

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2024.68.163-177>

УДК 721;72.03; 72.04; 502

Рижова Ірина Станіславівна,

доктор філософських наук, професор, завідувач кафедри дизайну

Національного університету «Запорізька політехніка»

17design2017@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-9562-200X>

Павленко Тетяна Олександрівна,

кандидат архітектури, доцент кафедри дизайну

Національного університету «Запорізька політехніка»

tanya.mukha.85@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0001-8374-554X>

Антипенко Євген Юрійович,

доктор технічних наук, професор, професор кафедри дизайну

Національного університету «Запорізька політехніка»

antypenko.y@ukr.net

<http://orcid.org/0000-0001-8048-0144>

Єншуєва Тетяна Вікторівна,

старший викладач кафедри дизайну

Національного університету «Запорізька політехніка»

rybanichkaya@ukr.net

<http://orcid.org/0009-0009-9136-2595>

УРБОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЗЕЛЕНОЇ АРХІТЕКТУРИ В УМОВАХ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Анотація: в статті визначено основну проблематику та перспективу розвитку концепції «зеленої» архітектури в умовах сталого розвитку. У процесі виявлення основної проблематики визначено актуальність дослідження. Провівши ретельний аналіз існуючого стану формування зеленої архітектури в умовах сталого розвитку, виявлено, що зелена архітектура багатовекторна та включає енергоефективні, екологічні та економічні аспекти, при цьому вплив на довкілля мінімальний. Виявлені основні тенденції розвитку «зеленої» архітектури, які дали можливість визначити їх роль у формуванні сучасного урбанізованого середовища в аспектах підвищення енергоефективності будівель, використання сонячної енергії, «зелених» технологій та новітніх матеріалів. На основі проведеного дослідження визначені основні принципи «зеленої» архітектури: принцип енергоефективності, принцип сонячноорієнтованості, принцип інклюзивності, принцип екологічності, принцип автономності.

Ключові слова: сталий розвиток; зелена архітектура; урбоекологія; урбанізовані території; зелена покрівля; енергоефективність; сонячна енергія; вертикальне озеленення.

Постановка проблеми. Наприкінці ХХ століття багато країн почали більш ретельно приділяти увагу питанням, що стосувалися захисту довкілля та сталого розвитку. Поява концепції «сталого розвитку» означала не лише переосмислення відносин між антропогенним та природнім середовищем, а й розвиток і поглиблення сучасних екологічних ідей в культурному аспекті. При цьому зросла важливість орієнтування «сталого розвитку» на довгостроковий період, що суттєво відрізняється від подібних екологічних тенденцій в минулому. На даний час «зелена» архітектура, як одне з напрямків «сталого розвитку», визначає взаємобаланс між антропогенним та природнім середовищем як відправну точку розвитку, і розглядає урбанізовані території як частину природних територій. Це дає можливість переосмислення архітекторами та урбаністами своєї діяльності, які повинні ефективно інтегруватися в існуюче середовище.

Постає необхідність у виявленні основних тенденцій «зеленої» архітектури з визначенням їх ролі у формуванні сучасного урбанізованого середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поняття «сталий розвиток» та енергоефективність в архітектурі в своїх роботах розглядали зарубіжні науковці: Д. Х. Бей, Н. Бейкер, К. Брейзер, Д. Валлера, С. Гай, П. Геворкян, Л. Гліксман, П. Дейві, С. Зоколей, Д. Лін, Ф. Моунселл, Б. Л. Онг, П. Сміт, Д. Вільямс, Л. Хайзелбах. Серед вітчизняних науковців поняття «сталий розвиток» та енергоефективність в архітектурі розглядали О.Б.Борисенко, А.А.Долинський [1], Л.М.Вілінська [3], О.І.Філоненко, О.І.Юрін, Н.М.Магас, В.В.Руденко, П.О.Семко [2], Г.Г.Фаренюк [4]. К.Ю.Сікора та О.М.Назаренко [5] досліджували сонячну архітектуру як альтернатива запобіганню викидів парникових газів.

Актуальність і новизна. Актуальність даної концепції для досліджень та подальших реалізацій визначається завдяки своєму міждисциплінарному характеру: архітектурно-містобудівному, будівельному, екологічному, естетичному, а також інклюзивному. Новизна дослідження визначена в розгляді виявленої проблематики сучасного урбоекологічного формування «зеленої» архітектури в умовах сталого розвитку.

Мета. Основна мета даного дослідження є виявлення сучасних урбоекологічних особливостей формування зеленої архітектури в умовах сталого розвитку.

