

ЕКОЛОГІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ

Олійник Т.П., Маковецька О.О., Романюта Е.В.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

вул. Дідріхсона, 4, 65029, м. Одеса

oleynik_himek@odaba.edu.ua, makoveckaya_himek@odaba.edu.ua

В ході будівельної діяльності утворюється велика кількість відходів, які згодом стають забруднювачами навколишнього середовища, при цьому втрачається потенціал їхнього повторного використання. Рециклінг або переробка будівельних відходів дозволяє захистити природу від негативного впливу, а також значно знизити витрати на закупівлю нових матеріалів та виготовлення будівельних конструкцій. Досвід європейських країн показує, що при грамотній організації до 90% будівельних відходів може бути перероблено і використано повторно в будівельній галузі. В Україні щорічно переробляється менше ніж 5% будівельних відходів, а основна маса потрапляє на українські полігони зберігання побутових і будівельних відходів, ліміти яких сьогодні повністю вичерпані. У цій статті розглядається проблема управління будівельними відходами в контексті військової ситуації в Україні на основі дослідження закордонного досвіду повторного використання будівельного сміття. На прикладі проекту промислового об'єкта в Херсонській області досліджується практична реалізація принципів рециклінгу, починаючи з розбирання споруд, що існує, переробки будівельних відходів, підготовки території та закінчуючи інтеграцією вторинних ресурсів у новий об'єкт. Екологічну та економічну ефективність проекту забезпечує: зниження витрат на будівництво на 50-70% завдяки утилізації будівельних відходів; зменшення викидів вуглекислого газу; мінімізація відходів – до 70% усіх матеріалів буде перероблено та використано повторно, що мінімізує об'єм сміття та зменшить навантаження на полігони; скорочення витрат на закупівлю нових будівельних матеріалів на 30-40%; зменшення експлуатаційних витрат на енергію та водопостачання на 30-35%. Дослідження присвячене розв'язанню практичних питань, які в Україні досі не отримали системного підходу. *Ключові слова:* будівельні відходи, вторинна сировина, переробка, управління відходами, рециклінг.

Ecological feasibility of using construction waste. Oliynyk T., Makovetska O., Romaniuta Ye.

During construction activities, a large amount of waste is generated, which subsequently becomes a pollutant for the environment, while the potential for its reuse is lost. Recycling or processing of construction waste helps protect nature from its negative impact, as well as significantly reduce costs for purchasing new materials and manufacturing construction structures. The experience of European countries shows that with proper organization, up to 90% of construction waste can be recycled and reused in the construction industry. In Ukraine, less than 5% of construction waste is recycled annually, with the majority ending up in Ukrainian landfills for household and construction waste, the limits of which are now completely exhausted. This article addresses the issue of managing construction waste in the context of the military situation in Ukraine, based on research into the foreign experience of reusing construction waste. The practical implementation of recycling principles is examined through the example of an industrial project in the Kherson region, starting with the dismantling of existing structures, recycling construction waste, preparing the land, and ending with the integration of secondary resources into a new facility. Here is the translation of the text into English:

The ecological and economic efficiency of the project is ensured by: a 50-70% reduction in construction costs through the disposal of construction waste; a decrease in carbon dioxide emissions; minimization of waste – up to 70% of all materials will be recycled and reused, which minimizes the volume of waste and reduces the burden on landfills; a 30-40% reduction in the cost of purchasing new construction materials; a 30-35% reduction in operating expenses for energy and water supply. The study is dedicated to addressing practical issues that have not yet received a systematic approach in Ukraine. *Key words:* construction waste, secondary raw materials, recycling, waste management, recycling.

Постановка проблеми. Будівельне сміття є невід'ємною частиною сучасного будівництва та ремонту, а його правильна утилізація та переробка – це важливе екологічне завдання. В результаті будівельної діяльності, що включає будівництво, реконструкцію та знесення будівель, у світі щорічно утворюється близько 30-35% від загальної кількості відходів. Це призводить до зростання сміттєзвалищ, забруднення навколишнього середовища та утилізації величезних обсягів матеріалів, які могли б бути повторно використані. Будівельне сміття часто стає причиною забруднення повітря (під час спалювання відходів) і водних ресурсів (коли шкідливі речовини потрапляють у ґрунтові води) [1,2].

