

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГИЖИЦЬКОГО**

ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

Допускається до захисту
Кафедра **Екології та захисту довкілля**
«_____» _____ 2025 р.

Завідувач кафедри _____
(підпис)

к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ
(наук.ступ., вч.зв., ім'я та прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Магістр
(рівень вищої освіти)

на тему: «Видалення будівельних відходів воєнного походження та заходи
мінімізації їхнього впливу на навколишнє середовище»

Виконав студент групи Еко-62
Спеціальності 101 «Екологія»
Курило Петро Богданович

Керівник Ірина САЛАМАХА
Консультант Лариса ГОРДІЙЧУК

Дубляни 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЛОГІЇ

Кафедра екології
Рівень вищої освіти «Магістр»
Спеціальності 101 «Екологія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри _____
к.б.н., доцент Петро ХІРІВСЬКИЙ
« _____ » _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студента
Курила Петра Богдановича

1. Тема роботи: «Видалення будівельних відходів воєнного походження та заходи мінімізації їхнього впливу на навколишнє середовище».

Керівник кваліфікаційної роботи Саламаха Ірина Юріївна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент.

Затверджені наказом по університету від « _ » _____ р. № _____.

Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 8 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані для кваліфікаційної роботи

Літературні джерела

Матеріали досліджень

Методики виконання досліджень

4. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які необхідно розробити)

ВСТУП.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.

1.1 Масштаби руйнувань на території України та їх вплив на утворення відходів.

1.2 Характеристика будівельних відходів, утворених внаслідок воєнних дій.

1.3 Нормативно-правове регулювання управління будівельними відходами в Україні в умовах воєнних дій.

2. ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.

2.1 Об'єкт досліджень.

2.2 Методи обґрунтування технологічних рішень для видалення відходів.

2.3 Методика дослідження відходів, утворених внаслідок бойових дій.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

3.1 Екологічна оцінка впливу будівельних відходів воєнного походження на навколишнє середовище.

3.2 Еколого-правове та економічне управління будівельними відходами воєнного походження.

3.3 Заходи щодо мінімізації екологічного впливу відходів, утворених внаслідок воєнних дій

3.4 Технологічні основи та сучасні рішення у сфері переробки будівельних відходів в Україні.

3.5 Інноваційні міжнародні пілотні проекти з видалення будівельних відходів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.

4.1 Особливості управління відходами руйнувань унаслідок воєнних дій та їхній вплив на здоров'я працівників.

4.2 Вплив шкідливих і небезпечних факторів на працівників при видаленні будівельних відходів воєнного походження.

4.3 Алгоритм дій персоналу у випадку виявлення або вибуху вибухонебезпечного предмета.

ВИСНОВКИ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів з вказуванням їх кількості): рисунки (10).

6. Консультанти з розділів:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3	Саламаха І.Ю., доцент кафедри екології		
4	Гордійчук Л.М., доцент кафедри інженерної механіки		

7. Дата видачі завдання 23 вересня 2024 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Написання вступу та розділу «Огляд літератури»	23.09.24 – 27.01.25	
2	Написання розділу «Об'єкт, методи досліджень і методика досліджень»	28.01.25 – 03.03.25	
3	Написання розділу «Результати досліджень»	04.03.25 – 26.08.25	
4	Написання розділу «Охорона праці та захист населення у надзвичайних ситуаціях», підготовка висновків, формування списку літератури	27.08.25 – 08.12.25	

Студент _____ Петро КУРИЛО

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Ірина САЛАМАХА

Видалення будівельних відходів воєнного походження та заходи мінімізації їхнього впливу на навколишнє середовище. Курило П.Б. Кваліфікаційна робота. Кафедра екології та захисту довкілля. Дубляни, ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, 2025.

73 с. текст. част., 7 табл., 10 рис., 44 джерела.

Кваліфікаційна робота присвячена дослідженню проблем управління будівельними відходами, що утворилися внаслідок воєнних дій на території України. У роботі здійснено огляд масштабів руйнувань, характеристику будівельних відходів та аналіз нормативно-правового регулювання їхнього поводження в умовах війни. Окрему увагу приділено об'єкту, методам і методиці досліджень, зокрема технологічним підходам до видалення відходів та методам оцінки їх впливу на довкілля. Представлено результати екологічної оцінки, заходи щодо мінімізації екологічного впливу відходів, утворених внаслідок воєнних дій, а також сучасні інноваційні технології переробки та міжнародні пілотні проекти з видалення будівельних відходів. У роботі розглянуто охорону праці та алгоритми дій персоналу при поводженні з небезпечними відходами та вибухонебезпечними предметами. Робота містить комплексні висновки щодо ефективного управління будівельними відходами воєнного походження та заходів із мінімізації негативного впливу на здоров'я людей і навколишнє середовище.

ЗМІСТ

ВСТУП.	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ.	10
1.1 Масштаби руйнувань на території України та їх вплив на утворення відходів.	10
1.2 Характеристика будівельних відходів, утворених внаслідок воєнних дій.	15
1.3 Нормативно-правове регулювання управління будівельними відходами в Україні в умовах воєнних дій.	18
2 ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.	22
2.1 Об'єкт досліджень.	22
2.2 Методи обґрунтування технологічних рішень для видалення відходів.	24
2.3 Методика дослідження відходів, утворених внаслідок бойових дій.	28
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.	30
3.1 Екологічна оцінка впливу будівельних відходів воєнного походження на навколишнє середовище.	30
3.2 Еколого-правове та економічне управління будівельними відходами воєнного походження.	40
3.3 Заходи щодо мінімізації екологічного впливу відходів, утворених внаслідок воєнних дій.	44
3.4 Технологічні основи та сучасні рішення у сфері переробки будівельних відходів в Україні.	46
3.5 Інноваційні міжнародні пілотні проєкти з видалення будівельних відходів.	54
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.	57
4.1 Особливості управління відходами руйнувань.	

унаслідок воєнних дій та їхній вплив на здоров'я працівників.	57
4.2 Вплив шкідливих і небезпечних факторів на працівників при видаленні будівельних відходів воєнного походження.	61
4.3 Алгоритм дій персоналу у випадку виявлення або вибуху вибухонебезпечного предмета.	63
ВИСНОВКИ.	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	68

ВСТУП

Воєнні дії в Україні спричинили масштабні руйнування житлової, промислової та інфраструктурної систем, що призвело до утворення значних обсягів будівельних відходів воєнного походження. Ці відходи мають складний склад і містять небезпечні компоненти (важкі метали, азбест, полімери, паливно-мастильні речовини), які становлять суттєву загрозу для довкілля й здоров'я населення. Неконтрольоване їх накопичення сприяє деградації ґрунтів, забрудненню водних ресурсів, підвищенню запиленості та порушенню екосистем.

Актуальність проблеми зумовлена безпрецедентними масштабами руйнувань і відсутністю в Україні цілісної системи управління відходами конфліктів. Обсяг таких відходів уже перевищує 6 млн тонн, що формує один із ключових сучасних екологічних викликів та впливає на національну безпеку й повоєнне відновлення. Захоронення цих матеріалів є неефективним і ресурсозатратним, тому необхідним є перехід до циркулярної економіки, де відходи руйнувань розглядаються як потенційний вторинний ресурс.

Водночас у науковій та нормативно-правовій базі України спостерігається прогалина у регулюванні питань поводження з відходами воєнного походження: не визначено категорію «відходи війни», що ускладнює їх класифікацію, облік та дотримання екологічних стандартів. Бракує комплексних еколого-токсикологічних досліджень, оцінки синергічної токсичності й моделей міграції забруднювачів, а також чітких технологічних підходів до поводження з такими відходами. У цьому контексті важливим є врахування міжнародного досвіду країн, що вже реалізували повоєнні системи управління відходами руйнувань – Хорватії, Боснії і Герцеговини, Сирії, Іраку та інших.

Метою кваліфікаційної роботи є наукове обґрунтування підходів до екологічної оцінки, управління, перероблення та мінімізації негативного впливу будівельних відходів воєнного походження в Україні на основі

принципів циркулярної економіки, концепції сталого повоєнного відновлення, найкращих доступних технологій і методів.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконання таких завдань:

1. Проаналізувати масштаби руйнувань в Україні та обсяги утворення будівельних відходів воєнного походження.
2. Визначити морфологічний склад, токсикологічні характеристики та рециклінг-потенціал основних типів відходів.
3. Дослідити національну нормативно-правову базу та вивчити міжнародний досвід управління відходами, що утворюються внаслідок збройних конфліктів.
4. Провести комплексну екологічну оцінку впливу відходів руйнувань на компоненти довкілля.
5. Обґрунтувати можливості застосування сучасних технологій перероблення, деконтамінації та повторного використання будівельних матеріалів.
6. Розробити науково обґрунтовані рекомендації щодо удосконалення системи управління відходами руйнувань в Україні.

Об'єктом дослідження є будівельні відходи, утворені внаслідок руйнування інфраструктурних об'єктів у період воєнних дій на території України.

Предмет дослідження охоплює екологічні, технологічні та правові аспекти класифікації, оцінювання, перероблення, видалення та інтегрованого управління будівельними відходами воєнного походження, а також їхній вплив на компоненти біосфери.

Гіпотеза дослідження полягає в тому, що впровадження комплексної системи управління будівельними відходами воєнного походження на основі принципів циркулярної економіки, сучасних технологій рециклінгу та екологічного моніторингу здатне значно зменшити їхній негативний вплив на довкілля та забезпечити екологічно безпечне і ресурсоефективне відновлення

зруйнованих територій. Методологічна основа включає аналітичні, статистичні, лабораторні, порівняльні та геоінформаційні методи.

Практичне значення полягає у використанні результатів для вдосконалення державної політики управління воєнними відходами, розробки нормативних документів, оптимізації технологій перероблення та видалення, а також формування науково обґрунтованих підходів до екологічно безпечного відновлення територій України.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Масштаби руйнувань на території України та їх вплив на утворення відходів

У сучасних умовах воєнних конфліктів проблема управління відходами набуває особливої актуальності, оскільки їхнє масове накопичення створює серйозні екологічні та соціальні ризики. З початку широкомасштабної агресії російської федерації обсяги відходів від руйнувань будівельних і інфраструктурних об'єктів в Україні досягли критичних масштабів, спричиняючи перевантаження системи їх тимчасового зберігання та видалення [40; 41].

Нормативна база України наразі не містить визначення категорії «відходи війни», хоча її введення є критично необхідним у зв'язку з сучасними умовами. У статті М. Потіпа [30] запропоновано доповнити статтю 1 Закону України «Про управління відходами» новим поняттям, визначивши відходи війни як «будь-які речовини, матеріали чи предмети, утворені внаслідок людської діяльності на територіях, де ведуться або велися бойові дії, що повністю чи частково втратили свої споживчі властивості, не можуть бути використані за місцем їх утворення та підлягають утилізації, переробці чи видаленню з метою захисту довкілля, життя і здоров'я людей, а також отримання економічної вигоди при їх повторному використанні» [15; 27]. Таке визначення дозволяє юридично відокремити відходи війни від побутових, промислових чи техногенних, а також забезпечити нормативне регулювання їхнього обігу та видалення (табл.1.1).

Морфологічний склад цих відходів включає великогабаритні фрагменти будівельних конструкцій, частина яких потенційно придатна для повторного використання у будівництві чи промисловості [4; 25; 26]. Водночас значна частина матеріалів містить токсичні речовини, що обмежує

можливості їх вторинного застосування і потребує спеціалізованих технологій обробки та видалення [11; 25].

Таблиця 1.1 – Порівняльна характеристика основних видів відходів

Критерій	Побутові відходи	Техногенні відходи	Відходи війни
Джерело утворення	Житлова діяльність	Промислові процеси	Руйнування від бойових дій
Характер впливу	Місцевий	Локальний/регіональний	Масштабний, небезпечний
Можливість повторного використання	Часткова	Значна	Висока (після оброблення)
Правовий статус	Визначений Законом «Про управління відходами»	Частково врегульований	Відсутній, потребує правового закріплення

Бойові дії, включно з обстрілами міст і селищ ракетами та артилерією, що є складовою воєнної тактики росії, призводять до масштабних руйнувань житлових та промислових об'єктів, особливо у прикордонних і прифронтових районах (рис. 1.1).

Станом на лютий 2023 року, приблизно половина житлового фонду населених пунктів була зруйнована або пошкоджена, а прямі збитки інфраструктурі оцінюються понад 143,8 млрд доларів США [13].

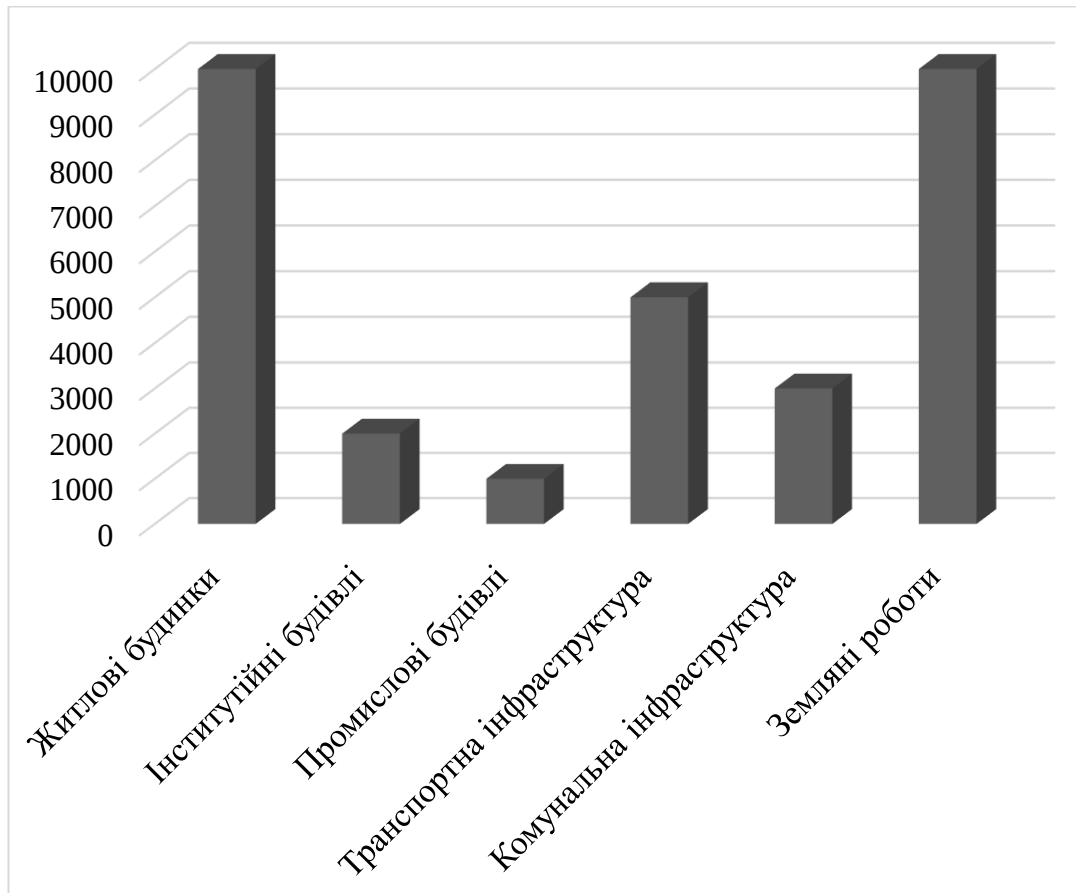


Рисунок 1.1 – Обсяги руйнувань об’єктів інфраструктури та житлового фонду в Україні станом на 3 серпня 2023 року, тис. м² (Міністерство розвитку громад та територій України).