Методи досліджень. Проводячи дане дослідження, автори використали наступний методичний інструментарій: теоретичні методи абстрагування, узагальнення, формалізації, порівняння, аналізу та синтезу.

Результати та їх обґрунтування. Екологічні проблеми на сьогодні мають великий вплив на навколишнє середовище в усьому світі. Особливої уваги потребують урбанізовані території, які з одного боку є основним місцем активного використання природних ресурсів, таких як земля, матеріали, вода та енергія, а з іншого – це території, які є джерелом вироблення шуму, відходів та забруднення навколишнього середовища. Неефективне використання енергії та води є однією з найактуальніших еколого-економічних проблем в зв'язку з експлуатаційними особливостями будівель та споруд. [1]

В процесі впровадження концепції сталого розвитку визначаються особливості негативного впливу урбанізованих територій на навколишнє середовище. На думку деяких фахівців це є основною проблемою міських територій, які на даний час все більше стикаються з обмеженими можливостями виконувати свої основні функції без вагомої шкоди на природне середовище. Інші фахівці додали, що впровадження екологічного контролю над архітектурно-містобудівною діяльністю є необхідністю для ефективних економічних важелів розвитку у цьому секторі ХХ століття. Як наслідок, в розвинених індустріальних країнах виникають нові концепції та нові методи досягнення поставленої мети. З'являється напрямок екологічного розвитку «стійка (стала) архітектура», або «зелена архітектура», який відображає тенденції архітектурно-містобудівного характеру в поєднанні з економічного та екологічними аспектами розвитку (скорочення споживання енергії, оптимальне використання природних ресурсів та ефективні рішення поновлюваних джерел енергії).

Стойка (стала) архітектура – це екологічно орієнтована архітектура високих технологій, що має тенденції до мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище за рахунок ефективного та обґрунтованого використання сучасних матеріалів, енергії, простору в екосистемі урбанізованих територій. При цьому проектування та реалізація стійкої (сталої) архітектури відбувається на основі енергозбереження та охорони навколишнього середовища. [1-3]

Розвиток «зеленої» архітектури досить різноплановий. У 70-х роках двадцятого століття стрімко розвивається екологічна думка, формування якої визначилося інтенсивними темпами будівництва висотних будівель – хмарочосів в США. Внаслідок зростання обсягу вироблення та споживання енергії виникають проблеми у використанні природних ресурсів, особливо мінеральних, що індукує нафтову кризу. В процесі це сприяло розвитку екологічної діяльності, та поставило своєю метою збереження навколишнього середовища.

Американський архітектор Луїс Салліван та скульптор Гораціо Гріноу, англійський архітектор Крістофер Дей – одні з ідейних представників зеленого будівництва. К. Дей звернув увагу у своїх книгах («Місця, де мешкає душа», «Архітектура та середовище як лікувальний засіб», «Будувати так, як велить серце») не стільки на практичну сторону енергозбереження, а на естетичну, художню кореляцію природи та архітектури. [7]

Вважається, що перші об'єкти «зеленої» архітектури створені Френком Ллойдом Райтом. Його проекти органічно інтегровані в ландшафтне середовище. Одним із прикладів вдалої взаємодії природного та антропогенного середовища, на думку авторів, є «Будинок над водоспадом», де гармонійно інтегрований архітектурний об'єкт в природне оточення. Загальність ландшафту та створюваних проєктів Ф.Л. Райта базується на застосуванні природних матеріалів, що зумовлює нерозривність у прочитанні будівлі, що існує як частина системи, і екстер'єру, що протиставлено функціоналістичному архітектурному підходу, який активно розвивається. Архітектурна органічність пов'язана більше з «природністю» ніж з «біонічністю», де переважають геометричні форми, на відміну від проєктів німецького архітектора Уго Херінга. [8]

«Зелена» архітектура та органічна архітектура як концепції стають затребуваними у творчості європейських архітекторів, маючи при цьому індивідуальні особливості в залежності від регіону. Прикладом взаємодії функціоналізму та органічної архітектури стає творчість фінського архітектора Алвара Аалто. Еклектичність та поліморфність композиційної структури його проєктів консолідується з навколишнім середовищем.

Формування «природності» «зеленої» архітектури приймає урбаністичний, індустріальний характер, спрямований на створення будівель і споруд, які завдають найменшої шкоди довкіллю. Прикладом є «Будинок в пагорбі» (архітектор А.Квормбі, Велика Британія), де єдність ліній і форм проєкту із середовищем, органічне злиття силуету будівлі з морфологією рельєфа та використання місцевих екологічних матеріалів створюють гармонію архітектурного комплексу і довкілля.

