

UDK 502.51:504.5

Volodymyr Maikovych, Post-Graduate of Department of Ecology

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-6373-270X>

e-mail: volodymyr.maikovych@nung.edu.ua

Yaroslav Adamenko, Doctor of Technical Science, Professor

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5665-7958>

e-mail: yaroslav.adamenko@nung.edu.ua

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF CONSTRUCTION WASTE GENERATION ON THE ENVIRONMENT

Abstract. *The purpose of the work is to analyse the impact on the environment of construction waste based on the analysis of literary sources with the determination of the priority of the flow, as well as the standard of environmental assessment with the establishment of the probability of impact and to determine management strategies to mitigate environmental risks.*

A detailed review of the world literature on the environmental impact of construction waste was conducted. Seventeen relevant environmental impact factors of construction waste were determined based on the analysis of scientific articles. The predominant factor for our country in wartime is the generation of waste in the process of destruction from explosions and, as a result, environmental pollution in the process of creating construction waste, including hazardous chemicals. Priority factors also included: risks to public health and safety, dust pollution of the atmosphere, etc.

The analysis of regulatory documents and obligations aimed at improving the state of the environment at the state and international levels, which must be taken into account in the process of construction, waste generation and handling, has been carried out.

Taking into account the "Methodical recommendations for the implementation of a strategic environmental assessment...", for the first time we carried out a description of the consequences for the environment of the generation of construction waste in the process of construction or destruction of structures, including for the health of the population – any possible consequences for flora and fauna, biodiversity, soil, climate, air, water, landscape (including man-made), natural territories and objects, safety of the population and its health, material assets, objects of cultural heritage and the interaction of these factors.

The research was focused on the ecological assessment of the impact of construction waste on the environment and the search for the best strategies for handling this type of waste for the conditions of Ukraine using construction waste as an example. Mitigating the negative environmental impacts of construction waste on the environment is possible through the implementation of global practices for handling such waste. Fifteen recommendations are proposed based on a review of literature sources.

Keywords: *environmental assessment, environmental impact, construction waste.*

В.Є. Майкович, Я.О. Адаменко

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,
м. Івано-Франківськ, Україна

ОЦІНКА ВПЛИВУ УТВОРЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВІДХОДІВ НА ДОВКІЛЛЯ

***Анотація.** Мета роботи – проаналізувати вплив на довкілля будівельних відходів за аналізом літературних джерел із визначенням пріоритетності впливу, також за стандартом екологічної оцінки із встановленням ймовірності впливу та визначити стратегії управління для пом'якшення екологічних ризиків.*

Було проведено детальний огляд світової літератури із впливу на довкілля будівельних відходів. Базуючись на аналізі наукових статей, було визначено сімнадцять релевантних факторів впливу на довкілля будівельних відходів. Переважаючим чинником для нашої країни у військовий час є утворення відходів в процесі руйнування від вибухів і, як наслідок, – забруднення навколишнього середовища в процесі утворення будівельних відходів, в тому числі небезпечними хімічними речовинами. До пріоритетних факторів також увійшли: ризики для громадського здоров'я та безпеки, пилове забруднення атмосфери тощо.

Виконаний аналіз нормативних документів і зобов'язань, спрямованих на покращення стану довкілля на державному та міжнародному рівнях, які необхідно враховувати в процесі будівництва, утворення відходів і поводження з ними.

Із врахуванням «Методичних рекомендацій із здійснення стратегічної екологічної оцінки...» вперше нами було проведено опис наслідків для довкілля утворення будівельних відходів в процесі будівництва або руйнування споруд, у тому числі для здоров'я населення – будь-які ймовірні наслідки для флори, фауни, біорізноманіття, ґрунту, клімату, повітря, води, ландшафту (включаючи техногенного), природних територій та об'єктів, безпеки життєдіяльності населення та його здоров'я, матеріальних активів, об'єктів культурної спадщини та взаємодія цих факторів.

Дослідження було зосереджено на екологічній оцінці впливу на довкілля будівельних відходів та пошуку найкращих стратегій поводження з таким типом відходів для умов України на прикладі відходів будівництва. Пом'якшення негативних екологічних впливів будівельних відходів на довкілля можливе шляхом впровадження світових практик поводження з такими відходами. Запропоновано п'ятнадцять рекомендацій на основі огляду літературних джерел.

Ключові слова: екологічна оцінка, вплив на довкілля, будівельні відходи.

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.3.33-46>

Вступ

Будівельний сектор відіграє життєво важливу роль у задоволенні потреб суспільства, а також покращенні якості життя [1]. В Україні щорічні інвестиції в будівельну діяльність складають десятки мільярдів доларів і у період післявоєнного відновлення очікуються суттєві темпи зростання [2]. За попередніми оцінками для відновлення зруйнованої інфраструктури в наступні 10 років необхідно близько 400 мільярдів доларів.