Внаслідок руйнувань виникла значна кількість будівельних відходів, що створює потребу не лише у відновленні окремих будівель, а й у комплексному відродженні міських агломерацій [36; 41].

Особливо постраждали такі населені пункти, як Маріуполь, Харків, Чернігів, Сєверодонецьк, Рубіжне, Бахмут, Мар’янка, Лисичанськ, Попасна, Ізюм та Волноваха [40]. Наприклад, у Сєверодонецьку пошкоджено близько 90% житлового фонду, тоді як у Бахмуті та Мар’їнці практично вся житлова забудова зазнала ушкоджень (рис. 1.2).

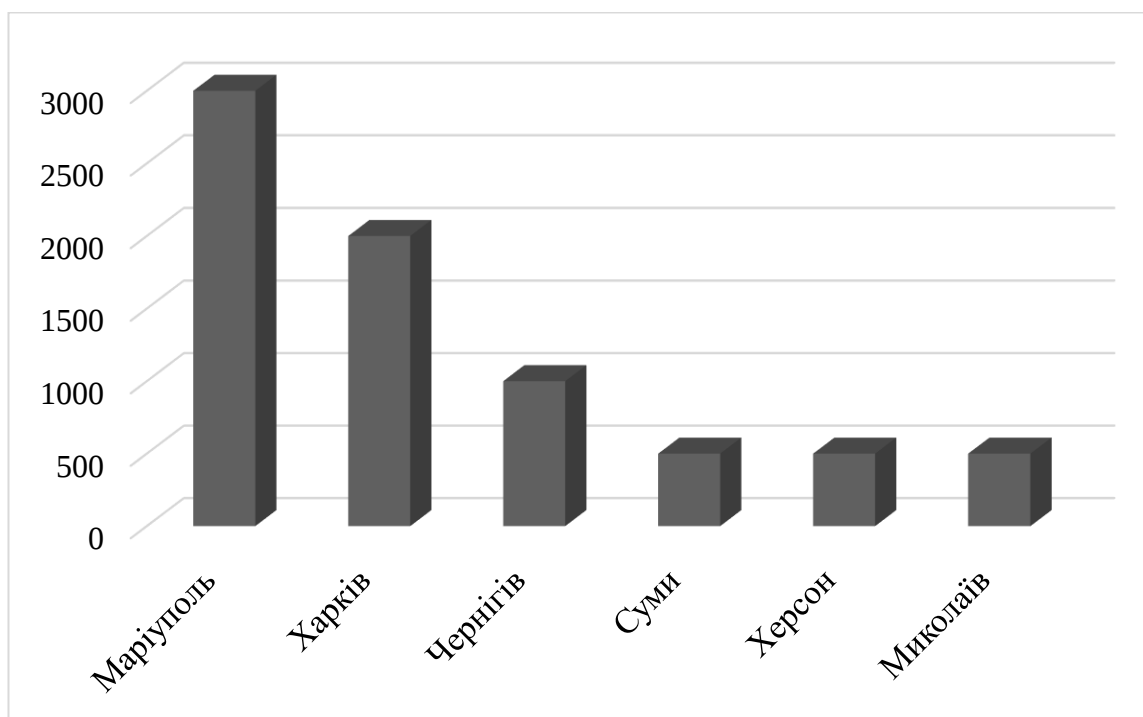


Рисунок 1.2 – Обсяги руйнувань у окремих містах України станом на 3 серпня 2023 року, тис. м² (Міністерство розвитку громад та територій України)

Обсяги руйнувань продовжують зростати через активні бойові дії у Харківській, Луганській, Донецькій, Запорізькій, Херсонській та Одеській областях, а ракетні удари поширюють руйнування на об'єкти критичної інфраструктури навіть у регіонах, віддалених від лінії фронту [10; 40; 41].

Станом на 24 лютого 2023 року, за даними обласних військових адміністрацій, кількість зруйнованих або пошкоджених житлових об'єктів становила 153,86 тис. одиниць, включно з 136 тис. приватних будинків, 17,5 тис. багатоповерхових будівель та 0,3 тис. гуртожитків. Обласні адміністрації продовжують документувати збитки, спричинені воєнними діями.

На початок літа 2023 року обсяг відходів від руйнувань досяг 450 тис. тонн (за даними Міністерства екології та природних ресурсів) [40; 41]. До них входять матеріали будівельних робіт, уламки знесених споруд та відходи техногенного і природного походження. Основні обсяги відходів сконцентровані у Київській, Житомирській, Сумській, Миколаївській,

Херсонській, Чернігівській та Харківській областях. У Донецькій і Луганській областях точний облік ускладнений через триваючі бойові дії, тоді як у Київській області, наприклад, сформовано близько 185 тис. тонн відходів (рис. 1.3).

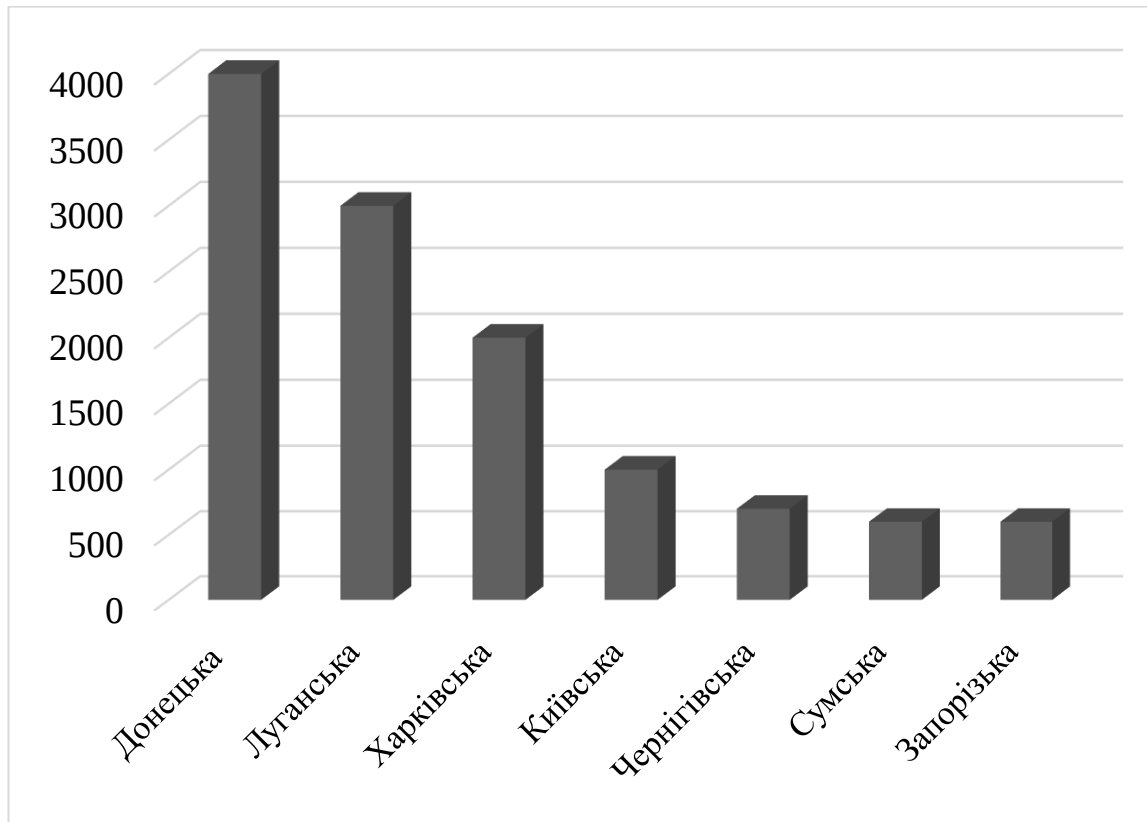


Рисунок 1.3 – Обсяги руйнувань в окремих областях України станом на 3 серпня 2023 року, тис. м² (Міністерство розвитку громад та територій України)

Ці дані надані Міністерством розвитку громад та територій України і відображають лише офіційно зафіксовані та оцінені обсяги руйнувань, тоді як реальні масштаби збитків можуть бути значно більшими.

Слід зазначити, що воєнні конфлікти продовжують залишатися постійним і трагічним фактором сучасного світу, із значними наслідками для довкілля та інфраструктури. Одним із ключових, часто недостатньо усвідомлених наслідків таких конфліктів є масове утворення будівельного

сміття, що створює серйозні виклики для екологічної безпеки та значно ускладнює процеси відновлення та реабілітації постраждалих територій.

За оцінками ООН, внаслідок російсько-українського військового конфлікту в Україні накопичено близько 200 млн м³ будівельних відходів, що становить приблизно 10 % від щорічного загального обсягу будівельних відходів у країні [12; 25].

Відходи, які утворюються внаслідок воєнних дій, характеризуються складною структурою та різноманітними фізико-хімічними властивостями, що потребує спеціалізованих підходів до їхнього сортування, обробки та вторинного використання [4; 26; 36].

Військова агресія спричинила масштабні руйнування житлової та промислової інфраструктури України, що призвело до формування значних обсягів будівельних відходів із високою концентрацією матеріалів різної природи та небезпеки. Накопичення таких відходів у найбільш постраждалих регіонах ускладнює відновлення територій і створює суттєві екологічні ризики, що вимагає системного підходу до їх обліку, обробки та видалення. Реальні масштаби руйнувань можуть бути значно більшими за офіційні оцінки, що додатково підкреслює необхідність удосконалення державної політики у сфері управління відходами воєнного походження.

1.2 Характеристика будівельних відходів, утворених внаслідок воєнних дій

У рамках даної кваліфікаційної роботи будівельні відходи розглядаються як сукупність матеріалів, що виникають у результаті будівельних, ремонтних та демонтажних робіт, а також унаслідок руйнувань, спричинених воєнними діями [4; 25; 36; 39]. Аналіз будівельних відходів дозволяє виділити їхні особливості та джерела походження (рис. 1.4). До складу таких відходів входять, зокрема, фрагменти конструкцій, металеві елементи, залишки фундаментів. Вони формуються не лише під час зведення

нових об'єктів або реконструкції існуючих, але й у процесі знесення застарілих або пошкоджених будівель.

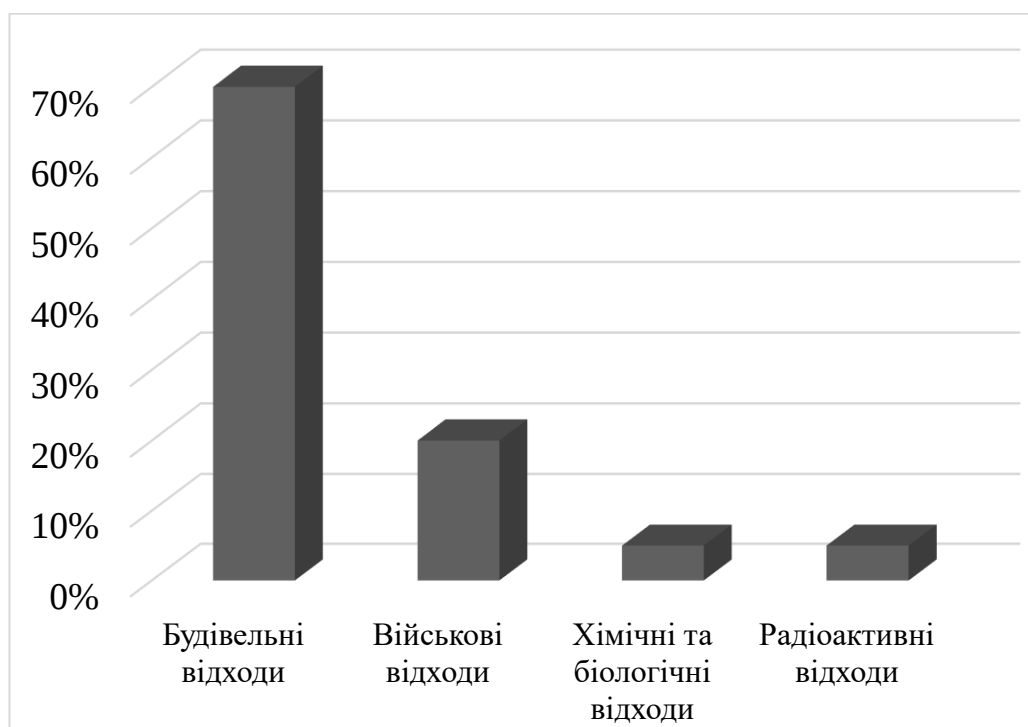


Рисунок 1.4 – Розподіл відходів, що утворилися внаслідок бойових дій, %.

Відходи, що виникають у процесі будівництва, ремонту або демонтажу, характеризуються специфічним складом, властивим лише цим видам діяльності. До них належать залишки затверділого бетону та будівельних розчинів, лакофарбових матеріалів, пошкоджених або забруднених контейнерів, фрагментів цегли, мінеральної вати та подібних компонентів.

Особливу категорію становлять відходи демонтажу дорожніх покриттів, зокрема подрібнений бетон. Аналіз морфології будівельних відходів показує, що основну частку складають бетон, залізобетон і кам'яні стінові матеріали, тоді як асфальт, деревина, скло, гіпсокартон та інші матеріали представлені в менших обсягах (рис.1.5). Згідно з оцінками, близько 50 % загального обсягу будівельних відходів припадає на бетон і залізобетон, приблизно 25 % – на кам'яні стінові матеріали, а решта – на асфальт, будівельні розчини, деревину, скло та інші компоненти [4; 25; 26; 36; 41].

