

М. М. Фрідлянд

архітектор, ФОП, м. Запоріжжя, Україна

ЗЕЛЕНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ: АНАЛІЗ ВІДНОВЛЮВАНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СИСТЕМ

Зелені технології у будівництві набувають все більшого значення у сучасному світі, спонукаючи до переосмислення підходів до створення споруд. Це дослідження зосереджено на вивченні різноманітних аспектів використання зелених технологій, зокрема – їхнього впливу на енергоефективність та екологічну стійкість будівельних об'єктів. Вивчено використання екологічно чистих матеріалів у будівництві, розробку альтернативних джерел енергії, впровадження ефективних методів утилізації відходів та створення оптимальних систем опалення та охолодження. Розглянуто широкий спектр аспектів використання зелених технологій у будівництві й висвітлено ефективність та можливості використання екологічно чистих матеріалів (біорозкладних композитів, відновлюваних дерев'яних матеріалів та інших натуральних ресурсів). Зосереджено увагу на розвитку альтернативних джерел енергії (сонячна та вітрова енергія, геотермальні системи та інші інноваційні технології), які дозволяють забезпечувати будівлі чистою та ефективною енергією.

Розглянуто різноманітні методи утилізації відходів у будівництві, зокрема – переробку сміття, використання вторинних матеріалів та розробку систем водоочиснення та вентиляції. Важливим аспектом є також аналіз оптимальних систем опалення та охолодження, включаючи використання випромінювальних поверхонь, теплових насосів та енергоефективних конструкцій. Висновки дослідження можуть слугувати основою для подальшого розвитку сталого будівництва та сприяти створенню енергоефективних та екологічно стійких споруд, що відповідають сучасним вимогам до житла та інфраструктури. Ця стаття може бути корисною різним зацікавленим сторонам: так, будівельні компанії та розробники зможуть залучити більше клієнтів і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, використовуючи зелені технології; архітектори та дизайнери зможуть створювати більш стійкі та ефективні будівлі, відповідні сучасним екологічним стандартам; громадські організації та екологічні активісти можуть використовувати цю інформацію для просування сталого будівництва.

Ключові слова: зелене будівництво, енергоефективність споруд, будівельні матеріали, оптимізація, енергозбереження, утилізація відходів, стале будівництво.

M. Fridlyand

GREEN TECHNOLOGIES IN MODERN CONSTRUCTION: ANALYSIS OF RENEWABLE MATERIALS, AND EFFICIENCY OF ENERGY-EFFICIENT SYSTEMS

Green technologies in construction are becoming increasingly important in the modern world, prompting a rethinking of approaches to the creation of buildings. This research focuses on the study of various aspects of the use of green technologies, in particular, their impact on energy efficiency and environmental sustainability of construction projects. The use of environmentally friendly materials in construction, the development of alternative energy sources, the introduction of effective waste management methods, and the creation of optimal heating and cooling systems are studied. A wide range of aspects of the use of green technologies in construction is considered, and the efficiency and possibilities of using environmentally friendly materials (biodegradable composites, renewable wood materials, and other natural resources) are highlighted. Attention is focused on the development of alternative energy sources (solar and wind energy, geothermal systems and other innovative technologies) that allow providing buildings with clean and efficient energy.

Various methods of waste management in construction are considered, including waste recycling, the use of secondary materials, and the development of water treatment and ventilation systems. An important aspect is also the analysis of optimal heating and cooling systems, including the use of radiant surfaces, heat pumps, and energy-efficient structures. The conclusions of the study can serve as a basis for further development of sustainable construction and contribute to the creation of energy-efficient and environmentally sustainable buildings that meet modern requirements for housing and infrastructure. This article can be useful for various stakeholders: construction companies and developers will be able to attract more customers and reduce their negative impact on the environment by using green technologies; architects and designers will be able to create more sustainable and efficient buildings that meet modern environmental standards; NGOs and environmental activists can use this information to promote sustainable construction.

Keywords: green construction, energy efficiency of buildings, building materials, optimization, energy saving, waste management, sustainable construction.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сталий розвиток є стрижневою інтегрованою проблемою нашого часу, що детерміноване його актуальністю. Так, половина населення світу живе у мегаполісах (зокрема, таких, що швидко розвиваються), які, своєю чергою, споживають дві третини створюваної енергії й вироблять 70% викидів парникових відходів у світі. Відповідно, будівельна галузь набуває особливої значущості, стаючи одним з найбільших

забруднювачів навколишнього середовища з одночасним споживання величезної кількості ресурсів [11].