Економічний розвиток України навіть у воєнний час суттєво залежить від будівельних проєктів [3]. Будівельна галузь у м. Івано-Франківськ, зокрема, пропонує значну кількість робочих місць, у вигляді податків підтримує бюджет територіальної громади та служить основою для інших видів бізнесу [4]. Роль, яку будівельна галузь відіграє в соціально-економічному розвитку України у воєнний час, включає проєкти не тільки цивільного, а й важкого машинобудування, будівництва фортифікаційних споруд, які відповідають за майбутнє існування країни на карті Європи [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У країнах, що розвиваються, будівельна діяльність становить 80% загальних капітальних активів, 10% їх ВВП [6].

З екологічної точки зору будівельна галузь споживає значний обсяг природних ресурсів і утворює більшу частину твердих побутових відходів [7, 8]. Порівняно з іншими видами відходів будівельне сміття має великий об'єм [9, 10]. Проведені дослідження світового рівня стверджують, що будівельні відходи складають третину всіх відходів [11]. Згідно з дослідженням [12], будівельне сміття становить приблизно 10–30% відходів, які захоронені на звалищах по всьому світу. Оцінено кількість спожитих природних ресурсів і відходів, які утворюються на будівельних майданчиках [13]. Доведено, що будівельні роботи та будівництво споживають 60% природних мінеральних ресурсів, 40% цього обсягу становлять проєкти будівництва. Будівельна галузь виробляє приблизно 35% від загального обсягу відходів, які потрапляють у навколишнє середовище в усьому світі [14, 15]. У порівнянні – світова промисловість використовує 35% всієї енергії та продукує 40% вуглекислого газу антропогенного походження, який потрапляє в атмосферу [9]. На світовому рівні будівельна галузь відповідає за 40% від загального обсягу споживання енергії та природних ресурсів [16].

Мета роботи

Це дослідження має на меті проаналізувати вплив на довкілля будівельних відходів за аналізом літературних джерел із визначенням пріоритетності впливу, також за стандартом екологічної оцінки із встановленням ймовірності впливу та визначити стратегії управління для пом'якшення екологічних ризиків.

Методи дослідження

Дослідження було зосереджено на екологічній оцінці впливу на довкілля будівельних відходів та пошуку найкращих стратегій поводження з таким типом відходів для умов України, на прикладі відходів цивільного будівництва. Було проведено детальний огляд світової літератури із впливу на довкілля будівельних відходів, аналіз нормативних документів, законодавчих актів державних і міжнародних, які регулюють вплив на довкілля. Із застосуванням «Методичних рекомендацій із здійснення стратегічної екологічної оцінки...» вперше нами було проведено опис наслідків для довкілля утворення будівельних відходів в процесі будівництва або руйнування споруд.

Виклад основного матеріалу

Базуючись на аналізі наукових статей, було визначено сімнадцять релевантних факторів впливу на довкілля будівельних відходів (табл. 1). Переважаючим чинником для нашої країни у військовий час є утворення відходів під час руйнування від вибухів і, як наслідок, – забруднення навколишнього середовища в процесі утворення будівельних відходів, в тому числі небезпечними хімічними речовинами.

Наступним кроком дослідження став аналіз нормативних документів, законодавчих актів державних і міжнародних, які регулюють вплив на довкілля в Україні, а отже, які необхідно враховувати в процесі будівництва і утворення відходів (табл. 2).

Таблиця 1. Переважаючі фактори впливу на довкілля процесу будівництва і утворення відходів за літературним оглядом

Ранг	Фактор впливу	Літературне джерело
1	2	3
1	Забруднення навколишнього середовища в процесі утворення будівельних відходів (в т.ч. небезпечних хімічних речовин)	Hossain, and Ng (2019) [17] Luangcharoenrat et al. (2019) [9]
2	Надмірне споживання природних мінеральних ресурсів і виснаження родовищ будівельних матеріалів	Asif et al. (2007) [16] Ignacio et al. (2011) [18]
3	Ризики для громадського здоров'я та безпеки	Nguimalet (2007) [19] Tafesse (2021) [10]
4	Забруднення ґрунту будівельними відходами (в т.ч. хімікатами)	Luangcharoenrat et al. (2019) [9] Aboginije et al. (2020) [20]
5	Пилове забруднення атмосферного повітря	Nguimalet (2007) [19]
6	Утворення відходів, які спричиняють забруднення води	Olusanjo et al. (2014) [21] Aboginije et al. (2020) [20]
7	Використання земельних площ для складування відходів	Yeheyis та ін. (2013) [22] Polat et al. (2017) [12]
8	Вплив на біорізноманіття та руйнування життєвого середовища біоти процесу будівництва і утворення відходів	ELARD і GAA (2009) [23] Фісуненко та ін. (2022) [3]
9	Викиди парникових газів в атмосферу та внесок будівельної індустрії у зміну клімату	Baek et al. (2013) [24] Ajayi et al. (2015) [25]
10	Збільшення впливу на довкілля внаслідок затримки реалізації проєкту або перевищення часу процесу будівництва	Memon et al. (2020) [26] Tafesse, Adugna (2021) [10]
11	Захворювання, пов'язані з високим рівнем забруднення повітря в процесі будівництва і утворення відходів	Nguimalet (2007) [19]
12	Збільшення нелегальних звалищ	Tafesse, Adugna, (2021) [10]