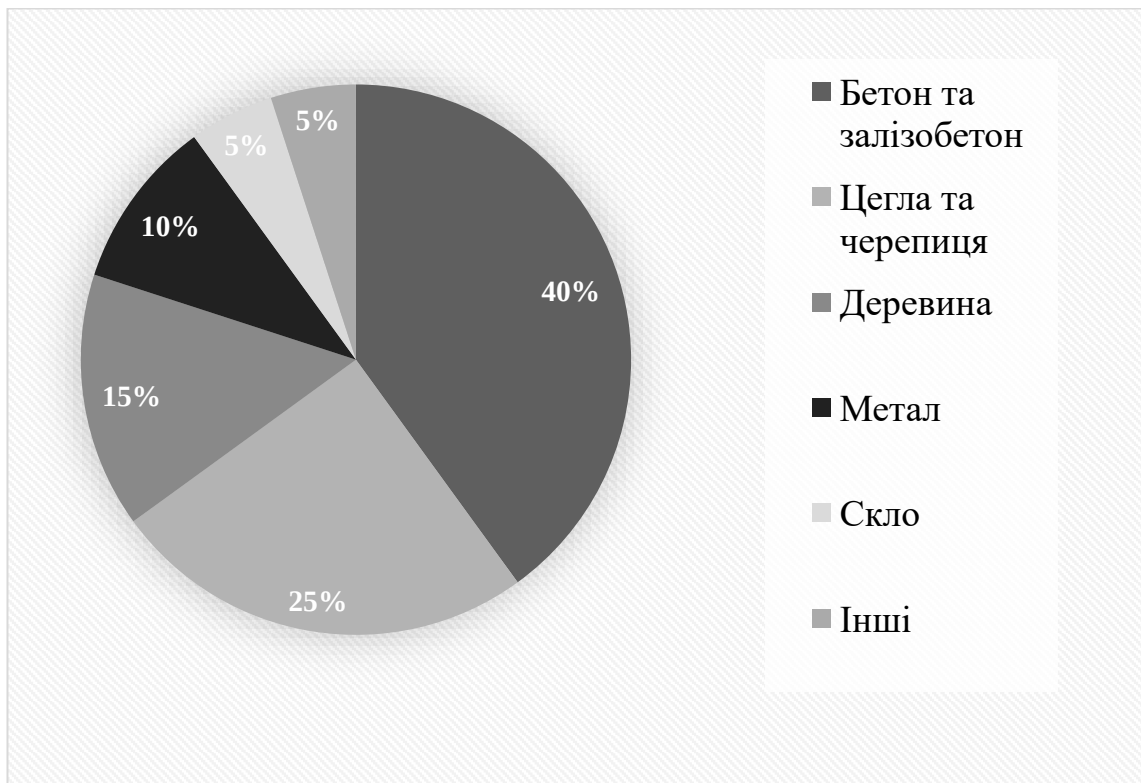


Рисунок 1.5 – Структура будівельних відходів за типами матеріалів, %

На етапах будівництва, ремонту та демонтажу відходи класифікують на великогабаритні (утворені руйнуванням конструкцій), пакувальні матеріали (плівка, папір для захисту будматеріалів) та дрібні фракції (пил та залишки після виконання робіт) [4; 38].

Існує також класифікація будівельних відходів за видом сировини, з якої вони утворені: металеві залишки; бетонні конструкції; залізобетонні елементи; скло (ціле або розбите); дерев'яні компоненти; різноманітні елементи інженерних комунікацій [27; 42].

Такий підхід до класифікації підкреслює широкий спектр та складність будівельних відходів, що виникають під час будівництва, ремонтних робіт або демонтажу, особливо в умовах постконфліктного відновлення. Це обумовлює необхідність застосування ефективних методів управління та переробки цих матеріалів [4; 25; 36].

1.3 Нормативно-правове регулювання управління будівельними відходами в Україні в умовах воєнних дій

Управління відходами в Україні, зокрема будівельними, регламентується Законом України «Про управління відходами». Цей законодавчий акт охоплює десять розділів, що визначають комплексні підходи до поводження з відходами: від запобігання їх утворенню до збору, зберігання, переробка та видалення. Закон також регламентує транскордонне переміщення відходів (імпорт, експорт, транзит) з урахуванням контролю за мінімізацією їх негативного впливу на довкілля [33; 34; 43].

Основні завдання закону включають:

- формування принципів національної політики у сфері управління відходами;
- регулювання правових відносин у цій галузі;
- встановлення стандартів і вимог до процесів поводження з відходами;
- сприяння зменшенню обсягів утворення відходів та розвитку їх переробки.

Державна політика у сфері поводження з відходами спрямована на [19; 33; 34]:

- забезпечення ефективного збору, безпечного видалення або видалення відходів з дотриманням екологічних стандартів;
- мінімізацію кількості та небезпеки відходів;
- раціональне використання природних ресурсів;
- створення умов для повторного використання та переробки відходів, що містять цінні компоненти;
- впровадження нових екологічно безпечних технологій видалення непереробних відходів;
- контроль за станом місць видалення відходів для зменшення їхнього впливу на довкілля;

- проведення досліджень нових видів відходів задля оптимізації їх видалення;
- розвиток інфраструктури для поводження з відходами;
- захист прав працівників у галузі управління відходами.

Принципами державної політики України у сфері обігу відходів є: захист довкілля від шкідливого впливу відходів, ефективне використання природних ресурсів та гармонізація екологічних, економічних і соціальних інтересів на основі науково обґрунтованих підходів. Закон «Про управління відходами» передбачає різні форми відповідальності – від дисциплінарної до кримінальної – за порушення встановлених норм та вимог [33].

Дія цього закону реалізується у взаємозв'язку з іншими нормативно-правовими актами, що регламентують екологічну сферу, зокрема [3; 4; 6; 7; 10; 27; 28; 31]:

1. «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року».
2. «Про охорону навколишнього природного середовища».
3. «Про забезпечення здоров'я та епідемічного благополуччя населення».
4. «Про поводження з радіоактивними відходами».
5. «Про металобрухт».
6. «Про хімічні джерела струму».
7. «Про ветеринарні препарати».
8. «Про обіг, переробку, захоронення, знищення або подальше використання недоброякісної та небезпечної продукції».
9. Кодекс України про надра, а також іншими регуляторними документами.

Національна стратегія управління відходами України до 2030 року орієнтована на зменшення обсягів утворення відходів та впровадження моделі закритої циркулярної економіки. У цьому контексті «Закон України про охорону навколишнього природного середовища» виступає ключовим

нормативним актом, що закріплює правові, економічні та соціальні засади державної екологічної політики [3; 32; 31].

Закон України «Про забезпечення здоров'я та епідеміологічного благополуччя населення» регламентує відносини у сфері охорони здоров'я та визначає відповідальність установ, підприємств і організацій за забезпечення безпеки населення, контроль за використанням шкідливих речовин і належну обробку відходів. Закон «Про металобрухт» встановлює правові рамки видалення брухту чорних та кольорових металів з метою захисту довкілля [3; 4; 6].

Постанова Кабінету Міністрів України № 1120 від 13.07.2000 «Положення про контроль за небезпечними відходами» регламентує правила ввезення та вивезення відходів відповідно до міжнародних конвенцій, зокрема Базельської [29].

Нормативно-правова база у сфері поводження з відходами також включає [5; 12; 29]:

1. ДБН В.2.4-2-2005, що встановлює вимоги до створення полігонів для твердих побутових відходів;
2. Національний санітарний кодекс та ДСанПіН 2.2.7.029-99, які визначають гігієнічні норми утилізації виробничих відходів;
3. Постанови Кабінету Міністрів України № 2034 та № 1360, що регламентують державний облік відходів та процедури їх реєстрації;
4. Постанова № 1216, яка встановлює порядок обліку місць видалення відходів;
5. Постанова № 1120, що визначає правила контролю за транскордонним перевезенням небезпечних відходів.

Проведений аналіз літературних джерел засвідчив, що управління будівельними відходами воєнного походження є актуальною екологічною проблемою сучасної України. Масові руйнування спричинили накопичення значних обсягів відходів, які містять токсичні та небезпечні компоненти (важкі метали, азбест, залишки пально-мастильних матеріалів, пластмаси) і

становлять серйозний ризик для довкілля та здоров'я населення. Наявна нормативно-правова база лише частково регламентує питання поводження з такими відходами через відсутність їх чіткого правового визначення.

Таким чином, раціональне управління воєнними будівельними відходами потребує інтеграції правових, технологічних і екологічних підходів, спрямованих на мінімізацію їх негативного впливу на навколишнє середовище.

2 ОБ'ЄКТ, МЕТОДИ І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Об'єкт дослідження

Розділ присвячений характеристиці об'єкту, методів і методики дослідження військових відходів, що утворилися на території України внаслідок повномасштабної збройної агресії. У роботі розглядаються категорії відходів воєнного походження, їхній екологічний вплив і специфічні властивості, що зумовлюють складність їх ідентифікації та управління. Для їх аналізу застосовано комплексний підхід, який включає аналітичні, польові, лабораторні, геоінформаційні та оціночні методи, спрямовані на виявлення масштабів забруднення, оцінку ризиків та формування рекомендацій щодо екологічно безпечного поводження з військовими відходами в умовах післявоєнного відновлення України [21; 24; 26; 36].

Об'єктом дослідження є військові відходи, утворені на території України внаслідок широкомасштабної збройної агресії російської федерації, а також пов'язані з ними процеси деградації довкілля, вторинного забруднення компонентів біосфери та порушення природних екосистем [10; 25; 36].

Військові відходи у даному контексті визначаються як будь-які речовини, матеріали, конструкції чи предмети, що утворюються під час або внаслідок бойових дій і втратили свої функціональні властивості, становлять небезпеку для людей і довкілля та підлягають видаленню або рециклінгу [4; 36]. Особливістю військових відходів, спричинених війною в Україні, є їхня комплексна природа, оскільки вони поєднують у собі елементи будівельних, хімічних, металургійних і токсичних забруднень, що ускладнює їх класифікацію та управління [1; 4; 25; 36].

Основні категорії об'єктів дослідження:

1. Відходи руйнувань та демонтажу (C&D Waste): група включає уламки будівель, зруйнованих об'єктів інфраструктури, промислових і житлових споруд. Утворені матеріали (бетон, цегла, арматура, асфальт, скло)

часто містять домішки вибухових речовин, палив, лакофарбових покриттів, азбесту, важких металів, що підвищує їхню екологічну небезпечність [1; 4; 36]. За даними Міндовкілля України (2023), лише у східних і південних областях утворено понад 50 млн тонн таких відходів, що є безпрецедентним за обсягом [40].

2. Небезпечні військові відходи: до цієї категорії належать залишки боєприпасів, уламки снарядів, вибухові речовини, мастильні матеріали, зруйновані склади палив, хімічні реагенти та горючі елементи техніки. Багато з них містять токсичні компоненти – тротил, нітрати, поліциклічні ароматичні вуглеводні, діоксини та важкі метали (Pb, Cu, Zn, Cd), які мають канцерогенну та мутагенну дію [10; 25; 26].

3. Забруднені ґрунти та нерозірвані боєприпаси: внаслідок обстрілів і вибухів у ґрунти потрапляють продукти згоряння вибухових речовин, металеві уламки, важкі метали, паливно-мастильні залишки. Це призводить до хімічної деградації ґрунтового профілю, зниження родючості та підвищення токсичності агроландшафтів. Додаткову загрозу становлять нерозірвані боєприпаси, які залишаються у землі роками, створюючи ризики для землекористування та життя населення [10; 36].

4. Вторинні джерела забруднення: атмосферне повітря, поверхневі та ґрунтові води, які піддаються впливу викидів і стоків після руйнування військових складів, нафтобаз, промислових підприємств, об'єктів енергетики та транспорту [10; 11; 36].

Отже, об'єктом дослідження є території з комплексним техногенно-військовим навантаженням, де відходи війни становлять як матеріальну, так і екологічну проблему, що потребує наукового аналізу й системного управління.

2.2 Методи обґрунтування технологічних рішень для видалення відходів

Для вивчення складу, просторового поширення та рівня небезпеки військових відходів в умовах України застосовано комплексний науково-дослідний підхід, який поєднує методи екологічного моніторингу, аналітичної хімії, геоінформаційного аналізу та оцінки екологічних ризиків [24; 36; 39].

Аналітико-оглядові методи включають:

- контент-аналіз офіційних звітів Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, UNEP, Світового банку та Програми ООН з відновлення України (UNDP, 2023–2024) щодо обсягів руйнувань та утворення відходів;
- порівняльний аналіз міжнародних практик післявоєнного відновлення територій (Хорватія, Косово, Сирія) з урахуванням українських реалій;
- систематизацію нормативно-правової бази: Законів України «Про відходи», «Про охорону навколишнього природного середовища», Національної стратегії управління відходами (2017–2030).

Польові методи включають:

- візуально-морфологічне обстеження територій у межах зон бойових дій для визначення типів, кількості та морфології відходів;
- відбір проб ґрунтів, води та залишків будівельних матеріалів за сітковою системою (0–20 см, 20–40 см), відповідно до ДСТУ ISO 10381-4:2003;
- GPS-фіксацію точок для подальшого картографування забруднених ділянок.

Лабораторні методи включають:

- хімічний аналіз проб на вміст важких металів (Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, Ni) методом атомно-абсорбційної спектроскопії (AAS);

- визначення залишків паливно-мастильних матеріалів методом інфрачервоної спектрофотометрії;
- оцінку кислотності та фізико-хімічних властивостей ґрунтів (рН, вміст органічної речовини, гранулометричний склад);
- радіометричні дослідження для виявлення потенційної присутності радіонуклідів у зонах руйнування військових складів або техніки.

Геоінформаційні методи включають:

- GIS-картографування територій із нанесенням виявлених точок забруднення, що дозволяє візуалізувати масштаби поширення військових відходів;
- дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) із використанням супутникових даних Sentinel-2 та Landsat для фіксації змін у рослинному покриві, ґрунтах і водних об'єктах.

Статистичні методи включають:

- кореляційний аналіз зв'язків між рівнем забруднення і віддаленістю від епіцентрів бойових дій;
- еколого-економічну оцінку збитків за методикою Міндовкілля (Наказ №167 від 2017 р.) з урахуванням коефіцієнтів небезпеки та територіальної чутливості.

Сучасні підходи до видалення будівельних відходів спрямовані на мінімізацію екологічного впливу та підвищення ефективності переробки вторинних матеріалів [1; 4; 25; 36]. Для формування практичних рекомендацій використано аналіз найкращих доступних технологій та бенчмаркінг сучасних підходів до видалення будівельних відходів, спрямованих на мінімізацію екологічного впливу та підвищення ефективності переробки вторинних матеріалів [24; 36; 39].