На сьогодні, турбота про екологію – це необхідність, яку усвідомлюють на найвищому рівні державної політики в більшості країн світу. Тому на одному рівні з «вимушеними» інноваціями в будівельній сфері, пов'язаними з різними обмеженнями (до прикладу, епідеміологічними), дедалі більшої популярності набуває «зелене» будівництво. «Зелене» будівництво (sustainable building) або стійка архітектура (sustainable architecture) – технологія зведення та експлуатації будівель з мінімальним впливом на навколишнє середовище завдяки ефективному і продуманому використанню матеріалів, енергії, простору та екосистеми загалом [14].

Зелена архітектура – метод мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. За своєю природою, це інтегроване явище, у яке входить, з-поміж іншого, особлива філософія, що корелює з циркулярною економікою. Вищезазначена філософія розглядає природне середовище як джерело натхнення для створення екологічно безпечних просторів. «Зелені» будинки та споруди відрізняються одне від одного в різних регіонах і країнах, оскільки в процесі їх проєктування, побудови тощо актуалізовані кліматичні, культурні, економічні тощо особливості регіону.

При цьому зрозуміло, що основними науковими та практичними завданнями в сфері зеленого будівництва є розробка та впровадження технологій, які дозволять зменшити відходи та споживання ресурсів, підвищити енергоефективність будівель, а також мінімізувати їх вплив на природне середовище. Доцільно здійснювати постійний моніторинг і вдосконалення процесів будівництва та експлуатації будівель з метою мінімізації викидів та покращення екологічних характеристик об'єктів.

Відтак, ознаками, за якими будь-який будинок або споруда (житловий будинок, офіс, школа, склад тощо) може бути позиціоноване як «зелене» є: а) зведення до мінімуму енергоспоживання на всіх етапах життєвого циклу будинку, ефективне використання водних та інших ресурсів; б) інтеграція відновлюваних і низьковуглецевих технологій; в) зведення до мінімуму відходів – використання меншої кількості міцніших матеріалів, виробництва меншої кількості відходів і максимізація повторного використання – врахування стадії закінчення терміну служби споруди шляхом проєктування варіантів утилізації, переробки й повторного використання відходів після зносу (згадаймо вищезазначену циркулярну економіку); г) створення комфортного повсякденного середовища за рахунок забезпечення в приміщенні високої якості повітря, необхідної температури, правильної акустики і належної звукоізоляції, природного освітлення; г) зниження навантаження особистого транспорту на навколишнє середовище за рахунок транспортної інфраструктури; г) збереження ландшафту, забезпечення захисту й покращення природного різноманіття; д) проєктування гнучких й динамічних просторів, яке дозволяє передбачити зміни у їх використанні з плином часу, забезпечення стійкості до таких подій, землетрусів, пожеж тощо; е) використання інформаційно-комунікаційних технологій [12; 13].

Актуальність вивчення зелених технологій у сучасному будівництві (зокрема, аналізу відновлюваних матеріалів та ефективності енергоефективних систем) продукована низкою їх переваг, які актуалізовані одразу у трьох площинах: екологічній, економічній та соціальній. Так, «зелені» будівлі, які отримали сертифікат Green Star в Австралії, продукують на 62% менше викидів парникових газів, ніж інші австралійські споруди; приміщення, сертифіковані IGBC, дозволяють економити на 40–50% енергії та 20–30% води (порівняно зі звичайними будівлями в Індії); будинки з вищезазначеним сертифікатом Green Star у Південній Африці щорічно економлять в середньому 30–40% енергії та 20–30% води; натомість, сертифіковані LEED в Сполучених Штатах Америки (далі – США) та інших країнах, споживають на 25% менше енергії й на 11% менше води, ніж «узвичаєні» [14]. Окрім того, «зелене» будівництво продукує формування й розширення ринків екологічно чистих продуктів та послуг, скорочення експлуатаційних витрат, покращення стану екосистем, підвищення комфорту та здоров'я людей, поліпшення загальної якості життя [10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема зелених технологій у сучасному будівництві має складну природу: вона інтегрована, міжпредметна тощо, що, своєю чергою, продукує потребу у аналізі історіографії щодо питань енергозабезпечення та сталого розвитку економіки. Так, репрезентативним вважаємо працю З. Атаманчук, Ю. Неголюк [1], у якій виокремлено стрижневі пріоритети розвитку «зеленої» економіки, досліджено самотутність інвестиційного забезпечення цього сектора, а також подано світові надбання інтеграції зелених технологій. Автори обґрунтовують інвестиційну динаміку сектора, а також локалізують основні пріоритети його розвитку на засадах сталого виробництва (ресурсо- та енергоефективного,

екологічного тощо). Дослідники висвітлюють пропонувану ними модель переходу нашої держави до «зеленої» економіки, доводячи її життєздатність у сучасних реаліях.