1	2	3
13	Зменшення стійкості сектору будівництва	Ghaleb et al. (2021) [27] ELARD i GAA (2009) [23]
14	Наслідки для добробуту громад внаслідок збільшення відходів, що вивозяться, утилізуються, складаються	Eze et al. (2016), [28] Aslam et al. (2020) [29]
15	Затоплення через засмічення будівельними відходами поверхневих водних об'єктів	Nguimalet (2007) [19] ELARD i GAA (2009) [23]
16	Зниження продуктивності сільського господарства	Josimovic et al. (2014) [30] Olusanjo et al. (2014) [21]
17	Розбіжності між зацікавленими сторонами, конфлікти з громадою	Шибаета та ін. (2023) [1] Нонік та ін. (2023) [2]

Таблиця 2. Зобов'язання, спрямовані на покращення стану довкілля на державному та міжнародному рівнях

Нормативні акти на державному рівні	Нормативні акти на міжнародному рівні
1	2
<i>У сфері державного управління, що стосується охорони довкілля та сталого розвитку</i>	
ЗУ «Про Стратегічну екологічну оцінку»	Протокол про стратегічну екологічну оцінку (Протокол про CEO) до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті (Конвенція Еспо), ратифікований Верховною Радою України
ЗУ «Про Оцінку впливу на довкілля»	Директива 2001/42/ЄС про оцінку впливу окремих планів і програм на навколишнє середовище, імплементація якої передбачена Угодою про асоціацію між Україною та ЄС
ЗУ «Про основні засади (Стратегію) державної екологічної політики на період до 2030 року»	Стратегія ЄС для Дунайського регіону
Указ Президента України «Про розвиток регіону українських Карпат» від 22 липня 2019 року №543/2019	Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат (Карпатська Конвенція)
<i>У сфері охорони природи, ландшафтного та біорізноманіття</i>	
ЗУ «Про охорону навколишнього природного середовища»	Конвенція про дикі види флори та фауни і середовища існування у Європі (Бернська конвенція)
ЗУ «Про природно-заповідний фонд України»	Конвенція про збереження мігруючих видів диких тварин (Боннська конвенція)
ЗУ «Про екологічну мережу України»	Конвенція про охорону біологічного різноманіття
ЗУ «Про Червону книгу України»	Конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовище існування водоплавних птахів (Рамсарська конвенція)

Продовження табл. 2

1	2
ЗУ «Про Зелену книгу України»	Конвенція про міжнародну торгівлю видами дикої фауни і флори, що перебувають під загрозою зникнення (CITES)
ЗУ «Про рослинний світ»	Міжнародна Угода про збереження афроєвразійських мігруючих водно-болотних птахів (AEWA)
ЗУ «Про тваринний світ»	Міжнародна Угода про збереження популяцій європейських кажанів (EUROBATS)
ЗУ «Про охорону земель»	Європейська ландшафтна конвенція
ЗУ «Про атмосферне повітря»	Конвенція про транскордонне забруднення повітря на великі відстані
Водний кодекс України	Конвенція щодо співробітництва по охороні та сталому використанню ріки Дунай (Конвенція про охорону ріки Дунай)
Лісовий кодекс України	Конвенція СЕК ООН з охорони та використання транскордонних водотоків
Земельний кодекс України	
Кодекс України про надра	
ЗУ «Про мораторій на проведення суцільних рубок на гірських схилах в ялицево-букових лісах Карпатського регіону»	
ЗУ «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо охорони пралісів згідно з Рамковою конвенцією про охорону та сталий розвиток Карпат»	
Правила рубок головного користування у гірських лісах Карпат	
Санітарні правила в лісах України	
<i>У сфері управління відходами</i>	
ЗУ «Про відходи»	Базельська конвенція про контроль за транскордонним перевезенням небезпечних відходів та їх видаленням
Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року	
Національний план управління відходами до 2030 року	
<i>У сфері містобудування</i>	
ЗУ «Про Генеральну схему планування території України»	
ЗУ «Про регулювання містобудівної діяльності»	
<i>У сфері охорони здоров'я</i>	
ЗУ «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»	Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішення та доступ до правосуддя з питань, які стосуються довкілля (Оргуська конвенція)
ЗУ «Основи законодавства України про охорону здоров'я»	