Основні проаналізовані технології включають:

1. Механічна переробка – подрібнення та сортування будівельних матеріалів для отримання вторинної сировини (щебінь, пісок) для повторного використання у будівництві;
2. Термічна обробка – піроліз та газифікація, що перетворюють відходи на енергетичні ресурси, зменшуючи їх обсяг та підвищуючи енергоефективність видалення;
3. Біологічна обробка – використання мікроорганізмів для розкладання органічних компонентів, ефективне для деревини та інших біорозкладних матеріалів;
4. Рекультивація та відновлення земель – застосування будівельних відходів для відновлення деградованих або пошкоджених територій у рамках ландшафтних та землепорядних проєктів;
5. Геополімеризація – перетворення відходів (зола, шлак) у нові будівельні матеріали, зокрема геополімерний бетон;
6. 3D-друк із вторинної сировини – використання перероблених будівельних матеріалів для створення конструкцій та архітектурних елементів;
7. Розумне сортування відходів – застосування сучасних технологій для точного та ефективного сортування матеріалів, що підвищує ефективність їх переробки.

Застосування цих технологій не лише знижує негативний вплив на довкілля, а й підвищує економічну ефективність використання вторинних ресурсів. Постійний розвиток методів видалення та інноваційного обладнання забезпечує ефективнішу та екологічно безпечну переробку будівельних відходів [24; 39].

Для системного оцінювання екологічного впливу застосовуються такі методи:

1. Аналіз життєвого циклу (Life Cycle Assessment, LCA) – оцінює вплив на довкілля на всіх етапах життєвого циклу відходів, дозволяючи

визначити стадії з максимальним навантаженням і оптимізувати процеси для зменшення впливу.

2. Ризик-аналіз – визначає ймовірність виникнення шкідливих подій та їх потенційні наслідки, ідентифікує джерела забруднення.

3. Геохімічне картування – оцінює просторове поширення токсичних речовин у ґрунтах і водних об'єктах.

4. Моделювання розповсюдження забруднювачів – прогнозує переміщення шкідливих компонентів у довкіллі та потенційний вплив на ґрунти, води та повітря.

5. Моніторинг якості ґрунтів і води – дозволяє відстежувати наявність забруднення та динаміку його розвитку.

6. Екологічний аудит – оцінює ефективність існуючих практик управління відходами та визначає напрями вдосконалення системи екологічного менеджменту.

Застосований комплекс методів дослідження дозволив всебічно оцінити склад, небезпеку та просторову структуру військових і будівельних відходів в умовах України, а також обґрунтувати технологічні рішення для їх екологічно безпечного видалення.

Поєднання аналітичних, польових, лабораторних, геоінформаційних та статистичних підходів забезпечило достовірність отриманих даних і можливість їх інтеграції у систему управління відходами.

Аналіз найкращих доступних технологій показав, що ефективно видалення та перероблення відходів потребує комбінування механічних, термічних, біологічних та інноваційних методів, а також запровадження сучасних інструментів контролю, таких як LCA, ризик-аналіз і геохімічне моделювання.

Комплексність отриманих результатів створює наукове підґрунтя для формування дієвих рішень з мінімізації екологічних ризиків, підвищення ресурсоефективності та забезпечення сталого відновлення територій, постраждалих від воєнних дій.

2.3 Методика дослідження відходів, утворених внаслідок бойових дій

Методика дослідження розроблена з урахуванням сучасних викликів післявоєнного періоду в Україні та базується на принципах комплексності, безпечності, просторової репрезентативності та відтворюваності результатів [24; 36; 39].

Етап 1. Підготовчо-аналітичний: збір і аналіз супутникових даних, офіційних карт бойових дій, звітів військових адміністрацій, екологічних інспекцій і гуманітарних організацій; визначення територій із найбільшим потенціалом накопичення військових відходів (Донецька, Харківська, Миколаївська, Херсонська області); формування картосхем і попередня класифікація типів відходів за морфологічними ознаками.

Етап 2. Польовий: проведення рекогносцирувального обстеження з дотриманням вимог безпеки; відбір проб ґрунтів, поверхневих вод і залишків матеріалів у зонах руйнувань; фіксація GPS-координат точок і створення цифрової бази даних відборів.

Етап 3. Лабораторно-аналітичний: проведення лабораторних досліджень у сертифікованих еколабораторіях; визначення концентрацій токсичних елементів і порівняння їх із гранично допустимими концентраціями, встановленими для ґрунтів і вод в Україні.

Етап 4. Аналітико-оціночний: побудова карт розподілу забруднення за допомогою ArcGIS або QGIS; визначення територій із критичним рівнем токсичності; розрахунок потенційного екологічного ризику (ER) та віднесення територій до категорій: низький, помірний, високий ризик.

Етап 5. Рекомендаційно-управлінський: формування пропозицій щодо очищення, знешкодження, рециклінгу або рекультивації військових відходів відповідно до принципів найкращих доступних технологій і циркулярної економіки; розроблення екологічних карт-схем ризику для включення у місцеві програми післявоєнного відновлення; визначення пріоритетних зон для

впровадження технологій мобільного рециклінгу C&D-відходів, хімічної нейтралізації небезпечних речовин і біологічної рекультивації ґрунтів.

Отже, проведені дослідження підтверджує, що військові відходи, утворені внаслідок війни в Україні, становлять новий тип техногенного навантаження, який характеризується високим рівнем екологічної небезпеки, різноманітним складом та складністю видалення. Поєднання аналітичних, лабораторних, GIS- та еколого-економічних методів дозволяє комплексно оцінити масштаби забруднення й визначити оптимальні шляхи мінімізації наслідків. Розроблена методика може бути застосована для створення національної системи моніторингу військових відходів та планування післявоєнної екологічної реабілітації територій України.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Екологічна оцінка впливу будівельних відходів воєнного походження на навколишнє середовище

Інтенсивність руйнувань, спричинений повномасштабною військовою агресією, призвів до утворення колосальних обсягів будівельних відходів воєнного походження, які становлять одну з найгостріших екологічних загроз. Загальний обсяг відходів руйнування в Україні вже перевищив 6 мільйонів тонн. Ці матеріали класифікуються відповідно до українського законодавства, зокрема, як «відходи, що утворилися через пошкодження (руйнування) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведення робіт з ліквідації їх наслідків» (код 16 12) [42].

Значний масштаб накопичення відходів створює не просто проблему видалення, а й критичний логістичний та фінансовий виклик для національної стратегії відновлення. Пряме захоронення такої маси матеріалів є неможливим і суперечить принципам сталого розвитку. З огляду на це, стратегічні плани відбудови України мають обов'язково включати повторне використання відходів руйнації, перетворюючи їх на цінні ресурси за допомогою інноваційних технологій, що відповідає концепції циркулярної економіки. Необхідність сортування та повторного використання також закріплена урядовими постановами, зокрема Постановою КМУ від 18.12.2019 № 1073.

Крім власне будівельного сміття, воєнний конфлікт спровокував зростання обсягів небезпечних відходів, які утворюються юридичними особами. Згідно з аналітичними даними, у 2024 році було згенеровано понад 592 тисячі тонн небезпечних відходів. Розподіл цих обсягів є вкрай нерівномірним, з лідерами серед регіонів, де зосереджена важка промисловість (Запорізька область – понад 31% загальнонаціонального показника), хімічне виробництво та енергетичний сектор, що традиційно продукують відходи I–II класу небезпеки. Це призводить до дисбалансу

екологічних ризиків. Хоча промислові регіони генерують найбільші обсяги небезпечних відходів, кумулятивний ризик для довкілля від відходів руйнацій у прифронтових областях, де зруйновані об'єкти розташовані неконтрольовано, може бути вищим. Наприклад, на Миколаївщині станом на кінець 2023 року будівельним сміттям було засмічено 57 га території, що демонструє проблему неконтрольованого розміщення та відсутності належної інфраструктури для управління даними відходами у регіонах, що зазнали інтенсивних обстрілів.

Морфологічний склад відходів руйнування демонструє їх високий потенціал для рециклінгу. Переважна більшість відходів складається з інертних матеріалів: бетон та залізобетон – 52%; стінові матеріали (цегла, стінові блоки, піно- та газобетон) – 32%; відходи асфальту та будівельних розчинів – 8%.

Таким чином, понад 92% загального обсягу відходів складають матеріали, придатні для повторного використання або перероблення у будівельній галузі. Крім того, близько 4% обсягу становлять відходи металів (чавун, сталь, алюміній, свинець, цинк, олово), які є високоцінними вторинними ресурсами для промисловості.

Незважаючи на високу частку інертних матеріалів, екологічна оцінка відходів має враховувати наявність небезпечних компонентів, що визначають клас небезпеки відходів. Вони часто містять речовини, що становлять значну загрозу довкіл्लю та здоров'ю людини: токсичні метали (свинець, ртуть, кадмій), азбест, хімічні речовини (кислоти, луги, розчинники). Ці токсиканти походять від фарб, спеціалізованих будівельних матеріалів (наприклад, ізоляція, покрівля), акумуляторів, промислового обладнання та навіть залишків вибухових речовин.

Ключова проблема полягає у дифузному забрудненні. Зруйновані об'єкти, особливо промислові зони, призводять до змішування відходів класу небезпеки із великою інертною масою. Це означає, що токсичні компоненти розсіюються, а будівельне сміття стає носієм токсикантів. Таким чином, увесь

об'єм відходів перетворюється на «комплексний відхід», що вимагає проведення лабораторних аналізів та скринінгу для визначення фактичного класу небезпеки перед будь-якими операціями з переробки чи захоронення. Висока вартість такого сортування підвищує загальну вартість поводження з відходами руйнувань.

Важкі метали, такі як свинець (Pb), кадмій (Cd), цинк (Zn) і мідь (Cu), є ключовими токсичними компонентами, що містяться у відходах. Вони походять із широкого спектра антропогенних джерел, включаючи металургійні підприємства, теплові електростанції, транспорт та виробництво цементу. Небезпека, яку становлять важкі метали, залежить не стільки від їхньої присутності, скільки від форми їхньої міграції та доступності для біоти.

Важкі метали є високостійкими та кумулятивними забруднювачами. Вони надходять у навколишнє середовище шляхом осідання аерозолів та пилу з атмосфери на поверхню рослин і ґрунтів. Згодом відбувається їхнє накопичення у ґрунті, звідки вони засвоюються кореневою системою рослин. Це створює кумулятивну та трофічну небезпеку, оскільки токсиканти можуть потрапляти в організм людини через харчовий ланцюг та забруднену питну воду.

Ще однією критичною загрозою є азбест. При виконанні робіт з демонтажу пошкоджених будівель існує високий ризик неконтрольованих викидів азбестового пилу в атмосферу. Азбест визнаний канцерогеном, і його вплив має бути мінімізований відповідно до законодавчих вимог, що вимагає спеціальних заходів під час демонтажу.

В умовах полікомпонентного забруднення, характерного для зон бойових дій, де одночасно руйнуються об'єкти різного функціонального призначення (житлові, промислові, енергетичні), необхідно оцінювати сумарний токсикологічний ефект забруднюючих речовин (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Токсикологічна характеристика ключових забруднювачів відходів руйнування та їх синергічні ефекти

Група забруднювачів	Типові представники	Основне джерело відходів руйнацій	Екотоксикологічний ефект	Характер взаємодії
Важкі метали (ВМ)	Свинець (Pb), Кадмій (Cd), Цинк (Zn), Мідь (Cu), Ртуть (Hg)	Фарби, покриття, промислові об'єкти, електронні компоненти	Нейротоксичність, кумуляція у ґрунті, порушення функцій ферментів	Синергізм (Zn+Cu, Zn+Ni): кратне збільшення токсичності
Волокнисті матеріали	Азбест	Покрівля, теплоізоляція, азбестоцементні вироби	Канцерогенність (через інгаляцію пилу), хронічне забруднення повітря	Адитивна дія: пил, що містить ВМ та азбест, посилює респіраторні ризики
Хімічні речовини	Кислоти, луги, розчинники, нафтопродукти	Зруйновані промислові, складські та медичні установи	Зміна рН ґрунту та вод, гостра токсичність, загроза для біоти	Синергізм при вилигуванні: зміна рН може збільшувати розчинність ВМ

Особливу увагу слід приділяти синергізму – ефекту, коли спільна дія кількох речовин перевищує суму їхніх індивідуальних впливів. Наприклад, у науковій літературі зазначається, що суміш цинку (Zn) і міді (Cu) може бути у п'ять разів більш токсичною, ніж проста арифметична сума їхньої токсичності. Аналогічний ефект спостерігається для суміші Zn з нікелем (Ni). І навпаки, деякі елементи можуть виявляти фізіологічний антагонізм, наприклад, цинк і кадмій.

Через складний характер полікомпонентного забруднення, стандартні методи оцінки ризиків, засновані на індивідуальних гранично допустимих концентраціях, можуть систематично недооцінювати реальну екотоксикологічну загрозу. Необхідно враховувати всі особливості взаємодії речовин, оскільки синергічні ефекти можуть багаторазово підвищувати реальну токсичність середовища. Це вимагає впровадження індексів сумарного забруднення для адекватної оцінки екологічної небезпеки.

Відходи руйнацій чинять значний негативний вплив на якість атмосферного повітря. Забруднення виникає внаслідок двох основних процесів: по-перше, виділення токсичних речовин, що спалюються під час пожеж, спричинених обстрілами; по-друге, викиди пилу та токсичних газів під час розбирання, переробки або неконтрольованого розміщення будівельних матеріалів. Ці процеси генерують високотоксичні аерозолі та пил, що створюють подвійну загрозу.

Фізичний вплив полягає в утворенні дрібнодисперсних частинок (PM_{2.5}, PM₁₀), які негативно впливають на дихальну систему. Хімічний вплив пов'язаний із тим, що цей пил переносить адсорбовані токсиканти: азбестовий пил, який є відомим канцерогеном, та важкі метали. Забруднене повітря є прямою причиною низки проблем зі здоров'ям, включаючи астму, рак та серцево-судинні захворювання.

Неналежне поводження з відходами та їх неконтрольоване зберігання поза визначеними місцями, що заборонено Постановою КМУ № 1073, є прямим джерелом забруднення гідросфери. Шкідливі компоненти,

вилуговуючись з відходів під впливом атмосферних опадів, можуть потрапляти до поверхневих та підземних вод. Це призводить до погіршення якості водних ресурсів, включаючи річки та озера, які забруднюються важкими металами та іншими небезпечними речовинами.

Неконтрольоване захоронення відходів руйнувань, особливо у місцях із несприятливими гідрогеологічними умовами, створює ризик утворення високотоксичного фільтрату. Цей фільтрат повільно, але незворотно забруднює водоносні горизонти, що загрожує якості питної води для значних груп населення. При цьому хімічні речовини, такі як кислоти чи луги, що містяться у відходах, можуть зміщувати рН фільтрату. Це у свою чергу, підвищує розчинність важких металів, посилюючи їхню міграцію у водоносні шари.