Управління відходами є одним із ключових аспектів світової екологічної політики. Акцентом європейської системи управління відходами є зниження обсягу заховання відходів, сприяння рециклінгу та відповідальність виробників за відходи. Основна мета переробки – максимальне скорочення потреби в первинних природних ресурсах і зменшення забруднення навколишнього середовища [3,4]. Досвід європейських країн показує, що при грамотній організації до 90% будівельних відходів може бути перероблено і використано повторно в будівельній галузі. Економічним стимулом такого підходу є державна політика цих країн, оскільки вартість вивезення відходів на сміттєзвалища значно перевищує вартість їх переробки. Таким чином, забу-

довникам вигідніше витрачати кошти, час і зусилля на переробку та утилізацію будівельних відходів, ніж вивозити їх на сміттєзвалище [5].

В Україні, за даними Міністерства захисту навколишнього середовища та природних ресурсів, щорічно переробляється менше 5% будівельних відходів, а основна маса потрапляє на українські полігони зберігання побутових і будівельних відходів, ліміти яких сьогодні повністю вичерпані [6].

Мета дослідження. Обґрунтувати екологічну та економічну доцільність рециклінгу будівельних відходів на прикладі проєкту промислового об'єкта в Херсонській області.

Актуальність дослідження. В контексті військової ситуації в Україні сучасна будівельна галузь країни стикається з серйозними викликами, пов'язаними з великими обсягами накопичення будівельного сміття, високою вартістю його утилізації та необхідністю відновлення зруйнованої інфраструктури. Ще до повномасштабного вторгнення росіян 95% твердих побутових відходів потрапляли на сміттєзвалища. Сьогодні утилізація будівельних відходів перетворюється на питання національної безпеки через стрімке збільшення їх обсягів в результаті руйнування та знесення будівель [7]. Відновлення зруйнованих об'єктів також пов'язане з використанням значних обсягів матеріальних ресурсів, таких як пісок, щебінь та інші матеріали, але видобуток природних копалин призводить до додаткових витрат. Так, у 2022 році в Україні видобули близько 40 млн тонн піску, що прискорило виснаження ряду кар'єрів і підвищило вартість сировини.

Переробка будівельних відходів і їх повторне використання дозволить знизити навантаження на навколишнє середовище, значно скоротить кількість сміття на сміттєзвалищах, зменшить витрати на заку-

півлю нових будівельних матеріалів. Використання перероблених матеріалів, які часто дешевші за нові, може знизити вартість будівельних робіт. Скорочення споживання природних ресурсів, таких як пісок, гравій, метали, сприяє охороні екосистем [8].

У складених умовах сміттевого колапсу, коли обсяги будівельних відходів перевищили всі ліміти українських полігонів для зберігання великогабаритного та будівельного сміття, перехід до економіки замкнутого будівельного циклу стає не просто бажаною ініціативою, а гострою потребою. Україна має можливість розробити свою модель рециклінгу, враховуючи світовий досвід, але адаптуючи його до національних умов [9].

Екологічні проблеми та утилізація будівельного сміття. За ступенем небезпеки будівельні відходи в основному належать до четвертого класу, тобто малонебезпечні. Загалом будівельні відходи складаються з таких продуктів, як бетон та залізобетон, цегла, метал, ґрунт, забруднений пісок, сантехнічна кераміка, деревина, скло, гіпсокартон, пластмаса, асфальтобетон. Масовий вміст будівельних відходів (за оцінками дослідників) наведено на діаграмі (рис. 1).

У будівельних відходах можуть бути присутніми небезпечні матеріали – 30% усіх муніципальних будівель мають азбестовмісні матеріали, а рівень використання шиферу як покрівельного матеріалу в приватному секторі може досягати 60-70%.