У промислових розвинених країнах є багато великих будівель, вони втілюють концепцію стійкої архітектури Green, яка знижує вплив на довкілля, у тому числі будинок Conde Nast Tower (48 поверхів) на Таймс-сквер у Нью-Йорку. Ця вежа є одним із перших прикладів, в яких застосовувалися принципи стійкої (сталого) зеленої архітектури з використанням максимальної кількості новітніх на той час технологій для економії енергії. [10]

Отже, зелена архітектура – багатовекторна. Цей напрямок включає енергоефективні, екологічні та економічні аспекти, при цьому вплив на довкілля мінімальний.

Методи обговорення. Виявлення основних тенденцій «зеленої» архітектури [1-20] дає можливість визначити їх роль у формуванні сучасного урбанізованого середовища у наступних аспектах: підвищення енергоефективності будівель, сонячна енергія, «зелені» технології та новітні матеріали.

1) Підвищення енергоефективності будівель. Даний аспект містить у собі раціональне редукування енергоспоживання, основний відсоток якого складає опалення. Енергоефективні технології з використанням альтернативних джерел енергії, активно стали застосовуватися в житлових індивідуальних, блокованих будинках Фінляндії, Канади, Франції, багатопверхових будинках тощо.

В 90-х р. були введені «зелені» міжнародні стандарти: Energy Star в Америці та BREEAM у Великій Британії, система рейтингів LEED.

Стандарт BREEAM був запропонований у 1990 році британською багатопрофільною науковою організацією в галузі будівництва BRE (Building Research Institutionment). Найстаріший «зелений» стандарт для екологічної оцінки будівель будь-якого призначення. Сьогодні на нього орієнтовані компанії більш ніж 80 країн світу. Критерії оцінки BREEAM стали базою створення інших систем сертифікації екологічно чистих будівель, включаючи LEED.

Стандарти LEED спрямовані на створення більш екологічного середовища та підвищення ефективності будівель з більшою економічністю. Дані стандарти надаються архітекторам, інженерам, забудовникам та інвесторам. Вони складаються з простого переліку критеріїв, що оцінюють відповідність будівлі вимогам екологічності.

Поняття енергоефективності нерозривне пов'язано в першу чергу з альтернативною енергетикою: вітрової, приливної, геотермальної, сонячної тощо. Саме геліоенергетика найбільш тісно взаємодіє із «зеленим» будівництвом.

2) Сонячна енергія. У 50-х роках з'являються перші сонячні батареї, а в 70-80 роках вони застосовуються у житловому будівництві. Екопоселення «Іліако-Хоріо», створене Олександром Томбазісом і назване сонячним селом, побудоване з використанням різних джерел сонячної енергії. На початку століття хмарочоси, стадіони, громадські та житлові будинки обладнуються сонячними панелями (Конде-Наст у Нью-Йорку, Національний стадіон Всесвітніх ігор у Гаосюні, HELIOS, штаб-квартира Національного інституту сонячної енергії в Савойї за проектом Мішеля Ремона та Фредеріка Ніколаса тощо).

3) «Зелені» технології. Даний напрямок «зеленої» архітектури досить часто використовується в архітектурно-містобудівних рішеннях. Серед основних типів формування – це влаштування додаткового зеленого простору,

влаштування додаткового функціонального простору та створення зеленого простору спеціального призначення (рис. 1).

НАЗВА	ПРИМІТКА	ЗОБРАЖЕННЯ
ДОДАТКОВИЙ ЗЕЛЕНИЙ ПРОСТІР	Зелений дах як додатковий зелений простір, який підвищує естетичні якості та збільшує площу озеленення території, а також вирішує питання експлуатації даху.	
ДОДАТКОВИЙ ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ПРОСТІР	Зелені дахи як додатковий функціональний простір (громадський, дитячий, спортивний, рекреаційний)	
ЗЕЛЕНИЙ ПРОСТІР СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	Зелений дах як простір спеціального призначення для вирощування рослин, які виконують певні функції (спеціальні рослини для різних видів метеликів, комах, птахів тощо)	

Рис. 1. Типи формування зеленого простору покрівлі (авторська розробка)

«Зелена» покрівля – тип покриття, що має два види в залежності від догляду за ним:

- *екстенсивний* (багатошаровий килим з трав'янистими температуростійкими рослинами невеликої ваги та з мінімальними вимогами догляду,

- *інтенсивний* (вимагає належного обслуговування з посадкою квітів, чагарників, дерев тощо).