Ґрунти страждають від забруднення як аерогенним шляхом (осідання викидів з атмосфери), так і через пряме фізичне засмічення у зонах руйнувань. Важкі метали, що осідають з атмосфери навколо джерел забруднення (включаючи місця спалювання та переробки відходів), можуть поширюватися на десятки кілометрів.

На відміну від повітря чи води, ґрунт є високоінертним середовищем, де важкі метали не розкладаються, а кумулюються протягом тривалого часу. Таким чином, забруднення від відходів створює не тимчасові, а перманентні екологічні збитки. Ґрунт перетворюється на довготривалий резервуар токсичності, стаючи вторинним джерелом забруднення для інших компонентів довкілля, включаючи воду та рослини. Ліквідація такого забруднення вимагає складних та фінансово витратних заходів із деконтамінації. Для прогнозування динаміки забруднення ґрунтів та планування відновлювальних робіт використовуються методи технічної кібернетики та компартментні моделі міграції забруднюючих речовин у системах «атмосферне повітря – ґрунт» та «ґрунт – вода».

Вплив відходів, утворених унаслідок воєнних дій, на біоту має багатофакторний характер: основні шляхи надходження токсикантів у

рослини включають безпосереднє осідання пилу та аерозолів на поверхню листя та кореневе засвоєння металів, що накопичилися в ґрунті.

Окрім прямої токсичності важких металів, фізичне засмічення та хімічне забруднення (наприклад, зміна рН ґрунту через луги або кислоти з відходів) порушують функціонування агроценозів. Відбувається зміна фізико-хімічних властивостей ґрунтів, що призводить до порушення водного та повітряного режимів. Це може критично вплинути на ґрунтову біоту, знижуючи біорізноманіття та порушуючи цикли поживних речовин. Як наслідок, знижується родючість ґрунтів, що безпосередньо загрожує сільському господарству та продовольчій безпеці. Моніторинг та моделювання міграції радіонуклідів та інших забруднюючих речовин у системі «ґрунт – рослина» є критично важливим для оцінки ризиків для агроценозів.

Кількісна оцінка еколого-токсикологічних ризиків, спричинених відходами руйнувань, вимагає інтегрованого підходу. Недостатньо просто вимірювати концентрації окремих забруднювачів і порівнювати їх з ГДК. Необхідно проводити скринінг і лабораторні аналізи для виявлення небезпечних компонентів, враховуючи при цьому морфологічний склад відходів та потенційні синергічні взаємодії між токсикантами (наприклад, Zn+Cu, Zn+Ni).

Комплексний підхід має включати токсикокінетичний аналіз, що передбачає прогноз міграції забруднюючих речовин у ключових середовищах. Для цього використовуються компартментні (камерні) моделі, які дозволяють не лише фіксувати існуюче забруднення ґрунтів, але й прогнозувати його динаміку на майбутнє з урахуванням заходів, спрямованих на зменшення забруднення. Такий інтегрований підхід необхідний для розробки адекватних правил поведінки із небезпечними компонентами.

Відходи, утворені внаслідок руйнувань, створюють ризики для здоров'я населення через прямі та опосередковані шляхи експозиції.

1. Інгаляційний шлях: найбільш гостра загроза виникає через забруднення атмосферного повітря пилом та токсичними газами під час робіт з розбирання або переробки будівельних матеріалів. Це включає викиди канцерогенного азбестового пилу та аерозолів важких металів. Інгаляційна експозиція може викликати гострі респіраторні захворювання (астму) та довгострокові онкологічні і серцево-судинні захворювання.

2. Пероральний та дермальний шляхи: опосередкована експозиція відбувається через забруднення питної води (важкі метали) та через трофічний ланцюг, коли токсиканти з ґрунту потрапляють у сільськогосподарську продукцію.

Особливий ризик несуть працівники, залучені до відновлювальних робіт, які зазнають підвищеної експозиції під час демонтажу та сортування. З метою мінімізації впливу азбестового пилу та інших небезпечних факторів, законодавство вимагає вжиття спеціальних заходів охорони праці під час виконання робіт з демонтажу.

Одним із найбільш значних довгострокових ризиків є неконтрольоване розміщення відходів. Хоча законодавство чітко забороняє зберігання відходів руйнувань поза межами визначених місць їх тимчасового зберігання або об'єктів поводження з відходами, існує ризик недотримання цих вимог.

Аналіз показує, що низькі штрафи за неналежне поводження з відходами можуть бути значно меншими, ніж реальна вартість належного збирання, сортування та оброблення комплексних відходів. Це створює екологічний ризик, керований економікою, коли економічна доцільність стимулює нелегальне захоронення. Це, у свою чергу, призводить до неконтрольованого та довготривалого забруднення ґрунтів та підземних вод. Як наслідок виникає хронічне вилуговування токсичних компонентів і створює джерела забруднення, які є найважчими та найдорожчими для ліквідації в майбутньому. Тому ризики від неконтрольованого розміщення мають найвищий ступінь довгострокової небезпеки.

Ефективне управління еколого-токсикологічними загрозами базується на чіткій нормативно-правовій базі, зокрема на Постанові КМУ № 1073, яка регулює поводження з відходами від руйнувань. Серед ключових вимог – забезпечення сортування відходів руйнувань для їх подальшого оброблення та утилізації, розробка правил поводження із небезпечними компонентами, послідовне виконання ліквідаційних робіт, транспортування та захоронення у визначених місцях, а також регулярний моніторинг місць захоронення.

Стратегія відновлення України акцентує увагу на реформі управління відходами як фундаменті побудови циркулярної економіки. Однак для реалізації цих цілей існує системний дефіцит потужностей. Ефективне управління ризиками вимагає створення спеціальної системи оцінки, компетенції персоналу та достатньої інфраструктури, включаючи спеціалізовані полігони та установки для обробки небезпечних компонентів. Враховуючи, що загальні обсяги НВ в країні вже є значними (понад 592 тис. тонн), додаткові токсичні відходи воєнного походження критично перевантажують існуючі потужності. Це зумовлює гостру необхідність міжнародної співпраці та інвестицій у інфраструктуру та експертну підтримку для запобігання довготривалим наслідкам для навколишнього природного середовища та населення.

Таблиця 3.2 демонструє матрицю еколого-токсикологічних ризиків від відходів руйнувань за компонентами довкілля.

Таблиця 3.2 – Матриця еколого-токсикологічних ризиків, асоційованих з відходами руйнувань

Компонент довкілля	Шлях впливу	Основний забруднювач	Основний ризик для населення / біоти	Ступінь довгострокової небезпеки
Атмосферне повітря	Інгаляція аерозолів і пилу	Азбест, важкі метали, токсичні гази	Онкологічні (рак), респіраторні (астма)	Високий (хронічна експозиція)
Гідросфера	Фільтрація, вилуговування фільтрату	Важкі метали (Pb, Cd), хімічні сполуки	Забруднення питної води, отруєння водних організмів	Критичний (кумулятивний, можливі незворотні наслідки)
Ґрунти / літосфера	Кумуляція, осідання, кореневе засвоєння	Важкі метали, вибухові речовини	Зниження родючості, надходження токсикантів у трофічний ланцюг	Високий (необхідність деконтамінації)
Місця тимчасового зберігання	Неконтрольоване розміщення	Суміш відходів різних класів	Загроза пожеж, прямий контакт, вторинне забруднення всіх компонентів	Високий (рівень небезпеки залежить від якості моніторингу)

Таким чином, екологічна оцінка впливу будівельних відходів воєнного походження виявила їхню подвійну природу: з одного боку, вони є цінним вторинним ресурсом (понад 90% – інертні матеріали), з іншого – джерелом комплексного та дифузного забруднення через наявність високотоксичних компонентів (важкі метали, азбест, хімікати). Обсяг відходів руйнувань, що перевищує 6 мільйонів тонн, вимагає переходу від моделі захоронення до циркулярної економіки.

Найбільшу довгострокову загрозу становить неконтрольоване розміщення відходів, яке, у поєднанні з низькими штрафами за порушення, призводить до хронічного забруднення ґрунтів та водоносних горизонтів через вилуговування токсичного фільтрату. Еколого-токсикологічні загрози для населення посилюються синергічними ефектами забруднювачів (наприклад, Zn+Cu), які можуть багаторазово підвищувати загальну токсичність середовища, що вимагає впровадження інтегрованих методологій оцінки ризиків та прогнозного моделювання міграції токсикантів. Для мінімізації цих ризиків необхідне термінове створення спеціалізованої інфраструктури та забезпечення строгого моніторингу, як того вимагають національні нормативно-правові акти.

3.2 Еколого-правове та економічне управління будівельними відходами воєнного походження

Внаслідок військових дій в Україні утворюються значні обсяги будівельних відходів, які за своєю структурою та складом значно відрізняються від традиційних. Ці відходи, відомі як відходи руйнування, характеризуються гетерогенністю та високим рівнем токсикологічної небезпеки. Окрім типових будівельних матеріалів (бетон, скло, деревина), вони включають спеціалізовані компоненти:

1. Вибухонебезпечні елементи: нерозірвані боєприпаси та залишки озброєння;
2. Токсичні речовини: азбест, свинцеві елементи, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), а також хімічні сполуки з батарей та електронних компонентів.

Накопичення таких відходів на незахищених територіях (лісові масиви, водоохоронні зони, сільськогосподарські угіддя) створює серйозну екологічну загрозу.

Основні екологічні ризики, пов'язані з нерегламентованою утилізацією будівельних відходів:

- забруднення ґрунтів: проникнення токсичних компонентів (важкі метали, азбест) спричиняє зміну фізико-хімічних властивостей ґрунтів та зниження їхньої родючості;
- забруднення водних ресурсів: вимивання шкідливих речовин атмосферними опадами (фільтрат) у поверхневі та підземні води погіршує якість питної води;
- забруднення атмосферного повітря: утворення пилових частинок та токсичних газів під час демонтажу і переробки негативно впливає на здоров'я населення;
- порушення біорізноманіття: неконтрольоване накопичення відходів веде до деградації природних територій.

Правове регулювання поводження з відходами в Україні базується на Законі України «Про управління відходами» (№2320-IX, чинний з 09.07.2023). Цей закон визначає загальні засади класифікації, збору, переробки та видалення всіх видів відходів.

Особливий порядок поводження з відходами, що утворюються внаслідок руйнувань через військові дії, встановлено Постановою Кабінету Міністрів України №1073 від 27.09.2022.

Процес управління відходами руйнувань згідно з Постановою №1073 передбачає таку послідовність дій:

1. Початкове очищення територій та ідентифікація вибухонебезпечних елементів.
2. Сорткування компонентів для подальшого відновлення/переробки.
3. Транспортування до об'єктів обробки або тимчасового зберігання.
4. Переробка, знешкодження та кінцеве видалення.

Незважаючи на наявність законодавчої бази, її реалізація є фрагментарною. На квітень 2024 року в Україні утворено понад 223 тис. тонн відходів руйнування, але облік і сорткування здійснюються нерівномірно, що ускладнює повторне використання матеріалів.

Важливим кроком є гармонізація національного законодавства з міжнародними директивами (наприклад, Директива ЄС 2008/98/ЄС), оскільки поняття «відходи війни» не має окремого правового статусу в чинному Національному класифікаторі відходів ДК 005-96. Необхідні напрями правового вдосконалення системи управління відходами війни наведено на рисунку 3.1.

Ефективне управління відходами руйнування має не лише екологічне, але й значне економічне значення. Раціональна переробка може забезпечити суттєвий економічний ефект, оскільки матеріали можуть бути повторно використані як будівельна сировина (досвід Польщі та Німеччини після Другої світової війни показав можливість повторного використання до 40% матеріалів від руйнувань).

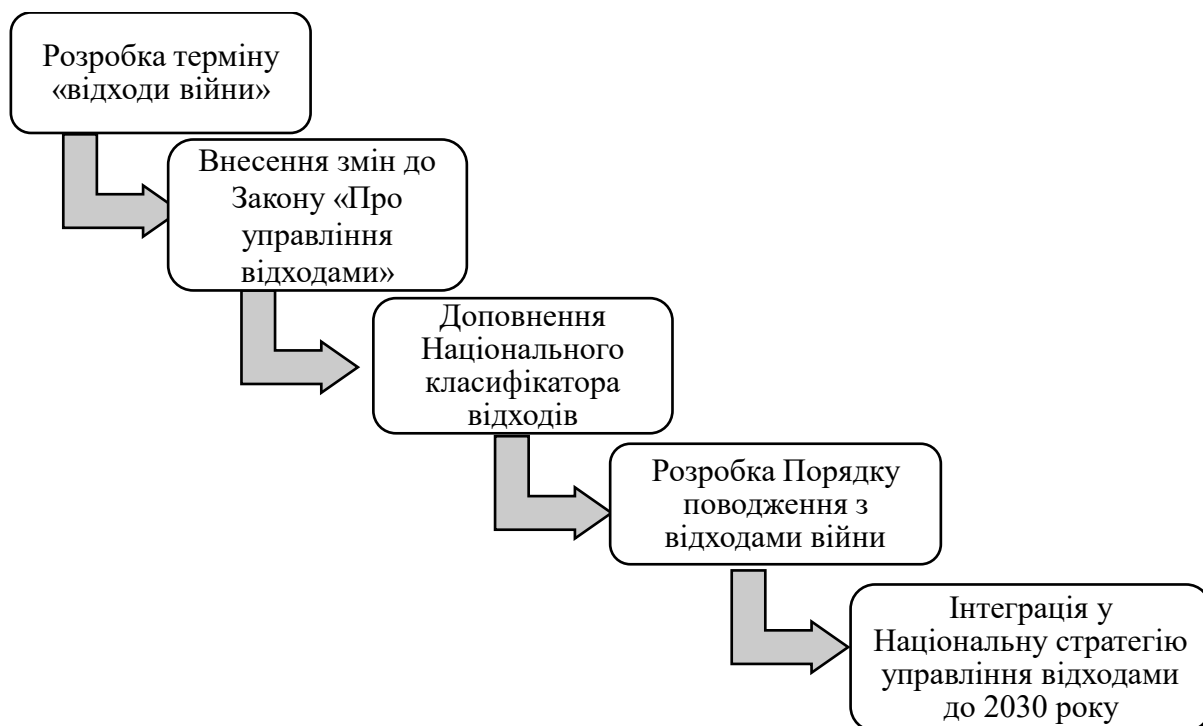


Рисунок 3.1 – Схема необхідних напрямів правового удосконалення системи управління відходами війни

Потенційну структуру повторного використання відходів війни подано у таблиці 3.3, що дозволяє визначити пріоритетні напрямки рециклінгу для сталого відновлення.