Згідно з «Методичними рекомендаціями із здійснення стратегічної екологічної оцінки...», затвердженими Наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 10.08.2018 № 296, нами вперше було проведено опис наслідків для довкілля утворення будівельних відходів в процесі будівництва або руйнування споруд, у тому числі для здоров'я населення – будь-які ймовірні наслідки для флори, фауни, біорізноманіття, ґрунту, клімату, повітря, води, ландшафту (включаючи техногенного), природних територій та об'єктів, безпеки життєдіяльності населення та його здоров'я, матеріальних активів, об'єктів культурної спадщини та взаємодія цих факторів (табл. 3).

Таблиця 3. Оцінка ймовірного впливу утворення будівельних відходів на довкілля відповідно до контрольного переліку

Чи може утворення будівельних відходів спричинити		Негативний вплив			Пом'якшення існуючої ситуації
		так	ймовірно	ні	
1		2	3	4	5
Повітря					
1.	Збільшення викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел			●	-
2.	Збільшення викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел	●			+
3.	Погіршення якості атмосферного повітря		●		+
4.	Появу джерел неприємних запахів		●		+
5.	Зміни повітряних потоків, вологості, температури або будь-які локальні чи регіональні зміни клімату			●	-
Водні ресурси					
6.	Збільшення обсягів скидів у поверхневі води		●		+
7.	Будь-які зміни якості поверхневих вод (зокрема таких показників, як температура, розчинений кисень, прозорість, але не обмежуючись ними)		●		+
8.	Збільшення кількості вод, що використовуються для водопостачання населенню			●	-
9.	Значне зменшення кількості вод, що використовуються для водопостачання населенню			●	-
10.	Збільшення навантаження на каналізаційні системи та погіршення якості очистки стічних вод		●		+
11.	Появу загроз для людей і матеріальних об'єктів, пов'язаних з водою (зокрема таких, як паводки або підтоплення)		●		+
12.	Зміни напрямів і швидкості течії поверхневих вод або зміни обсягів води будь-якого поверхневого водного об'єкта			●	-
13.	Порушення гідрологічного та гідрохімічного режиму малих річок регіону		●		+
14.	Зміни напряму або швидкості потоків підземних вод			●	-

Продовження табл. 3

	1	2	3	4	5
15.	Зміни обсягів підземних вод (шляхом відбору чи скидів або ж шляхом порушення водоносних горизонтів)			•	-
16.	Забруднення підземних водоносних горизонтів		•		+
Відходи					
17.	Збільшення кількості утворюваних твердих побутових відходів	•			+
18.	Збільшення кількості утворюваних чи накопичених будівельних відходів IV класу небезпеки	•			+
19.	Збільшення кількості відходів I-III класу небезпеки		•		+
20.	Спорудження еколого-небезпечних об'єктів поводження з відходами		•		+
21.	Утворення або накопичення радіоактивних відходів		•		+
Земельні ресурси					
22.	Порушення, переміщення, ущільнення ґрунтового шару	•			+
23.	Будь-яке посилення вітрової або водної ерозії ґрунтів			•	-
24.	Зміни в топографії або в характеристиках рельєфу		•		+
25.	Появу таких загроз, як землетруси, зсуви, селеві потоки, провали землі та інші подібні загрози через нестабільність літогенної основи або зміни геологічної структури			•	-
26.	Суттєві зміни в структурі земельного фонду, чинній або планованій практиці використання земель	•			+
27.	Виникнення конфліктів між ухваленими цілями стратегії та цілями місцевих громад		•		+
Біорізноманіття та рекреаційні зони					
28.	Негативний вплив на об'єкти природно-заповідного фонду (зменшення площ, початок небезпечної діяльності у безпосередній близькості або на їх території тощо)		•		+
29.	Зміни у кількості видів рослин або тварин, їхній чисельності або територіальному представництві		•		+
30.	Збільшення площ зернових культур або сільськогосподарських угідь в цілому			•	-
31.	Порушення або деградацію середовищ існування диких видів тварин	•			+
32.	Будь-який вплив на кількість і якість наявних рекреаційних можливостей		•		+
33.	Будь-який вплив на наявні об'єкти історико-культурної спадщини		•		+
34.	Інші негативні впливи на естетичні показники об'єктів довкілля (перепони для публічного огляду мальовничих краєвидів, появу естетично неприйнятних місць, руйнування пам'ятників природи тощо)		•		+
Населення та інфраструктура					
35.	Зміни в локалізації, розміщенні, щільності та зростанні кількості населення будь-якої території		•		+
36.	Вплив на нинішній стан забезпечення житлом або виникнення нових потреб у житлі		•		+