Специфіка проблематики «зеленого» будівництва (розкриття його стрижневих принципів, напрямів актуалізації тощо) представлена у праці Л. Богінської [2]. У аналізованому дослідженні подано перспективи впровадження інноваційного будівництва в нашій країні з кореляцією останнього з прагненням до екологізму умов проживання молодих українців. Окреслено інноваційні архітектурні рішення у цьому напрямі, які порівняно з технологією типового будівництва, екстрапольовано на підходи забезпечення екологічної стійкості. Вчена виявляє релевантні характеристики «зеленого» будівництва, які, на її думку, є перспективними й втілюваними у нашій країні, а також подає можливі системи «зеленої сертифікації».

Питанню сучасного стану та головних детермінантів процесу інтегрування зелених технологій у діяльність підприємств будівельної галузі присвячено працю В. Бредіхін, В. Вербицька [3]. У ній автори аналізують стандарти будівництва країн БРІК й досліджують міжнародний досвід екологічного менеджменту у вищезазначеній галузі. Вчені подають параметризацію будівельних екотехнологій, специфіку їх стандартування тощо, які корелюють з енергоефективністю. Натомість кореляцію будівничого сектора з екосистемою планети відстежено у праці Г. Мазур, О. Дьяченко, Л. Дьяченко [7], у якій автори досліджують параметризацію впливу на навколишнє середовище щодо виробництва, переробки будівельних матеріалів, експлуатації будівель тощо.

Головні перспективи актуалізації водневих технологій з урахуванням їх енергетичного потенціалу подано у праці Ю. Ташев та ін. [4], де представлено стрижневі технології виробництва водню й окреслено параметризацію цього процесу. Зокрема, вченими здійснено аналіз вартості вищезазначеного виробництва при різних варіантах його отримання й проведено порівняння розподіленого і узагальненого виробничих шляхів, висвітлено принципи роботи лужного, PEM і SOE електролізу.

Локалізовано стрижневі характеристики «зеленого» будівництва у праці М. Данилюк, М. Дмитришин [5], у якій автори розкривають особливості такого будівництва у порівнянні зі звичайним (традиційним). Вчені виокремлюють місце «зеленого» будівництва в економічній полісистемі (зокрема, циркулярній економіці), зосереджуються на його перспективах, системах «зеленої сертифікації» (LEED, BREEAM). Своєю чергою, у межах вищезазначених стандартів дослідниками описано параметризацію: місце для забудови, ефективність споживання природних ресурсів (води, енергії), якість середовища, інновативність тощо.

Натомість економічні наслідки кореляції з соціокультурними трансформаціями Польщі в контексті актуальної ситуації в Україні розглянуто у праці К. Чіхоцькі та ін. [8]. Типологію «зелених конструкцій», аналіз історії їх розвитку та найближчої генези щодо властивостей стічних вод в контексті екологічної безпеки міст репрезентовано у праці Т. Ткаченко, О. Ткаченко [9]. У аналізованому дослідженні автори розглядають параметризацію світових стандартів таких конструкцій в контексті інтегрування останніх в український ринок та перспективних напрямів розвитку й низки викликів на нашому підґрунті.

Отже, аналіз історіографії з досліджуваної проблематики статті засвідчив самотність використання зелених технологій щодо сучасного будівництва в контексті циркулярної економіки. Водночас низка питань лишається невирішеною (докладніше вони розглянуті нижче), що продуковано інноваційністю, нестандартним підходом та підвищеним ступенем актуалізації творчого складника у процесі роботи. Вищезазначене, природно, є визначальним щодо спрямованості цієї статті в контексті узагальнення підходів до аналізованої проблематики в контексті вибудовування її аналізу й методології.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Таким чином, вищезазначені постановка аналізованої проблематики у загальному вигляді та аналіз останніх досліджень і публікацій засвідчили такі невирішені аспекти щодо аналізу відновлювальних матеріалів та ефективності енергоефективних систем щодо:

а) *стандартизації та сертифікації відновлювальних матеріалів*: мовиться про те, що багато вищезазначених матеріалів не мають чіткої параметризації (стандартування, сертифікування тощо), наслідком чого стає потенційна можливість плутанини у виборі та актуалізації останніх у будівництві;

б) *життєвого циклу та впливу на довкілля*: констатуємо наявність лакун у дослідженнях життєвого циклу відновлюваних матеріалів (зокрема, їх енергетичної ефективності, інтенсифікації

викидів під час виробництва, транспортування та використання, а також актуалізації у межах концепції циркулярної економіки);

в) *технології для зменшення енерго- та споживання природних ресурсів*: незважаючи на наявність низки різних енергоефективних систем для будівель, відзначимо потребу у розвитку нових технологій, які були б продуктивними щодо вищезазначеної параметризації та підвищення стійкості до зовнішніх впливів;

г) *економічної вигоди*: досі це питання є суперечливим, оскільки сучасні економічні дослідження (в тому числі, в межах згаданої циркулярної економіки) мають неоднозначні результати, саме тому нагальною є розробка нових бізнес-моделей, які, своєю чергою, зроблять цей вид технологій привабливішим для інвесторів та забудовників;

г) *адаптування до різних кліматичних умов*: детерміноване потребою у трансформаційних змінах щодо певних кліматичних умов, оскільки ефективність функціонування зелених технологій корелює з регіональними особливостями;

д) *системної інтеграції зелених технологій*: йдеться про нагальність паралелізму генези відновлювальних матеріалів та енергоефективних систем, оптимальна актуалізація яких вимагає інтеграції й синергії між ними;

е) *масштабування ефективності*: мовиться про те, що ті чи ті технології можуть бути продуктивними локально або загалом (на рівні конкретної будівлі, району, берега (до прикладу, правий чи лівий), міста тощо);

є) *ефективності управління природними ресурсами (енергією та водою)*: так, розвиток технологій для моніторингу, управління останніми у будівлях корелює з їх енергоефективністю та зниженням витрат.

Отже, вищезазначені не вирішені аспекти аналізованої проблематики репрезентативні щодо розширення розуміння та вдосконалення заходів актуалізації зелених технологій у сучасне будівництво, а також самотності використання відновлювальних матеріалів та ефективності енергоефективних систем у їх межах.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є розгляд самотності використання зелених технологій у сучасному будівництві. Предметом – специфіка вищезазначеної роботи щодо аналізу відновлювальних матеріалів та ефективності енергоефективних систем (зокрема, аналізу сучасного стану енергозабезпечення економіки країни та визначення шляхів його покращення з урахуванням принципів сталого розвитку). Своєю чергою, вищезазначені мета і предмет дослідження дозволили сформулювати його завдання:

1. Висвітлити теоретичні здобутки використання зелених технологій у сучасному будівництві й екстраполювати їх специфіку на роботу з відновлювальними матеріалами та динаміку актуалізації енергоефективних систем у їх межах.

2. Проаналізувати історіографію аналізованої проблематики щодо використання таких систем в контексті сталого розвитку та перспектив функціонування в енергетичному комплексі.

3. Представити генезу світового досвіду щодо впровадження енергоефективних заходів та розвитку відновлювальних джерел енергії.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. *Енергозбереження* – стрижневий принцип «зеленого» будівництва, оскільки його наріжним каменем є розробка технологій, що дають змогу максимально знизити втрати енергії в процесі використання будівель, основними методами останнього є: а) *забезпечення ефективної теплоізоляції*: використання сучасних технологічних рішень, ізоляційних матеріалів, які краще утримують тепло всередині будівлі; б) *зниження втрат тепла у вентиляційній системі* шляхом встановлення рекуператорів (приладів, які забезпечують теплообмін між вхідними та вихідними потоками повітря, використовуються для підтримання в приміщенні теплого та чистого повітря); в) *забезпечення герметичності дверних і віконних прорізів*: екобудинки повинні мати якісні склопакети та двері, які забезпечують захист від втрат тепла; г) *скорочення витрат електроенергії завдяки використанню новітніх економних приладів*: сучасна побутова техніка виробляється на основі енергозберігаючих технологій (до прикладу, скорочення споживання електроенергії в екобудинку може бути досягнуто завдяки використанню енергозберігаючих ламп, які споживають приблизно в 5 разів менше енергії, ніж звичайна лампа розжарювання), за рахунок використання яких сучасний будинок економить майже чверть споживаної електрики [15].