Таблиця 3.3 – Потенційна структура повторного використання відходів війни

Вид матеріалу	Частка у загальному обсязі, %	Потенційне використання
Бетон і цегла	45–55	Виробництво вторинного щебеню, цементу
Металеві конструкції	10–15	Переплавлення та повторне використання
Деревина	5–8	Виробництво пелет, добрив, енергії
Скло, пластик	3–5	Виробництво склобою, полімерної сировини
Небезпечні речовини	2–3	Спеціалізована утилізація

Наведений аналіз свідчить, що еколого-правове та економічне управління будівельними відходами воєнного походження є комплексним і багаторівневим процесом, ефективність якого визначається узгодженістю нормативно-правової бази, належною організацією операцій збирання, сортування та переробки, а також рівнем екологічного контролю. Попри наявність законодавчих механізмів, їхня практична реалізація залишається недостатньо системною, що призводить до нерівномірного обліку, обмеженого рециклінгу та збереження високих екологічних загроз. Гармонізація національного законодавства з європейськими стандартами, удосконалення класифікації відходів війни та розвиток інфраструктури переробки є ключовими умовами для мінімізації токсикологічного навантаження на довкілля та підвищення економічної ефективності повторного використання матеріалів у процесах післявоєнного відновлення.

3.3 Заходи щодо мінімізації екологічного впливу відходів, утворених внаслідок воєнних дій

Мінімізація екологічних загроз, пов'язаних із поводженням із відходами воєнного походження, потребує впровадження комплексної системи технічних, організаційних, правових та екологічних заходів, спрямованих на зменшення токсичності матеріалів, забезпечення їх екологічно безпечного видалення та максимальне використання їхнього ресурсного потенціалу. З огляду на масштаб руйнувань і складну морфологічну структуру відходів, доцільним є формування інтегрованої багаторівневої моделі управління, що охоплює технологічні, інфраструктурні та нормативно-правові аспекти.

Першочерговим завданням є технологічне вдосконалення процесів збирання та первинної обробки відходів. Доцільним є застосування сучасних методів очищення (деконтамінації), детоксикації та інноваційних екотехнологій, таких як біоремедіація та фітосанація, що забезпечують

зменшення токсичного навантаження на довкілля. Попереднє сортування на місцях руйнувань із вилученням небезпечних компонентів (азбесту, свинцевих матеріалів, електронних відходів, уламків із вмістом нафтопродуктів) та подальшим транспортуванням їх на спеціалізовані об'єкти нейтралізації дозволяє знизити ризики вторинного забруднення атмосферного повітря, ґрунтового покриву та водних ресурсів.

Розвиток інфраструктури для екологічно безпечного поводження з будівельними відходами є ще одним ключовим напрямом. Створення мобільних і стаціонарних пунктів обробки, обладнаних системами захисту ґрунтів і підземних вод, сприятиме ефективному дробленню, фракціонуванню та перетворенню інертних матеріалів на вторинні будівельні ресурси. Такий підхід забезпечує не лише зменшення обсягів відходів, а й реалізацію економічного потенціалу їх повторного використання, що є важливою складовою сталого відновлення зруйнованої інфраструктури.

Значущим елементом управлінської системи є впровадження системного екологічного моніторингу місць тимчасового зберігання, вилучення та перероблення відходів воєнного походження. Регулярний контроль вмісту важких металів, органічних токсикантів, мікрочастинок та інших небезпечних домішок у компонентах довкілля дозволяє своєчасно виявляти потенційні ризики та коригувати стратегії рекультивації. Забезпечення уніфікованих підходів до моніторингу та залучення акредитованих лабораторій підвищує достовірність і відтворюваність результатів.

Не менш важливим є удосконалення нормативно-правового забезпечення процесів поводження з відходами руйнувань. Розроблення спеціалізованих стандартів щодо класифікації, маркування, транспортування та перероблення таких відходів, а також визначення чітких повноважень органів влади, включно з департаментами екології, сприятиме підвищенню прозорості управлінських рішень і забезпеченню відповідальності за дотримання екологічних вимог. Еколого-правове регулювання повинно

супроводжуватися внесенням змін до чинного законодавства з метою адаптації його до умов післявоєнного відновлення.

Завершальним етапом є здійснення рекультиваційних робіт на територіях із порушеним ґрунтовим покривом. Відновлення родючості, застосування методів фітомеліорації, біоремедіації та інших природоорієнтованих технологій сприяють відтворенню екосистемних функцій і зменшенню тривалих екологічних наслідків.

Отже, мінімізація екологічного впливу відходів, утворених унаслідок воєнних дій, вимагає інтегрованого поєднання інженерно-технологічних рішень, розвитку відповідної інфраструктури, системного екологічного моніторингу та ефективного нормативно-правового регулювання. Реалізація таких заходів є ключовою умовою забезпечення екологічної безпеки, відновлення порушених територій та формування стійких передумов для післявоєнного розвитку.

3.4 Технологічні основи та сучасні рішення у сфері переробки будівельних відходів в Україні

В Україні діяльність підприємств, що спеціалізуються на переробленні будівельних відходів, охоплює повний технологічний цикл робіт – від попереднього сортування до транспортування матеріалів на спеціалізовані об'єкти поводження з відходами або тимчасового зберігання. Така діяльність включає низку взаємопов'язаних етапів, спрямованих на мінімізацію екологічного навантаження та ефективне використання ресурсів.

Попереднє сортування відходів передбачає відділення різномірних компонентів – скла, полімерів, деревини, металу, кераміки, кабельної продукції тощо, що утворюються внаслідок руйнувань будівельних конструкцій. Наприклад, під час демонтажу типових споруд радянського періоду («хрущовок») виявляється значна кількість металевих елементів,

керамічної плитки, деревини та скла, придатних для подальшої утилізації або повторного використання.

Технологічні схеми поводження та рециклінгу відходів від руйнувань наведено на рис. 3.2, а приклад обладнання – на рис. 3.3 і 3.4.



Рисунок 3.2 – Порядок поводження з будівельними відходами
воєнного походження в Україні

Інфографіка з рисунку 3.2 ілюструє семиступеневий процес управління відходами: збір і попереднє сортування на місці події, транспортування до тимчасового зберігання, подальше сортування та оброблення, знешкодження небезпечних відходів, повторне використання придатних матеріалів, утилізація та контрольоване захоронення залишків. Проєкт фінансується Європейським Союзом.

Первинна переробка будівельних відходів здійснюється після сортування і включає дроблення, подрібнення та підготовку матеріалів до перетворення на вторинну сировину. Демонтаж старих будівель, особливо масивних бетонних і залізобетонних конструкцій, потребує використання потужних дробильно-сортувальних комплексів.

В Україні поступово впроваджуються інноваційні технології перероблення будівельних відходів, що дозволяють трансформувати зруйновані об'єкти у корисні будівельні матеріали для подальшого використання у відновлювальних роботах. Незважаючи на високу трудомісткість і часові витрати, ці технології відіграють ключову роль у відбудові інфраструктури та зменшенні негативного впливу на довкілля.

Сучасні реалії характеризуються накопиченням мільйонів тонн будівельних відходів, утворених внаслідок воєнних дій, що потребує ретельного ручного сортування через ризик наявності нерозірваних боєприпасів та небезпечних матеріалів. Це обумовлює необхідність державної підтримки та залучення спеціалістів і волонтерів для безпечного виконання робіт.

Перспективним напрямом є створення уніфікованих методик демонтажу та сортування типових будівель на основі пілотних проєктів. Це дозволить визначити оптимальну структуру відходів, частку придатних до повторного використання матеріалів та технологічні параметри утилізації й захоронення. Важливу роль відіграють лабораторні дослідження механічних властивостей, рівня токсичності та екологічної безпечності матеріалів, що лягають в основу національних стандартів перероблення будівельних відходів.

Основною метою первинної переробки будівельних відходів є мінімізація їх обсягів та перетворення на вторинну сировину для будівельної, дорожньої та інших суміжних галузей, що сприяє реалізації принципів циркулярної економіки.

Ефективне функціонування системи управління відходами потребує активної участі держави у створенні нормативно-правових, економічних та

технологічних стимулів для розвитку ринку професійного демонтажу. Сучасна галузь промислового демонтажу та перероблення будівельних відходів в Україні перебуває на стадії формування. Воєнні дії стали каталізатором зростання попиту, проте сектор стикається з нестачею обладнання, обмеженим практичним досвідом та недостатніми інвестиціями.

Протягом останніх 25–30 років відбулися технологічні зміни: від великогабаритних стаціонарних комплексів до компактних мобільних установок, що забезпечують гнучкість і скорочення витрат на транспортування матеріалів.

Стаціонарна лінія подрібнення будівельних відходів включає: агрегат завантаження; агрегат крупного дроблення (щогова дробарка); залізовідділювачі для вилучення металевих домішок; агрегат сортування з трьохситовим грохотом; агрегат середнього дроблення (роторна дробарка); блок керування та систему конвеєрів (рис. 3.4).



Рисунок 3.3 – Стаціонарний дробильно-сортувальний комплекс для переробки будівельних відходів

Мобільні установки на гусеничній платформі дозволяють переробляти будівельні відходи безпосередньо на місці демонтажу, їхня продуктивність сягає 100–450 тонн вторинної сировини на годину. Вони забезпечують приймання, просіювання, подрібнення та повторне використання дорожніх і будівельних відходів (рис. 3.5).



Рисунок 3.4 – Мобільний дробильно-сортувальний комплекс для переробки будівельних відходів

Для організації процесу переробки необхідне також спеціалізоване демонтажне обладнання: екскаватори з навісними гідромолотами, бетоноподрібнювачами, фрезами, гідрножицями, грейферами, а також баштові крани, бульдозери, дизель-генератори і бетононасоси. Гідравлічні жиці, дискові та канатні алмазні різакі, свердлильні установки й гідророзколювачі забезпечують демонтаж із високою точністю навіть у щільній міській забудові.

Економічна ефективність переробки різних фракцій наведена в табл. 3.4, а асортимент обладнання – в табл. 3.5.

Таблиця 3.4 – Економічна ефективність переробки різних фракцій будівельних відходів

Фракція для переробки	Обладнання	Ємність	Отриманий матеріал	Ціна модуля, доларів США
Бетон, каміння, залізобетон, керамзит, брукт тротуарної плитки	Машина для сортування та переробки бетону	120 т/год	Щебінь бетонний	500 000
Всі види металів	Машина для фракційної переробки металу	7 т/год	Металевий сплав, металеві листи, подрібнені метали по фракціях	90 000
Відходи деревини, картону, паперу	Обладнання для подрібнення деревних відходів	1,5 т/год	Паливні матеріали (брикети, гранули), ДСП, компост	110 000
Усі види сухих відходів	Відсмоктувач пилу та стружки	6000 м3/год	Очищені відходи	1 000
Скло за кольором	Лінія переробки скла (очищення / подрібнення / пакування)	5 т/год	Відсортований скляний брукт за заданими параметрами	40 000
Пластмасові відходи (синтетичні матеріали)	Переробник поліетиленової плівки / лінія для миття пластикових пляшок	4 т/год	Флекс, плівка та ін.	50 000
Бітумні відходи, руберойд, нафтошлами	Лінія очищення та переробки бітумних відходів	10 т/рік	Покрівельні матеріали, бітум очищений, пресований, сировина для будівництва доріг, порошок бітумний, мастика, праймер	140 000
Всі види відходів	Станція сортування	400 000 т/рік	Відсортовані відходи	170 000

Таблиця 3.4. відображає економічну ефективність переробки різних фракцій будівельних відходів, демонструючи можливості їх технологічного відновлення та подальшого використання як вторинної сировини. Для кожного типу відходів наведено відповідне обладнання, його продуктивність та отримувані матеріали, що варіюють від бетонного щебеню, металевого сплаву, паливних брикетів і компосту до склобою, полімерної плівки та відсортованого брухту. Орієнтовна вартість модулів переробки засвідчує суттєвий потенціал економічної доцільності таких технологій, оскільки перероблені матеріали можуть бути використані у будівництві, дорожніх роботах, енергетиці та виробництві нових матеріалів. Це підкреслює важливість розвитку інфраструктури вторинної переробки як ключового елементу сталого управління відходами та ресурсоефективного відновлення після руйнувань.

Таблиця 3.5 – Асортимент обладнання для переробки та сортування відходів

Категорія	Модель / тип	Призначення
Сортувальні лінії	—	Комплексні системи для управління відходами, адаптовані під потреби замовника та типи матеріалів
Рубальні машини	DP 660 E	Електрична деревоподрібнювальна установка для перетворення деревних відходів у щепу
	DP 660 T	Навісна на трактор машина для подрібнення деревних відходів з отриманням тріски
	DP 660 P	Роторний подрібнювач для обробки кускових деревних відходів у щепу
Первинні подрібнювачі	—	Пристрої для попереднього подрібнення матеріалів, підготовка сировини для промислового використання або подальшої обробки ТПВ
Вторинний подрібнювач	NZS 1000	Додаткове подрібнення деревних відходів для отримання щепи визначеного розміру

Державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (ДП «НДІБК») впроваджує європейські технології повторного використання будівельного бетону. У Харкові використовується подрібнювальний комплекс HAMMEL, здатний зменшувати об'єм будівельних відходів у 5–8 разів із мінімальною участю персоналу. Орієнтовна вартість комплексу – близько 1,15 млн євро.

На ринку присутні компанії, такі як ТОВ «Хаммель Україна» та СП «ОЛНОВА», що постачають комплексні рішення для дроблення та сортування будівельних, промислових та органічних відходів, а також полімерів і макулатури.

Рішення «Хаммель Україна» демонструють гнучкість і ефективність у сфері управління будівельними відходами, дозволяючи індивідуально налаштовувати обладнання під потреби замовника. Розвиток галузі потребує державної підтримки, стимулювання бізнесу та створення нормативно-правової бази для використання вторинних ресурсів у виробництві нових матеріалів.

Отже, вітчизняні підприємства забезпечують повний цикл переробки будівельних відходів, включно з сортуванням, дробленням і підготовкою вторинної сировини. Галузь перероблення перебуває на стадії формування, зростає попит через воєнні руйнування, проте існує нестача обладнання та інвестицій. Стаціонарні та мобільні дробильно-сортувальні комплекси дозволяють ефективно організовувати процес переробки на місцях утворення відходів. Лабораторні дослідження та впровадження інноваційних технологій є ключовими для формування національних стандартів та оптимізації процесів переробки. Стимулювання бізнесу, державна підтримка та нормативне регулювання створюють умови для розвитку індустрії перероблення будівельних матеріалів та циркулярної економіки.

3.5 Інноваційні міжнародні пілотні проєкти з видалення будівельних відходів

У період масштабних руйнувань, спричинених військовою агресією російської федерації, в Україні постає гостра потреба у впровадженні сучасних технологій переробки будівельних відходів. Значну роль у цьому процесі відіграє міжнародна співпраця та залучення передових інженерно-технологічних рішень світових компаній.

