

УДК 711

DOI <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2025.35.60>

ВЕРТИКАЛЬНІ САДИ: МАЙБУТНЄ УРБАНІСТИЧНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ

Сахновська Марія Валеріївна¹, Гнатюк Лілія Романівна²

¹ здобувач вищої освіти, кафедра біології рослин,
Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини»
Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна,
e-mail: maria.sahnovska@gmail.com, orcid: 0009-0004-6488-9141

² кандидат архітектури, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних технологій дизайну і графіки,
Державний університет «Київський авіаційний інститут», Київ, Україна,
e-mail: liliia.hnatiuk@npp.nau.edu.ua, orcid: 0000-0001-5853-9429

Анотація. У статті досліджено концепцію вертикальних садів як інноваційний напрям міського озеленення, що спрямований на покращення екологічного стану міст, підвищення їхньої естетичної привабливості та сприяння сталому розвитку. Вертикальні сади, розташовані на стінах будівель, є ефективним рішенням для зменшення забруднення повітря, поглинання вуглекислого газу, зниження рівня міського шуму та покращення теплоізоляції. Представлено огляд успішних світових прикладів, зокрема Bosco Verticale у Мілані, вертикальних садів Сингапура та зелених стін у Парижі. Проаналізовано їх внесок у зменшення теплових «островів» у містах, поліпшення мікроклімату та підтримку біорізноманіття. Особливу увагу приділено можливостям упровадження таких рішень у містах України з урахуванням кліматичних, економічних і соціальних чинників. Наукова новизна полягає у визначенні перспектив адаптації вертикальних садів до українського контексту, а практична значущість – у розробці рекомендацій для створення екологічно ефективних, естетичних і соціально корисних міських просторів.

Метою статті є дослідження концепції вертикальних садів та розробка практичних рекомендацій щодо їх інтеграції в сучасне міське середовище для покращення екологічного стану, естетики та функціональності урбаністичних просторів. Завдання передбачають: аналіз основних екологічних, соціальних та економічних переваг вертикальних садів; дослідження успішних прикладів реалізації вертикального озеленення у світових мегаполісах; розробку методології створення вертикальних садів, адаптованих до кліматичних умов та архітектурних особливостей міст України.

Методологія дослідження базується на міждисциплінарному підході та містить аналіз екологічних, архітектурних і соціальних аспектів упровадження вертикальних садів у міське середовище. Для цього проаналізовано сучасні дослідження й наукові публікації; вивчено технологічні рішення; змодельовано можливості вертикального озеленення.

Результати дослідження показують, що вертикальні сади покращують міське середовище, зменшуючи забруднення повітря, покращуючи мікроклімат та ізолюючи будівлі. Вони також прикрашають простір, підтримують біорізноманіття та позитивно впливають на психоемоційний стан мешканців, знижуючи рівень стресу й поліпшуючи якість життя. Рекомендації стосуються декоративних зелених фасадів для приватних територій, зелених стін для громадських об'єктів

та інтеграції туристичних маршрутів для туристичних локацій, що підкреслює потенціал для модернізації міського простору в Україні.

Наукова новизна полягає в запропонованій методології інтеграції вертикальних садів в урбаністичне середовище України з урахуванням кліматичних, екологічних та архітектурних особливостей регіону. Дослідження показує, як вертикальні сади можуть стати інструментом для покращення екологічного стану міських територій, адаптації до змін клімату та підвищення естетичної привабливості урбаністичних просторів.

Практична значущість дослідження полягає у створенні інструментарію для проектування вертикальних садів, адаптованих до міського середовища України. Розроблені рекомендації містять вибір рослин, стійких до змін клімату, застосування автоматизованих систем зрошення та визначення конструктивних особливостей зелених стін для різних типів міських об'єктів. Отримані результати можуть бути використані архітекторами, дизайнерами ландшафтів, урбаністами та забудовниками для створення екологічно ефективних й естетичних міських просторів. Вертикальні сади можуть також інтегруватися в освітні, культурні та туристичні проекти, підвищуючи їх привабливість та сприяючи розвитку екологічного туризму.

Ключові слова: вертикальні сади, міське озеленення, зелені стіни, урбаністика, екологія, ландшафтний дизайн, мікроклімат, біорізноманіття, енергоефективність, автоматизоване зрошення, екологічна стабільність.