Прикметно, що зелені технології в будівництві стають не лише модою, а й необхідністю в епоху, коли енергоефективність та сталий розвиток набувають пріоритетності. Вони спрямовані на мінімізацію негативного впливу будівництва на навколишнє середовище та забезпечення

оптимального використання ресурсів. Одним з ключових складників таких технологій є актуалізація відновлюваних матеріалів (дерева, скла, металів тощо), що зменшує споживання природних ресурсів та викиди CO₂. Саме тому природно, що енергоефективність набуває все більшої значущості у актуалізації зелених технологій у будівництві.

Зокрема, використання ізольованих конструкцій, енергоефективних вікон і дверей, систем опалювання й кондиціонування знижує споживання енергії та загальні витрати. Окрім того, такі технології сприяють створенню комфортного середовища для життя і роботи, одночасно заощаджуючи енергію та ресурси [13]. Своєю чергою, зелені технології включають також використання відновлюваних джерел енергії (сонячних панелей, вітряків та геотермальних систем). Вищезазначене зменшує залежність від традиційних джерел енергії (вугілля та нафти) і, відповідно, мінімізує викиди шкідливих речовин в атмосферу (див. Табл. 1).

Табл. 1.

Використання зелених технологій в будівництві

Зелена технологія	Опис	Переваги	Недоліки
<i>Енергоефективні матеріали та конструкції</i>	Використання матеріалів з низькою теплопровідністю, вікон з високим коефіцієнтом енергоефективності та продуманих конструкцій для мінімізації втрат тепла.	Зменшення споживання енергії на опалення та кондиціонування, економія коштів, зниження викидів парникових газів.	Можливе збільшення початкових витрат на будівництво.
<i>Відновлювані джерела енергії</i>	Використання сонячних панелей, вітрових турбін, геотермальних систем та інших джерел чистої енергії для живлення будівлі.	Зменшення залежності від ископного палива, економія коштів, зниження викидів парникових газів.	Можливе збільшення початкових витрат на будівництво, залежність від погодних умов.
<i>Системи збирання та використання дощової води</i>	Збір дощової води для використання в системах поливу, туалетах та інших цілях.	Зменшення споживання прісної води, економія коштів.	Можливе збільшення початкових витрат на будівництво, необхідність додаткового простору для зберігання води.
<i>Зелені дахи</i>	Покриття дахів ґрунтом, рослинами та іншими зеленими елементами для утеплення, поглинання води та покращення якості повітря.	Зменшення теплового навантаження на будівлю, поглинання дощової води, покращення якості повітря.	Можливе збільшення початкових витрат на будівництво, необхідність додаткового обслуговування.
<i>Енергоефективні системи освітлення та електроприладів</i>	Використання світлодіодних ламп, енергоефективних приладів та систем управління для зменшення споживання енергії.	Зменшення споживання енергії, економія коштів.	Можливе збільшення початкових витрат на придбання енергоефективних приладів.
<i>Смарт-системи управління будівлею</i>	Використання датчиків, контролерів та програмного забезпечення для	Зменшення споживання енергії, економія коштів,	Можливе збільшення початкових витрат на будівництво, складність

	автоматичного управління освітленням, опаленням, кондиціонуванням та іншими системами будівлі.	покращення комфорту.	налаштування та обслуговування.
<i>Використання перероблених та екологічно чистих матеріалів</i>	Застосування будівельних матеріалів, виготовлених з перероблених відходів або з екологічно чистих джерел.	Зменшення використання природних ресурсів, зниження забруднення навколишнього середовища.	Можливе збільшення початкових витрат на будівництво, обмежений вибір матеріалів.
<i>Створення сприятливого мікроклімату</i>	Забезпечення природної вентиляції, використання вітрозахисних та сонцезахисних конструкцій, озеленення прилеглої території.	Покращення якості повітря, створення комфортного мікроклімату, економія енергії.	Можливе збільшення початкових витрат на будівництво, залежність від природних факторів.

Source: Створено автором дослідження

На сьогодні, низка екологічних проблем міст набуває глобальних масштабів, потребуючи негайного врегулювання. Натомість більшість зусиль у боротьбі з цим явищем обмежуються позитним озелененням територій, поліпшенням вентиляційних систем та невеликими заходами щодо зменшення промислового впливу на навколишнє середовище. Прикметно, що саме поняття «міське середовище» набуло особливого значення в сучасному світі і визначає глибоку сутність міста як місця, де концентрується велика кількість людей, та як функціонального утворення, що відіграє ключову роль у розвитку суспільства.

