

DOI: <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2025.74.368-381>

УДК 721

Єжова Олександра Ігорівна,

кандидат архітектури, доцент

кафедри архітектурного проектування цивільних будівель і споруд

Київського національного університету будівництва та архітектури

yezkhova.oi@knuba.edu.ua

<https://orcid.org/0009-0009-1041-2598>

ВЕРТИКАЛЬНІ САДИ ТА ОЗЕЛЕНЕННЯ В АРХІТЕКТУРІ: ІНТЕГРАЦІЯ ПРИРОДНИХ СИСТЕМ У МІСЬКЕ СЕРЕДОВИЩЕ

Анотація: у статті досліджено архітектурні та технічні аспекти вертикального озеленення як важливої складової сталого міського середовища. Розглянуто типологію вертикальних садів, методи їх реалізації та екологічні переваги. Наведено приклади міжнародних реалізацій, розкрито їхній вплив на мікроклімат, естетику, енергоефективність будівель. У межах дослідження застосовано метод порівняльного аналізу, елементів системного підходу та емпіричного спостереження. Представлено рекомендації щодо впровадження вертикального озеленення в Україні.

Ключові слова: вертикальне озеленення; зелений фасад; біофільний дизайн; енергоефективність; урбаністика; архітектура.

Мета роботи. Метою даного дослідження є аналіз архітектурних рішень вертикального озеленення, визначення їх функціональних переваг, конструктивних особливостей і перспектив застосування в сучасному міському середовищі України.

Результати дослідження. У ході дослідження встановлено, що вертикальні сади є ефективним інструментом екологізації міського середовища та поліпшення мікроклімату. Проаналізовано типи вертикального озеленення: пасивні, модульні, контейнерні та гідропонні системи з точки зору конструктивних рішень, кліматичних умов та експлуатаційних характеристик. Порівняльний аналіз реалізованих міжнародних проєктів показав, що: температура фасадів зменшується на 5–10 °С, витрати на кондиціонування знижуються на 20–30%, рівень шуму зменшується на 5–10 дБ, покращується якість повітря та зростає біорізноманіття.

Визначено, що в Україні вертикальне озеленення має високий потенціал, але його розвиток стримується браком нормативної бази та технічної підтримки. Запропоновано типологію систем, оцінено їхню екологічну ефективність і можливості адаптації до вітчизняного контексту.

Вступ. У XXI столітті людство зіткнулося з глобальними викликами, пов'язаними з урбанізацією, зростанням населення міст, зміною клімату та виснаженням природних ресурсів. Висока щільність забудови, зменшення частки зелених зон, перевантаження транспортної та інженерної інфраструктури призводять до погіршення якості життя у містах. На цьому тлі питання екологізації архітектурного середовища, формування комфортного мікроклімату та сталого використання ресурсів стають особливо актуальними [1].

Одним із ефективних засобів вирішення зазначених проблем є впровадження вертикального озеленення — інтеграція живих рослин на фасадах, стінах, балконах та інших вертикальних елементах будівель. Цей підхід дозволяє не лише компенсувати брак відкритих зелених просторів у щільно забудованих районах, але й виконує низку важливих функцій: регулювання температури, очищення повітря, шумопоглинання, естетичне збагачення міського середовища, формування біорізноманіття [2]. Концепція вертикального озеленення поєднує в собі принципи біофільного дизайну, енергоефективного будівництва та сталого розвитку. Вона відображає прагнення сучасної архітектури до гармонізації взаємин між людиною та природою, повернення природи в урбанізований простір. Такі системи, як зелені стіни, вертикальні сади, озеленені балкони та фасади, знаходять усе ширше застосування в архітектурі житлових, офісних, громадських та інфраструктурних споруд [3].

У світовій практиці вже існує значна кількість прикладів ефективного використання вертикального озеленення від інноваційних висотних житлових комплексів до культурних установ, торговельних центрів та громадських просторів. У країнах Європи та Азії формуються навіть міські стратегії озеленення фасадів та дахів, з урахуванням енергетичних, екологічних та соціальних переваг таких рішень. Водночас в Україні цей напрям ще перебуває на етапі становлення: відсутність системного підходу, нормативної бази та адаптованих технологій стримує його широке впровадження. Тому вивчення світового досвіду, аналіз типів систем, екологічних та технічних аспектів, а також визначення потенціалу впровадження вертикального озеленення в українських містах є актуальним завданням як для наукової спільноти, так і для практикуючих архітекторів, інженерів та урбаністів [4].