Ізраїльська компанія GreenMix реалізує пілотний проєкт зі спорудження заводу з переробки будівельних відходів у Київській області та проведення демонтажних робіт пошкоджених багатоповерхових будівель поблизу Києва. Під час ознайомчого візиту представники компанії вивчили наслідки воєнних дій у місті Буча, де обсяги будівельних відходів після розбору зруйнованих споруд перевищують два мільйони тонн. На даний час близько 90% пошкоджених будівель уже обстежено та задокументовано, що створює умови для системного підходу до їх подальшої утилізації.

Компанія GreenMix має багаторічний досвід у сфері переробки будівельних відходів, включно з міжнародними проєктами в місті Мосул (Ірак), де було успішно перероблено відходи воєнних руйнувань. Вона застосовує високопродуктивні демолятори, здатні демонтувати будівлі понад 10 поверхів, а утилізація відходів передбачає їх перетворення на вторинні будівельні матеріали, придатні для відновлення населених пунктів. Такий підхід відповідає принципам циркулярної економіки, сприяючи мінімізації утворення відходів та повторному використанню ресурсів.

Французька компанія Neo-Eco започаткувала пілотний проєкт із реновації житлового фонду в місті Гостомель із загальним бюджетом 45 мільйонів євро, який передбачає будівництво нових домівок для 310 сімей. Відходи зруйнованих будівель поблизу аеропорту Гостомеля планується використовувати для відновлення житла та об'єктів інфраструктури (рис. 3.5).

Експерти оцінюють, що повторне використання будівельних відходів може скоротити витрати на відновлення України на 20–25%.



Рисунок 3.5 – Наслідки руйнувань житлового фонду у м. Гостомель

Для науково-технічної оцінки матеріалів було відібрано зразки із зруйнованих будівель та відправлено до лабораторій у Франції та Україні для аналізу на наявність забруднюючих речовин і оцінки придатності для повторного використання у житловому будівництві. Дослідження проводяться за двома напрямками:

1. Оцінка безпеки матеріалів для їх повторного застосування;
2. Розробка складів бетонних сумішей, що забезпечують відповідність стандартам міцності, теплоізоляції та іншим технічним параметрам.

Демонтаж пошкоджених будівель у Гостомелі розпочався 20 січня та був успішно завершений протягом восьми тижнів, що на половину швидше запланованого терміну.

Під час сортування встановлено, що 10% відходів містять токсичні речовини (зокрема азбест) і підлягають утилізації, а решта 90% переробляється на місці із застосуванням спеціалізованої техніки. З 50 тисяч тонн будівельних матеріалів, що утворилися після руйнувань, вдалося переробити приблизно 15 тисяч тонн на нові будівельні матеріали. За 17 років діяльності Нео-Есо було перероблено близько 10 мільйонів тонн бетону, який використовувався у великих французьких проєктах без порушення експлуатаційних характеристик.

У місті Ірпінь реалізується окремий пілотний проєкт із переробки будівельних відходів. У рамках ініціативи Японія передала місту два екскаватори та п'ять колісних екскаваторів-навантажувачів, а в майбутньому планується передача ще 10 одиниць техніки. Всі відходи після демонтажу тимчасово зберігаються на спеціально відведених майданчиках, де передбачено встановлення обладнання для їх сортування та переробки.

Залучення міжнародних компаній дозволяє українським спеціалістам набувати цінного досвіду та впроваджувати передові технології управління будівельними відходами. Це створює передумови для самостійного розвитку інфраструктури переробки та спорудження заводів із перетворення відходів на високоякісні, екологічно безпечні матеріали. Українські компанії активно долучаються до цих процесів, що відкриває перспективи самостійного інвестування у закупівлю або виробництво обладнання для демонтажу зруйнованих об'єктів та сталого відновлення територій після воєнних руйнувань.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Особливості управління відходами руйнувань унаслідок воєнних дій та їхній вплив на здоров'я працівників

Сучасні дослідження свідчать, що поводження з відходами руйнувань, спричинених воєнними діями, відноситься до категорії діяльності з високим рівнем професійних ризиків та підвищеною небезпекою для здоров'я працівників [5; 6]. До таких відходів належать уламки будівельних конструкцій, забруднені паливно-мастильними матеріалами, металеві та бетонні фрагменти, залишки електронної техніки, а також токсичні речовини, залишки хімікатів та вибухонебезпечні предмети [1; 4; 25]. Вони не лише створюють прямі загрози для персоналу, задіяного у процесах збирання, сортування, транспортування та видалення, але й можуть негативно впливати на мешканців прилеглих територій і на стан навколишнього природного середовища через можливе хімічне, фізичне та біологічне забруднення [10; 12; 20].

Роботи з розчищення та переробки таких відходів здебільшого виконуються вручну або із застосуванням застарілих механізованих засобів, що значно підвищує ризик механічних травм та порушень опорно-рухової системи [5; 16]. Найпоширенішими є порізи та проколи гострими уламками, удари важкими об'єктами, опіки, ураження електричним струмом, падіння з висоти та травми через нестабільні конструкції [24]. Обмежений доступ до оперативної медичної допомоги на місцях робіт ускладнює своєчасне надання допомоги та підвищує ймовірність розвитку ускладнень, таких як інфекції правця та інші бактеріальні захворювання.

Окрім механічних загроз, значного впливу зазнають працівники від хімічних і біологічних агентів. До них належать пари важких металів, токсичні гази, пил азбесту, мікроорганізми та спори цвілі, що утворюються під час

розкладання органічних залишків і руйнування будівельних матеріалів [11; 17; 18]. Тривалий контакт із ними може призводити до ураження дихальної системи, шкіри, печінки, нирок та нервової системи, а також підвищує ризик розвитку онкологічних захворювань, хронічних професійних патологій та алергічних реакцій [5; 25; 26].

Важливу роль у формуванні професійних ризиків відіграють ергономічні та психофізіологічні чинники. Піднімання і перенесення важких уламків, виконання повторюваних рухів, робота у вимушених позах та нестабільних умовах призводять до болю в спині, плечах і зап'ястях, сприяють розвитку м'язово-скелетних розладів та порушень постави [5; 24; 38].

Робота в умовах підвищеного запилення, задимленості, шуму та вібрацій також погіршує концентрацію уваги, збільшує психофізіологічне навантаження та підвищує стомлюваність, що додатково зростає під час виконання складних або небезпечних операцій [5; 24].

Для зниження рівня травматизму та професійної захворюваності необхідно впроваджувати системний підхід до управління ризиками під час ліквідації наслідків руйнувань [15; 19; 33]. Такий підхід передбачає комплекс заходів, серед яких:

- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (каски, респіратори, захисні окуляри, спецодяг, рукавички, захисне взуття з металевими вставками);
- проведення регулярних інструктажів із техніки безпеки, навчання працівників реагуванню на надзвичайні ситуації та дії у випадку виявлення вибухонебезпечних або токсичних предметів;
- організація належних санітарно-гігієнічних умов на робочих місцях, включно з контролем мікроклімату, вентиляції, чистоти робочих зон та забезпеченням достатньої кількості місць для відпочинку та гігієнічних процедур;
- моніторинг рівня забруднення повітря, ґрунту та води на територіях проведення робіт;

– застосування сучасних технологій механізованого збору, сортування та переробки відходів, що мінімізують прямий контакт працівників із небезпечними матеріалами.

Детальніше основні категорії професійних ризиків, їхні джерела та заходи мінімізації представлені у таблиці 4.1.

Комплексна оцінка професійних ризиків повинна охоплювати всі етапи процесу від збору та транспортування до переробки та безпечного знешкодження відходів. Результати таких оцінок формують науково обґрунтовану основу для розробки ефективних заходів з охорони здоров'я та безпеки праці, а також заходів із захисту довкілля у післявоєнний період. Застосування системного підходу забезпечує підвищення стійкості та ефективності системи управління відходами, мінімізує професійні ризики та сприяє збереженню здоров'я працівників, одночасно зменшуючи негативний вплив на екологічне середовище.

Таблиця 4.1 – Основні професійні ризики при роботі з відходами руйнувань та заходи мінімізації

Категорія ризику	Джерела ризику	Можливі наслідки для здоров'я	Заходи захисту та профілактики
Механічні ризики	Уламки будівельних конструкцій, металеві та бетонні фрагменти, нестабільні конструкції, важкі об'єкти	Порізи, проколи, удари, переломи, травми спини та суглобів	Використання засобів індивідуального захисту (каска, рукавички, захисне взуття), навчання правильним прийомам піднімання та перенесення вантажів, організація безпечних маршрутів переміщення
Хімічні ризики	Паливно-мастильні матеріали, токсичні речовини, хімікати, пил азбесту	Ураження дихальної системи, шкіри, печінки та нирок; розвиток хронічних і онкологічних захворювань	Використання респіраторів та захисного одягу, регулярний моніторинг забруднення повітря та поверхонь, обмеження часу контакту з небезпечними агентами
Біологічні ризики	Мікроорганізми, спори цвілі, органічні рештки	Інфекційні та алергічні захворювання, зниження імунітету	Регулярна санітарна обробка робочих зон, вакцинація працівників, організація особистої гігієни на місцях робіт
Ергономічні та психофізіологічні ризики	Повторювані рухи, піднімання важких предметів, робота у вимушених позах, шум, пил	М'язово-скелетні розлади, порушення постави, стомлюваність, зниження концентрації	Організація адекватних перерв, ротація робітників, застосування механізованих засобів, контроль мікроклімату та шуму
Екологічні ризики	Викиди токсичних речовин, забруднення ґрунту та води	Вторинне забруднення робочих та прилеглих територій, негативний вплив на здоров'я населення	Контроль за відходами, безпечне транспортування та утилізація, застосування сучасних технологій переробки

4.2 Вплив шкідливих і небезпечних факторів на працівників при видаленні будівельних відходів воєнного походження

Видалення будівельних відходів, що утворилися внаслідок руйнувань під час воєнних дій, є комплексним і ресурсоємним процесом, який супроводжується експозицією працівників до низки шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Такі відходи часто містять уламки конструкцій, матеріали із залишками токсичних речовин, металобрухт, електротехнічні пристрої та інші потенційно небезпечні компоненти [5; 24; 25; 26].

Фізичні фактори ризику включають:

- високий рівень запиленості та аерозолів дезінтеграції, що містять кремнезем, азбест, важкі метали та леткі органічні сполуки, здатні викликати професійні респіраторні патології;
- надмірний шум від важкої техніки та подрібнювальних механізмів, що може призводити до сенсоневральної приглухуватості, стресових розладів та порушень сну;
- екстремальні мікрокліматичні умови, що підвищують ризик теплового удару, переохолодження та дерматологічних розладів;
- недостатнє освітлення робочої зони, що збільшує ризик травматизму;
- вплив локальної та загальної вібрації та електромагнітних полів, які можуть шкодити периферійній нервовій системі та загальному функціональному стану організму.

Хімічні фактори ризику включають:

- первинні токсичні компоненти будівельних матеріалів (азбест, свинець, кадмій, ртуть, формальдегід), які можуть проникати через дихальні шляхи, шкіру або травний тракт, спричиняючи респіраторні, неврологічні та онкологічні захворювання;

- вторинні забруднювачі, що утворюються під час подрібнення або термічної обробки (оксиди вуглецю, азоту, сірки), які підсилюють подразнення дихальних шляхів та загострюють хронічні респіраторні патології.

Небезпечні виробничі фактори формують безпосередню загрозу гострого травматизму:

- висотно-орієнтовані ризики (падіння з конструкцій, штабелів, риштувань);
- защемлення та роздавлювання рухомими частинами обладнання або уламками будівельних конструкцій;
- травми від кінетичної енергії падаючих уламків або неконтрольованого руху техніки;
- електротравми через пошкоджену проводку та несправне обладнання.

Біологічні фактори та інтоксикації: робочі зони можуть бути осередками поширення зоонозних інфекцій від гризунів та членистоногих, а також токсичних речовин із залишків будівельних матеріалів. Гостре чи хронічне отруєння може виникати через інгаляцію, контакт зі шкірою або пероральне потрапляння токсичних агентів [11; 25].

Для мінімізації професійних ризиків необхідне комплексне забезпечення безпеки праці:

- організаційно-технічні заходи (страхувальні системи при роботі на висоті, контроль за станом обладнання, дотримання технологічних регламентів);
- засоби індивідуального захисту (респіратори, захисний одяг, рукавиці, спеціальне взуття);
- систематична професійна підготовка та інструктажі персоналу;

– дотримання нормативно-правових вимог України (Закон України «Про охорону праці», ДСТУ та положення щодо навчання та перевірки знань з охорони праці).

Реалізація зазначених заходів дозволяє суттєво знизити рівень травматизму, інтоксикацій та шкідливого впливу фізичних, хімічних і біологічних чинників, забезпечуючи ефективну та безпечне видалення будівельних відходів воєнного походження.

4.3 Алгоритм дій персоналу у випадку виявлення або вибуху вибухонебезпечного предмета

Виявлення чи вибух нерозірваного боєприпасу на території підприємства з перероблення будівельних відходів є надзвичайною ситуацією з високим рівнем небезпеки. Такий інцидент може призвести до масштабних руйнувань, людських втрат і зупинки виробничого процесу. Тому дії персоналу мають бути чіткими, скоординованими та відповідати затвердженому протоколу реагування [6; 16; 31].

Першочерговим завданням є негайне припинення всіх робіт і евакуація працівників із небезпечної зони. Всі механізми, транспортні засоби та обладнання повинні бути зупинені, а персонал організовано виведений на визначену безпечну відстань до збірного пункту. Для оповіщення працівників активуються аварійні сигнали та система внутрішнього оповіщення.

Після евакуації відповідальна особа повідомляє екстрені служби – Державну службу з надзвичайних ситуацій (101) та Національну поліцію (102), надаючи точні координати події, опис ситуації, можливі наслідки та кількість людей на території. Паралельно здійснюється внутрішня комунікація між працівниками та керівництвом об'єкта для контролю за дотриманням безпеки.

У разі наявності потерпілих організовується надання першої домедичної допомоги та створюється тимчасовий медичний пункт на

безпечній відстані від місця вибуху. Важливо забезпечити доступ до аптечок, перев'язувальних матеріалів та інших необхідних засобів [6; 16; 31].

Зона інциденту ізолюється. Навколо неї встановлюється периметр безпеки для запобігання несанкціонованому доступу. Дозволено перебування лише представникам аварійно-рятувальних служб, саперних і вибухотехнічних підрозділів. За потреби здійснюється патрулювання території.