Існує кілька аспектів негативного екологічного впливу будівельного сміття на довкілля: забруднення ґрунту, води, повітря небезпечними речовинами, що проникають у довкілля; використання земельних ресурсів для зберігання великих обсягів будівельного сміття; вплив на біорізноманіття та порушення природних екосистем; парникові гази, що утворю-

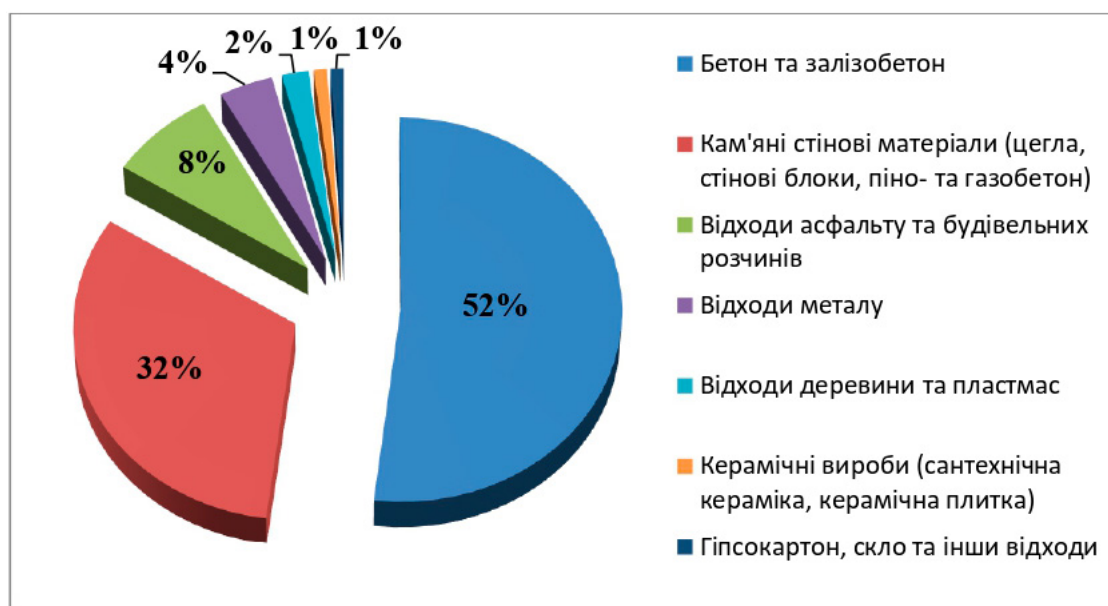


Рис. 1. Вміст будівельних відходів, % [10]

ються під час виробництва будівельних матеріалів, а також енергетичні витрати на виробництво нових матеріалів; соціальний вплив звалищ поблизу населених пунктів на якість життя, здоров'я та здоров'я населення; соціальний вплив на якість життя.

Проект промислового об'єкта в Херсонській області передбачає демонтаж старого частково зруйнованого комплексу та будівництва нового з максимальним повторним використанням демонтованих будівельних матеріалів. До 70% будівельних відходів будуть перероблені та використані при будівництві нового об'єкта. У проекті досліджується практична реалізація замкнутого циклу, починаючи з розбирання наявних споруд, підготовки території, переробки будівельних відходів і закінчуючи інтеграцією вторинних ресурсів у новий об'єкт. Розроблена модель може бути масштабована для інших промислових проєктів, забезпечуючи економію ресурсів, зниження витрат і поліпшення екологічної ситуації.

Це дослідження спрямоване на розробку комплексної системи управління будівельними відходами. Дослідження розв'язує відразу кілька важливих наукових і практичних завдань, забезпечуючи стійкість будівництва, скорочення витрат і мінімізацію екологічних збитків.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Розв'язанню проблем поводження з будівельними відходами у світі та Україні присвячені роботи багатьох закордонних і вітчизняних фахівців, таких як Ель Хаггар С., Бертіно Г., Сандіп Н., Шуваєв О., Шишкін О.О., Лялюк О.Г., Попович О.Р., Уваров П.Є., Богінська Л.О. та інших [11-16]. Питання щодо використання відходів як вторинної сировини в умовах війни в Україні та доцільності впровадження циркулярної економіки розглянуто в роботах таких авторів: Сафранов Т.А., Антонюк Н.А., Токарчук Д.М., Потіп М.М., Колесниченко О., Злотнік М., Горбаль Н.І. тощо [17-21].

Міжнародний досвід демонструє ефективність системного підходу до переробки будівельних відходів, включно із законодавчими ініціативами, технологічними розробками та громадською участю. У розвинених країнах, таких як США та державах Європейського Союзу, переробка будівельних відходів є важливим напрямом екологічної політики.