Зміна клімату, зростання міського населення та погіршення екологічної ситуації стимулюють пошук інноваційних рішень у проектуванні міського простору [5]. Вертикальне озеленення набуває актуальності як відповідь на дефіцит відкритих зелених зон, покращуючи якість життя та екологічні характеристики будівель. Київ, як столиця України, наразі особливо навантажений населенням та потребує додаткових ресурсів для насичення повітря вуглекислим газом.

Розглядаючи екологічні та функціональні переваги слід звернути увагу на наступні показники впливу вертикального озеленення на оточуюче середовище. При використанні вертикального озеленення температура фасаду зменшується на 5-10°C у спекотний період. Також є суттєвий вплив на кількість споживання електроенергії – відбувається економія до 30% на кондиціонування споруд [6]. Перебування в середині стає набагато комфортним через зменшення рівня шуму завдяки використанню екологічних фасадів, які поглинають до 10 дБ зовнішнього шуму. Для нормального функціонування людському організму дуже важливий рівень вологості, а цей рівень підвищується на 10-15 % у мікропросторі, що в свою чергу робить життя набагато комфортніше та здоровіше [7]. Не можна забувати про естетичне значення вертикальних зелених фасадів, вони покращують сприйняття простору. І, нарешті, піклування про оточуюче біорізноманіття коли формується середовище для комах і птахів [8].

Методологічною основою цього дослідження є міждисциплінарний підхід, що поєднує знання з галузей архітектури, ландшафтного дизайну, урбаністики, екології та інженерії. Для досягнення мети та реалізації поставлених завдань проведено аналіз літературних джерел та нормативної бази, систематичний огляд наукових публікацій, монографій, професійної періодики, а також діючих будівельних норм і рекомендацій щодо впровадження систем вертикального озеленення у світі та в Україні. Особливу увагу приділено досвіду країн із подібними кліматичними умовами (Польща, Німеччина, Австрія) [9,12].

Для виявлення ефективних архітектурно-технічних рішень та оцінки потенціалу вертикального озеленення у різних кліматичних і містобудівних контекстах було здійснено аналіз реалізованих проєктів із чотирьох світових регіонів: Європи, Азії, Австралії та Північної Америки за критеріями: тип системи, кліматичні умови, масштаб, інженерне забезпечення, візуальна інтеграція в архітектуру, екологічна ефективність. Складено таблицю порівняльних характеристик. Об'єкти відібрано за принципом географічного та типологічного представництва. Для кожного проєкту проаналізовано тип системи озеленення, кліматичні умови регіону, масштаб проєкту, інженерне забезпечення, візуальна та архітектурна інтеграція та екологічна ефективність.

За типом озеленення вертикальні сади можуть бути пасивними, активними, контейнерними, гідропонними та модульними [13]. В пасивній системі вживають в'юнкі рослини, що ростуть уздовж конструкцій. Застосовуються в парклетах на історичних фасадах. Приклад модульної (активної) інженерної системи з поливом, дренажем і субстратом це Музей Бранлі (Париж) та One Central Park (Сідней). Тут створена контейнерна система коли рослини висаджені в горщики, розміщені на фасаді. Така система прийнятна для використання у торгових центрах, кафе, приватних будинках то що. Гідропонна система

найбільш високотехнологічна. В ній рослини існують без ґрунту, а живлення відбувається через мінералізовану воду. За кліматичними умовами обрані об'єкти розташовані в регіонах із помірним, середземноморським та тропічним кліматом. Призначення об'єктів класифікується як житлові та громадські. Інженерне забезпечення включає в себе наявність автоматичного поливу, дренажу, захисту від вітру та інсоляції.

Візуальна інтеграція в архітектуру може відбуватись через поєднання з фасадом, сплетіння із стилістикою та відігрівання певної ролі у композиції. З точки зору екологічної ефективності вертикальні озеленення впливають на мікроклімат, енергозбереження, шумопоглинання та збереження біорізноманіття [10].

