

UDC 504.064.2

Tetiana I. Kryvomaz, Dr, Professor of Department of Labour and Environment Protection
ORCID ID 0000-0002-4161-9702 *e-mail*: ecol@i.ua

Antonina M. Savchenko, Senior Lecturer
ORCID ID 0000-0001-8518-968X *e-mail*: asav2509@gmail.com

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

THE REDUCING OF CONSTRUCTION INDUSTRY INFLUENCE ON CLIMATE CHANGE BY IMPLEMENTATION OF GREEN BUILDING PRINCIPLES

Abstract. *The construction industry has a significant impact on climate change due to the urbanization increase, as cities consume 75% of the world's natural resources and contribute 80% of global greenhouse gas emissions. At the same time, the construction and the built environment directly depend on a number of climatic factors. Climatic information is used at all stages of the construction project: concept development, technical design, organization and conduct of construction works, operation of buildings and structures, repair and reconstruction, destruction, utilization and recycling. The role of the construction industry in achieving the UN's Sustainable Development Goals and reducing the impact on climate change through the implementation of green building principles is analyzed. Green building aims to minimize the negative impact on the environment, and innovative green technologies reduce carbon emissions.*

Key words: *climate change; green building; sustainable development; risks; environmental safety*

Т.І. Кривомаз, А.М. Савченко

Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ, Україна

ЗНИЖЕННЯ ВПЛИВУ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ НА КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА

Анотація. *Будівельна галузь суттєво впливає на перебіг кліматичних змін внаслідок пришвидшення темпів урбанізації, адже міста споживають 75% світових природних ресурсів та вносять 80% глобальних викидів парникових газів. Водночас будівництво і побудоване середовище безпосередньо залежать від цілої низки кліматичних факторів. Кліматична інформація використовується на всіх стадіях будівельного проекту: розробка концепції, технічне проектування, організація та проведення будівельних робіт, експлуатація будівель і споруд, ремонт та реконструкція, знесення з послідовною утилізацією та рециклізацією. Проаналізовано роль будівельної галузі у досягненні цілей ООН зі сталого розвитку та зниження впливу на кліматичні зміни за допомогою впровадження принципів зеленого будівництва. Зелене будівництво спрямоване на мінімізацію негативного впливу на довкілля, а інноваційні зелені технології забезпечують скорочення викидів вуглецю.*

Ключові слова: *кліматичні зміни; зелене будівництво; сталий розвиток; ризики; екологічна безпека*

© Т.І. Кривомаз, А.М. Савченко, 2021

Вступ

Проблема кліматичних змін загострюється внаслідок пришвидшення темпів урбанізації та вичерпання ресурсів. Більше половини людей проживає в міських районах, а до 2050 року ця цифра зросте до двох третин населення світу [21]. Вже сьогодні в ОАЕ 85% населення мешкає у містах, при цьому складні кліматичні умови обумовлюють необхідність високих витрат на підтримання штучного середовища існування [7]. Очікування зростання рівня комфорту побудованого середовища закономірно супроводжується підвищенням використання ресурсів і енергії. Міста споживають 75% світових природних ресурсів та вносять 80% глобальних викидів парникових газів [25]. Роль міст зростає експоненціально з наслідками їх впливу на кліматичні зміни. Тільки в Китаї нараховується більше 100 мегаполісів з населенням понад мільйон мешканців [13]. В усьому світі зростає кількість кліматичних катаклізмів, зокрема аномальних погодних явищ, що призводять до пожеж, посух та повеней [6]. Ризики кліматичних змін для бізнесу та фінансових ринків реальні і посилюються з кожним днем, тому надзвичайно важливо, щоб управління будівельним бізнесом здійснювалось у відповідності до цих ризиків для побудови більш сильної, стійкої та сталої глобальної економіки [17]. Міжнародні інвестори нерухомості все більше усвідомлюють кліматичні ризики та потребу в стійких активах. Британський Інститут міських територій враховує важливість кліматичних змін в процесі прийняття рішень щодо нерухомості [25]. Свідомі професіонали будівельної галузі відчувають відповідальність за негативний вплив на довкілля і намагаються запроваджувати стійкі заходи для зменшення руйнівних кліматичних наслідків, щоб забезпечити розвиток і процвітання наступних поколінь.

Постановка завдання

Метою дослідження є визначення шляхів зниження негативного впливу будівельної галузі на кліматичні зміни. В узгодженні з метою сформульовано такі цілі:

- проаналізувати роль будівельної галузі у досягненні цілей ООН зі сталого розвитку та зниження впливу на кліматичні зміни;
- визначити важливість використання кліматичної інформації на всіх етапах будівельних проектів;
- довести спроможність технологій зеленого будівництва сприяти зменшенню негативного впливу будівельної галузі на довкілля та кліматичні зміни.