У США діють стандарти щодо обов'язкового мінімального вмісту вторинної сировини в товарній продукції. Заборонено організацію нових відкритих полігонів, вартість вивезення та заховання на них будівельних відходів значно перевищує вартість переробки цих відходів у вторинну сировину. В Японії не тільки переробляють до 80% відходів, а й використовують утрамбоване будівельне сміття для зведення дамб і насипних територій («сміттєві» острови).

Відходи, що утворюються під час будівельних робіт і знесення споруд, включно з реконструкцією старих будівель, становлять близько 32% від

усіх відходів, що утворюються в Західній Європі. У країнах ЄС поводження з відходами передбачає заборону і жорсткі обмеження вивезення будівельного сміття на полігони, як стимул технологічного розвитку. У багатьох країнах – членах ЄС рівень переробки будівельних відходів перевищив 80% завдяки впровадженню ефективних систем управління відходами та суворому законодавству [10]. У Швеції утилізується 99% усіх відходів, з яких 34,6% піддаються переробленню у вторинну сировину, а 48,5% відправляються на сміттєспалювальні заводи. З 59 млн тонн брухту, що утворюється на будмайданчиках Німеччини, переробляється близько 80%. У Нідерландах повторно використовують 90% будівельних відходів, у Бельгії – 87%, в Австрії переробляється близько 87% CDW (Construction and demolition waste – відходи будівництва та знесення), у Данії – 81% [4]. Великий досвід у сфері рециркуляції промислових відходів накопичено у Фінляндії. Комплекс із переробки відходів «ЕКО-парк» переробляє всі види промислових відходів: метал, металовмісні рідини, дерево, пластик, картон, акумулятори, а також будівельне сміття.

Переробка будівельних відходів в Україні перебуває на початковому етапі розвитку, показник ресайклінгу становить лише 6% від загальної кількості. Основними законодавчими актами у сфері поводження з відходами в Україні є: Закон «Про управління відходами» та Постанова КМУ 1073 «Порядок поводження з відходами від руйнувань». Закон про відходи є рамковим і визначає загальні засади управління відходами, зокрема відходами від будівництва та руйнувань. Закон передбачає, що відходи будівництва мають бути готові до повторного використання та рециклінгу. Він також ставить за мету, що щонайменше 10% маси таких відходів мають бути рецикловані до 2025 року. Постанова 1073 містить класифікацію та вимоги до обліку відходів, включно з вимогами до їхньої обробки та зберігання, а також шляхи повторного використання відходів у будівництві [22-24].

Наразі в деяких областях України, які найбільше постраждали від бойових дій (Київській, Херсонській, Харківській тощо), впроваджують пілотні проєкти з переробки будівельного сміття, яке утворилося внаслідок руйнувань. Одним із найкращих прикладів повторного використання будівельного сміття нині є проєкт у Гостомелі, який реалізує французька компанія Neo-Eco. На перших чотирьох об'єктах вдалося досягти показника переробки в 90%, тільки 10% будівельних відходів було вивезено на полігон. Були перероблені бетон і цегла (на дрібну фракцію), метал, дерев'яні двері (на ДСП панелі), штукатурка (на гіпсокартон), а скло/ПВХ були розподілені на кальцин, алюміній і ПВХ.

Попри наявність окремих проєктів та ініціатив, Україні необхідні масштабніші та системніші зусилля для впровадження ефективних методів

переробки будівельних відходів, що дасть змогу зменшити навантаження на навколишнє середовище і використовувати вторинні ресурси в будівельній галузі. Ціна на переробку будівельних відходів в Україні істотно відрізняється залежно від регіону, кількості та типу сміття, його складу, застосованого обладнання та організацій, що надають такі послуги. За наявними даними та оцінкою рівня ринку на лютий 2025 року середня вартість переробки 1 тонни будівельного сміття коливається в межах 50-100 грн. З огляду на те, що утилізація відходів обходиться у 250-400 грн. за тонну, переробка та вторинне застосування будівельного сміття виявляються більш вигідними з економічного погляду. Реалізація проєктів переробки будівельних відходів потребує державної підтримки та створення нових бізнес-ланцюжків. В Україні відсутня централізована система переробки будівельних відходів, що стримує впровадження сталих рішень. Для успішного розвитку необхідно розробити законодавчу базу, впровадити податкові стимули та створити переробну інфраструктуру.