В результаті дослідження вище наведених практичних прикладів використання вертикального озеленення фасадів, можна сформулювати наступні основні спостереження. Застосування гідропонних та модульних активних систем забезпечують найвищу стабільність озеленення, особливо у тропічному та середземноморському кліматі. Контейнерні рішення добре функціонують у помірному кліматі за умови якісного інженерного забезпечення. Візуальна роль зелених фасадів значно варіюється: від естетичних акцентів (Франція, Нідерланди) до центрального концептуального ядра будівлі (Сінгапур, Італія). Екологічний ефект у всіх проєктах відзначається зменшенням енергоспоживання, охолодженням фасадів, покращенням акустики, зростанням біорізноманіття. Узагальнено існуючі типи вертикальних садів: пасивні (із природним ростом в'юнких рослин), модульні системи, гідропонні конструкції та контейнерне озеленення. Вертикальне озеленення розглядається як елемент екологічної міської інфраструктури, що взаємодіє з такими підсистемами, як енергозабезпечення, водовідведення, транспорт, соціальні зв'язки [17].

У самому серці Сіднея здійснюється унікальна споруда One Central Park. Вона не стільки побудована, скільки виросла з урбаністичного ґрунту, як штучна вежа-ліс, де інженерна точність і жива природа переплітаються у симфонії форми, світла та зелені. Площа зеленого фасаду: понад 1 100 м².

Проєкт створено французьким архітектором Жаном Нувелем у співпраці з ландшафтним дизайнером Патріком Бланом, піонером вертикального озеленення. Будівля складається з двох веж (116 м і 64 м), фасади яких наче «дихають» рослинністю - понад 35 000 рослин і понад 250 видів, здебільшого місцевих, адаптованих до австралійського клімату. Тут контейнерне озеленення, модульні «живі стіни» та гідропонні системи працюють як єдиний зелений механізм. Вертикальні сади не прикрашають фасад, вони - його частина, живе тіло споруди. Їх живить автоматизована система поливу, контролюється мікроклімат, вимірюється вологість, а вся будівля функціонує як екосистема.

Порівняльна таблиця реалізованих проєктів

Назва об'єкта	Країна	Тип системи	Клімат	Тип споруди	Екомеханізми	Візуальний ефект	Екоефективність (оцінка)
Bosco Verticale	Італія	Контейнерна	Помірний	Житловий	Автомат. полив, дренаж	Вертикальний ліс, домінанта	5
One Central Park	Австралія	Гідропонна	Теплий морський	Громадський	Сенсори освітл., капельний полив	Динамічний фасад	4
Musée du Quai Branly	Франція	Модульна активна	Помірний	Громадський	Мінеральні субстрати	Живописний «зелений килим»	4
Namba Parks	Японія	Каскадна/терасна	Субтропічний	Громадський	Дренаж, штучні рельєфи	Ландшафт як частина архітектури	4
Vancouver Convention Centre	Канада	Пасивна + покрівля	Холодний	Громадський	Природна вентиляція	Натуральна інтеграція	4
Solaris Building	Сінгапур	Гібридна	Тропічний	Офісний	Оросна система, водозбір	Спіральне озеленення фасаду	5
Park Royal Hotel	Сінгапур	Модульна + контейнерна	Тропічний	Готель	Зелена платформа, дренаж	Тропічний "ліс у місті"	5
The Edge	Нідерланди	Модульна	Помірний	Офісний	Збір дощової води, моніторинг	Інтегрована екоархітектура	4

Коронною інновацією є геліостат - величезне світлове дзеркало з 320 панелей, що обертаються та відбивають сонячне світло на внутрішній двір і тіньові частини фасаду. Це не просто інженерна конструкція - це сонячний диригент, що керує ритмом дня та гри світла в урбаністичному каньйоні. Коли день хилиться до вечора, дзеркала ховають світло на балкони, озеленені, як висячі сади Вавилону. Тут бетон не опирається природі - він її підтримує, ніби сталеві ребра для квітучого тіла. Тип озеленення що використовується - комбінована система (контейнери, гідропоніка, модулі). Екологічний ефект від фасаду - зниження температури до 10°C, зменшення шуму до 10 дБ. Енергоефективність використання фасадів призвела до зниження 25% витрат на охолодження будівлі. Також відбувається вплив на мікроклімат та проявляється в покращенні вологості, очищенні повітря, створенні затінку.

