

УДК 711.25

Д. В. Швидкий

аспірант, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8369-271X>

Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури

Вінницький Національний Технічний Університет, Хмельницьке шосе 95, Вінниця, Україна, 21021

В. В. Швець

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0348-3610>

Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури

Вінницький Національний Технічний Університет, Хмельницьке шосе 95, Вінниця, Україна, 21021

В. М. Соколенко*

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5073-2694>

Кафедра Будівництва, урбаністики та просторового планування

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, вул. Іоанна Павла II, 17, м. Київ, Україна, 01042

К. В. Соколенко

PhD, ст. викл., ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3334-7855>

Кафедра Будівництва, урбаністики та просторового планування

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, вул. Іоанна Павла II, 17, м. Київ, Україна, 01042

*автор-кореспондент, e-mail: 13wms13@ukr.net

Вплив зовнішніх факторів та часу на характеристики та стан матеріалів, що складають масив руйнації забудови

Цитувати як:

Швидкий, Д. В., Швець, В.В., Соколенко, В. М., Соколенко, К. В. (2025). Вплив зовнішніх факторів та часу на характеристики та стан матеріалів, що складають масив руйнації забудови. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 24, 664-677. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-55](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-55)

© 2025, Швидкий Д. В., Швець В.В., Соколенко В. М., Соколенко К. В.

У статті проаналізовано вплив дії зовнішніх факторів та часу на характеристики і стан матеріалів, що складають масив руйнації забудови. Війна призвела до формування масштабних руйнувань, що охоплюють зони та територіальні утворення. Визначено, що масиви руйнації житлової забудови, сформовані внаслідок бойових дій, характеризуються складною структурою що поєднує залишки різномісних матеріалів — бетону, металу, цегли, деревини, полімерів, скла та композитів. Після впливу високотемпературних, динамічних, хімічних і кліматичних чинників ці матеріали зазнають інтенсивних процесів деградації. З часом властивості таких матеріалів змінюються не лише через первинне руйнування, а й внаслідок вторинних процесів — корозії, карбонізації, гідратації, замерзання-відтавання, біодеструкції тощо. Виокремлено чинники, дія котрих припадає на первинний етап руйнувань – це вибухова дія та температурно теплові впливи при пожежі. Пасивне існування масиву руйнації під впливом

природно кліматичних факторів запускає часовий чинник деградації, що має кумулятивний ефект. Виділено три характерні часові етапи після руйнування – початковий, середньостроковий, довгостроковий. Визначено, що вплив часу має виключно негативний характер, що посилює дію негативних факторів – замочування, промерзання, корозія матеріалів, біологічна деструкція, хімічні реакції та ультрафіолетовий вплив сонця. Доведено, що кумулятивний вплив зовнішніх чинників формує значну складність і неоднорідність матеріалів масиву руйнування, що ускладнює можливість використання вторинних матеріалів у якості конструкційних. Обґрунтовано доцільність переважного використання вторинних будівельних відходів від руйнування будівель та споруд у завданнях вертикального планування та ландшафтних проєктах. На прикладі Лисичансько - Сіверськодоонецької агломерації в якості концепту запропоновано проєкт розширення баластного профілю доріг, що поєднують міста. Подібний концепт проєкту має комплексний містобудівний характер, та спрямований на модернізацію локальної ділянки транспортно планувального каркасу агломерації. Його реалізація можлива на підставі відповідних рішень, внесених в генеральний план міста. Розуміння реологічних процесів зміни властивостей матеріалів масиву руйнування слугує основою для формування ефективних стратегій післявоєнного відновлення, зокрема — рішень щодо демонтажу, рециклінгу та повторного використання ВБВРБС

Ключові слова: місто, зруйновані території, реконструкція території, відновлення, масив руйнувань, матеріали рециклінгу.

Вступ

Аналіз літературних джерел та постановка проблеми. Бойові дії в Україні тривають вже четвертий рік. Обсяги руйнувань збільшуються з кожним днем. Відбудова зруйнованих будівель має місце у незначних обсягах, переважно точкова, та переважно у форматі відновлювального ремонту. Науковці, фахівці відзначають надзвичайний масштаб руйнувань, котрий охоплює зони та територіальні утворення. Також аналізуються тренди та сценарії відбудови в котрих розглядається можливість зміни функціонального призначення, типу та характеру забудови на територіях масштабної руйнації [1-3]. З об'єктивних причин наразі не аналізується вплив зовнішніх факторів та часу на зміну характеристик та стану матеріалів, конструкцій що складають масиви руйнації житлової забудови. В принципових моментах акцентується увага на безумовному погіршенні екологічного стану навколишнього середовища постраждалих міст [4-7]. Реологічні дослідження у будівництві завжди відносились до категорії складних, тому що у програму експерименту окрім набору досліджуваних факторів додається параметр часу. Масштабне коректне експериментальне дослідження в умовах сьогодення організувати та провести над складно. Більша частина досліджень, присвячена завданням та проблематиці вторинного використання будівельних відходів та вторинних відходів стосується ідеалізованих масивів відходів. В умовах функціонування