Дослідження присвячене таким ключовим питанням, які досі залишаються не вирішеними на рівні держави та бізнесу:

1. *Створення сталої системи утилізації будівельних відходів.* В Україні відсутня чітка система збору, сортування та переробки таких відходів, що призводить до їхнього безконтрольного заховання на нелегальних полігонах чи звалищах. Основні невирішені проблеми: немає законодавчих норм, які б зобов'язували компанії переробляти будівельні відходи; відсутня розвинена інфраструктура, яка б містила сортувальні центри та переробні підприємства; немає системи фінансових стимулів, таких як податкові пільги підприємствам, які використовують вторинні будівельні матеріали. Можливі рішення: впровадження державних стандартів переробки будівельних відходів; створення регіональних сортувальних і переробних центрів; запровадження фінансових стимулів для компаній, які використовують перероблені матеріали; обов'язкове включення розділу з утилізації та переробки до проєктів нових будівельних об'єктів

2. *Економічні вигоди переробки будівельних відходів.* Переробка будівельних відходів може стати не тільки екологічно важливим напрямом, а й економічно вигідною галуззю. Однак наразі в Україні не сформована ринкова модель, яка робила б цей процес прибутковим для бізнесу і корисним для держави. Основні економічні бар'єри: висока вартість переробки без держпідтримки робить її невигідною для приватного сектору; відсутність ринку вторинних будівельних матеріалів, що знижує зацікавленість у їхньому виробництві; відсутність інвесторів і бізнесу, готових вкладати кошти в переробку відходів через відсутність зрозумілої стратегії та держгарантій. Економічні вигоди впровадження переробки:

зниження витрат на утилізацію відходів для будівельних компаній; скорочення витрат на видобуток і виробництво нових будівельних матеріалів внаслідок використання вторинних ресурсів; створення нових робочих місць у сфері переробки будівельних матеріалів; залучення інвестицій у стійке будівництво та екологічні технології; підвищення конкурентоспроможності України на міжнародному ринку, особливо в контексті відновлення інфраструктури після руйнувань.

3. *Реалізація принципів економіки замкнутого циклу в Україні:* відновлення зруйнованої інфраструктури з використанням перероблених будівельних матеріалів; впровадження мобільних станцій переробки будівельних відходів, які працюють прямо на будівельних майданчиках; створення індустріальних парків із переробки будівельних відходів та їхньої інтеграції в нові проєкти.

Викладення основного матеріалу. Обґрунтування екологічної та економічної доцільності рециклінгу відходів після демонтажу будівель виконано на прикладі проєкту промислового об'єкта, розташованого в Херсонській області (рис. 2, 3). Територія земельної ділянки становить 1,476 га, площа забудови за проєктом 5889,3 м². Основні будівлі та споруди: виробнича будівля триповерхова (3385,3 м²), адміністративна будівля двоповерхова (1200 м²), допоміжні споруди, Матеріали конструкцій: залізобетон, цегляна кладка (опорні стіни) і монолітний залізобетон (перекриття).

Загальний обсяг відходів $V=37031,085 \text{ м}^3$ (коефіцієнт виходу відходів прийнято 0,7). Загальна маса будівельного сміття, розрахована для кожного виду матеріалу, наведена в таблиці 1 і складе 95 355,04 т.

При прийнятому середнього значення переробки будівельного сміття 70%, маса переробленого сміття становитиме 66 748,53 т. Таким чином, на полігон буде направлено 28 606,51 т.

У Херсоні з 2024 року реалізується пілотний проєкт з переробки, очищення та подальшої реалізації будівельного сміття. Ціна на таку продукцію коливається від 240 до 280 грн. за тонну і є конкурентною.

Проєкт демонтажу старого частково зруйнованого комплексу та будівництва нового виробничого об'єкта є моделлю сталого промислового будівництва, що ґрунтується на принципах економіки замкнутого циклу. Основні етапи реалізації проєкту:

1. Повний демонтаж зруйнованої будівлі із сортуванням відходів. Перед будівництвом нового об'єкта проводять огляд, сортування і розбирання наявних конструкцій з метою подальшої переробки.