Живий фасад є центральним формотворчим елементом. Цей проєкт - не лише приклад вдалого використання сучасних технологій, а й візіонерське бачення майбутнього міст, де зелень не є доповненням, а матерією архітектури. Це життя між склом і листям. Фасади One Central Park не мовчать, вони шелестять, ростуть, віддзеркалюють сонце, і, навіть уночі, коли місто стихає, здається, що вежа дихає. Тут природа не витіснена за межі урбанізму, вона інтегрована в його серце. Це не просто будинок, аргумент, доказ того, що висотна архітектура може бути не лише сталевою, а й живою. Що місто може бути не лише розумним, а й органічним. І що майбутнє не між хмарочосами, а між деревами, що ростуть на їхніх стінах.

Особливу увагу в проєкті заслуговує інноваційна система геліостата автоматизованого комплексу з дзеркал, розташованого на даху нижчої вежі, що дозволяє перенаправляти сонячне світло на ті ділянки фасадів і громадських просторів, які перебувають у тіні. Такий підхід дозволяє не лише оптимізувати природне освітлення, а й підвищити рівень комфорту мешканців і відвідувачів комплексу. Система вертикального озеленення в One Central Park виконує кілька ключових функцій: кліматорегулюючу - забезпечення затінення, охолодження фасадів та зменшення теплових потоків; екологічну - очищення повітря, утримання пилу, збільшення вологості; соціально-естетичну - формування унікального вигляду споруди, поліпшення психоемоційного стану мешканців; біоінтеграційну - створення середовища для життя комах, птахів, рослин.

One Central Park є прикладом вдалого поєднання архітектурної експресії та принципів біоархітектури [18]. Реалізована тут система вертикального озеленення стала формотворчим та функціональним елементом, що інтегрована на рівні концепції, а не як декоративне доповнення. Отримані дані щодо зменшення теплового навантаження, підвищення енергоефективності та покращення якості.

У Мілані, місті, що століттями будувало себе з каменю, скла та сталі, вирросло щось геть інше. Не просто хмарочос. Не просто житловий комплекс. А живий організм, що не підкоряє небо, а розчиняється в ньому. Це - Bosco Verticale, або Вертикальний ліс, створений архітектором Stefano Boeri як мрія про архітектуру, здатну не руйнувати природу, а жити разом із нею [17].

Архітектура, що дихає зеленню - дві житлові вежі 80 та 112 метрів не виглядають як класичні багатоповерхівки. Їхні фасади вкриті деревами, кущами, травами наче картини, на яких архітектор малював не лініями, а кронами. Кожен балкон це не просто простір для вікон чи кави, це мікропарк. Тут ростуть 800 дерев, 4 500 кущів і понад 15 000 трав'янистих рослин. Разом вони утворюють біом, здатний утримувати близько 30 тон вуглекислого газу щороку і виділяти майже 20 тон кисню. Фасад у Bosco Verticale не є завершеною формою. Він змінюється з порою року: вибухає квітами навесні, тоне в зелені влітку, палає охрою восени й скульптурно мовчить узимку. Це не просто динаміка, це природний ритм, який став частиною міської тканини; симбіоз інженерії та біології. Кожне дерево було спеціально вирощене в розсадниках і висаджене з урахуванням його майбутнього зросту, вітрового навантаження та розміру кореневої системи. Фасад отримав посилені консолі, а балкони особливі конструктивні рішення, здатні витримувати додаткову вагу до 3 тонн на одиницю. Система автоматичного поливу підключена до сенсорів, які вимірюють вологість ґрунту. Окремі спеціалісти з ботаніки - так звані "садівники в повітрі" доглядають дерева, що ростуть на висоті 10–20 поверхів, використовуючи альпіністське спорядження. Площа зелених фасадів приблизно 8 900 м². Завдяки зеленій системі спостерігається зменшення забруднень на 30% твердих частинок у повітрі навколо, зниження температури на фасаді до 2-3 °C та економія енергії до 35%.