Результати досліджень

Сектор будівництва та майна відіграє ключову роль у забезпеченні цілей ООН, враховуючи значні економічні, екологічні та соціальні наслідки та переваги, пов'язані з будівельними продуктами, будівлями та інфраструктурними активами протягом їх життєвого циклу [17]. Резолюція Генеральної Асамблеї ООН «Перетворення нашого світу: Порядок денний в області сталого розвитку на період до 2030 року» (Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development) включає 17 Глобальних цілей (Цілі сталого розвитку – ЦСР),

яким відповідають 169 завдань, спрямованих на життєстійкий розвиток планети, захист довкілля, подолання бідності та забезпечення загального процвітання [21]. Світова рада зеленого будівництва підтримує Цілі ООН зі сталого розвитку, які вказують шляхи економічного зростання з урахуванням проблеми глобальних кліматичних змін під гаслом «сприяти процвітання, захищаючи планету». Міжнародний досвід у багатьох країнах світу переконливо свідчить про те, що зелене будівництво сприяє досягненню Цілей сталого розвитку і виступає у ролі каталізатора для вирішення деяких найбільш актуальних світових проблем [23]. Впровадження інноваційних технологій зеленого будівництва дозволяє не тільки економити енергію, воду, ресурси та зменшувати викиди вуглецю, але й поширювати прогресивні знання, створювати нові робочі місця, зміцнювати громади, покращувати здоров'я та добробут та багато іншого.

Роль будівельної галузі у досягненні цілей сталого розвитку ООН

Конструкція та мікроклімат зелених будівель позитивно впливають на здоров'я та добробут їх мешканців та користувачів, що сприяє досягненню ЦСР № 3 «Міцне здоров'я і благополуччя», яка полягає у «забезпеченні здорового способу життя та добробуту людей будь-якого віку» [21]. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, захворювання легенів та дихальних шляхів, пов'язані з низькою якістю середовища в приміщенні, є трьома з п'яти провідних причин смерті [24]. Але вже є багато досліджень, які свідчать, що критерії комфорту та якості зелених будівель позитивно впливають на здоров'я та добробут людей [6, 7, 9, 10, 11, 13, 15, 16, 18, 19, 22, 23, 24, 26]. Глобальний проект Світової ради зеленого будівництва «Кращі місця для людей» зосереджено на створенні світу, в якому будівлі не тільки корисні для навколишнього середовища, але й підтримують здорове, щасливе та продуктивніше життя людей. Внаслідок зменшення викидів від будівель, знижується рівень забруднення та покращується якість повітря у містах, що позитивно впливає на здоров'я населення та кліматичні зміни.

Світова економіка, заснована на викопному паливі, супроводжується збільшенням викидів парникових газів, викликає радикальні зміни кліматичної системи. Зниження кліматичного впливу за рахунок використання енергоефективних технологій найчастіше вважають однією з головних переваг зелених будівель. Це відповідає ЦСР № 7 «Доступна та чиста енергія» для забезпечення загального доступу до недорогої електроенергії до 2030 року, що передбачає інвестиції в екологічно чисті джерела енергії, такі як енергія сонця, вітру та тепла енергія. Використання відновлюваних джерел енергії в зелених будівлях може бути набагато дешевше, ніж енергія викопного палива. За підрахунками Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії (IRENA) домашні сонячні системи в Африці можуть забезпечувати домогосподарства електроенергією лише за 56 доларів на рік, що набагато дешевше, ніж енергія з дизеля або гасу [12]. Енергоефективність у поєднанні з місцевими відновлюваними джерелами покращує енергетичну безпеку, зменшує викиди вуглецю, обмежуючи вплив на планету. Запровадження економічно ефективних стандартів зеленого будівництва для ширшого спектру технологій може зменшити споживання електроенергії у будівлях і промисловості у всьому світі на 14% [23]. Розширення інфраструктури та

технологічна модернізація в узгодженні зі стандартами зеленого будівництва для забезпечення екологічно чистою енергією є найважливішим завданням, яке може як стимулювати економічне зростання, так і сприяти збереженню навколишнього середовища та зниженню темпів кліматичних змін (рис. 1).



Рис. 1 – Досягнення цілей ООН зі сталого розвитку із застосуванням принципів зеленого будівництва

Попит на зелене будівництво зростає у всьому світі, і відповідно зростає кількість працівників, задіяних у цьому перспективному напрямку, що узгоджується з ЦСР № 8 «Гідна праця та економічне зростання», тобто сприятиме безперервному, всеохоплюючому і сталому економічному зростанню, повній і продуктивній зайнятості та гідній праці для всіх. Крім того, весь життєвий цикл зеленої будівлі – від задуму до будівництва, експлуатації, ремонту та знесення – впливає на широкий спектр людей, забезпечуючи більше можливостей для інклюзивної зайнятості. Тільки в одній Канаді галузь зеленого будівництва надала 300 000 штатних робочих місць протягом одного року [11]. У Раді зеленого будівництва Південно-Африканської Республіки розроблено способи інтеграції соціально-економічних питань в рейтингові системи екологічного будівництва. Враховано такі складні аспекти, як зменшення рівня безробіття та розвиток нових професійних навичок, що створює додаткові стимули для підприємств будівельної галузі застосовувати критерії зелених стандартів у своїй діяльності. Такий підхід сприяє сталому економічному зростанню, підвищенню рівня продуктивності і поширенню технологічних інновацій.