економіки мирного часу рециклінг розглядає об'єкти, підготовлені до переробки у плановому порядку. Автори виходять з припущення, що стан та характеристики масиву руйнування викликаного бойовими діями, та плановим розбиранням або демонтажем застарілого житлового фонду суттєво відрізняються.

Масиви руйнації житлової забудови, сформовані внаслідок бойових дій, характеризуються складною структурою з поєднанням залишків різнотипних матеріалів – бетону, металу, цегли, деревини, полімерів, скла та композитів. Після впливу високотемпературних, динамічних, хімічних і кліматичних чинників ці матеріали зазнають інтенсивних процесів деградації. З часом властивості таких матеріалів змінюються не лише через первинне руйнування, а й унаслідок вторинних процесів – корозії, карбонізації, гідратації, замерзання-відтавання, біодеструкції тощо. Для населених місць східних областей очікується четвертий зимовий період, коли підсилюється вплив кліматичних наслідків. Дослідження цих змін є критично важливим для прийняття рішень щодо можливості повторного використання фрагментів матеріалів, безпечного демонтажу або рекультивації території [8-15].

Зовнішні фактори, що впливають на стан матеріалів, визначаються природно-кліматичними умовами та відсутністю будь-яких заходів стабілізації або консервації. В цих умовах не спрацьовує – час лікує. Для вторинних будівельних відходів від руйнації будівель та споруд (ВБВРБС) час означає пришвидшену зміну властивостей матеріалів, що складають масив руйнації [16-19].

Мета і завдання дослідження. Аналіз впливу зовнішніх факторів та часу на зміну характеристик та стану масивів руйнування, що утворились внаслідок бойових дій у містах сходу України.

Завданням дослідження є системний аналіз, як на морфологічний склад та структуру вторинних будівельних відходів від руйнації будівель та споруд впливає час, природно-кліматичні чинники, умови та наслідки руйнування, синергійний ефект поєднання різних факторів з точки зору можливості їх вторинного використання.

Матеріали та методи

У роботі використовуються теоретичні методи системного аналізу, аналітичного та містобудівного аналізу, засади реологічного аналізу зміни властивостей будівельних матеріалів, нормативно-правовий аналіз діючого законодавства.

При написанні статті використовувалась методологія багаторівневого міждисциплінарного підходу, що враховувала аналіз впливу чинників часу та природно-кліматичних факторів на масиви руйнувань, що вже декілька років перебувають у статичній фазі.

У роботі розглянуто в першу чергу якісний характер впливу руйнувань, впливу часу та природно-кліматичних факторів на характеристики масиву руйнації та можливості використання ВБВРБС у завданнях відбудови територій.

Інформаційну базу складають довідково-технічні літературні джерела, картографічні матеріали.

Особлива увага приділялася містам, територіальним утворенням суцільної руйнації, що розглядаються як єдині функціональні утворення у завданнях відбудови. Факторний аналіз зосереджено на містах, що вже декілька років знаходяться поза зоною господарського впливу.

Результати та обговорення

В умовах війни виникає одночасна дія негативних факторів. Раптовість, вибухова руйнація та пожежі, що її супроводжують. Населення евакуується з домівок при тому полишає рештки меблів, книжок, побутової техніки, одягу, та навіть запасів продуктів – тобто широкий спектр органічних та неорганічних матеріалів та сполук. Ці масиви руйнування декілька років стоять просто неба. Можна виокремити чинники, дія котрих припадає на первинний етап руйнувань. Інші чинники завдають свого негативного впливу протягом часу.

Для первинного моменту руйнування будівель характерним окрім вибухової дії є температурно-тепловий вплив. Під час вибухів, пожеж або тривалого теплового впливу спостерігаються структурні зміни у бетонах та кладках, дегідратація цементного каменю при 200–400 °С призводить до втрати міцності та розшарування. Розклад гідросилікатів кальцію (C–S–H) понад 500 °С спричиняє зниження щільності, утворення мікротріщин. Випал цегли або перегрів може спричинити зміну кольору та мікропористість, зменшення адгезії розчинів. Деформації сталеві арматури понад 600 °С змінюють її структуру (зменшується границя текучості, знижується пластичність). Додатковим чинником є формування у масиві руйнації продуктів вигорання органіки – золи, попелу, сажі тощо.