Одними з прикладів є: сад на даху Вілли Савой, спроектований 1929 року французьким архітектором Ле Корбюзьє, «рослинні» дахи житлового комплексу Big House в Копенгагені тощо.

Зелені дахи мають свої переваги: покращення екології навколишнього середовища; додатковий простір для життєдіяльності людини; велика

теплоізоляція; висока звукоізоляція; рівномірне усадка будівлі; вирішення проблеми накопичення великої кількості дощової води.

Технологія будівництва зелених дахів [1-20] достатньо складна. Така покрівля має багато шарів: несучий настил, пароізоляція, утеплювач, гідроізоляція, захисний шар, дренажний шар, фільтр, ґрунт, рослинний шар. Сучасні технології дозволяють знизити вагу покрівельної конструкції, застосовуючи шари гідроізоляції підвищеної міцності.

Отже, зелена покрівля естетично приваблива, екологічна.

Зелені поверхні. Вертикальні та горизонтальні поверхні будівлі можуть бути представлені безпосередньо зеленими об'ємами, що заповнюють як балкони, переходи, так і цілі поверхні. Дані технології стрімко розвиваються та практикуються в багатьох країнах, прикладами екоархітектури є висотна будівля готелю Oasia Hotel Downtown у Сінгапурі, багатофункціональний комплекс One Central Park у Сіднеї, житловий хмарочос Bosco verticale Мілана, Тайванський хмарочос gora Garden Tower, що має рівень LEED Gold+, японський офісний центр Pasona Group, англійський готель Athenaeum Hotel з зеленою стіною килимової системи Vertical Garden System Патрика Бланка на 8 поверхів.

Серед розглянутих прикладів визначені основні види (рис. 2): вертикальні сади, енергоефективні фітостіни та використання декоративного плюща.

Переваги вертикального озеленення фасадів: естетична привабливість, довговічність, терморегуляція, екологічність, підтримання мікроклімату у будівлі, звукоізоляція, енергоефективність.

Також виявлено основні **типи вертикального озеленення**: повстяний тип, модульний тип та контейнерний тип.

Повстяний тип (гідропонний) – одна з популярних систем вертикального озеленення, де основна конструктивна металева рама з зафіксованими повстяними кишнями прикріплена до площини фасаду архітектурного об'єкту. Це дозволяє влаштування дренажної системи з автоматизованим крапельним поливом.

Модульний тип вертикального озеленення - порівняно недавній. На спеціальній фасадній рамі влаштовуються вертикальні конструкції з фіксацією модулів з елементами озеленення. Даний тип дозволяє вбудувати основні системи життєзабезпечення озеленення в конструкцію будь-якої форми.

Контейнерний тип вертикального озеленення є один із найбільш часто вживаним у формуванні зеленого фасаду. Конструкція великої мережі пустотілих труб для поливу влаштовується у поєднанні з контейнерами для різних елементів озеленення. Даний тип також має свою систему освітлення, водопостачання та водовідведення.

Мембрани з ETFE (етилентетрафторетилену) – інноваційний будівельний

матеріал, який набагато легший скла, має властивості утеплювача і не гірше за інших огорожувальних конструкцій. Його можна використовувати як акумулятор сонячної енергії для зниження енерговитрат будівлі. Переваги мембран ETFE: вага матеріалу; висока міцність; низькі показники займистості; стійкість до високих температур; стійкість до дії ультрафіолетових променів; здатність до самоочищення; велика варіативність розмірів матеріалу. [1 - 20]

НАЗВА	ПРИМІТКА	ЗОБРАЖЕННЯ
ВЕРТИКАЛЬНІ САДИ	Тропічні рослини, які ростуть при будь-якому ухилі та фактично не вимагають сонячного світла і води. Рослини можуть рости на вертикальних поверхнях без ґрунту, тільки на розчині добрив, який циркулює в системі.	
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ФІТОСТІНИ	Поверхня менше нагрівається влітку, а в холодний період року знижуються тепловтрати, рівень шуму, пилове та газове навантаження, насичується навколишній простір киснем	
ДЕКОРАТИВНИЙ ПЛЮЩ	Полог з плюща грає роль теплового щита і захищає стіни від різких перепадів температури. плющ робить стіни більш стійкими до погодних змін і шкідливих забруднень	

Рис. 2. Основні види вертикального озеленення (авторська розробка)

Дерев'яні порожні блоки (ДПБ) – новий вид будівельного матеріалу з дерева, що дозволяє заощадити на деревині та скоротити вирубування лісів. Елементи ДПБ дозволяють створити вакуумний прошарок у стінах будівлі, що значно знижує тепловтрати. Переваги дерев'яних порожніх блоків: високі показники теплозбереження; економія деревини; мала вага елементів; екологічність матеріалу; зменшення усадки конструкції; можливість комбінування з іншими будівельними матеріалами та технологіями; висока готовність матеріалу під час виготовлення; економія енергії на опалення.