Зелені будівлі та оточуюча їх інфраструктура проектується, будуються і експлуатуються таким чином, щоб забезпечити їх стійкість та адаптацію до глобальних кліматичних змін. Проектування будівель з нульовим рівнем викидів та енерговитрат є одним із засобів реалізації ЦСР № 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура», яка спрямована на створення стійкої інфраструктури, сприяння всеохоплюючій і сталій індустріалізації та інноваціям. У доповіді «Нова кліматична економіка» зазначено, що у найближчі 15 років у світовий інфраструктурний сектор необхідно вкласти 90 трильйонів доларів інвестицій для досягнення процвітаючого майбутнього

з нульовим рівнем викидів [14]. Розвиток цифрових технологій забезпечує доступ до інформації та знань, а також стимулювання інновацій і підприємництва у всіх сферах. Вже сьогодні більшість населення світу живе у містах, тому все більшого значення набуває розвиток інноваційних галузей промисловості, інформаційних і комунікаційних технологій, а також громадського транспорту без шкідливих викидів у довкілля.

За прогнозами ООН до 2030 року майже 60% населення світу житимуть у міських районах, тому ЦСР № 11 «Сталий розвиток міст і громад» акцентує увагу на забезпеченні відкритості, безпеки, життєстійкості та екологічної стійкості міст і населених пунктів [21]. Будівлі є основою міст, а зелене будівництво здатне забезпечити довгостроковий сталий розвиток мегаполісів. Міське середовище, побудоване за зеленими стандартами, сприяє формуванню свідомих та активних громад, забезпечуючи при цьому високу якість життя для всіх. У багатьох країнах місцеві Ради зеленого будівництва вже вийшли за межі сертифікації окремих зелених будівель і розробили інструменти, що сприяють формуванню зелених кварталів та районів. Така стратегія на Філіппінах допомогла розробити та впровадити політику, яка сприяє сталій практиці забудови у цілих містах [16]. Досягнення безпеки і сталого розвитку міст означає забезпечення безпечним і доступним житлом, модернізацію нетрів шляхом будівництва екологічно стійких і міцних будівель з використанням місцевих матеріалів. Серед національних завдань в Україні передбачено розробку і реалізацію стратегій місцевого розвитку, спрямованих на економічне зростання, створення робочих місць, розвиток туризму, рекреації, місцевої культури і виробництво місцевої продукції. Активізуються зусилля із захисту та збереження всесвітньої культурної спадщини і національної ідентичності, а серед професій майбутнього прогнозується підвищення попиту на урбаністів-екологів, інженерів по кліматології і фахівців з альтернативної енергетики. Сталий розвиток передбачає інвестиції у громадський транспорт, створення зелених громадських територій, а також удосконалення міського планування і управління у такий спосіб, що водночас забезпечує інклюзивність і загальну рівноправну участь. До 2030 року заплановано зменшення негативного екологічного впливу міст у перерахунку на одну особу населення, в тому числі шляхом приділення особливої уваги якості повітря і видаленню міських та інших відходів. Використання інноваційних технологій допоможе зменшити негативний вплив забруднюючих речовин на міське середовище. Підтримуються позитивні економічні, соціальні та екологічні зв'язки між міськими, приміськими і сільськими районами на основі підвищення якості планування національного та регіонального розвитку. Відповідно до Сендайської рамкової програми зі зниження ризику лих впроваджуються заходи з комплексного управління ризиками на всіх рівнях, спрямовані на пом'якшення наслідків зміни клімату, адаптацію до його зміни та здатність протистояти стихійним лихам [20]. Сталого розвитку не можна досягти без істотної трансформації підходів міського планування та забудови на основі принципів зеленого будівництва.

ЦСР № 12 зосереджена на сприянні енергоефективності, стійкій інфраструктурі та забезпеченню доступу до основних послуг та зелених робочих місць [21]. Заохочення галузей, підприємств і споживачів до утилізації та скорочення обсягів відходів є настільки ж важливим, як і підтримка країн, що розвиваються, у запровадженні більш раціональних

моделей споживання до 2030 року [19]. Будівельна галузь відіграє особливу роль у запобіганні утворенню відходів шляхом зменшення, переробки та повторного використання за принципами циркулярної економіки. У зеленому будівництві використовують термін «врятовані матеріали», коли розглядаються всі можливості повторного використання відпрацьованих матеріалів. Це не тільки зменшує кількість відходів, що надходять на звалище, але й зменшує кількість сировини та заощаджує природні ресурси. Економічне зростання і сталий розвиток вимагають термінового скорочення впливу на довкілля шляхом змін у виробництві та споживанні товарів і ресурсів. Ефективне управління спільними природними ресурсами, а також методи утилізації токсичних відходів і забруднюючих речовин є важливими цільовими показниками у досягненні цієї мети. Підвищення ефективності виробництва та раціоналізація ланцюгів постачання сприяє досягненню продовольчої безпеки та переходу до більш ресурсоефективної економіки.