Знаходження під відкритим небом призводить до замочування всього масиву атмосферними опадами. Вплив вологи триває всі періоди року. Підвищена вологість повітря, атмосферні опади та затоплення зруйнованих будівель викликають розчинення іонів солей, що утворюють висоли на поверхнях кладки й бетону, вимивання кальцію з цементного каменю, що знижує рН і активує процеси карбонізації, корозію арматури при наявності хлоридів або кисню, яка призводить до розриву захисного шару та просочення оксидів заліза у матеріали. Біологічне обростання (грибки, мохи, водорості) виникає в умовах вологи та дії сонця. Призводить до накопичення органіки, погіршує естетичні та фізичні властивості матеріалів. На рис. 1 наведено реальні фото будинків, що зазнали руйнувань з міст Попасна, Рубіжне, Сіверськ-Донецьк, Бахмут. Фото ілюстративні та

взяті з відкритих джерел. Фотографії адекватно передають загальний стан, дозволяють узагальнити сценарії впливу дії чиннику часу та зовнішніх природно-кліматичних впливів.



Рис. 1. Зруйновані будинки у містах сходу України. Фактичний стан після руйнування у період 2022-2025 років

Сучасні домогосподарства насичені побутовою технікою, меблями, основу яких складають синтетичні матеріали високої хімії. Переважна кількість побутової техніки містить спеціальне маркування – заборону на викидання на смітник, окрема утилізація. Сучасні акумулятори є джерелом винятково небезпечних речовин. Вся ця складова, як вже відзначено, зазнала дії високих температур, загального структурного руйнування. Отже

хімічна агресія середовища є невидною, але небезпечною. Після вибухів і пожеж у масиві руйнації часто спостерігається підвищений рівень кислотності ґрунтів і води через продукти згоряння, нафтопродукти, сірчані сполуки. Кислотна корозія бетону — реакція з H_2SO_4 , HCl , NO_x призводить до утворення розчинних солей кальцію та руйнування цементної матриці. Лужна реакція заповнювачів (ASR) викликає розширення й тріщиноутворення у присутності лужних металів та вологи. Окиснення металів під дією атмосферного кисню та кислотних опадів прискорює деградацію сталевих елементів. Побутові рештки дають невизначений шлейф. Сонячна радіація впливає на можливі зміни у структурі полімерів, покриттів і навіть поверхневих шарів бетону через ультрафіолетове та радіаційне опромінення, що спричиняє деградацію полімерних зв'язків. Велика кількість пінопластових решток деградує на сонці.

Часовий чинник деградації формує кумулятивний характер процесів руйнування. З часом їхня інтенсивність або наслідки посилюються. Умовно можна виділити три часові етапи після руйнування:

Початковий етап (0–6 місяців). Активні реакції між відкритими поверхнями матеріалів і атмосферним середовищем. Інтенсивне вивільнення вологи, солей, пилу, зокрема токсичного (сажа, свинець, мікрочастинки цементу, поліуретановий пил).

Швидке охолодження та усадка бетону спричиняє мікротріщини і дезінтеграцію контактних зон.

Середньостроковий етап (6 місяців – 5 років). Поглиблення процесів карбонізації (зниження рН до 8–9 замість 12–13 у здоровому бетоні). Початок корозії арматури, особливо у зонах контакту з вологою. Розповсюдження сульфатної корозії, утворення етастрингіту, що збільшує об'єм матеріалу і викликає відшарування. У полімерних і фарбових покриттях спостерігається фотохімічна деградація, втрата кольору та адгезії.

Довгостроковий етап (понад 5 років). Руйнування структури цементного каменю, повна втрата зв'язку з заповнювачем. Вторинна корозія металів, що створює порожнини та знижує несучу здатність уламкових мас. Зміна ґрунтової основи через проникнення вологи та солей, що може викликати просідання або деформацію масиву руйнації. Біогенна активність (пліснява, бактерії, рослинність) руйнує залишки органічних матеріалів і сприяє ерозії кладки. Наразі більша частина міст знаходяться на другому етапі, але процеси деградації вже отримують сталий та незворотній характер.

Взаємодія факторів і синергетичні ефекти в реальних умовах призводять до комплексного впливу зовнішніх чинників. Так, наприклад комбінація вологи та морозу призводить до циклів розширення-замерзання, що збільшує об'єм тріщин та є відомим та загальним чинником руйнування. Корозія арматури та карбонізація бетону взаємо підсилюють одна одну –

зниження рН відкриває доступ кисню до металу. Солі з вологи можуть кристалізуватися в порах, викликаючи механічний тиск і руйнування (ефект сольової кристалізації). Забруднення нафтопродуктами або сірчаними сполуками посилює кислотну корозію бетону. Рослинність, що проростає у тріщинах, діє як механічний розширювач, збільшуючи глибину пошкоджень та сприяє накопиченню органіки.