Контрольований демонтаж – будівля розбирається поетапно, із сортуванням матеріалів за видами (бетон, цегла, метал, деревина, ізоляційні матеріали, скло). Дроблення бетону та цегли – перероблений матеріал використовується для фундаменту, дорожнього покриття, конструкцій нового об'єкта. Переплавлення металоконструкцій – сталь та алю-

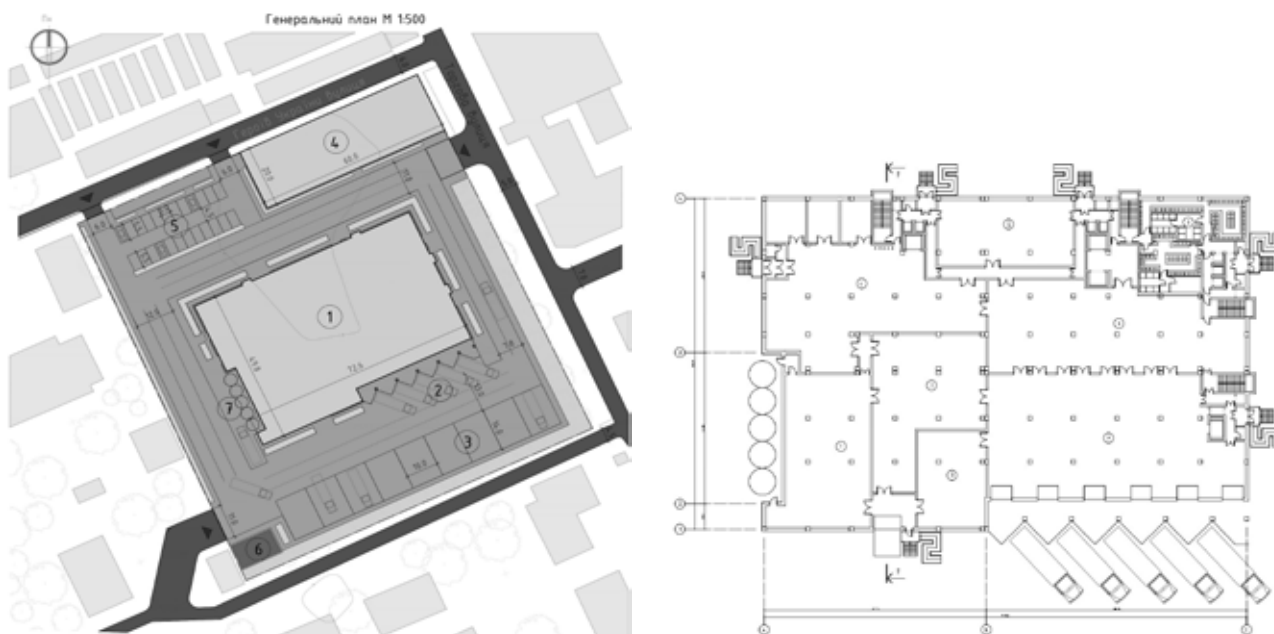


Рис. 2. Генеральний план об'єкта та схема першого поверху



Рис. 3. Промисловий об'єкт: після руйнування і новий проєкт

Таблиця 1

Будівельні відходи

Матеріал	Частка, %	Щільність, кг/м³	Маса будівельного сміття, т	Вартість переробки, грн/т
Залізобетон	70%	2500	64 804,4	100
Цегла	20%	1800	13 331,19	90
Метал	5%	7800	14 442,12	-
Інші відходи	5%	1500	2 777,331	150

міній повертаються у виробництво, що скорочує потребу у видобутку нових ресурсів. Переробка скла та пластику – впровадження технологій повторного використання скляних фасадних елементів та пластикових утеплювачів.

Очікувані результати: зниження обсягів відходів на полігонах на 70-80% завдяки переробленню; скорочення вартості матеріалів нового будівництва на 25-30% завдяки вторинному використанню переробленого бетону та цегли; зменшення викидів CO₂ на

20-25%, адже виробництво нового бетону та цегли є одним із найбільших джерел вуглецевих викидів.