У світі немає жодної країни, яка б не потерпала від серйозних наслідків зміни клімату, а обсяги викидів парникових газів продовжують зростати. Внаслідок кліматичних змін південна Україна потерпає від посух, а західна – від повеней, в той час як превентивні заходи та ефективні системи безпеки зеленого будівництва здатні захистити будівлі та людей від цих стихійних лих. Будівельна галузь повинна вжити невідкладних заходів для реалізації ЦСР № 13 «Пом'якшення наслідків зміни клімату» у боротьбі зі змінами клімату та їх наслідками, що можливо досягти завдяки технологіям зеленого будівництва [21]. Будинки вже сьогодні продукують понад 30% глобальних викидів парникових газів, а постійне підвищення ресурсоемності та енерговитрат на підтримання комфортних умов побудованого середовища сприяє підвищенню негативного впливу будівельної галузі на кліматичні зміни. Водночас зелені будівлі мають величезний потенціал для боротьби з наслідками змін клімату. Наприклад, сертифіковані за зеленими стандартами південноафриканські будівлі забезпечують зменшення на 336 мільйонів кілограмів вуглецевих викидів на рік, що еквівалентно усуненню з доріг 84 000 автомобілів [18]. Внаслідок аналізу діючих проєктів зеленого будівництва у 591 місті 50 штатів США доведено ефективність місцевих ініціатив для вирішення глобальних завдань кліматичних змін [13]. Глобальні зміни клімату впливають на життя людей, тому необхідно впроваджувати заходи оперативного реагування на зміну клімату, втілювати стратегії послаблення наслідків зміни клімату, підвищувати здатність адаптуватися до небезпечних кліматичних явищ і стихійних лих.

Засухи та опустелювання щороку спричиняють втрату 12 мільйонів гектарів землі, тому ЦСР № 15 «Захист і відновлення екосистем суші» сприяє боротьбі з опустелюванням, раціональному земле- та лісокористуванню, припиненню процесу деградації земель і зупиненню втрати біорізноманіття [8]. Критерій зеленого будівництва «Екологічне землекористування» регламентує вимоги зі збереження природних ландшафтів, забезпечує інструкціями з оптимальної інтеграції будівель у місцеві екосистеми з мінімізацією впливу на довкілля [10]. Питанням збереження біорізноманіття приділяється увага в процесі проєктування, будівництва та експлуатації зелених будівель, наприклад, заходи підтримки видів місцевої флори та фауни. При оцінці проєктів за зеленими стандартами окремі бали нараховуються за будівлі на очищених та відновлених після промислового

використання земельних ділянок. Інструменти сертифікації зелених будівель також передбачають необхідність зменшення та раціоналізації використання води. Матеріали, з яких складається будівля, є ключовими для визначення її стійкості, зокрема, важливу роль відіграють ланцюги поставок будівельних матеріалів. В зеленому будівництві використовується деревина тільки з відповідальних джерел, оскільки для пом'якшення наслідків кліматичних змін необхідно зупинити обезліснення. Зелене будівництво забезпечує арсенал дієвих заходів для скорочення втрат природних середовищ існування і біорізноманіття.

Цілі сталого розвитку можуть бути досягнуті лише за умов дотримання принципів глобального партнерства і співпраці, тому ЦСР № 17 «Партнерство заради сталого розвитку» сприяє розбудові миролюбного і всеохоплюючого суспільства задля сталого розвитку, забезпечення всім доступу до правосуддя і створення ефективних, підзвітних та інклюзивних інституцій на всіх рівнях. До 2015 року будівельній галузі не вистачало колективного голосу на світовій арені на великих конференціях із питань зміни клімату, але на COP21 за сприяння уряду Франції, WorldGBC, UNEP та низки міжнародних організацій було започатковано Глобальний альянс будівництва і проведено перший в історії «День будівель» [19]. Це забезпечило нові міцні партнерські відносини на міжнародному рівні, зокрема співпрацю з Інститутом світових ресурсів та Глобальним екологічним фондом, що збільшило можливості розвитку будівельної галузі у напрямку узгодження колективних зусиль для досягнення більш вагомих результатів, у тому числі і у сфері пом'якшення наслідків кліматичних змін [8, 25]. Бар'єри для стійкого побудованого середовища долаються шляхом обміну ідеями та розвитку інновацій, координації політики та залучення інвестицій.

Зелене будівництво також сприяє втіленню інших ЦСР, крім згаданих вище дев'яти глобальних цілей сталого розвитку. Рада зеленого будівництва Австралії в ході перегляду схеми сертифікації Green Star наочно демонструє відповідність 16 з 17 ЦСР принципам зеленого будівництва [9]. Регіональні Ради зеленого будівництва та міжнародні сертифікаційні системи пропонують велике різноманіття освітніх програм для підготовки фахівців з питань сталого розвитку у будівельній галузі. Існує низка освітніх можливостей, що виникають у процесі створення зелених будівель – навчання чи техніки зеленого будівництва. Міжнародна організація праці (МОП) співпрацює з Радами зеленого будівництва в різних країнах для впровадження місцевих програм «зелених робочих місць», особливо актуальних для країн, що розвиваються, як це наочно продемонстровано на прикладі Замбії [11]. Близько 50% Рад із зеленого будівництва у різних країнах очолюють жінки, що допомагає подолати сексизм та сприяє гендерній рівності у будівельній галузі, а ініціатива C40 Cities «Women4Climate» підкреслює роль, яку жінки відіграють у кліматичних заходах [7, 22]. Очевидно, що розвиток зеленого будівництва забезпечує стале економічне зростання будівельної галузі, сприяє подоланню бідності та нерівності, покращує стан довкілля та зменшує негативний вплив для стабілізації глобальних кліматичних змін.