Stefano Boeri не просто створив ще одну «зелену» будівлю. Він запропонував нову типологію - будинок, який є екосистемою, не лише пристосованою до міста, а й такою, що пристосовує місто до життя. Bosco Verticale - це гіпотеза про майбутнє мегаполісів, у яких ліс не буде знищено заради простору, а піднятий догори, де йому знайдеться місце між людьми, бетоном і небом. Bosco Verticale не просто естетичне досягнення а етичний жест у бік природи. Його фасади - не архітектурна шкіра, а жива оболонка, що захищає, збагачує, трансформує. У місті, де кожен квадратний метр вартий золота, він доводить: навіть тут можна посіяти дерево, виростити ліс і дозволити йому розказати, як має звучати місто майбутнього [20].

На березі Сени, в декількох кроках від Ейфелевої вежі, заховався об'єкт, що з першого погляду здається міражем серед кам'яного Парижа. Це не просто музей. Це символ діалогу між природою, культурою та містом, де стіна не

розділяє, а оживає, проростаючи зеленими формами. Ім'я цьому творінню Musée du Quai Branly - Jacques Chirac, і серце його фасаду - вертикальний сад, створений ботаніком-візіонером Патріком Бланом [19].

Вертикальне озеленення на східному фасаді будівлі не є фоновим елементом, воно архітектурно самодостатнє. Стрічка зелені заввишки понад 20 метрів та завдовжки близько 200 метрів оповиває стіну зі скла й бетону. Це не декорація, а візуальний маніфест, що протистоїть жорсткому урбанізму своїм м'яким, рослинним рельєфом.

Понад 15 000 рослин із більш ніж 150 видів, обраних з усього світу: Південної Америки, Азії, Африки, Європи ростуть на конструкції, що зовні нагадує гобелен природи. Цей зелений фасад не просто відображає тематику музею (етнографія, колоніальна спадщина, культури світу), а втілює її буквально, показуючи, що культура може існувати лише в симбіозі з природою.

Технічна конструкція фасаду базується на запатентованій системі Патріка Блана. Несучий каркас створено із металевій решітки. Шар ПВХ та геотекстилю, що утримує коріння та воду. Крапельна система поливу постачає поживний розчин. Система дренажу запобігає надлишковому зволоженню. Рослини висаджені не в ґрунт, а в інертне волокнисте середовище, яке закріплюється безпосередньо на вертикальній площині. Цей ботанічний фасад працює як фізіологічна шкіра: ізолює, зволожує, очищує повітря, регулює температуру й шум, формує мікроклімат у публічному просторі.

У цьому проєкті Патрік Блан довів: рослина може бути архітектурним матеріалом. Візуально фасад - це калейдоскоп кольору й фактури, що змінюється протягом року. Зелені «бризки» лишаються динамічними: то густо-зелені, то з рудуватими прожилками, то квітучі, то стримано-зимові. Створюється постійна пульсація життя на стіні музею, де зберігається історія світової культури. Цей сад став міською екосценографією і натяком на те, якими можуть бути фасади громадських будівель у XXI столітті: не репрезентативними «вітринами», а медіаторами між урбаністикою та біосферою. Musée du Quai Branly - Jacques Chirac є не лише культурним центром, а й експериментом у сфері екологічної архітектури, що змінив сприйняття того, якою може бути міська будівля. Його вертикальний сад це форма екологічної активності, виведена на рівень архітектурної мови; зразок інтеграції мистецтва, ботаніки та урбанізму; приклад використання біофілічного дизайну у громадському просторі. Тут природа не є декорацією чи фоном, вона голос і текстура міста, що знову вчиться жити разом із живим.

Перспективи впровадження в Україні

Кліматичні умови України (континентальний клімат із різкими перепадами температур) створюють як виклики, так і можливості для адаптації

вертикального озеленення. Зокрема на півдні доцільне використання систем з потужним поливом та тіньовими навісами. У центрі та на заході комбіновані системи для всесезонного використання. У великих містах застосування на громадських будівлях, ТРЦ, офісних центрах, транспортних хабах. В Україні існує потреба у вдосконаленні будівельних норм, які регулюють використання інноваційних озеленувальних технологій (наприклад, їх майже не регламентують ДБН В.2.2-9:2018) [14,15].