Продовження табл. 3

	1	2	3	4	5
37.	Суттєвий вплив на нинішню транспортну систему. Зміни в структурі транспортних потоків		●		+
38.	Необхідність будівництва нових об'єктів для забезпечення транспортних сполучень		●		+
39.	Потреби в нових або суттєвий вплив на наявні комунальні послуги		●		+
40.	Появу будь-яких реальних або потенційних загроз для здоров'я людей		●		+
Екологічне управління та моніторинг					
41.	Послаблення правових і економічних механізмів контролю в галузі екологічної безпеки			●	-
42.	Погіршення екологічного моніторингу			●	-
43.	Усунення наявних механізмів впливу органів місцевого самоврядування на процеси техногенного навантаження			●	-
44.	Стимулювання розвитку екологічно небезпечних галузей виробництва			●	-
Інше					
45.	Підвищення рівня використання будь-якого виду природних ресурсів	●			+
46.	Суттєве вилучення будь-якого невідновного ресурсу		●		+
47.	Збільшення споживання значних обсягів палива або енергії		●		+
48.	Суттєве порушення якості природного середовища		●		+
49.	Появу можливостей досягнення короткотермінових цілей, які ускладнюватимуть досягнення довготривалих цілей у майбутньому		●		+
50.	Такі впливи на довкілля або здоров'я людей, які самі по собі будуть незначними, але у сукупності викличуть значний негативний екологічний ефект, що матиме значний негативний прямий або опосередкований вплив на добробут людей		●		+

Пом'якшення негативних екологічних впливів будівельних відходів на довкілля можливе шляхом впровадження світових практик поводження з такими відходами, до яких належать наступні:

1. Залучення спеціальних професіоналів (екологічних менеджерів) для вирішення питань екологічно дружнього поводження з будівельними відходами.

2. Запровадження збірного або зовнішнього виробництва будівельних компонентів і запровадження новітніх технологій, матеріалів, що дозволяють зменшити будівельні відходи.

3. Тісна координація між екологічним менеджером, клієнтом, підрядниками та іншими зацікавленими сторонами на етапах планування, проєктування та будівництва, а також завершення життєвого циклу будівельних конструкцій.

4. Впровадження ефективної практики управління будівельними відходами на місці та поширення обізнаності серед учасників будівельних робіт.

5. Повторне використання та переробка матеріалів.
6. Запровадження заходів стимулювання екологічно дружнього поводження з відходами.
7. Розширення і запровадження норм і специфікацій екологічного будівництва.
8. Підвищення плати за утворення будівельних відходів підприємств. Запровадження заходів дієвого впливу для організацій, які порушують законодавчі норми поводження з відходами.
9. Розробка політики мінімізації будівельних відходів.
10. Розробка онлайн калькулятора з вимірюванням розміру роботи та використанням належної кількості будівельних матеріалів допоможе зменшити кількість утворюваних будівельних відходів.
11. Дотримання належного зберігання будівельних матеріалів, ефективний і періодичний нагляд на місці.
12. Врахування впливу на навколишнє середовище під час проєктування та прагнення досягти його оптимізації.
13. Проведення навчань для персоналу, задіяного у будівництві, щодо стратегій мінімізації утворення будівельних відходів.
14. Пам'ятати про економічні, соціальні та екологічні наслідки поводження з будівельними відходами на всіх етапах життєвого циклу проєкту.

Висновки

Проведене дослідження заповнює прогалину в знаннях про вплив будівельних відходів на довкілля. Отримана систематична і всебічна ієрархія потенційних впливів на всі сфери довкілля, включаючи соціальну, і рекомендації щодо пом'якшення наслідків можуть бути використані зацікавленими сторонами будівництва та державними організаціями як керівництво для дії. Це особливо актуально в Україні, в якій внаслідок воєнних дій щодня руйнуються споруди внаслідок ракетних атак, вибухів і застосування всіх видів зброї. Вплив на атмосферне повітря, водне середовище, ґрунти, земельні ресурси і біорізноманіття відбувається не тільки в процесі цивільного будівництва, а більшою мірою в сьогоденнішніх реаліях в процесі руйнування і утворення будівельного сміття. Майбутні дослідження, які мають на меті поглибити екологічну оцінку процесу і наслідків утворення будівельних відходів, можуть підтвердити свої висновки з використанням результатів цього дослідження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шибяєва Н. В., Бабан Т. О., Марченко М. В. (2023). Управління будівельними відходами на принципах циркулярної економіки. *Актуальні проблеми інноваційної економіки та права*, № 4, С. 66-74.
2. Нонік Л.Ю., Пацева І.Г., Пічкур Т.В. (2023). Розроблення стратегії управління відходами руйнацій в умовах воєнного стану. *Екологічна безпека та технології захисту довкілля*, № 4, С. 40–47.
3. Фісуненко, П. А., & Герасимова, О. Л. (2022). Напрями зменшення ризиків воєнного екоциду за допомогою рециклінгу будівельних відходів в девелопменті нерухомості. *Економіка та суспільство*, (45).
4. Розвиток будівельної галузі м.Івано-Франківська. Досягнення та проблеми. Офіційний сайт Івано-Франківська <https://www.mvk.if.ua/uploads/files/news080812-2.pdf>