Вплив кліматичних факторів на будівництво і будівлі

Будівельна галузь суттєво впливає на перебіг кліматичних змін, але водночас будівництво і побудоване середовище безпосередньо залежать від цілої низки кліматичних факторів, які обумовлюють різноманітні категорії ризиків, що істотно загострюються в умовах змін клімату (рис. 2). Кліматична інформація використовується на всіх стадіях будівельного проекту: розробка концепції, технічне проектування, організація та проведення будівельних робіт, експлуатація будівель і споруд, ремонт та реконструкція, знесення з послідовною утилізацією та рециклізацією. В процесі прийняття архітектурно-планувальних рішень, проектування каналізаційних мереж, розрахунку систем опалення, вентиляції та кондиціонування необхідно враховувати кліматичні дані про зміну різноманітних метеорологічних параметрів (температура повітря і ґрунту, опади, сонячна радіація, вітер, вологість повітря тощо) і атмосферних явищ. Визначення спеціалізованих кліматичних показників узгоджено з методами інженерних розрахунків в ході досліджень метеорологічних процесів, пов'язаних з будівництвом і експлуатацією будівель і споруд.

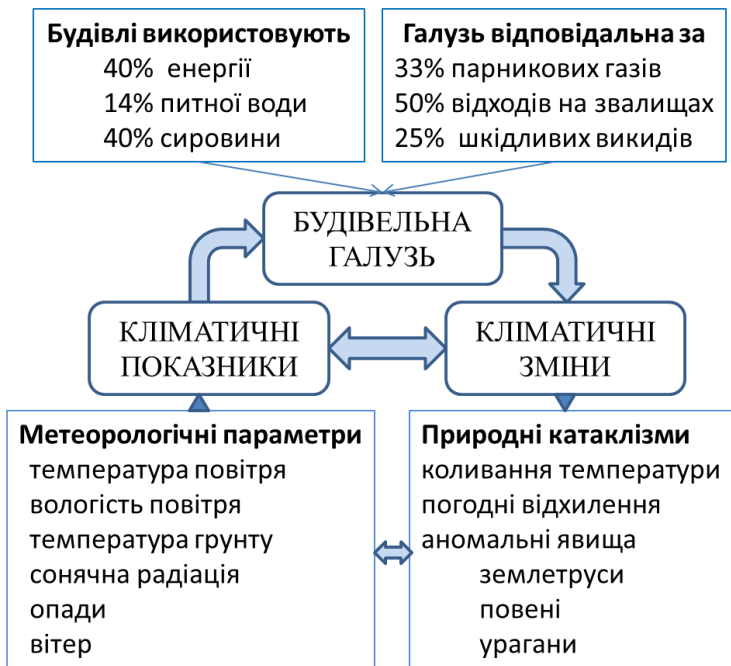


Рис. 2 – Взаємовплив кліматичних змін та будівельної діяльності

В Україні кліматичні параметри та характеристики, що використовують при проектуванні будинків та споруд, систем опалення, вентиляції, кондиціонування та водозабезпечення, а також при плануванні та забудові міських і сільських поселень, регламентовано ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», а також ДСТУ-Н Б А.2.2 5:2007, ДБН В.2.1-10:2018, ДБН В.1.1-12:2014, ДБН В.1.1-24:2009, ДБН В.2.6-31:2006 та іншими нормативними документами [1, 2, 3, 4, 5]. На основі інформації

метеорологічних спостережень розраховують кліматичні параметри, які враховують кліматичну зону, кліматичну область, кліматичний район, вітер, опади, сніговий покрив, вологість повітря, температуру повітря, сонячну радіацію, освітленість, фактор мутності атмосфери, оптичну масу атмосфери, хмарність, карст, лесові ґрунти.

Для забезпечення надійності, безпеки і довговічності зведених будинків і споруд першочергове значення має коректний облік атмосферних навантажень, до яких відносять снігові, вітрові та ожеледні навантаження, а також температурні впливи. Для більшості будівель вплив вітру найістотніше проявляється у збільшенні втрат тепла. Коректний облік вітрових навантажень має велике значення при зведенні висотних будівель, тобто громадських будівель заввишки 50 м і більше та житлових будівель понад 75 м. Для таких висотних споруд, як телевізійні вишки, радіощогли та димові труби, вітрове навантаження є ключовим фактором безпечного функціонування. Ожеледно і ожеледно-вітрові навантаження є основним видом кліматичних ризиків для ліній зв'язку та ліній електропередач, де помилки у розрахунках цих навантажень призводять до численних аварій, які завдають величезної шкоди та збитків. Снігові навантаження на будівлі та споруди також неодноразово ставали причиною руйнування конструкцій, тому методика оцінки цього виду атмосферних навантажень і їх нормування знаходяться в сфері підвищеної уваги відповідних фахівців.

Важлива складова екологічної безпеки будівель і споруд, пов'язаної з кліматичними параметрами, обумовлена станом ґрунтів. Експлуатаційні умови всіх промислових і житлових будівель, мостів, злітно-посадочних смуг та інших об'єктів розраховані в певному діапазоні кліматичних умов. Зміна температури ґрунтів, глибини промерзання та рівня ґрунтових вод призводить до деформації фундаментів будівель і споруд, створюють додаткові ризики їх руйнування та підтоплення.