Однак, стан міського середовища став предметом серйозного хвилювання через загострення екологічних проблем наприкінці минулого століття [1]. Вирішенням вищезазначених проблем може стати реалізація ідеї екологічної архітектури, яка набуває популярності в масовій свідомості, проте має доволі глибоке коріння. Так, саме підґрунтя цієї концепції знаходимо на початку минулого століття, однак в той час теорії щодо заміни традиційних джерел енергії альтернативними не отримали належної уваги та не принесли відчутних результатів.

Проте, зелені технології, які мають за мету забезпечення сталого розвитку довкілля, стали широко використовуватися в будівництві з середини ХХ століття. Вони спрямовані на мінімізацію негативного впливу будівель на навколишнє середовище, покращення якості повітря, оптимізацію освітлення та вологості, що дозволяє зменшити споживання енергоресурсів та води під час експлуатації. Вищезазначено, що застосування зелених технологій охоплює переробку будівельних матеріалів, очищення води та повітря, використання альтернативних джерел енергії та енергоефективні технології [9].

Таким чином, зелені технології в будівництві є не лише модою, а й необхідністю в контексті сучасних екологічних викликів: це пов'язано з їх стрижневою роллю щодо забезпечення сталого розвитку міського середовища та покращення якості життя мешканців. Своєю чергою, використання останніх у будівництві має безліч переваг, серед яких особливо важливе енергозбереження. Проблеми, пов'язані зі скороченням енергоспоживання у будівництві, вже давно вирішуються у всьому світі, і з успіхом. Так, діє система, що заохочує використання зелених технологій у будівництві шляхом надання пільг під час кредитування та оподаткування. Це продукує зацікавленість будівельників в отриманні відповідних сертифікатів, своєю чергою, архітектори постійно вдосконалюють «зелені» рішення [6].

Так, на світовому ринку обіг грошей від продажу екологічно чистих будівельних матеріалів становить близько 20 мільярдів доларів щорічно, і прогнозують, що ця сума зростатиме не менше ніж на 10%. Це свідчить про те, що сфера «зеленого» будівництва набирає обертів, що є дуже обнадійливим показником для подальшого розвитку цього напрямку. Екологічна будівля – це

результат проектування, яке базується на трьох основних аспектах: а) підвищенні ефективності використання обмежених ресурсів (води, тепла, електрики, землі), б) зниженні негативного впливу на здоров'я людей, які живуть і працюють у цих будівлях, та в) мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище [4].

На сьогодні, екологічні принципи реалізовані у архітектурному проектуванні, зокрема:

1. *Використання екологічно чистих будівельних матеріалів*, які мінімізують негативний вплив на навколишнє середовище. Під чистими будівельними матеріалами розуміються ті, які виготовляються з використанням екологічно безпечних сировини та процесів, не містять шкідливих хімічних сполук або токсичних речовин, і можуть бути перероблені, або використані після використання з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Такий підхід до вибору будівельних матеріалів сприяє збереженню навколишнього середовища і сприяє створенню більш здорового та екологічно безпечного середовища для мешканців та користувачів будівлі. Безпосередньо втілюється у актуалізації альтернативних джерел енергії: теплових насосів, сонячних колекторів та енергоефективних котлів, що дозволяють зменшити споживання традиційних енергоресурсів [5].

2. *Раціональна утилізація відходів*, що сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля. Утилізація відходів полягає в їх переробці чи використанні з метою зменшення кількості, яка потрапляє на сміттєзвалища або викидається у природу. Зазначимо, що вищезазначене допомагає знизити негативний вплив сміттєзвалищ на навколишнє середовище, оскільки вони можуть виділяти шкідливі речовини у ґрунт і воду, а також продукувати викид газів, що сприяють парниковому ефекту. Шляхи зменшення відходів включають в себе переробку та вторинне використання матеріалів, підвищення ефективності актуалізації ресурсів та усунення непотрібних упаковок [7].

3. *Забезпечення комфортної та здорової для людини системи опалення і охолодження*, яка вибудовується з використанням випромінювальних поверхонь для передачі тепла. Випромінювальні системи опалення та охолодження відрізняються від традиційних конвекційних систем, які нагрівають або охолоджують повітря, передаючи тепло через конвекційні потоки. Замість цього випромінювальні системи використовують поверхні, які випромінюють тепло безпосередньо на об'єкти та людей, а не на повітря [5].

