-ponad-558-mlrd-grn-ekologichnih-zbitkiv-cherez-vijnu/> (дата звернення: 16.05.2026).

45. Екологічна катастрофа на Харківщині. Сміттєзвалища. ГО «НОН-СТОП», травень 2024. URL: <https://go-ns.org.ua/news/ekologichna-katastrofa-na-harkivshhini-smittyezvalishha-ta-vidkati-pravoohoronczyam/> (дата звернення: 16.05.2026).

46. Відходи як «фундамент для нового будівництва»: у Харкові переробляють залишки руйнувань. Радіо «Накипіло», 05.03.2026. URL: <https://radio.nakypilo.ua/u-harkovi-pereroblyayut-zalishky-rujnuvan/> (дата звернення: 16.05.2026).

47. У Харкові більш ніж п'ять тисяч житлових будинків потребують відбудови - Ігор Терехов. Радіо Свобода, 17.06.2023. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/news-terekhov-kharkiv-viyna-ruynuvannya/32463393.html> (дата звернення: 16.05.2026).

48. Терехов: 160 тисяч мешканців Харкова без житла, понад 13 тисяч пошкоджених будівель. Слобідський край, травень 2026. URL: <https://www.slk.kh.ua/oblast-online/harkiv/u-harkovi-rosiani-vtrete-vlucili-utoj-samij-budinok.html> (дата звернення: 17.05.2026).

49. Терехов назвав кількість будинків у Харкові, які підлягають демонтажу. Слобідський край, 19.03.2026. URL: https://www.slk.kh.ua/oblast-online/harkiv/skilki-zrujnovanih-budinkiv-znesut-u-harkovi-vidpovid-terehova.html#google_vignette (дата звернення: 17.05.2026).

50. Відбудова Харкова: Терехов розповів, скільки будинків відремонтували та які плани на 2026 рік. Слобідський край, травень 2026. URL: <https://www.slk.kh.ua/oblast-online/harkiv/u-harkovi-planuut-vidnoviti-se-200-bagatopoverhivok-u-2026-roci.html> (дата звернення: 17.05.2026).

51. Дроблення бетону в Україні, ціна переробки та утилізація будівельних відходів. ТехБудМеханіка. URL: <https://tbm.com.ua/uk/pererobka-ta->

[utilizacziya-betonu-droblennya-budivelnih-vidhovidiv/](#) (дата звернення: 17.05.2026).

52. Переробка бетону в щебінь: дроблення бетону. Агропромислова група. URL: <https://apg-ua.org/snos-demontag/pererabotka-beton/> (дата звернення: 17.05.2026).

53. Харків. Велика українська енциклопедія. URL: <https://vue.gov.ua/Харків> (дата звернення: 17.05.2026).

54. Екологічний паспорт Харківської області за 2022 рік. Харків : Департамент екології та природних ресурсів Харківської ОВА. URL: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasna-derzhavna-administratsiya/struktura-administratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736/123379> (дата звернення: 17.05.2026).

55. Клімат Харкова. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Клімат_Харкова (дата звернення: 17.05.2026).

56. Сегіда К. Ю., Редін В. І., Чабань М. Т. Географія Харківської області: навч. посіб. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2012. URL: http://socio-econom-region.univer.kharkov.ua/wp-content/uploads/2017/07/Сегіда-К_Ю_-Редін-В_І_-Чабань-М_Т_-Географія-Харківської-області-.pdf (дата звернення: 17.05.2026).