Число циклів заморожування і відтавання є важливим кліматичним параметром для будівельного проектування, що впливає на довговічність огорожувальних конструкцій будівель. Збільшення числа циклів заморожування і відтавання у поєднанні зі збільшенням кількості опадів в холодну пору року викликає прискорене старіння будівель і споруд, що призводить до серйозного збільшення експлуатаційних витрат. Інтенсивність зволоження стін особливо зростає при сильному вітрі, а подальше їх охолодження призводить до замерзання води в порах матеріалів, що викликає деформацію та руйнування конструкцій.

Серйозною загрозою стали аномальні стихійні явища, такі як повені та пожежі, які почастишали під впливом глобальних кліматичних змін. Внаслідок повеней та паводків руйнуються будинки та споруди, обвалюються мости, розмиваються залізничні та автомобільні шляхи, відбуваються аварії на інженерних мережах. Повені та паводки призводять до просідання будинків та ґрунту, розмиву та нерівномірного осідання фундаменту, виникають зсуви та обвали. Споруди, що періодично потрапляють у зону затоплення, втрачають міцність, з'являються тріщини, псуються від корозії металеві конструкції та гниють дерев'яні елементи будівель. Ключовими кліматичними факторами пожежної небезпеки є температура повітря, режим зволоження та вітрова активність. Аномальні стихійні явища призводять до суттєвого погіршення стану екологічної безпеки будівельної галузі та створюють додаткові ризики

для населення. Дослідження вразливості до екстремальної спеки та повені в Остіні (Техас, США) та Чикаго (Іллінойс, США) виявили кореляцію між захисними стратегіями проектування зеленого будівництва та стійкістю до стихійних кліматичних явищ на рівні району [10]. Для попередження екстремального підвищення температури в урбанізованому середовищі та виникнення ефекту теплового острова застосовують світле покриття для тротуарів, доріг, парковок та встановлюють дахи світлих кольорів, які відбивають сонячне світло, або зелені дахи.

Будівельна галузь потребує невідкладних заходів адаптації до наявних та очікуваних ризиків внаслідок глобальних кліматичних змін. Більшість споруд, які експлуатуються сьогодні, проектувались та будувались на основі кліматичних параметрів, що характеризували умови середини минулого століття, а в сучасних умовах екстремальних кліматичних навантажень підвищується ймовірність руйнувань, аварій і катастроф. Зелене будівництво враховує сучасні тренди будівельної галузі та має готові рішення для протидії кліматичним викликам. Сучасні архітектурно-планувальні рішення орієнтовані на збільшення вимог до якості житла та енергоефективності будівель з мінімізацією впливу на довкілля. Визначають необхідність постійного розвитку методології оцінки та врахування кліматичного впливу на будівлі і споруди. Наразі до актуальних завдань відносять гармонізацію національних і міжнародних стандартів з урахуванням кліматичних змін у будівництві.

Обговорення

Зміна клімату є значною загрозою для навколишнього середовища, економіки та здоров'я людей. Очевидно, що будівельна галузь чинить суттєвий вплив на кліматичні зміни, але при цьому людство йде по шляху підвищення комфорту побудованого середовища, тому необхідно стабілізувати розвиток з урахуванням сталих принципів. Урбанізація та розвиток технологій змінюють спосіб життя та впливають на нашу взаємодію з побудованим середовищем. Зелені будівлі підвищують стійкість побудованого середовища та зменшують негативний вплив на здоров'я, пов'язаний з екстремальними погодними явищами. Активне впровадження захисних стратегій зеленого будівництва призводить до зменшення негативних наслідків кліматичних явищ, особливо у вразливих районах [10]. Узагальнені категорії стійкості зеленого будівництва включають: 1) планування і управління; 2) економічне обґрунтування; 3) архітектура і функціональність; 4) землекористування і екологія; 5) транспорт і інфраструктура; 6) здоров'я і безпека; 7) якість і комфорт; 8) енергоефективність і ресурсозбереження; 9) мінімізація забруднень; 10) утилізація та рециклізація відходів; 11) соціально-культурні аспекти; 12) інновації.

Хоча викиди парникових газів відносять до глобальних причин кліматичних змін, негативні наслідки відчуються на місцевому рівні у формі екстремальних погодних явищ, втрати ландшафтів і біорізноманіття. Різниця в демографічних показниках, економічному статусі, географічному розташуванні побудованого середовища обумовлює відмінності у вразливості до кліматичних явищ навіть в різних районах одного міста. Програми зеленого будівництва включають численні стратегії проектування, які можуть

допомогти зменшити вразливість до змін клімату та мати позитивний вплив на здоров'я та якість життя населення шляхом зменшення впливу кліматичних явищ, особливо в найбільш вразливих районах. Рекомендації з розробки регіональних стратегій зеленого будівництва для запобігання кліматичним небезпекам включають регламент зонування територій, вимоги до зелених будівель, використання технологій з низьким рівнем впливу на довкілля, використання опадів, запобігання повеням, зелені дахи та програми посадки дерев місцевої флори, пішохідні зони та велосипедні доріжки, транзитні плани тощо [10]. Стратегії проектування, будівництва, експлуатації та технічного обслуговування зелених будівель не тільки зменшують викиди парникових газів, але й водночас захищають мешканців будівель від негативного впливу кліматичних явищ.