4. *Застосування «тепліх» стін*, які добре утеплені, для забезпечення енергоефективності. Утеплені стіни допомагають зберігати тепло в приміщенні в холодну пору та захищають від перегріву – в теплу, що сприяє зниженню витрат на опалення та кондиціонування. По-перше, утеплення стін дозволяє підтримувати стійку температуру в приміщенні, що зменшує потребу в опаленні в холодні місяці. Це досягається шляхом запобігання втрати тепла через стіни та створення бар'єру, який утримує тепло всередині будівлі. По-друге, утеплені стіни допомагають зменшити перегрів приміщення влітку, оскільки вони мінімізують проникнення тепла зовнішнього середовища в середину будівлі. Своєю чергою, вищезазначене дозволяє знизити використання кондиціонерів та енергії для охолодження, що продукує її економію та зниження викидів парникових газів [6].

5. *Внутрішнє оздоблення будівель натуральними матеріалами* (глиною, деревом та натуральним лінолеумом), яке продукує здорове середовище з вологістю навколишнього повітря близько 50%. Актуалізація натуральних матеріалів для внутрішнього оздоблення дозволяє уникнути контакту зі шкідливими хімічними речовинами, які можуть міститися у синтетичних матеріалах, зменшуючи ризик алергій і інших захворювань, пов'язаних з ними у мешканців. Натуральні матеріали (глина, дерево тощо), мають здатність регулювати вологість в приміщенні, забезпечуючи комфортні умови для проживання, що особливо важливо для здоров'я дихальних шляхів та загального комфорту мешканців. Своєю чергою, натуральний лінолеум також відомий своєю екологічною безпекою та високою зносостійкістю, що робить його привабливим вибором для підлогового покриття. Він виробляється з натуральних компонентів (льон, деревина та кам'яне вугілля), і не містить шкідливих хімічних речовин, які наявні у синтетичних відповідниках.

6. *Створення системи припливно-витяжної вентиляції* для постійного подання чистого повітря без створення ефекту протягу. Впровадження такої системи вентиляції дозволяє забезпечити постійне оновлення повітря в приміщенні, що є важливим для збереження здоров'я мешканців і підтримання комфортного мікроклімату. Припливно-витяжна вентиляція витягує використане повітря з приміщення та одночасно подає свіже – ззовні, уникнувши таким чином

утворення відчуття протягу. Це дозволяє підтримувати оптимальні умови для дихання та забезпечує комфортне перебування людей в будівлі [2].

7. *Раціональне планування і компактність форм*, що сприяють оптимальному використанню світла та тепла. Раціональне планування включає в себе обґрунтований розрахунок розташування приміщень і внутрішніх просторів з урахуванням потреб користувачів та функційних вимог будівлі. Вищезазначене дозволяє максимально ефективно використовувати простір і забезпечити зручність та функційність приміщень. Окрім того, раціональне планування сприяє оптимальному розподілу світла та тепла усередині будівлі, забезпечуючи комфортні умови для проживання чи роботи [15].

Компактність форм також важлива, оскільки вона дозволяє максимально використовувати доступний простір землі та ресурси для будівництва. Так, компактні будівлі мають меншу поверхню, через що зменшується втрата тепла і енергії, а також знижується вплив на довкілля. Будівництво екологічно чистих будівель, що базується на цих принципах, може коштувати на 7–10% більше, ніж традиційне. Проте окупність останнього настає в середньому за 7–10 років, оскільки споживання енергії в таких будівлях на 90% менше, ніж у будівлях традиційного типу.

Висновки. Отже, застосування зелених технологій у сучасному будівництві продуктивне щодо зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та покращення енергоефективності будівель. Своєю чергою, актуалізація таких технологій детермінована значним потенціалом в контексті мінімізації викидів шкідливих речовин, створенні комфортного й здорового середовища для проживання та роботи, а також збереження природних ресурсів. Окрім того, представлене дослідження дозволило висвітлити різноманітні аспекти «зеленого» будівництва: від використання екологічно чистих матеріалів до раціонального утилізації відходів.