Висновки. Вертикальні сади не лише архітектурна новинка, а реальний інструмент екологічного, функціонального та естетичного переосмислення міського середовища. Їхнє широке впровадження дозволить створювати стійкі міста, поліпшити мікроклімат, знизити енергоспоживання та забезпечити гармонію між людиною й природою. Подальші дослідження мають бути орієнтовані на розробку адаптованих до українських умов інженерних рішень; створення нормативної бази; оцінку довгострокової ефективності реалізованих об'єктів.

Вертикальні сади є ефективним інструментом зниження негативного впливу урбанізації, поліпшення мікроклімату міста та створення комфортного життєвого середовища. Їхнє впровадження не лише прикрашає архітектуру, а й слугує практичним засобом покращення екологічної ситуації. Переваги вертикального озеленення, такі як теплорегуляція, фільтрація повітря, поглинання шуму та естетичне збагачення простору, доведено на прикладі реалізованих проєктів у різних кліматичних умовах. Різноманіття систем вертикального озеленення дозволяє адаптувати їх до локального контексту, доступного бюджету та призначення будівлі. Найперспективнішими є модульні та гідропонні системи, що можуть використовуватися як зовнішньо, так і в інтер'єрах. Інтеграція зелених фасадів в архітектурні проєкти в Україні поки що є обмеженою, але має значний потенціал. Це потребує розвитку національних нормативів, досліджень локального біорізноманіття, вдосконалення інженерної підтримки таких систем. Реалізація подібних рішень вимагає міжгалузевої співпраці між архітекторами, ландшафтними дизайнерами, біологами, екологами, інженерами з водопостачання та будівельними організаціями.

Список літератури

1. Zhong W., Schröder T., Bekkering J. Biophilic design in architecture and its contributions to health, well-being, and sustainability: A critical review // *Frontiers of Architectural Research*. 2022. Vol. 11, Issue 1. P. 114–141. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.07.006>
2. Radić M., Brković Dodig M., Auer T. Green facades and living walls—A review establishing the classification of construction types and mapping the benefits //

Sustainability. 2019. Vol. 11, No. 17. Article 4579. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11174579>

3. Jeyasurya T., Ranjith Kumar C. S., Vethamoni P. I., Sivasubramanian K., Djanaguiraman M. Green horizons: Exploring the potential of vertical green walls // Plant Science Today. 2024. Vol. 11, No. 4. P. 1055–1064. DOI: <https://doi.org/10.14719/pst.4814>

4. Köhler M. Long-term vegetation research on two extensive green roofs in Berlin // Urban Habitats. 2006. Vol. 4, No. 1. P. 3–26. URL: https://www.urbanhabitats.org/v04n01/berlin_abs.html

5. Perini K., Ottelé M., Fraaij A. L. A., Haas E. M., Raiteri R. Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope // Building and Environment. 2011. Vol. 46, No. 11. P. 2287–2294. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.009>

6. Mosca F., Calbi M., Roccotiello E., Perini K. A computational approach to assess the effects of ecological building envelopes on outdoor thermal comfort // Sustainable Cities and Society. 2025. Vol. 120. Article 106170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106170>

7. Perini K., Ottelé M., Haas E. M., Raiteri R. Greening the building envelope, facade greening and living wall systems // Open Journal of Ecology. 2011. Vol. 1, No.1. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.4236/oje.2011.11001>

8. Lin Z.-H., Laffan S. W., Metternicht G. Role of green infrastructure planning in achieving sustainable development goals through an environmental efficiency lens: An integrated literature review // Ecological Indicators. 2025. Vol. 174. Article 113471. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113471>

9. Gil-Ozoudeh I., Iwuanyanwu O., Okwandu A. C., Ike C. S. Sustainable urban design: The role of green buildings in shaping resilient cities // International Journal of Applied Research in Social Sciences. 2023. Vol. 5, No. 10. P. 674–692. DOI: <https://doi.org/10.51594/ijarss.v5i10.1481>

10. Sommese F. Nature-based solutions to enhance urban resilience in the climate change and post-pandemic era: A taxonomy for the built environment // Buildings. 2024. Vol. 14, No. 7. Article 2190. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings14072190>

11. Riemann R. Ingo Kowarik and Stefan Körner (eds), Wild urban woodlands: New perspectives for urban forestry // Landscape Ecology. 2007. Vol. 22. P. 1267–1268. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9076-8>

12. Lambertini A., Ciampi M. Vertical gardens: Bringing the city to life. London: Thames & Hudson, 2007. 240 p. ISBN 978-0500513699.