Дерево-полімерний композит, або рідке дерево, має такі ж характеристики, як і звичайне дерево, але його механічні властивості ефективніші. Найчастіше застосовується для обробки стін, балконів та підлогових покриттів, а також для виготовлення фарб, що імітують справжнє дерево. Переваги дерево-полімерного композиту: екологічність; висока вологостійкість та стійкість до біологічного впливу; однорідність поверхні; високі пластичність та міцність; довговічність; технологічність у процесі укладання.

Аерогель, або заморожене повітря, – інноваційний матеріал, що має найвищі показники ізоляції серед усіх матеріалів. Завдяки своїми властивостями потрапив до книги рекордів Гіннеса. За структурою аерогель складається з наночарунок, які невиразні навіть під мікроскопом. Переваги аерогелю: екологічний, складається більше ніж на 95% із повітря; довговічний; повністю підлягає вторинному використанню; економічний; високі показниками міцності, водовідштовхування, звукоізоляції; швидко гаситься при запаленні; легкий під час транспортування.

Отже, «зелена» архітектура, «зелене» будівництво, екологічне проектування є складовими основного екологічного підходу до проектування та будівництва. *Принципи «зеленої» архітектури* забезпечується за допомогою включення компонента природного середовища в архітектурно-містобудівну структуру. Проаналізувавши вищепредставлений матеріал, виявлено наступні принципи:

- 1) *принцип енергоефективності* забезпечується засобами мінімізації тепловтрат при опаленні та охолодженні;
- 2) *принцип сонячноорієнтованості* забезпечується засобами генерації світла і тепла за допомогою сонячної енергії;
- 3) *принцип інклюзивності*, де урбанізоване середовище проектується для комфортного перебування людей усіх верств населення;
- 4) *принцип екологічності* включає в себе гармонійне поєднання урбанізованого та природного середовища;
- 5) *принцип автономності* являє собою можливість архітектурно-містобудівних об'єктів функціонувати автономно в критичних ситуаціях.

Висновки. Таким чином, «зелена» архітектура є перспективним напрямком сталого розвитку, що сприяє охороні навколишнього середовища, економії природних ресурсів та зниженню впливу антропогенного середовища на природне. «Зелена» архітектура дає можливість створювати нові типи будівель, які поєднуються в нові містобудівні рішення. Опираючись на визначені принципи «зеленої» архітектури, можна створювати енергоефективні, сонячноорієнтовані, інклюзивні, екологічні та автономні вирішення поставлених задач сучасності.

Особистий вклад авторів.

Рижова Ірина Станіславівна: представлено результати та їх обґрунтування; визначені методи обговорення урбоекологічних особливостей формування зеленої архітектури в умовах сталого розвитку; сформульовано висновки та рекомендації подальшого дослідження,

Павленко Тетяна Олександрівна: проаналізовано останні дослідження і публікації, сформульовано актуальність і новизна, мета і методи досліджень, визначено основні принципи формування зеленої архітектури в умовах сталого розвитку;

Антипенко Євген Юрійович: визначено основну проблематику формування зеленої архітектури в умовах сталого розвитку, виявлено методи дослідження.

Єншуєва Тетяна Вікторівна: проведено аналіз останніх досліджень і публікацій, формування бібліографічного списку.

Список джерел

1. Долінський А.А. Перспективні напрямки використання геотермальних ресурсів в Україні. А. А. Долінський, Д. М. Чалаєв, О. О. Переяславцева, Н. Б. Сильнягіна. *Енергетика і автоматика*. 2020. № 5. С.42-56. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eia_2020_5_6.

2. Філоненко О.І. Сучасна архітектура та енергоефективність. О. І. Філоненко, О. І. Юрін, Н. М. Магас, В. В. Руденко, П. О. Семко, Б. С. Токарь. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. 2022. Вип. 202. С. 27 - 35. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2022_202_6.

3. Вілінська Л.М. Енергоефективність багатоквартирного житлового будинку. Л. М. Вілінська, Г. М. Бурлак, А. В. Гурська. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2023. № 3. С. 28 - 33. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ujba_2023_3_6.

4. Фаренюк Г.Г. Реалізація параметричного методу у сучасних нормах з енергоефективності будівель. Г.Г.Фаренюк, Є.Г.Фаренюк. *Наука та будівництво*. 2023. № 1. С. 3 - 8. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ntab_2023_1_2.