5. Решетченко, А. І., Телюра, Н. О., & Коновалов, А. В. (2023). Підвищення екологічної безпеки урбосистем при реалізації будівельної діяльності на засадах сталого розвитку. *Науковий вісник будівництва*, 1(109), 37-41.
6. Jekale, W. (2004). Performance for public construction projects in developing countries: Federal road and educational building projects in Ethiopia. *Norwegian University of Science & Technology*.
7. Hasmori, M. F., Zin, A. F. M., Nagapan, S., Deraman, R., Abas, N., Yunus, R., & Klufallah, M. (2020). The on-site waste minimization practices for construction waste. In *IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 713, No. 1, p. 012038). IOP Publishing.
8. Zoghi, M., & Kim, S. (2020). Dynamic modeling for life cycle cost analysis of BIM-based construction waste management. *Sustainability*, 12(6), 2483.
9. Luangcharoenrat, C.; Intrachooto, S.; Peansupap, V.; Suttthinarakorn, W. (2019). Factors Influencing Construction Waste Generation in Building Construction: Thailand's Perspective. *Sustainability* 11, 3638. <https://doi.org/10.3390/su11133638>
10. Tafesse, S., Adugna, T. (2021). Critical factors causing material wastes in building construction projects. *J. Eng. Sci.* 17 (2), 1–16.
11. Göttsche, J., & Kelly M. (2020). Assessing the impact of resource efficiency on selected case studies in Ireland. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Waste and Resource Management* 173:4, 107-118.
12. Gul Polat, Atilla Damci, Harun Turkoglu, Asli Pelin Gurgun (2017). Identification of Root Causes of Construction and Demolition (C&D) Waste: The Case of Turkey, *Procedia Engineering*, Volume 196, 2017, Pages 948-955, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.035>
13. Bribián, I. Z., Capilla, A. V., & Usón, A. A. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and environment*, 46(5), 1133-1140.
14. Jaime Solís-Guzmán, Madelyn Marrero, Maria Victoria Montes-Delgado, Antonio Ramírez-de-Arellano (2009). A Spanish model for quantification and management of construction waste, *Waste Management*, Volume 29, Issue 9, Pages 2542-2548, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.05.009>
15. Hongping Yuan, Abdol R. Chini, Yujie Lu, Liyin Shen, (2012). A dynamic model for assessing the effects of management strategies on the reduction of construction and demolition waste, *Waste Management*, Volume 32, Issue 3, Pages 521-531, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.11.006>
16. Asif M., Muneer T., Kelley R. (2007). Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland, *Building and Environment*, Volume 42, Issue 3, Pages 1391-1394, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.11.023>
17. Md. Uzzal Hossain, S. Thomas Ng, (2019). Influence of waste materials on buildings' life cycle environmental impacts: Adopting resource recovery principle, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 142, Pages 10-23, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.11.010>
18. Ignacio, Z.B., Antonio, V.C., Alfonso, A.U. (2011). Life cycle assessment of building materials: comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Build. Environ.* 46 (5), 1133–1140.
19. Nguimalet, CR (2007). Population and spatial growth: diagnosis and implications for urban management in Bangui (Central African Republic). In: *Urban population, development and environment dynamics in developing countries*, pp. 1–16. http://www.cicred.org/Eng/Seminars/Details/Seminars/PDE2007/Papers/Nguimalet_Engl.pdf.
20. Aboginije, A., Aigbavboa, C., Thwala, W., & Samuel, S. (2020). Determining the impact of construction and demolition waste reduction practices on green building projects in Gauteng province, South Africa. *Proceedings of International Engineering & Operations Management, Dubai, UAE*, 10-12.