Наслідки для реконструкції та вторинного використання матеріалів від дії часових чинників є виключно негативними. Зниження міцності та довговічності – більшість уламкових бетонів втрачає до 40–60 % первинної міцності через тривалу карбонізацію й корозію арматури. Зміна хімічної активності — матеріали стають більш гігроскопічними, кислотночутливими. Утворення токсичних домішок — унаслідок згоряння полімерів, фарб і ПВХ. Висока неоднорідність складу утруднює подальший рециклінг або використання як заповнювача без попереднього сортування й очищення. Пилова активність (мікросилікатні частинки, мікрометали) створює екологічні ризики при демонтажі. Включення пилових дисперсних домішок також змінює загальні параметри інертних груп матеріалів. Наявність хімічно активних сполук несе загрозу екологічного забруднення територій.

У зв'язку з цим необхідне проведення інженерно-екологічної діагностики, лабораторних досліджень і систематизації матеріалів перед повторним використанням. Реологічні дослідження у будівництві завжди відносились до категорії складних, у програму експерименту окрім набору досліджуваних факторів додається параметр часу. Автори виходять з припущення, що в межах магістерської однорічної програми провести коректний експеримент складно, оскільки він може охопити тільки першу стадію – початковий етап. Доцільно використовувати прогнозний метод аналізу, і вивчати висхідні умови та параметри. Типологічний аналіз дозволить визначати загальні тренди та базові наслідки впливу зовнішніх факторів та часу на властивості ВБВРБС. Конструкційні матеріали та виробни (класичний приклад бетон) повинні мати унормовані характеристики міцності та морозостійкості. Дослідження можливостей використання будівельного рециклату при виготовленні бетонів акцентують увагу на великий розкид фізико-механічних характеристик рециклату. Складно забезпечити потрібний клас бетону за умов нестабільного складу заповнювача. [20]. Дрібні та пиловаті піски, домішки глини, вапна, зольних включень, органіки суттєво впливають на характеристики бетонів та бетонних сумішей [21-23]. Раціональним варіантом вбачається використання масивів руйнації у завданнях вертикального планування та реалізації ландшафтних проєктів. Ці проєкти повинні бути інтегровані у містобудівні рішення, що поєднують розчищення зруйнованих територій, утилізацію ВБВРБС, реалізацію проєктів перспективного містобудівного відродження. На прикладі

Лисичансько - Сіверськодонецької агломерації в якості концепту можна розглянути проект розширення баластного профілю дороги, що поєднують міста (Рис.2).

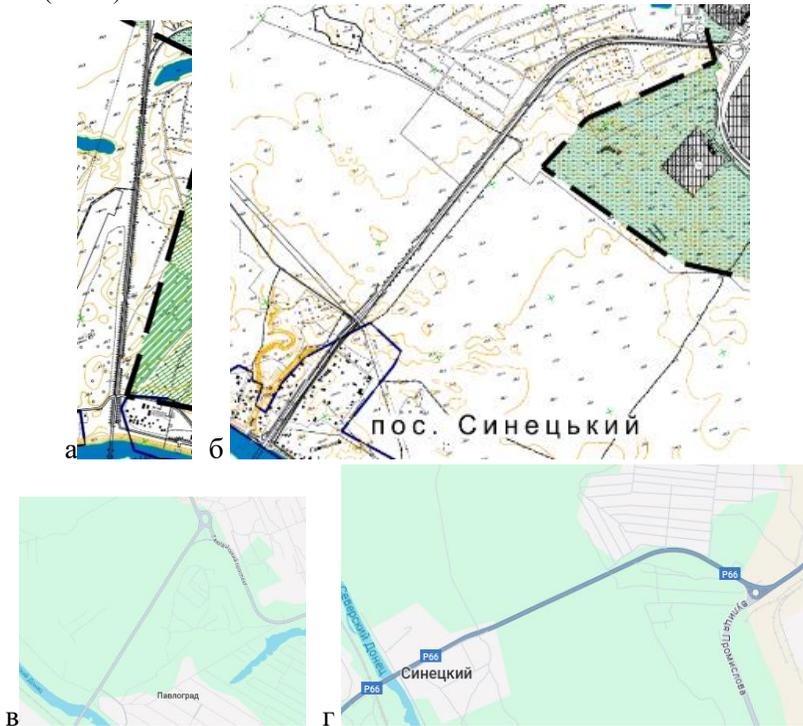


Рис. 2. Фрагмент генплану міста Сіверськодонецьк, відрізок від т.з. павлоградського моста та синецького моста.