Зростає соціальна обізнаність про «оздоровчий стан» та вплив життєвого та робочого середовища на фізичне та психічне здоров'я людей. Власники будівель, мешканці, інвестори та всі зацікавлені сторони тепер хочуть зрозуміти, який вплив їх будівлі мають не лише у традиційних фінансових показниках, але й у нефінансових явищах, таких як зміни клімату та добробут. Зелене будівництво забезпечує цілісну основу для стійкості та підтримує просування до чистої нульової енергії, води та відходів. Зелені будівлі забезпечують скорочення викидів вуглецю та зменшення негативного впливу на кліматичні зміни, збереження та підвищення цінності активів, зниження вартості енергоресурсів та експлуатаційних витрат, покращення умов праці за рахунок підвищення комфорту та зручності. Крім того, принципи зеленого будівництва зміцнюють репутацію бізнесу та знижують ризики, зокрема підвищують стійкість будівель до кліматичних змін.

Висновки

1. Сектор будівництва та майна відіграє ключову роль у забезпеченні цілей сталого розвитку ООН, враховуючи значні економічні, екологічні та соціальні наслідки та переваги, пов'язані з будівельними продуктами, будівлями та інфраструктурними активами протягом їх життєвого циклу, при цьому впровадження інноваційних технологій зеленого будівництва дозволяє не тільки знизити кліматичні ризики, але й поширювати прогресивні знання, створювати нові робочі місця, зміцнювати громади, покращувати здоров'я і добробут людей.

2. В умовах глобальних кліматичних змін загострюються ризики для будівельної галузі, яка безпосередньо залежить від цілої низки кліматичних факторів на всіх стадіях будівельних проектів, оскільки в процесі прийняття архітектурно-планувальних рішень, проектування каналізаційних мереж, розрахунку систем опалення, вентиляції та кондиціонування необхідно враховувати вплив атмосферних явищ і метеорологічних параметрів, таких як температура повітря і ґрунту, опади, сонячна радіація, вітер, вологість повітря тощо.

3. Зелене будівництво спрямоване на мінімізацію негативного впливу на довкілля, а інноваційні зелені технології енергоефективності, зменшення води, ресурсів та відходів призводять до скорочення викидів вуглецю, що забезпечує цілісну основу для стійкості та зменшення впливу будівельної галузі на кліматичні зміни. Міжнародний досвід у багатьох країнах світу переконливо

свідчить про те, що зелене будівництво сприяє досягненню Цілей сталого розвитку і виступає у ролі каталізатора для вирішення найбільш актуальних світових проблем.



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



The publication was prepared in the framework of project «Multilevel Local, Nation- and Regionwide Education and Training in Climate Services, Climate Change Adaptation and Mitigation 619285-EPP-1-2020-1-FI-EPPKA2-SВHE-JP». The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування: ДБН В.1.1-24:2009. – [Дата введення 2009-12-02]. / Мінрегіонбуд України. – К.: Міністерство з питань житлово-комунального господарства України, 2008. – 91 с.
2. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування: ДБН В.2.1-10:2018. – [Дата введення 2019-01-01]. / Мінрегіонбуд України. – К.: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», 2018. (Національний стандарт України).
3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2016. – [Дата введення 2017-04-01]. / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. (Національний стандарт України).
4. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27: 2010. – [Дата введення 2011-11-01]. / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.
5. Будівництво у сейсмічних районах України + Зміна №1: ДБН В.1.1-12:2014. – [Дата введення 2019-03-14]. / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2019. – 11 с.
6. Better Places for People is WorldGBC's global project to support GBCs [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.worldgbc.org/better-places-people. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
7. C40 Cities [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.c40.org. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
8. Global Environment Facility [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.thegef.org. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
9. Green Building Council of Australia (GBCA) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: new.gbca.org.au. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
10. Houghton A. Analysis of correlations between neighborhood-level vulnerability to climate change and protective green building design strategies: A spatial and ecological analysis / A. Houghton, C. Castillo-Salgado // Building and Environment. – Vol. 168. – 106523 [PMC free article].
11. International Labour Organisation (ILO) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.ilo.org. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
12. International Renewable Energy Agency (IRENA) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.irena.org. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
13. Lee T. Building Green: Local Political Leadership Addressing Climate Change / T. Lee, C. Koski // Review of Policy Research. – 2012. – 29 (5). – P. 605–624.

14. New Climate Economy. A Roadmap for Financing Sustainable Infrastructure [Електронний ресурс]. – Режим доступу: newclimateeconomy.report/2016/a-roadmap-for-financing-sustainable-infrastructure. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
15. Peng C. Climate change simulation for intelligent green building adaptation design / C. Peng, C.Y. Yi // International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid. – 2014, 23-25 April, Taipei, IEEE. – 5 p.
16. Philippine Green Building Council [Електронний ресурс]. – Режим доступу: philgbc.org. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
17. Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. Final Report. – 2017. – 66 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.fsb-tcfd.org. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
18. South Africa's Green Star [Електронний ресурс]. – Режим доступу: gbcsoa.org.za. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
19. The Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: globalabc.org. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
20. The Sendai Framework on Disaster Risk Reduction (2015-2030) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: unesc.org/sendai-framework#. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
21. UN's Sustainable Development Goals (SDGs) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
22. Women4Climate: Why Women Are Critical In Efforts To Save Our Planet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.c40.org/press_releases/press-release-women4climate-why-women-are-critical-in-efforts-to-save-our-planet. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
23. World Green Building Council (WGBC) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.worldgbc.org. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
24. World Health Organization (WHO) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.who.int. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
25. World Resources Institute [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.wri.org. – Назва з екрана. – Дата перегляду: 12.08.2020.
26. Zuo J. Green building research – current status and future agenda: A review / J. Zuo, Z.Y. Zhao // Renewable and sustainable energy reviews. – 2014 – 30. – P. 271–281.