21. Olusanjo OF, Panos G, Ezekiel C (2014). Quantitative analysis of the sources of construction waste. *J Constr Eng* 9:651060.
22. Yeheyis, M., Hewage, K., Alam, M.S. *et al.* An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. *Clean Techn Environ Policy* 15, 81–91 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10098-012-0481-6>
23. ELARD, GAA, (2009). Environmental and Social Impact Assessment of Construction and Operation of Syria Cement Plant and Captive Power Plant, and Associated Quarrying Activities. Syrian cement company, Syria (scc).
24. Cheonghoon Baek, Sang-Hoon Park, Michiya Suzuki, Sang-Ho Lee, (2013). Life cycle carbon dioxide assessment tool for buildings in the schematic design phase, *Energy and Buildings*, Volume 61, Pages 275-287, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.025>
25. Saheed O. Ajayi, Lukumon O. Oyedele, Muhammad Bilal, Olugbenga O. Akinade, Hafiz A. Alaka, Hakeem A. Owolabi, Kabir O. Kadiri, (2015). Waste effectiveness of the construction industry: Understanding the impediments and requisites for improvements, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 102, Pages 101-112, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.06.001>
26. Memon, M.A., *et al.* (2020). Identification of causes for construction waste material in construction projects of Sindh province. *Int. Res. J. Innov. Eng. Technol. (IRJIET)* 4 (10), 7–13. <https://doi.org/10.47723/kcmj.v16i2.255>
27. Ghaleb, J.S., *et al.* (2021). Understanding the causes of material wastage in the construction industry. *Jordan J. Civil Eng.* 5 (2), 180–192.
28. Eze, E.C., Seghosime, R., Eyong, O.P., Loya, O.S. (2016). Assessment of materials waste in the construction industry: a view of construction operatives, tradesmen and artisans in Nigeria. *Int. J. Eng. Sci.* 6 (4), 32–47.
29. Aslam, M. S., Huang, B., & Cui, L. (2020). Review of construction and demolition waste management in China and USA. *Journal of environmental management*, 264, 110445.
30. Josimovic, B., Maric, I., Milijic, S. (2014). Multi-criteria Evaluation in Strategic Environmental Assessment for Waste Management Plan, a Case Study: the City of Belgrade. *Waste Manag.*

Стаття надійшла до редакції 01.06.2024 і прийнята до друку після рецензування 04.09.2024

REFERENCES

1. Shybayeva, N.V., Baban, T.O., & Marchenko, M.V. (2023). Upravlinnya budivel'nyh vidkhodamy na pryntsyakh tsyrkulyarnoy ekonomiky. *Aktual'ni problemy innovatsiynoyi ekonomiky ta prava*, 4, 66-74 [in Ukrainian].
2. Nonik, L.YU., Patseva, I.H., & Pichkur, T.V. (2023). Rozroblennya stratehiyi upravlinnya vidkhodamy ruynatsiy v umovakh voyennoho stanu. *Ekolohichna bezpeka ta tekhnolohiyi zakhystu dovkillya*, 4, 40–47 [in Ukrainian].
3. Fisunenko, P.A., & Herasymova, O.L. (2022). Napryamy zmeshennya ryzykiv voyennoho ekotsydu za dopomohoyu retsyklinhu budivel'nykh vidkhodiv v developmenti nerukhomosti. *Ekonomika ta suspil'stvo*, (45) [in Ukrainian].
4. Rozvytok budivel'noyi haluzi m. Ivano-Frankivs'ka. Dosyahnennya ta problemy. Ofitsiyyny sayt Ivano-Frankivs'ka. <https://www.mvk.if.ua/uploads/files/news080812-2.pdf> [in Ukrainian].
5. Reshetchenko, A.I., Telyura, N.O., & Konovalov, A.V. (2023). Pidvyshchennya ekolohichnoyi bezpeky urbosystem pry realizatsiyi budivel'noyi diyal'nosti na zasadakh staloho rozvytku. *Naukovyy visnyk budivnytstva*, 1(109), 37-41 [in Ukrainian].
6. Jekale, W. (2004). Performance for public construction projects in developing countries: Federal road and educational building projects in Ethiopia. *Norwegian University of Science & Technology*.