Відрізок дороги від павлоградського моста (рис.2, а,в) має довжину 1,38 км., різниця позначок профілю дороги та поверхні землі становить від 2,5 до 4 м. (52,2-52,4м. дорожнє полотно, 48,2-49,7м. низ насипу по рельєфу). Відрізок дороги від синецького моста (рис.2, б,г) має довжину 2,08 км., різниця позначок профілю дороги та поверхні землі становить до 4,5 м. (57-54м. дорожнє полотно, 50-52м. низ насипу по рельєфу). Обидві ділянки мають однополосне рішення, що є недостатнім для сполучення міст агломерації. Орієнтовний обсяг ВБВРБС що може бути задіяний в реалізації проекту розширення фрагменту автодороги становить 28,98 тис. м.куб та 56,16 тис. м. куб по першій та другій ділянці. Слід врахувати можливість збільшення обсягу відсіпки ВБВРБС за рахунок формування бічного резерву обочини. Також проект доцільно доповнити реконструкцією мостів

зі збільшенням їх вантажопідйомності та ширини (кількості полос руху) [3,24].

Подібний концепт проекту має комплексний містобудівний характер, до того ж спрямований на модернізацію локальної ділянки транспортно-планувального каркасу агломерації. Його реалізація можлива на підставі відповідних рішень, внесених в генеральний план міста.

Висновки

Вплив зовнішніх факторів та часу є визначальним у формуванні фізико-хімічного стану матеріалів масиву руйнації.

Найбільш руйнівними чинниками є волога, температурні коливання, солі та атмосферна агресія.

Час посилює ефект деградації, перетворюючи первинні дефекти на незворотні структурні зміни.

Комплексна оцінка стану матеріалів повинна включати польові обстеження, лабораторні тести та моніторинг у динаміці.

Розуміння цих процесів є основою для формування ефективних стратегій післявоєнного відновлення, зокрема — рішень щодо демонтажу, рециклінгу та повторного використання ВБВРБС.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. Reconstructive Activity in the Context of Urban Life Cycle Phases. The Case of Ukrainian Cities / A. Pleshkanovska et al. ACE: Architecture, City and Environment. 2024. Vol. 18, no. 54. URL: <https://doi.org/10.5821/ace.18.54.12127>

2. Hush Yu. (2022). Pisliavoienna rozrukha. Yak vidnovliuvaly mista Yevropy pislia druhoi svitovoi. – Rezhym dostupu: <https://media.zagoriy.foundation/velyka-istoriya/pislyavoyenna-rozruha-yak-vidnovlyuvaly-mista-yevropy-pislya-drugoyi-svitovoyi/>

3. Sokolenko, K. V., Shvydkyi, D. V., Sokolenko, V. M., Morozenko, M. O. (2025). Mistobudivni завдання та прынтыпы transformatsii planovalno-transportnoho

karkasu urbanizovanykh terytorii skhodu Ukrainy. Suchasni tekhnologii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi, Lutsk, LNTU, 2025. Vyp. 23 s.331-343

4. Shyshkin, E., Haiko, Yu., & Chernonosova, T. (2024). ShLIaKhY RETsYKLINHU BUDIVELNOHO SMITTIa PID ChAS PISLIaVOIeNNOI VIDBUDOVY ZRUINOVANYKh MIST. Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia, (85), 679–697. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.679-697>

5. Zakopuvaty ne mozhna, pererobljaty i vykorystovuvaty - navpaky. Jak derzhava vyrishuvatyme problemu vidhodiv vid rujnuvan' vijny. Oficijnyj portal Verhovnoi' Rady Ukrai'ny. URL: https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/247284.html (data zvernennja: 25.11.2025).

6. Eksperyment z kompleksnogo vidnovlennja naselenyh punktiv. Transparency International Ukraine - Znyzyty riven' korupcii'. URL: <https://ti-ukraine.org/research/eksperyment-z-kompleksnogo-vidnovlennya-naselenyh-punktiv-shho-vidalosya-za-rik/#section3> (data zvernennja: 25.11.2025).

7. Zvit pro priami zbytky infrastruktury vid ruinuvan vnaslidok viiskovoi ahresii Rosii proty Ukrainy stanom na pochatok 2024 roku. Kyiv : KSE Institute, 2024. 39 s. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf. (data zvernennia: 16.10.2024).

8. Pro skhvalennia Natsionalnoi stratehii upravlinnia vidkhodamy v Ukraini do 2030 roku : Rozporiadzh. Kab. Ministriv Ukrainy vid 08.11.2017 r. № 820-r : stanom na 17 veres. 2020 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-r#Text>.