Після прибуття екстрених служб персонал підприємства забезпечує повну координацію дій і надає всю необхідну інформацію про об'єкт, технологічні процеси, схеми комунікацій тощо [1; 26]

Після ліквідації небезпеки проводиться технічне розслідування причин події. Визначаються джерела потрапляння вибухонебезпечних предметів, можливі помилки в організації робіт, а також розробляються коригувальні та профілактичні заходи для запобігання подібним інцидентам у майбутньому. Результати оформлюються у вигляді звіту з фотофіксацією та описом дій персоналу.

Важливою складовою постінцидентної роботи є психологічна підтримка працівників, які стали свідками або постраждали внаслідок вибуху. Проводиться дебрифінг та, за потреби, індивідуальні консультації для мінімізації психоемоційних наслідків.

Завершальним етапом є інформування керівництва та зацікавлених сторін про подію, її наслідки та хід ліквідаційних робіт. У разі необхідності готується офіційне повідомлення для засобів масової інформації, щоб уникнути поширення недостовірної інформації [1; 5; 36].

Таким чином, аналіз особливостей управління відходами руйнувань унаслідок воєнних дій свідчить, що така діяльність належить до категорії високоризикових видів робіт. Працівники під час збору, транспортування та видалення будівельних відходів зазнають впливу численних шкідливих, небезпечних та біологічних факторів, серед яких механічні травми, хімічна та токсична експозиція, фізичне навантаження і негативні мікрокліматичні

умови. Тривалий контакт із ними підвищує ризик розвитку респіраторних, неврологічних, онкологічних та опорно-рухових захворювань [25; 26; 36].

Для зниження професійних ризиків необхідне комплексне забезпечення безпеки праці, яке включає застосування засобів індивідуального захисту, організаційно-технічні заходи, регулярний інструктаж і професійну підготовку персоналу, а також дотримання нормативно-правових вимог. Виявлення або вибух вибухонебезпечних предметів передбачає чіткий алгоритм дій персоналу, включно з евакуацією, повідомленням екстрених служб, ізоляцією зони та наданням медичної допомоги.

Комплексний підхід до управління ризиками при поводженні з відходами руйнувань забезпечує не лише зниження травматизму і професійної захворюваності, але й сприяє безпечній та ефективній утилізації відходів, а також захисту навколишнього середовища у післявоєнний період.

ВИСНОВКИ

1. Обсяги будівельних відходів воєнного походження в Україні перевищують 6 млн тонн, що формує безпрецедентне техногенне навантаження на довкілля та обґрунтовує необхідність розробки спеціалізованої державної політики їхнього управління.

2. Існує об'єктивна необхідність нормативного виокремлення категорії «відходи війни», що дозволить забезпечити їх коректну ідентифікацію, моніторинг і контроль, підвищити ефективність управління екологічними загрозами та створити передумови для розширення міжнародної підтримки у сфері післявоєнного відновлення.

3. Морфологічний склад будівельних відходів воєнного походження характеризується полікомпонентністю: до 92 % становлять інертні матеріали, придатні для повторного використання, тоді як наявність токсичних домішок ускладнює їхню переробку. Найбільш небезпечними компонентами таких відходів є свинець, кадмій, ртуть та азбест, здатні до дифузного поширення, біоаккумуляції та формування довготривалих зон забруднення.

4. Для забезпечення безпечного поводження з відходами руйнувань необхідним є проведення попереднього лабораторного скринінгу, деконтамінації та вилучення небезпечних фракцій, що дозволяє зменшити ризики для здоров'я населення та стану навколишнього середовища.

5. Мінімізація екологічного впливу відходів руйнувань вимагає комплексного підходу, що включає ефективне сортування, детоксикацію, перероблення, а також впровадження системного моніторингу та удосконалення нормативно-правової бази.

6. Застосування принципів циркулярної економіки та найкращих доступних технологій, зокрема мобільних дробильно-сортувальних комплексів, є ключовим для екологічно безпечного та ресурсоефективного управління відходами руйнувань.

7. Використання вторинного щебеню та інших перероблених матеріалів з будівельних відходів дозволяє зменшити потребу у видобутку первинної сировини, знизити навантаження на полігони та сприяти сталому відновленню інфраструктури.

8. Науково-практична цінність дослідження полягає у розробленні схеми управління відходами воєнного походження, яка поєднує оцінку екологічних ризиків та технологічні рішення для безпечного й ресурсоефективного відновлення територій України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. BDO Ukraine. Можливості переробки будівельних відходів від руйнувань. 2024. URL: <https://www.bdo.ua/uk-ua/insights-2/information-materials/2024/opportunities-for-recycling-construction-waste-from-devastation> (дата звернення: 14.08.2025).
2. Zero Waste Lviv. Аналітичний звіт з результатів дослідження законодавства про управління відходами будівництва (Питання штрафів та управління відходами). URL: https://zerowaste.org.ua/wp-content/uploads/2024/04/dodatok_2_analitychnyj_zvit_z_rezultativ_doslidzhennya_zakonodavstva.pdf.
3. Zero Waste Lviv. Поводження з відходами руйнації. URL: https://city.zerowaste.org.ua/wiki/keruvannya_vidkhodamy_ruynuvannya.
4. Антонюк Н. А. Костюк В. Р. Рециклінг будівельних відходів під час війни в Україні. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 7 (277). С. 130–142.
5. Безпека праці у професійній діяльності: охорона праці в галузі, цивільний захист: метод. вказівки для самостійної роботи студентів освітньо-професійного рівня магістр (заоч. форм навчання) / уклад.: Н. Є. Мовмига, О. С. Лісогор. Харків : НТУ «ХПІ», 2019. 68 с.
6. Безпека робіт з демонтажу будівельних конструкцій, пошкоджених унаслідок ворожих обстрілів. ДСНС України. URL: <https://bezpeka.isu.net.ua/news/583705-bezpeka-robit-z-demontazhu-budivelnykh-konstruktsiy-poshkodzhenykh-unaslidok-vorozhykh> (дата звернення: 06.05.2025).
7. Бізнес та Міндовкілля обговорили проекти Національного переліку та Порядку класифікації відходів. *Європейська Бізнес Асоціація*. URL: <https://eba.com.ua/biznes-ta-mindovkilliya-obgovoryly-proyekty-natsionalnogo-pereliku-ta-poryadku-klasyfikatsiyi-vidhodiv/> (дата звернення: 17.05.2025).
8. Виговська. І. Ні, війна не є причиною забувати про екологію. Що може зробити кожен із нас. Віледж, 2023. URL: <https://www.village.com.ua/village/city/eco/342447-ni-viyna-ne-e-prichinoyu->

[zabuvati-pro-ekologiyu-scho-mozhe-zrobiti-kozhen-iz-nas](#) (дата звернення: 03.05.2025).

9. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96 : [затв. і введ. в дію наказом Держстандарту України 29.02.1996 N 89]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0089217-96#Text> .

10. Духневич А.В., Карпінська Н.В. Екологічні наслідки війни: оцінка впливу відходів на навколишнє середовище. *Аналітично-порівняльне правознавство: наук.-тех. зб.* Ужгород, 2025. № 1. С. 347–352.

11. Еко Район. В Україні попереджають про загрозу хімічного забруднення через війну. URL: <https://eco.rayon.in.ua/news/753342-v-ukraini-poperedzhayut-pro-zagrozu-khimichnogo-zabrudnennya-cherez-viynu> .

12. Екологічні наслідки війни в Україні та перспективи зеленої реконструкції. OECD, 2022. URL: https://cdn.prod.website-files.com/625d81ec8313622a52e2f031/631985f98e23fb55a59d05ab_UA%20Environment%20Recovery_UKR.pdf (дата звернення: 07.05.2025).

13. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року. URL: https://kse.ua/wpcontent/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf (дата звернення: 15.06.2025).

14. Іванюта С., Якушенко Л. Пріоритети забезпечення екологічної безпеки України в умовах російської воєнної агресії: *аналіт. доп.*. Київ : НІСД, 2024. 61 с.

15. Іванюта, С. Про організацію поводження з відходами, що утворилися внаслідок війни. *Національний інститут стратегічних досліджень*. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2023-03/waste-of-war_pdf.pdf .

16. Інструкція з охорони праці під час розбирання будівель і споруд. *Журнал «Охорона праці»*. URL: <https://pro-op.com.ua/article/1581-nstruktsya-z-ohoroni-prats-pd-chas-rozbirannya-budvel-sporud> (дата звернення: 12.05.2025).

17. Класифікація відходів: що таке відходи 1–4 класу небезпеки? *KF Systems*. URL: <https://kf-systems.com.ua/blog/vidhodi-1-4-klasu-nebezpeki> .
18. Куди в Україні дівають відходи руйнації та що з цим сміттям буде далі. 10.02.2023. URL: <https://eco.rayon.in.ua/news/574064-kudi-v-ukraini-divayut-vidkhodi-ruynatsii-ta-shcho-z-tsim-smittyam-bude-dali> .
19. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 15.03.2024 № 288 «Про затвердження Методичних рекомендацій з розроблення місцевих планів управління відходами». URL: <https://mepr.gov.ua/nakaz-mindovkillya-288-vid-15-03-2024/> (дата звернення: 06.07.2025).
20. Наслідки війни: скільки в Україні утворилося відходів руйнувань та як їх використовують. *Екологія право людина*. URL: <https://eco.rayon.in.ua/news/708960-naslidki-viyni-skilki-v-> (дата звернення: 27.06.2025).
21. Нонік Л. Ю., Пацева І. Г., Пічкур Т. В. Розроблення стратегії управління відходами руйнацій в умовах воєнного стану. *Екологічна безпека та технології захисту довкілля*. 2023. № 4. С. 40–47.
22. Овчінніков, О. Екологічні наслідки війни Росії в Україні. Огляд за березень 2024 року. UWEC, 2024. URL: <https://uwecworkgroup.info/uk/environmental-consequences-of-russias-war-in-ukraine-review-march-2024/> (дата звернення: 05.06.2025).
23. Організаційно-економічні засади формування системи управління відходами в регіонах України: *наук.-аналіт. доп. Серія «Проблеми регіонального розвитку»* / наук. ред. І. А. Колодійчук. Львів, 2022. 170 с.
24. Оцінка ризиків, пов'язаних із утилізацією відходів руйнації будівель і споруд. *Скринінг, моніторинг, інфраструктура*. / Скрипка Г. І. та ін. URL: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/12366/1/1.pdf> .
25. Палій О. Екологічні аспекти утилізації відходів руйнувань в Україні: використання переробленого матеріалу для сталого будівництва. *Екологічні науки*. 2024. № 1 (52), Т. 1. С. 84–88.

26. Пацева І., Нонік Л. Рециклінгу відходів руйнації – крок до зменшення ризиків воєнного екоциду. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2023. № 3. С. 73–81.

27. Перелік компонентів відходів від руйнувань та можливі шляхи їх повторного використання у будівництві, промисловості будівельних матеріалів (виробництві будівельних виробів (продукції)): [затв. постановою Кабінету Міністрів України від 27 вересня 2022 р. № 1073]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1073-2022-%D0%BF#Text>.

28. Постанова Кабінету Міністрів України від 10.05.2024 № 539 «Про затвердження Технічного регламенту класифікації небезпечності, маркування та пакування хімічної продукції».

29. Постанова Кабінету Міністрів України від 20.10.2023 № 1102 «Про затвердження Порядку класифікації відходів та Національного переліку відходів»: (у ред., що діє з 07.11.2024). Із змінами і доповненнями, внесеними постановою КМУ від 01.11.2024 № 1247. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/KP231102> (дата звернення: 02.04.2025).

30. Потіп М. Відходи війни як ресурс для відновлення України. *Нове українське право*. 2023. Вип. 3. С. 106–114.

31. Приоритети забезпечення екологічної безпеки України в умовах російської воєнної агресії. Київ: НІСД, 2024. URL: <https://niss.gov.ua/publikatsiyi/analitichni-dopovidy/priorytety-zabezpechennya-ekolohichnoyi-bezpeky-ukrayiny-v> (дата звернення: 24.04.2025).

32. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 820–р. Київ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>.

33. Про управління відходами: Закон України від 20.06.2022 № 2320-ІХ. Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 20.04.2025).

34. Реформа стартувала – вступив у дію Закон «Про управління відходами». Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. – URL: <https://mepr.gov.ua/reforma-startovala-vstupyv-u-diyu-zakon-pro-upravlinnya-vidhodamy/> (дата звернення: 14.07.2025).

35. Руїни знову стануть будинками: як переробка будівельного сміття може змінити відбудову. Хмарочос, 2023. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2023/11/28/ruyny-znovu-stanut-budynkamy-yak-resajkling-budivelnogo-smittya-mozhe-zminyty-vidbudovu/> (дата звернення: 27.06.2025).

36. Саламаха І. Ю., Гордійчук Л. М., Гордійчук Н. М., Лисак Г. А. Шляхи утилізації відходів руйнації інфраструктури, утворених унаслідок війни в Україні. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: зб. мат. VIII Міжнар. конгр., 16–18 жовт. 2024 р., Львів. Київ: ГО «МНГ», 2024. С. 39.*

37. Стан поводження з відходами від руйнувань в Україні станом на квітень 2024 року. *Екологія, Право, Людина*, 2024. URL: <https://epl.org.ua/announces/stan-povodzhennya-z-vidhodamy-vid-rujnuvan-v-ukrayini-stanom-na-kviten-2024-roku/> (дата звернення: 12.05.2024).

38. Тімченко Р. О. Рециклінг промислових відходів. *Містобудування та територіальне планування: наук.-тех. зб.. Київ : КНУБА, 2018. № 67. С. 482–487.*

39. Токарчук, Д. М. Особливості утворення і поводження з відходами під час воєнних дій: досвід України. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*. 2022. № 2 (60). С. 109–122.

40. Укрінформ. В Україні обсяг відходів руйнації вже перевищує 6 мільйонів тонн. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/4001085-v-ukraini-obsag-vidhodiv-rujnacii-vze-perevisue-6-miljoniv-tonn-mindovkilli.html>.

41. Управління відходами руйнації війни в Україні. *Екологія Право Людина*. URL: https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2024/04/dodatok_1_zvit_vidhody_rujnaczyi_vijny.pdf (дата звернення: 27.06.2025).

42. УТИЛВТОРПРОМ. Відходи, що утворилися через пошкодження (руйнування) будівель та споруд. (код 16 12). URL: <https://www.utilvtorprom.com/uk/vdhodi-ne-zaznachen-v-inshih-grupah-npv-16/vidhodi-poshkodzhennya-budivel-npv-16-12/> .

43. Факти та міфи закону «Про управління відходами». Екологія. Право. Людина. URL: <https://epl.org.ua/announces/fakty-ta-mify-zakonu-pro-upravlinnya-vidhodamy/> (дата звернення: 20.07.2025).

44. Як безпечно демонтувати будівельні конструкції. Довідник спеціаліста з охорони праці. URL: <https://esop.expertus.com.ua/10022567> (дата звернення: 26.06.2025).