5. Сікора К.Ю. Сонячна архітектура – як альтернатива запобіганню викидів парникових газів. К.Ю.Сікора, О.М.Назаренко. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*. 2018. Вип. 7. С. 101 - 105. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2018_7_18.

6. Рижова І., Павленко Т., Северін К. ФОРМУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОБРАЗУ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ ЗАСОБАМИ КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТУ.

Просторовий розвиток. 2023. (5), 90 – 102. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.5.90-102>

7. Рижова І., Павленко Т., Єншуєва Т. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ГАРМОНІЗАЦІЇ ПРОСТОРУ ІНДУСТРІАЛЬНИХ МІСТ. *Сучасні проблеми Архітектури та Містобудування*. 2023. (67), 157 – 168. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.67.157-168>

8. Bibri S.E., Krogstie J. Environmentally data-driven smart sustainable cities: applied innovative solutions for energy efficiency, pollution reduction, and urban metabolism. *Energy Inform* 3. 2020. 29. <https://doi.org/10.1186/s42162-020-00130-8>

9. Carter V., Henríquez C. Biophilic Institutions and Governance: Biophilic Urbanism Initiatives (BUIs) Fostering Green Urban Features in Emerging and Developing Cities. In: Trapani, F., Mohareb, N., Rosso, F., Kolokotsa, D., Maruthaveeran, S., Ghoneem, M. (eds) *Advanced Studies in Efficient Environmental Design and City Planning. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham. 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65181-7_29

10. Daradkeh L., AlGharaibih S., Shawaqfeh R., Gharaibeh A. Green Spaces and Environmental Justice: Measuring the Accessibility and Fair Distribution of Public Green Spaces in the Town of Al-Mughayyer. In: Trapani, F., Mohareb, N., Rosso, F., Kolokotsa, D., Maruthaveeran, S., Ghoneem, M. (eds) *Advanced Studies in Efficient Environmental Design and City Planning. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham. 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65181-7_24

11. Liang W., Ahmad Y., Mohidin H.H.B. The development of the concept of architectural heritage conservation and its inspiration. *Built Heritage*. 2023. 7, 21 <https://doi.org/10.1186/s43238-023-00103-2>

12. Lozinsky R.. Landscape semiotics and visual / textual analysis in Anglo-American cultural geography. *Journal of Human Geography*. 2020. 28, 25-34. <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2020-28-03>

13. Mels T. Producing landscapes of environmental justice: exploitation of woodlands and wetlands and deep historical geographies of justice on Gotland. *Landscape Ecol*. 2021. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01284-w>

14. Pavlenko T., Ivasenko V., Koval I. Formation Methods Of Public Space During The Airport Reconstruction: Array. *Municipal Economy of Cities*. 2020. 6(159), 91–96 <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5679>

15. Pavlenko T., Lytvynenko T., Ivasenko V., Zyhun A. Design Principles for Inclusive Environment of Urban Agrorecreational Eco-complexes. In: Onyshchenko, V., Mammadova, G., Sivitska, S., Gasimov, A. (eds) *Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations. ICBI 2020. Lecture Notes in Civil Engineering*. 2022. vol 181. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_51

16. Pollo R., Giovanardi M., Mariani A. Urban Greenery as a Resource for Urban Environment. In: Trapani, F., Mohareb, N., Rosso, F., Kolokotsa, D., Maruthaveeran, S., Ghoneem, M. (eds) *Advanced Studies in Efficient Environmental Design and City Planning. Advances in Science, Technology & Innovation. Springer, Cham.* 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65181-7_25
17. Reyes-Plata J.A., Villanueva-Vilchis M.D. Understanding the Social Appropriation of Public Green Spaces in a Disadvantaged Neighbourhood. A Conceptual Model Related to Urban Sustainability. In: Trapani, F., Mohareb, N., Rosso, F., Kolokotsa, D., Maruthaveeran, S., Ghoneem, M. (eds) *Advanced Studies in Efficient Environmental Design and City Planning. Advances in Science, Technology & Innovation. Springer, Cham.* 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65181-7_27
18. Ryzhova I., Pavliuk O. Strategy For Sustainable Development Of Urban Ecology In The Modern Spatial And Subject Environment: Challenges, Opportunities, Prospects. *Humanities Studies : Helvetica Publishing House.* 2023. 15 (92), 180, 52-64. <https://doi.org/10.32782/hst-2023-15-92-06>
19. Ryzhova I., Zakharova S. «Smart-Technology» Influence On The Development Of «Smart-City» In The Information Society. *ZDIA Publishing House.* 2018. 72, 81-91 <http://vestnikzgia.com.ua/article/view/130575/126341>
20. Sun Z., Sun Y., Liu H. et al. Impact of spatial imbalance of green technological innovation and industrial structure upgradation on the urban carbon emission efficiency gap. *Stoch Environ Res Risk Assess.* 2023. 37, 2305–2325 <https://doi.org/10.1007/s00477-023-02395-3>