2. Основні прийоми з очищення території: проведення екологічного аналізу ґрунту – виявлення вмісту токсичних речовин, залишків нафтопродуктів, важких металів; механічне очищення – видалення будівельних решток, які не підлягають переробленню, і забрудненого шару ґрунту; біологічна ремедіація – використання технологій очищення ґрунту за допомогою бактерій, здатних розкласти

шкідливі речовини; глибоке перероблення ґрунту – поліпшення його фізичних властивостей шляхом додавання мінералів та органічних добавок, що робить його придатним для утилізації; використання забрудненого ґрунту, що виключає ризики для навколишнього середовища.

Очікувані результати: повне усунення забруднення ґрунту, що виключає ризики для довкілля; мінімізація витрат на вивезення та утилізацію забрудненого ґрунту; використання очищеного ґрунту в проєкті, що знижує необхідність завезення нових матеріалів і скорочує логістичні витрати.

3. Переробка будівельних матеріалів та їх повторне використання. У рамках проєкту створюється локальний переробний ланцюжок, що дає змогу використовувати перероблені матеріали безпосередньо в будівництві нового об'єкта:

Фундамент та несучі конструкції – до 40% бетону та цегли буде замінено переробленими матеріалами. Дорожнє покриття та тротуари – використання переробленого щебеню, бетону та цегли для покриття доріг, парковок та тротуарів. Благоустрій території – застосовуються перероблені ґрунти, композити та вторинні будівельні матеріали для озеленення та організації водовідведення. Енергоефективні фасадні системи – використання скла та алюмінію з демонтованих конструкцій у новому фасаді.

Очікувані результати: скорочення витрат на закупівлю нових будівельних матеріалів на 30%; зменшення потреби у видобутку піску, щебеню та цементу, що знижує навантаження на природні ресурси; створення інноваційної моделі будівництва з високим рівнем стійкості.

4. Оптимізація енергоспоживання нової будівлі. Одним із ключових аспектів проєкту є енергоефективність нової будівлі, що досягається завдяки: сучасній теплоізоляції – застосування інноваційних ізоляційних матеріалів, що скорочують втрати тепла;

системі рекуперації енергії – зниження енергоспоживання на 25% шляхом повторного використання тепла вентиляційних викидів; сонячним панелям і системам збирання дощової води – зменшення навантаження на комунальні мережі та підвищення автономності об'єкта.

Очікуваний результат: скорочення експлуатаційних витрат на енергію і водопостачання на 30-35%.

5. Екологічний ефект: зниження викидів CO₂ завдяки скороченню обсягів видобутку природних матеріалів; мінімізація шкідливого впливу на навколишнє середовище завдяки контролю забруднення ґрунту і скорочення обсягу відходів; будівництво об'єкта на очищеній території з використанням перероблених матеріалів.

6. Економічний ефект: зменшення витрат на будівництво завдяки використанню перероблених матеріалів; зниження витрат на утилізацію відходів на 50-70% завдяки їх переробці; скорочення витрат на нові матеріали на 25-30% завдяки вторинному використанню.

Висновки. З урахуванням вищевикладеного проєкт виробничого об'єкта, що розглядається, може бути моделлю сталого будівництва промислових об'єктів в Україні, за рахунок впровадження замкнутого циклу переробки будівельних відходів. Це дасть змогу зменшити навантаження на навколишнє середовище й отримати додаткову економію будівельних матеріалів і природних ресурсів, відкрис нові можливості для бізнесу та створить ринок вторинних будівельних матеріалів.

Пропонований проєкт промислового об'єкта в Херсонській області доводить, що будівництво із замкнутим циклом переробки можливе й ефективне. Застосування результатів дослідження забезпечить економічну вигоду, інвестиційну привабливість та екологічну безпеку, що відповідає світовим тенденціям і вимогам Євросоюзу.