9. Poriadok vykonannia robiv z demontazhu ob'ektiv, poskodzhenykh abo zruinovanykh vnaslidok nadzvychainykh6.sytuatsii, voiennykh dii abo terorystychnykh aktiv: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 19.04.2022 №474. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/474-2022-%D0%BF#Text>.

10. Pro upravlinnia vidkhodamy : Zakon Ukrainy vid 20.06.2022 № 2320-IX : stanom na 29 cherv. 2024 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (data zvernennia: 16.11.2024).

11. Dvorkin L. Y., Myronenko A. V. (2019). Budivelni materialy ta vyroby iz zastosuvanniam promyslovykh vidkhodiv : navch. posib. Rivne : NUVHP, 298 s.

12. Smal M.V. (2017). Svitovyi dosvid povtornoho vykorystannia betonu v budivelnomu vyrobnytstvi / M. V. Smal, O. V. Dziubynska, O. V. Shelkovych // *Suchasni tekhnologii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi*, 7, 233-238.

13. Kondrashchenko E. V. (2013). O probleme horodov po yspolzovanyiu stroitelnykh otkhodov ot snosa zdanyi y sooruzheniy / E. V. Kondrashchenko, A. A. Kachura // *Komunalne hospodarstvo mist*, 107, 150–155.

14. O. R. Popovych (2013). Problemy utilizatsii ta pererobky budivelnnykh vidkhodiv / O. R. Popovych, Ya. M. Zakharko, M. S. Malovanyi // *Teoriia i praktyka budivnytstva*, 755, 321-324. - Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTPB_2013_755_60.

15. Shuvaiev A. (2021). Instrumentarii zaluchennia vidkhodiv budivnytstva ta znosu do povtornoho hospodarskoho tsykladu v konteksti yikh klasyfikatsiinykh oznak. *Hraal nauky*, 600–605.

16. Paliy O. V. (2024). Pidvyshchennia ekolohichnoi bezpeky za rakhunok vprovadzhenia retsyklinhu vidkhodiv ruiniatsii u vyrobnytstvo betonu: dys. ... d-ra filosofii. Zhytomyr, 256 s.

URL:

https://ztu.edu.ua/site/files/1/docs/Nauka/Aspirantura%20ta%20doktorantura/Razovi%20rady/2024/diss_Palii.pdf

17. Morkovska N. H., Abdelrahem A. (2019). Pererobka budivelnlykh vidkhodiv, shcho otvoriuiutsia v Ukraini. *Komunalne hospodarstvo mist*, 147, 210–214.

18. Savytskyi M. V., Smyrnov A. S. (2023). Osoblyvosti vykorystannia podribnenoho betonnoho brukhtu v yakosti krupnoho zapovniuvacha dlia betonu. *Ukrainskyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury*, 6 (018), 111-117.

19. Savytskyi M., Smyrnov A. (2024). Vlastyvosti vtorynnykh krupnykh zapovniuvachiv, otrymanykh v rezultati podribnennia betonnykh vidkhodiv. *Budivelni konstruktсии. Teoriia i praktyka*, (14), 19-28. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.14.2024.19-28>.

20. Proektyrovanye zhelezobetonnykh konstruktсий : Spravochnoe posobyе / Pod redaktsiyei d-ra tekhn. nauk A. B. Holysheva. Kyev : Budivelnnyk, 1985. 496 s., yl.

21. Semenov V. T. (2016). Pererobka budivelnlykh vidkhodiv v umovakh redevelopmentu miskykh terytorii / V. T. Semenov, E. A. Shyshkin, Yu. I. Haiko // *Arkhitekturnyi visnyk KNUBA*, 8–9, 248–256. ISSN 978-617-7185-03-0.

22. E. A. Shyshkin (2018). Retsyklinh budivelnlykh vidkhodiv / [E. A. Shyshkin, Yu. I. Haiko, K. I. Viatkin, A. O. Chala] // *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*, 66, 654–666, ISSN 2076-815Kh

23. Shyshkyn Э. А. (2016). Retsyklinh stroitelnykh otkhodov / Э. А. Shyshkyn, Yu. Y. Haiko // *Economics, science, education: integration and synergy: materials of international scientific and practical conference* (Bratislava, 18–21 January 2016). : in 3 V. – V. 3 – K. : Publishing outfit «Centre of educational literature», 123–124.

24. Pro zastosuvannia vidkhodiv vyrobnytstva v dorozhnomu budivnytstvi : Rozporiadzhennia Kabinetu ministriv Ukrainy vid 04.12.2019 N 1420-r // Baza danykh Zakonodavstvo Ukrainy / Verkhovna rada Ukrainy. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1420-2019-%D1%80#Text> (data zvernennia: 20.01.2021).