Стаття надійшла до редакції 03.12.2020 і прийнята до друку після рецензування 23.02.2021

REFERENCES

1. Protection against dangerous geological processes. Basic design provisions: DBN B.1.1-24:2009. (2008). [Date of introduction 2009-12-02]. Kyiv: Ministry of Housing and Communal Services of Ukraine (in Ukrainian).
2. Bases and foundations of facilities. Basic design provisions: DBN B.2.1-10:2018. (2018). [Date of introduction 2019-01-01]. Kyiv: State Enterprise "State Research Institute of Building Structures" (in Ukrainian).
3. Thermal insulation of buildings: DBN B.2.6-31:2016. (2016). [Date of introduction 2017-04-01]. Kyiv: Ukrarkhbudinform (in Ukrainian).
4. Construction climatology: DSTU-N B B.1.1–27:2010. (2011). [Date of introduction 2011-11-01]. Kyiv: Ukrarkhbudinform (in Ukrainian).
5. Construction in seismic areas of Ukraine + Change №1: DBN B.1.1-12:2014. (2019). [Date of introduction 2019-03-14]. Kyiv: Ukrarkhbudinform (in Ukrainian).
6. Better Places for People is WorldGBC's global project to support GBCs. Retrieved 12.08.2020 from: www.worldgbc.org/better-places-people.

7. C40 Cities. Retrieved 12.08.2020 from: www.c40.org.
8. Global Environment Facility. Retrieved 12.08.2020 from: www.thegef.org.
9. Green Building Council of Australia (GBCA). Retrieved 12.08.2020 from: new.gbca.org.au.
10. Houghton, A., & Castillo-Salgado, C. Analysis of correlations between neighborhood-level vulnerability to climate change and protective green building design strategies: A spatial and ecological analysis. *Building and Environment*, 168, 106523.
11. International Labour Organisation (ILO). Retrieved 12.08.2020 from: www.ilo.org.
12. International Renewable Energy Agency (IRENA) Retrieved 12.08.2020 from: www.irena.org.
13. Lee, T., & Koski, C. (2012). Building Green: Local Political Leadership Addressing Climate Change. *Review of Policy Research*, 29(5), 605-624.
14. New Climate Economy. A Roadmap for Financing Sustainable Infrastructure. Retrieved 12.08.2020 from: newclimateeconomy.report/2016/a-roadmap-for-financing-sustainable-infrastructure.
15. Peng, C., & Yi, C.Y. (2014). Climate change simulation for intelligent green building adaptation design. In *International Conference on Intelligent Green Building and Smart Grid*, (p. 5). Taipei, IEEE.
16. Philippine Green Building Council. Retrieved 12.08.2020 from: philgbc.org.
17. Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. Final Report. (2017). Retrieved 12.08.2020 from: www.fsb-tcfd.org.
18. South Africa's Green Star. Retrieved 12.08.2020 from: gbcsa.org.za.
19. The Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC). Retrieved 12.08.2020 from: globalabc.org.
20. The Sendai Framework on Disaster Risk Reduction (2015-2030). Retrieved 12.08.2020 from: unece.org/sendai-framework#.
21. UN's Sustainable Development Goals (SDGs). Retrieved 12.08.2020 from: www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals.
22. Women4Climate: Why Women Are Critical In Efforts To Save Our Planet. Retrieved 12.08.2020 from: www.c40.org/press_releases/press-release-women4climate-why-women-are-critical-in-efforts-to-save-our-planet.
23. World Green Building Council (WGBC). Retrieved 12.08.2020 from: www.worldgbc.org.
24. World Health Organization (WHO). Retrieved 12.08.2020 from: www.who.int.
25. World Resources Institute. Retrieved 12.08.2020 from: www.wri.org.
26. Zuo, J., & Zhao, Z.Y. (2014). Green building research – current status and future agenda: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 30, 271-281.

The article was received 03.12.2020 and was accepted after revision 23.02.2021

Кривомаз Тетяна Іванівна

доктор технічних наук, кандидат біологічних наук, професор кафедри охорони праці та навколишнього середовища Київського національного університету будівництва та архітектури

Адреса робоча: 03037 Україна, м. Київ, проспект Повітрофлотський, 31

ORCID ID: 0000-0002-4161-9702 **e-mail:** ecol@i.ua

Савченко Антоніна Михайлівна

старший викладач Київського національного університету будівництва та архітектури

Адреса робоча: 03037 Україна, м. Київ, проспект Повітрофлотський, 31

ORCID ID: 0000-0001-8518-968X **e-mail:** asav2509@gmail.com