Особливу увагу приділено інноваційним підходам у використанні альтернативних джерел енергії: тепловим насосам, сонячним колекторам, а також впровадженню систем опалення та охолодження на основі випромінювальних поверхонь. Окрім того, засвідчено переваги використання «тепліх» стін та внутрішнього оздоблення будівель натуральними матеріалами для створення комфортного та здорового середовища для мешканців. Вищезазначене засвідчило кореляцію «зеленого» будівництва із забезпеченням сталого розвитку суспільства та збереженням природного середовища для майбутніх поколінь.

Література:

1. Атаманчук З. А., Неголюк Ю. В. Інвестиційне забезпечення «зеленої» економіки як пріоритетний напрям розвитку держави на засадах сталого розвитку. *Економіка і організація управління*. 2021. № 1 (41). С. 6–14. <https://doi.org/10.31558/2307-2318.2021.1.1> *Донецький національний університет імені Василя Стуса* : вебсайт. URL: <https://goo.su/tw3Hz> (дата звернення: 07.05.24).
2. Богінська Л. О. Зелене будівництво як складова сталого розвитку будівельного комплексу. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського*. Серія: Технічні науки. 2023. Т. 34 (73), № 2. С. 242–247. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського*. Серія: Технічні науки : вебсайт. URL: <https://goo.su/zRAWJ> (дата звернення: 07.05.24).
3. Бредіхін В. М., Вербицька В. І. Напрямки розвитку «зелених» інновацій та технологій в будівництві. *Комунальне господарство міст*. 2019. Вип. 153. С. 69–74. *Цифровий репозитарій ХНУМГ ім. О. М. Бекетова* : вебсайт. URL: <https://goo.su/ktCqiW> (дата звернення: 07.05.24).
4. Глобальні тенденції розвитку водневих технологій у промисловості / Ю. В. Ташеев та ін. *Бізнес Інформ*. 2020. № 8. С. 103–114. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2020-8-103-114> *Бізнес Інформ* : вебсайт. URL: <https://goo.su/63grkf> (дата звернення: 07.05.24).
5. Данилюк М. М., Дмитришин М. В. Зелене будівництво у досягненні сталого регіонального розвитку. *Актуальні проблеми розвитку економіки регіону*. 2020. Т. 1, Вип. 16. С. 153–162. *Репозитарій Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника* : вебсайт. URL: <https://goo.su/qs0d> (дата звернення: 07.05.24).
6. Дудюк Д. Л., Мазепа С. С., Гнатишин Я. М. Нетрадиційна енергетика : основи теорії та задачі : навч. посіб. Львів : Магнолія, 2022. 188 с.
7. Мазур Г. Є., Дьяченко О. С., Дьяченко Л. Ю. Принципи та напрями зеленого будівництва та стійкого розвитку міст. Матеріали науково-практичної конференції «Просування енергоефективності та підготовка фахівців для відбудови України», 13 березня 2024 р., м. Дніпро :

зб. тез. Дніпро : Енерго-інноваційний хаб ПДАБА, 2024. С. 96–99. *DSpace Repository* : вебсайт. URL: <https://goo.su/Rp1o3y> (дата звернення: 07.05.24).

8. Нові можливості в енергетичному секторі Польщі та їх вплив на Україну / К. Чіхоцкі та ін. *Asters* : вебсайт. 2021. URL: <https://goo.su/DyIn> (дата звернення: 07.05.24).

9. Ткаченко Т. М., Ткаченко О. А. Сучасний стан використання «зелених конструкцій» в урбоценозах. Збірник наукових праць Донбаської національної академії будівництва і архітектури. 2019. № 1. С. 3–30. *Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського* : вебсайт. URL: <https://goo.su/tUxiE> (дата звернення: 07.05.24).

10. Green Building Tools for Tribes. *EPA* : website. URL: <https://goo.su/W8zZ2S> (date of application: 07.05.24).

11. Schraml M. Wie grüne Architektur den Planeten rettet. *FormFaktor* : webseite. URL: <https://goo.su/o4wo3l> (abgerufen am 24.05.07).

12. What is green building and why does it matter? *IGBC* : website. URL: <https://goo.su/mS4b> (date of application: 07.05.24).

13. Wood S. What is green architecture? *Brightly* : website. URL: <https://goo.su/tYYYYU> (date of application: 07.05.24).

14. World green building council. *World green building council* : website. URL: <https://goo.su/Ldn0> (date of application: 07.05.24).

15. Zhiqiang J. Z. *Energy Efficient Buildings : Fundamentals of Building Science and Thermal Systems*. USA : John Wiley & Sons, 2022. 384 p.