13. International Organization for Standardization. ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works — Core rules for environmental product

declarations of construction products and services. Geneva: ISO, 2017. URL: <https://www.iso.org/standard/61694.html> (дата звернення: 10.05.2025).

14. ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будинки та споруди. Основні положення. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2018. Редакція від 25.09.2023. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199648113669179181?doc_type=2 (дата звернення: 10.05.2025).

15. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. Київ, 2007. Чинний з 01.07.2008. Частково скасований. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=40220 (дата звернення: 10.05.2025).

16. Urban sustainability // European Environment Agency. 2024. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/urban-sustainability> (дата звернення: 17.06.2025).

17. Bosco Verticale / Boeri Studio // ArchDaily. 23.11.2015. URL: <https://www.archdaily.com/777498/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti> (дата звернення: 15.05.2025).

18. One Central Park, Sydney, Australia // Jean Nouvel – Projects. 2014. URL: <https://www.jeannouvel.com/en/projects/one-central-park/> (дата звернення: 10.05.2025).

19. Musée du quai Branly – Jacques Chirac, Paris, France // Jean Nouvel – Projects. 2006. URL: <https://www.jeannouvel.com/en/projects/musee-du-quai-branly/> (дата звернення: 13.05.2025).

20. Projects // Stefano Boeri Architetti. 2025. URL: <https://www.stefano-boeri-architetti.net/en/projects> (дата звернення: 11.06.2025).

References

1. Zhong, W., Schröder, T., & Bekkering, J. (2022). Biophilic design in architecture and its contributions to health, well-being, and sustainability: A critical review. *Frontiers of Architectural Research*, 11(1), 114–141. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2021.07.006> (in English).

2. Radić, M., Brković Dodig, M., & Auer, T. (2019). Green facades and living walls—A review establishing the classification of construction types and mapping the benefits. *Sustainability*, 11(17), 4579. <https://doi.org/10.3390/su11174579> (in English).

3. Jeyasurya, T., Ranjith Kumar, C. S., Vethamoni, P. I., Sivasubramanian, K., & Djanaguiraman, M. (2024). Green horizons: Exploring the potential of vertical green

walls. *Plant Science Today*, 11(4), 1055–1064. <https://doi.org/10.14719/pst.4814> (in English).

4. Köhler, M. (2006). Long-term vegetation research on two extensive green roofs in Berlin. *Urban Habitats*, 4(1), 3–26. https://www.urbanhabitats.org/v04n01/berlin_abs.html (in English).

5. Perini, K., Ottelé, M., Fraaij, A. L. A., Haas, E. M., & Raiteri, R. (2011). Vertical greening systems and the effect on air flow and temperature on the building envelope. *Building and Environment*, 46(11), 2287–2294. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.009> (in English).

6. Mosca, F., Calbi, M., Roccotiello, E., & Perini, K. (2025). A computational approach to assess the effects of ecological building envelopes on outdoor thermal comfort. *Sustainable Cities and Society*, 120, 106170. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106170> (in English).

7. Perini, K., Ottelé, M., Haas, E. M., & Raiteri, R. (2011). Greening the building envelope, facade greening and living wall systems. *Open Journal of Ecology*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.4236/oje.2011.11001> (in English).

8. Lin, Z.-H., Laffan, S. W., & Metternicht, G. (2025). Role of green infrastructure planning in achieving sustainable development goals through an environmental efficiency lens: An integrated literature review. *Ecological Indicators*, 174, 113471. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113471> (in English).

9. Gil-Ozoudeh, I., Iwuanyanwu, O., Okwandu, A. C., & Ike, C. S. (2023). Sustainable urban design: The role of green buildings in shaping resilient cities. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, 5(10), 674–692. <https://doi.org/10.51594/ijarss.v5i10.1481> (in English).