7. Hasmori, M. F., Zin, A. F. M., Nagapan, S., Deraman, R., Abas, N., Yunus, R., & Klufallah, M. (2020). The on-site waste minimization practices for construction waste. In *IOP conference series: materials science and engineering* (Vol. 713, No. 1, p. 012038). IOP Publishing.
8. Zoghi, M., & Kim, S. (2020). Dynamic modeling for life cycle cost analysis of BIM-based construction waste management. *Sustainability*, 12(6), 2483.
9. Luangcharoenrat, C.; Intrachotoo, S.; Peansupap, V.; & Sutthinarakorn, W. (2019). Factors Influencing Construction Waste Generation in Building Construction: Thailand's Perspective. *Sustainability* 11, 3638. <https://doi.org/10.3390/su11133638>
10. Tafesse, S., & Adugna, T. (2021). Critical factors causing material wastes in building construction projects. *J. Eng. Sci.*, 17 (2), 1–16.
11. Götttsche, J., & Kelly M. (2020). Assessing the impact of resource efficiency on selected case studies in Ireland. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Waste and Resource Management*, 173:4, 107-118.
12. Gul Polat, Atilla Damci, Harun Turkoglu, & Asli Pelin Gurgun (2017). Identification of Root Causes of Construction and Demolition (C&D) Waste: The Case of Turkey. *Procedia Engineering*, 196, 948-955. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.035>
13. Bribián, I. Z., Capilla, A. V., & Usón, A. A. (2011). Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and environment*, 46(5), 1133-1140.
14. Jaime Solís-Guzmán, Madelyn Marrero, Maria Victoria Montes-Delgado, & Antonio Ramírez-de-Arellano (2009). A Spanish model for quantification and management of construction waste. *Waste Management*, 29(9), 2542-2548. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.05.009>
15. Hongping Yuan, Abdol R. Chini, Yujie Lu, & Liyin Shen, (2012). A dynamic model for assessing the effects of management strategies on the reduction of construction and demolition waste. *Waste Management*, 32, 3, 521-531. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.11.006>
16. Asif, M., Muneer, T., & Kelley, R. (2007). Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland. *Building and Environment*, 42(3), 1391-1394. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.11.023>
17. Md. Uzzal Hossain, S. & Thomas Ng, (2019). Influence of waste materials on buildings' life cycle environmental impacts: Adopting resource recovery principle. *Resources, Conservation and Recycling*, 142, 10-23. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.11.010>
18. Ignacio, Z.B., Antonio, V.C., & Alfonso, A.U. (2011). Life cycle assessment of building materials: comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Build. Environ.* 46 (5), 1133–1140.
19. Nguimalet, CR. (2007). Population and spatial growth: diagnosis and implications for urban management in Bangui (Central African Republic). In: *Urban population, development and environment dynamics in developing countries*, (pp. 1–16). http://www.cicred.org/Eng/Seminars/Details/Seminars/PDE2007/Papers/Nguimalet_Engl.pdf.
20. Aboginije, A., Aigbavboa, C., Thwala, W., & Samuel, S. (2020). Determining the impact of construction and demolition waste reduction practices on green building projects in Gauteng province, South Africa. *Proceedings of International Engineering & Operations Management, Dubai, UAE*, 10-12.
21. Olusanjo, OF., Panos, G., & Ezekiel, C. (2014). Quantitative analysis of the sources of construction waste. *J Constr Eng* 9:651060.
22. Yeheyis, M., Hewage, K., Alam, M.S. et al. (2013). An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. *Clean Techn Environ Policy*, 15, 81–91. <https://doi.org/10.1007/s10098-012-0481-6>
23. ELARD, GAA, (2009). Environmental and Social Impact Assessment of Construction and Operation of Syria Cement Plant and Captive Power Plant, and Associated Quarrying Activities. Syrian cement company, Syria (sc).

24. Cheonghoon Baek, Sang-Hoon Park, Michiya Suzuki, & Sang-Ho Lee, (2013). Life cycle carbon dioxide assessment tool for buildings in the schematic design phase. *Energy and Buildings*, 61, 275-287. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.025>
25. Saheed O. Ajayi, Lukumon O. Oyedele, Muhammad Bilal, Olugbenga O. Akinade, Hafiz A. Alaka, Hakeem A. Owolabi, & Kabir O. Kadiri (2015). Waste effectiveness of the construction industry: Understanding the impediments and requisites for improvements. *Resources, Conservation and Recycling*, 102, 101-112. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.06.001>
26. Memon, M.A., et al. (2020). Identification of causes for construction waste material in construction projects of Sindh province. *Int. Res. J. Innov. Eng. Technol. (IRJIET)*, 4 (10), 7–13. <https://doi.org/10.47723/kcmj.v16i2.255>
27. Ghaleb, J.S., et al. (2021). Understanding the causes of material wastage in the construction industry. *Jordan J. Civil Eng.* 5 (2), 180–192.
28. Eze, E.C., Seghosime, R., Eyong, O.P., & Loya, O.S. (2016). Assessment of materials waste in the construction industry: a view of construction operatives, tradesmen and artisans in Nigeria. *Int. J. Eng. Sci.* 6 (4), 32–47.
29. Aslam, M. S., Huang, B., & Cui, L. (2020). Review of construction and demolition waste management in China and USA. *Journal of environmental management*, 264, 110445.
30. Josimovic, B., Maric, I., & Milijic, S. (2014). Multi-criteria Evaluation in Strategic Environmental Assessment for Waste Management Plan, a Case Study: the City of Belgrade. *Waste Manag.*

The article was received 01.06.2024 and was accepted after revision 04.09.2024

Майкович Володимир Євгенович

аспірант кафедри екології, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Адреса робоча: 76019 Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-6373-270X>

e-mail: volodymyr.maikovych@nung.edu.ua

Адаменко Ярослав Олегович

доктор технічних наук, професор, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Адреса робоча: 76019 Україна, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5665-7958>

e-mail: yaroslav.adamenko@nung.edu.ua