Література

1. Антонюк Н.А., Костюк В.Р. Рециклінг будівельних відходів під час війни в Україні: виклики та перспективи. *Актуальні проблеми економіки*. 2024. № 7 (277). С. 130-142.
2. Попович О.Р., Захарко Я.М., Мальований М.С. Проблеми утилізації та переробки будівельних відходів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. 2013. № 755. С. 321-324.
3. Лялюк О.Г., Ратушняк О.Г., Лялюк А.О. Екологічний менеджмент відходів будівельного виробництва. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2017. Т.22. № 1. С. 94-100.
4. Шуваєв А. Інструментарій залучення відходів будівництва та зносу до повторного господарського циклу в контексті їх класифікаційних ознак. *Грааль науки*. 2021. № 10, С. 600-605.
5. Ілляш О.Е., Бредун В.І., Чухліб Ю.О. Управління відходами: навч. посіб. Ч.1. Полтава: Астроя, 2021. 187 с.
6. BDO в Україні про можливість переробки будівельних відходів від руйнувань. *European Business Association*. URL: <https://eba.com.ua/bdo-v-ukrayini-pro-mozhlyvosti-pererobky-budivelnih-vidhodiv-vid-rujnuvan/> (дата звернення: 11.02.2025).
7. Сердюк В.Р. Циркулярна економіка: українські реалії та перспективи впровадження в будівельній галузі. *Сучасні технології матеріалів і дизайну в будівництві*. 2023. Т.34. № 1. С. 156-164.
8. Кваша Т., Паладченко О., Молчанова І. Перспективні світові наукові та технологічні напрями досліджень у сфері «Відходи»: монографія. К.: УкрІНТЕІ, 2020. 103 с.
9. Будівельне сміття: вирішення проблеми залежить від політичної волі та готовності впроваджувати реформи. *Property Times*. URL: https://propertytimes.com.ua/spetsproekti/budivelnne_smittya_virishennya_problmi_zalezhit_vid_politichnoyi_voli_ta_gotovnosti_vprovadzhuvati_reformi (дата звернення: 11.02.2025).
10. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року: Розпорядження Каб. Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 820-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80> (дата звернення: 15.02.2025).

11. El Haggag S. Sustainable Industrial Design and Waste Management: Cradle-To-Cradle for Sustainable Development. Amsterdam: Academic Press. 2007. 401 p.
12. Fundamentals of building deconstruction as a circular economy strategy for the reuse of construction materials / G. Bertino et al. *Applied sciences*, 2021. Vol. 11(3). P. 939. URL: <https://doi.org/10.3390/app11030939> (date of access: 10.02.2025).
13. Sandeep N. Utilization of recycled form of concrete, E-wastes, glass, quarry rock dust and waste marble powder as reliable construction materials. *Materials Today: Proceedings*. 2021. Vol. 45. Part 2. pp. 3231-3234. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.3816> (date of access: 10.02.2025).
14. Методика реновації промислових об'єктів, розташованих на території міста / Шишкін Е.А. та ін. *Містобудування та територіальне планування*. 2020. Вип. 72. С. 288-303.
15. Уваров П.Є., Татарченко Г.О., Шпарбер М.Є. Сучасні проблеми рециклінгу вторинних будівельних ресурсів. *Наукові вісті Дніпровського університету*. 2019. № 16. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvdu_2019_16_22 (дата звернення: 15.02.2025).
16. Богінська Л.О. Аналіз використання відходів виробництва у будівництві. *Нові технології в будівництві*. 2021. № 39. С. 39-45.
17. Сафранов Т., Приходько В., Корбут М. Особливості поводження з відходами будівництва та зносу в регіонах України. *Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Сер. Екологія. Публічне управління та адміністрування*. № 2(6), 2024. С. 75-84.
18. 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. С. 109-122.
19. Потіп М.М. Правове регулювання використання відходів війни як ресурсу для відновлення України. *Нове українське право*. 2023. № 3, С. 106-114.
20. Злотнік М., Ткачук Б. Переваги впровадження циркулярної економіки для українських підприємств в умовах воєнного стану. *Економіка та суспільство*, 2023. Вип. 45. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-36> (дата звернення: 10.02.2025).
21. Горбаль Н.І., Сліпачик С.В. Циркулярна економіка: особливості та перспективи впровадження в Україні в умовах війни. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку*. Вип. 6. № 1. 2024. С. 92-104.
22. Про управління відходами: Закон України від 20 червня 2022 р. № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 11.02.2025).
23. Перероблення будівельних відходів: виклики та можливості для України. *Укрінформ*. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-technology/3826490-pereroblenna-budivelnih-vidhodiv-vikliki-ta-mozlivosti-dla-ukraini.html> (дата звернення: 10.02.2025).
24. Порядок управління відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків: Постанова Каб. Міністрів України від 27 вересня 2022 р. № 1073. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1073-2022-%D0%BF#Text> (дата звернення: 10.02.2025).