Література

1. Reconstructive Activity in the Context of Urban Life Cycle Phases. The Case of Ukrainian Cities / A. Pleshkanovska et al. *ACE: Architecture, City and Environment*. 2024. Vol. 18, no. 54. URL: <https://doi.org/10.5821/ace.18.54.12127>

2. Гуш Ю. (2022). Післявоєнна розруха. Як відновлювали міста Європи після другої світової. – Режим доступу: <https://media.zagoriv.foundation/velyka-kistoriya/pislyavoyenna-rozruha-yak-vidnovlyuvaly-mista-yevropy-pislya-drugoyi-svitovoyi/>

3. Соколенко, К. В., Швидкий, Д. В., Соколенко, В. М., Морозенко, М. О. (2025). Містобудівні завдання та принципи трансформації планувально-транспортного каркасу урбанізованих територій сходу України. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві, Луцьк, ЛНТУ, 2025. Вип. 23 с.331-343

4. Шишкін, Е., Гайко, Ю., & Черноусова, Т. (2024). Шляхи рециклінгу будівельного сміття під час післявоєнної відбудови зруйнованих міст. *Містобудування та територіальне планування*, (85), 679–697. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.679-697>

5. Закупувати не можна, переробляти і використовувати - навпаки. Як держава вирішуватиме проблему відходів від руйнувань війни. *Офіційний портал*

Верховної

Ради

України.

URL: https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/247284.html (дата звернення: 25.11.2025).

6. Експеримент з комплексного відновлення населених пунктів. *Transparency International Ukraine - Знизити рівень корупції*. URL: <https://ti-ukraine.org/research/eksperyment-z-kompleksnogo-vidnovlennya-naselenyh-punktiv-shho-vdalosya-za-rik/#section3> (дата звернення: 25.11.2025).

7. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року. Київ : KSE Institute, 2024. 39 с. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf. (дата звернення: 16.10.2024).

8. Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : Розпорядж. Каб. Міністрів України від 08.11.2017 р. № 820-р : станом на 17 верес. 2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-p#Text>.

9. Порядок виконання робіт з демонтажу об'єктів, пошкоджених або зруйнованих внаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів: Постанова Кабінету Міністрів України від 19.04.2022 №474. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/474-2022-%D0%BF#Text>.

10. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX : станом на 29 черв. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 16.11.2024).

11. Дворкін Л. Й., Мироненко А. В. (2019). Будівельні матеріали та вироби із застосуванням промислових відходів : навч. посіб. Рівне : НУВГП. 298 с.

12. Смаль М.В. (2017). Світовий досвід повторного використання бетону в будівельному виробництві / М. В. Смаль, О. В. Дзюбинська, О. В. Шелкович // *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 7, 233-238.

13. Кондращенко Е. В. (2013). О проблеме городов по использованию строительных отходов от сноса зданий и сооружений / Е. В. Кондращенко, А. А. Качура // *Комунальне господарство міст*, 107, 150–155.

14. О. Р. Попович, Я. М. Захарко, М. С. Мальований (2013). Проблеми утилізації та переробки будівельних відходів. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва*, 755, 321-324. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPTRB_2013_755_60.

15. Шуваєв А. (2021). Інструментарій залучення відходів будівництва та зносу до повторного господарського циклу в контексті їх класифікаційних ознак. *Грааль науки*. С. 600–605.

16. Палій О. В. (2024). Підвищення екологічної безпеки за рахунок впровадження рециклінгу відходів руйнації у виробництво бетону : дис. ... д-ра філософії. Житомир, 256 с.

URL: https://ztu.edu.ua/site/files/1/docs/Наука/Аспірантура%20та%20докторантура/Разов%20ради/2024/diss_Palii.pdf

17. Морковська Н. Г., Абделрахем А. (2019). Переробка будівельних відходів, що утворюються в Україні. *Комунальне господарство міст*, 147, 210–214.

18. Савицький М. В., Смирнов А. С. (2023). Особливості використання подрібненого бетонного брухту в якості крупного заповнювача для бетону. *Український журнал будівництва та архітектури*, 6 (018), 111-117.

19. Савицький М., Смирнов А. (2024). Властивості вторинних крупних заповнювачів, отриманих в результаті подрібнення бетонних відходів. *Будівельні*

конструкції. *Теорія і практика*, 14, 19-28. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.14.2024.19-28>.

20. Проектирование железобетонных конструкций: Справочное пособие / Под редакцией д-ра техн. наук А. Б. Гольшева. Киев : Будівельник, 1985. 496 с.