10. Sommesse, F. (2024). Nature-based solutions to enhance urban resilience in the climate change and post-pandemic era: A taxonomy for the built environment. *Buildings*, 14(7), 2190. <https://doi.org/10.3390/buildings14072190> (in English).

11. Riemann, R. (2007). Ingo Kowarik and Stefan Körner (Eds.), *Wild urban woodlands: New perspectives for urban forestry* (Book review). *Landscape Ecology*, 22, 1267–1268. <https://doi.org/10.1007/s10980-007-9076-8> (in English).

12. Lambertini, A., & Ciampi, M. (2007). *Vertical gardens: Bringing the city to life*. Thames & Hudson. (in English).

13. International Organization for Standardization. (2017). *ISO 21930:2017 Sustainability in buildings and civil engineering works—Core rules for environmental product declarations of construction products and services*. <https://www.iso.org/standard/61694.html> (in English).

14. Ministry for Communities and Territories Development of Ukraine. (2018). *DBN V.2.2-9:2018 Public buildings and structures. Basic provisions* [State Building

Code of Ukraine]. https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3199648113669179181?doc_type=2 (in Ukrainian).

15. State Standard of Ukraine. (2007). DSTU-N B A.2.2-5:2007 Guidelines for the development and preparation of energy passports of buildings for new construction and reconstruction. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=40220 (in Ukrainian)

16. European Environment Agency. (2024). Urban sustainability. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/urban-sustainability> (in English).

17. ArchDaily. (2015, November 23). Bosco Verticale / Boeri Studio. <https://www.archdaily.com/777498/bosco-verticale-stefano-boeri-architetti> (in English).

18. One Central Park, Sydney, Australia. (n.d.). Jean Nouvel – Projects. <https://www.jeannouvel.com/en/projects/one-central-park/> (date of access: 10.05.2025). (in English).

19. Musée du quai Branly – Jacques Chirac, Paris, France. (n.d.). Jean Nouvel – Projects. <https://www.jeannouvel.com/en/projects/musee-du-quai-branly/> (date of access: 13.05.2025). (in English).

20. Projects. (2025). Stefano Boeri Architetti. <https://www.stefano-boeri-architetti.net/en/projects> (in English).

Abstract

Oleksandra Yezhova, candidate of Sciences (comparable to the academic degree of Doctor of Philosophy, Ph.D.) of architecture of the Department of Architectural Design of Civil Buildings and Structures, Kyiv National University of Construction and Architecture.

Vertical gardens and greening in architecture: integration of natural systems into the urban environment

This article explores vertical greening as an innovative and multidisciplinary strategy for integrating nature into the fabric of contemporary architecture—addressing climate change, urban density, and the growing ecological pressures of the built environment. The aim of the research is to analyze the functional, aesthetic, and environmental potential of vertical greenery in the context of its architectural expressiveness and contribution to the sustainable development of urban areas.

The methodology includes a systematic review of scientific and regulatory sources, a comparative analysis of implemented international projects, and a structured study of engineering and botanical solutions in façade greening. The study analyzes over 15 projects from various climate zones, including One Central Park (Sydney, Australia), Bosco Verticale (Milan, Italy), and Musée du Quai Branly – Jacques Chirac (Paris, France). These examples are assessed based on structural systems, plant support

mechanisms, biodiversity, irrigation technologies, maintenance requirements, and their aesthetic and social impact on the urban landscape.

Particular attention is paid to the engineering and compositional strategies of vertical façades as elements of architectural language that unite environmental performance with artistic expression. Each project demonstrates a distinct approach: Bosco Verticale represents a self-sustaining ecosystem integrated into residential architecture; One Central Park showcases the hybridization of greenery with high-tech climate control systems; Musée du Quai Branly exemplifies a cultural-biological synthesis where the green wall becomes an ideological statement.

The study identifies key trends such as the growing interest in biophilic design, the application of hydroponic systems, the importance of interdisciplinary collaboration (architecture–botany–engineering), and the need to develop a national regulatory framework for implementing vertical greening systems in Ukraine.

The article contributes to the advancement of climate-adaptive architecture and sustainable urban planning and may serve as a valuable resource for both practitioners and researchers working in the field of ecological design and the urban environment.

Keywords: vertical gardening; green facade; biophilic design; energy efficiency; urban planning; architecture.