References

1. Dolinsky, A.A. (2020). Perspektyvni napriamky vykorystannia heotermalnykh resursiv v Ukraini. [Prospective directions for the use of geothermal resources in Ukraine]. *Enerhetyka i avtomatyka*, № 5. - S. 42-56. - Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eia_2020_5_6. (in Ukrainian)
2. Filonenko, O.I. (2022). Suchasna arkhitektura ta enerhoefektyvnist. [Modern architecture and energy efficiency]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainського derzhavnogo universytetu zaliznychnoho transportu.* - Vyp. 202. - S. 27-35. - Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2022_202_6. (in Ukrainian)
3. Vilinska, L.M. (2023). Enerhoefektyvnist bahatokvartyrnogo zhytloвого budynku. [Energy efficiency of an apartment building]. *Ukrainskyi zhurnal budivnytstva ta arkhitektury.* - № 3. - S. 28-33. - Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ujba_2023_3_6. (in Ukrainian)
4. Farenjuk, H.G. (2023). Realizatsiia parametrychnoho metodu u suchasnykh normakh z enerhoefektyvnosti budivel. [Implementation of the parametric method in

modern regulations on energy efficiency of buildings]. *Nauka ta budivnytstvo* - № 1. - S. 3-8. - Rezhy m dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ntab_2023_1_2. (in Ukrainian)

5. Sikora, K.Yu. (2018). Soniachna arkhitektura – yak alternatyva zapobihanniu vykydiv parnykovykh haziv. [Solar architecture as an alternative to preventing greenhouse gas emissions]. *Komunalne hospodarstvo mist. Seria: Tekhnichni nauky ta arkhitektura*. - Vyp. 7. - S.101-105. - Rezhy m dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/kgm_tech_2018_7_18. (in Ukrainian)

6. Ryzhova, I., Pavlenko, T., Severin, K. (2023). Formation of the individual image of the city of zaporizhya by means of the cultural landscape. [formuvannia indyvidualnoho obrazu mista zaporizhzhia zasobamy kulturnoho landshaftu]. *Prostorovy rozvytok*, (5), 90–102. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2023.5.90-102> (in Ukrainian)

7. Ryzhova, I., Pavlenko, T., Yenshuyeva, T. (2023). Problems and prospects of the harmonization of space in industrial cities. [problemy ta perspektyvy harmonizatsii prostoru industrialnykh mist] *Suchasni problemy Arkhitektury ta Mistobuduvannia*, (67), 157–168. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.67.157-168> (in Ukrainian)

8. Bibri, S.E., Krogstie, J. (2020). Environmentally data-driven smart sustainable cities: applied innovative solutions for energy efficiency, pollution reduction, and urban metabolism. *Energy Inform* 3, 29. <https://doi.org/10.1186/s42162-020-00130-8> (in English)

9. Carter, V., Henríquez, C. (2021). Biophilic Institutions and Governance: Biophilic Urbanism Initiatives (BUIs) Fostering Green Urban Features in Emerging and Developing Cities. In: Trapani, F., Mohareb, N., Rosso, F., Kolokotsa, D., Maruthaveeran, S., Ghoneem, M. (eds) *Advanced Studies in Efficient Environmental Design and City Planning. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65181-7_29 (in English)

10. Daradkeh, L., AlGharaibih, S., Shawaqfeh, R., Gharaibeh, A. (2021). Green Spaces and Environmental Justice: Measuring the Accessibility and Fair Distribution of Public Green Spaces in the Town of Al-Mughayyer. In: Trapani, F., Mohareb, N., Rosso, F., Kolokotsa, D., Maruthaveeran, S., Ghoneem, M. (eds) *Advanced Studies in Efficient Environmental Design and City Planning. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65181-7_24 (in English)

11. Liang, W., Ahmad, Y. & Mohidin, H.H.B. (2023). The development of the concept of architectural heritage conservation and its inspiration. *Built Heritage* 7, 21 <https://doi.org/10.1186/s43238-023-00103-2> (in English)