21. Семенов В. Т. (2016). Переробка будівельних відходів в умовах редевелопменту міських територій / В. Т. Семенов, Е. А. Шишкін, Ю. І. Гайко // *Архітектурний вісник КНУБА*, 8–9, 248–256. ISSN 978-617-7185-03-0.

22. Е. А. Шишкін (2016). Рециклінг будівельних відходів / [Е. А. Шишкін, Ю. І. Гайко, К. І. Вяткін, А. О. Чала] // *Містобудування та територіальне планування*, 66, 654–666, ISSN 2076-815X

23. Шишкін Э. А. (2016). Рециклинг строительных отходов / Э. А. Шишкин, Ю. И. Гайко // *Economics, science, education: integration and synergy: materials of international scientific and practical conference* (Bratislava, 18–21 January 2016). : in 3 V. – V. 3 – K.: Publishing outfit «Centre of educational literature», 123–124.

24. Про застосування відходів виробництва в дорожньому будівництві : Розпорядження Кабінету міністрів України від 04.12.2019 N 1420-р // База даних Законодавство України / Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1420-2019-%D1%80#Text> (дата звернення: 20.01.2021).

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 14.11.2025	Received 14.11.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 16.11.2025	Received in revised form 16.11.2025
Прийнято 25.11.2025	Accepted 25.11.2025
Опубліковано 25.12.2025	Published 25.12.2025

D. V. Shvydkyi

Postgraduate student, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8369-271X>

Department of Construction, Urban Planning and Architecture

Vinnitsia National Technical University, 95 Khmelnytske Shosse, Vinnitsia, Ukraine, 21021

V. V. Shvets

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0348-3610>

Department of Construction, Urban Planning and Architecture

Vinnitsia National Technical University, 95 Khmelnytske Shosse, Vinnitsia, Ukraine, 21021

V. M. Sokolenko*

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5073-2694>

Department Of Civil Engineering, Urbanism and Spatial Planning

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 17 John Paul II Str., Kyiv, Ukraine, 01042

K. V. Sokolenko

Ph.D, Senior Lecturer, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3334-7855>

Department Of Civil Engineering, Urbanism and Spatial Planning

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, 17 John Paul II Str., Kyiv, Ukraine, 01042

*corresponding author, e-mail: 13wms13@ukr.net

The influence of external factors and time on the characteristics and condition of materials that make up the destruction array of buildings

How to Cite:

Shvydkyi, D.V., Shvets V.V., Sokolenko, V.M., Sokolenko, K.V. (2025). The influence of external factors and time on the characteristics and condition of materials that make up the destruction array of buildings. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 24, 664-677. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-55](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-55)

Abstract. The article analyzes the impact of external factors and time on the characteristics and condition of materials that make up the array of destroyed buildings. The war has led to large-scale destruction covering entire areas and territories. It has been determined that the ruins of residential buildings formed as a result of hostilities are characterized by a complex structure that combines the remains of different types of materials—concrete, metal, brick, wood, polymers, glass, and composites. After exposure to high temperatures, dynamic, chemical, and climatic factors, these materials undergo intensive degradation processes. Over time, the properties of such materials change not only due to primary destruction, but also as a result of secondary processes — corrosion, carbonization, hydration, freezing-thawing, biodestruction, etc. The factors that occur at the initial stage of destruction are explosive action and temperature and thermal effects during a fire. The passive existence of the destruction array under the influence of natural climatic factors triggers a time factor of degradation that has a cumulative effect. Three characteristic time stages after destruction have been identified: initial, medium-term, and long-term. It has been determined that the influence of time is exclusively negative, exacerbating the effects of negative factors such as soaking, freezing, corrosion of materials, biological destruction, chemical reactions, and the ultraviolet influence of the sun. It has been proven that the cumulative impact of external factors creates significant complexity and heterogeneity of the materials in the destruction area, which complicates the possibility of using secondary materials as structural materials. The expediency of the preferential use of secondary construction waste from the destruction of buildings and structures in vertical planning and landscaping projects has been substantiated. Using the example of the Lysychansk-Siverskodonetsk agglomeration, a project to expand the ballast profile of roads connecting cities has been proposed as a concept. This project concept is comprehensive in nature and aimed at modernizing the local section of the agglomeration's transport planning framework. Its implementation is possible on the basis of relevant decisions included in the city's master plan. Understanding the rheological processes of changing the properties of materials in the destruction zone serves as the basis for the formation of effective post-war recovery strategies, in particular, decisions on the dismantling, recycling, and reuse of secondary construction waste.

Keywords: city, destroyed areas, reconstruction of areas, restoration, destruction zone, recycled materials