12. Lozinsky, R. (2020). Landscape semiotics and visual / textual analysis in Anglo-American cultural geography. *Journal of Human Geography*, 28, 25-34. <https://doi.org/10.26565/2076-1333-2020-28-03> (in Ukrainian)

13. Mels, T. (2021). Producing landscapes of environmental justice: exploitation of woodlands and wetlands and deep historical geographies of justice on Gotland. *Landscape Ecol.* <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01284-w> (in English)

14. Pavlenko, T., Ivashenko, V., Koval, I. (2020). Formation Methods Of Public Space During The Airport Reconstruction: Array. *Municipal Economy of Cities*, 6(159), 91–96 <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5679> (in Ukrainian)

15. Pavlenko, T., Lytvynenko, T., Ivashenko, V., Zyhun, A. (2022). Design Principles for Inclusive Environment of Urban Agrotechnological Eco-complexes. In: Onyshchenko, V., Mammadova, G., Sivitska, S., Gasimov, A. (eds) *Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations. ICBI 2020. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 181. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_51 (in English)

16. Pollo, R., Giovanardi, M., Mariani, A. (2021). Urban Greenery as a Resource for Urban Environment. In: Trapani, F., Mohareb, N., Rosso, F., Kolokotsa, D., Maruthaveeran, S., Ghoneem, M. (eds) *Advanced Studies in Efficient Environmental Design and City Planning. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65181-7_25 (in English)

17. Reyes-Plata, J.A., Villanueva-Vilchis, M.D. (2021). Understanding the Social Appropriation of Public Green Spaces in a Disadvantaged Neighbourhood. A Conceptual Model Related to Urban Sustainability. In: Trapani, F., Mohareb, N., Rosso, F., Kolokotsa, D., Maruthaveeran, S., Ghoneem, M. (eds) *Advanced Studies in Efficient Environmental Design and City Planning. Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65181-7_27 (in English)

18. Ryzhova, I., Pavliuk, O. Strategy For Sustainable Development Of Urban Ecology In The Modern Spatial And Subject Environment: Challenges, Opportunities, Prospects. *Humanities Studies : Helvetica Publishing House*, 15 (92), 180, 52-64 (2023) <https://doi.org/10.32782/hst-2023-15-92-06> (in Ukrainian)

19. Ryzhova, I., Zakharova, S. (2018). «Smart-Technology» Influence On The Development Of «Smart-City» In The Information Society. *ZDIA Publishing House*, 72, 81-91 <http://vestnikzgia.com.ua/article/view/130575/126341> (in Ukrainian)

20. Sun, Z., Sun, Y., Liu, H. et al. (2023). Impact of spatial imbalance of green technological innovation and industrial structure upgradation on the urban carbon emission efficiency gap. *Stoch Environ Res Risk Assess* 37, 2305–2325 <https://doi.org/10.1007/s00477-023-02395-3> (in English)

Annotation

Iryna Ryzhova, Doctor of Philosophy, Professor, Head of the Department of Design, National University «Zaporizhzhia Polytechnic»

Tetiana Pavlenko, PhD, Associate Professor of the Department of Design, National University «Zaporizhzhia Polytechnic»

Yevgen Antypenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Design, National University «Zaporizhzhia Polytechnic»

Tetiana Yenshuieva, senior lecturer of the Department of Design, National University «Zaporizhzhia Polytechnic»

Urbo-ecological characteristics of the formation of green architecture in the conditions of sustainable development

The article defines the main problems and prospects for the development of the concept of “green” architecture in the context of sustainable development. In the process of identifying the main problem, the relevance of the research was determined. Having conducted a thorough analysis of the current state of green architecture formation in the conditions of sustainable development, it was found that green architecture is multi-vector and includes energy-efficient, ecological and economic aspects, while the impact on the environment is minimal. The main trends in the development of "green" architecture were identified, which gave the opportunity to apply their role in the formation of a modern urban environment in terms of increasing the energy efficiency of buildings, the use of solar energy, "green" technologies and the latest materials. Based on the conducted research, the main principles of "green" architecture were defined: the principle of energy efficiency manifests itself in such design and construction, in which heat consumption, both for heating and for cooling, is reduced to a minimum; the principle of sound orientation using solar energy as the main source of light and heat; the principle of inclusiveness, where the urban environment is designed for the comfortable stay of people from all walks of life; the principle of environmental friendliness includes a harmonious combination of the urbanized and natural environment; the principle of autonomy represents the possibility of architectural and urban planning objects to function autonomously in critical situations.

Keywords: sustainable development; green architecture; urban ecology; urban areas; green roof; energy efficiency; solar energy; vertical gardening.