ВСТУП

Сучасні міста стикаються з багатьма екологічними викликами: підвищення температури, забруднення повітря, зменшення зелених зон. У відповідь на ці виклики дедалі більше уваги привертають вертикальні сади – системи озеленення, які використовують вертикальні конструкції для розміщення рослин [14]. Концепція таких садів виникла як інноваційний підхід до інтеграції природи в урбаністичний простір без значного збільшення площі забудови. Вертикальні сади поєднують функціональність та естетику, збагачуючи міське середовище. Актуальність теми зумовлена глобальними змінами клімату та потребою адаптувати міські простори до нових умов. Окрім цього, вертикальні сади сприяють поліпшенню психоемоційного стану міських жителів, знижуючи стрес та покращуючи якість повітря.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Концепція вертикальних садів, також відомих як «живі стіни» [6], була започаткована Патріком Бланом [11], який підкреслює їх екологічну та естетичну цінність. Дослідження показали, що вертикальні сади можуть зменшити споживання енергії до 15 % [13; 18], підтримувати комфортну температуру в приміщенні та очищати повітря від забрудників. Дослідження також продемонстрували соціальні переваги вертикальних садів, як-от зменшення стресу та покращення естетики вулиць [1; 4]. Однак упровадження

вертикальних садів в Україні потребує адаптації до місцевих кліматичних умов та використання відповідних видів рослин. Міське середовище країни ще не було ретельно вивчено, і потрібні стратегії для інтеграції вертикальних садів у міське планування.

МЕТА

Мета дослідження – дослідити принципи вертикального озеленення та його застосування в міських умовах, проаналізувати екологічний, енергетичний та соціальний вплив вертикальних садів, покращити якість життя мешканців й адаптувати міста до сучасних екологічних викликів – виробити рекомендації щодо інтеграції.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Вертикальні сади є однією з найперспективніших інновацій у галузі міського озеленення, адже вони ефективно поєднують екологічну, естетичну та соціальну функції в умовах обмеженого простору. Проведене дослідження виявило кілька ключових аспектів їх ефективності, викликів та перспектив.

Для вертикальних садів основними екологічними функціями є:

- очищення повітря;
- регулювання мікроклімату;
- зниження шуму;
- підтримка біорізноманіття.

Вертикальні сади діють як природні фільтри, які видаляють забруднювальні

речовини з повітря. Зокрема, рослини поглинають дрібні частки пилу й газоподібні сполуки, як-от оксид азоту (N_2O) і діоксид вуглецю (CO_2). Наприклад, дослідження, проведене в Сингапурі [20] (National Parks Board), показало, що зелена стіна площею 10 m^2 може щорічно поглинати до 2 kg CO_2 . Це робить вертикальні сади важливими для покращення якості повітря в урбанізованих районах із високим рівнем забруднення. *Вертикальне озеленення* допомагає знизити ефект міських теплових «островів», який виникає через нагрівання асфальту, бетону та металевих конструкцій [9; 16]. Завдяки процесу випаровування вологи (транспірації) рослини охолоджують навколишнє середовище. Наприклад, у проєкті Bosco Verticale (Мілан) температура на фасаді будівлі влітку знижувалася на $5\text{--}10^\circ\text{C}$, що водночас зменшувало витрати на кондиціювання до 20% [2; 3]. Зелені стіни діють, як природні бар'єри для шуму. Рослини та ґрунтоподібні субстрати на фасадах поглинають звукові хвилі, зменшуючи шумове навантаження в міських районах. Це особливо важливо для густонаселених районів, прилеглих до транспортних магістралей. Вертикальні сади можуть слугувати середовищем існування для комах, птахів та інших організмів. Наприклад, дослідження Ганса Корнеліуса [19] показали, що зелені стіни сприяють створенню локальних екосистем навіть у щільно забудованих міських районах.

Естетична та соціальна цінність для вертикальних садів проявляється в таких аспектах:

- покращення візуального середовища;
- соціальний вплив;
- рекреаційна функція.

Вертикальні сади є важливими елементами сучасного архітектурного дизайну. Вони гармонійно поєднуються з фасадами будівель, додаючи природного акценту в бетонні та скляні міські ландшафти. Наприклад, зелений фасад One Central Park [21] у Сідней не лише зменшує екологічне навантаження, а й став туристичною визначною пам'яткою. Зелені стіни на *громадських будівлях*, як-от школи, лікарні чи офіси, створюють комфортні умови для праці, відпочинку та навчання. Дослідження, проведені в Парижі, засвідчили, що понад 70% респондентів оцінюють вертикальні сади як важливий елемент естетики міста, що сприяє зниженню рівня стресу. Вертикальне озеленення стає елементами громадських просторів, які приваблюють відвідувачів. Наприклад, зелений фасад CaixaForum [7] у Мадриді став популярним

місцем для туристів завдяки своїй унікальній композиції рослин.

Економічна ефективність проявляється в тому, що вертикальні сади мають довгострокову економічну вигоду. Хоча початкові витрати на їх створення можуть бути високими, але із часом вони окупаються. Біохімік з Німеччини Томас П'ю провів розрахунки, завдяки яким показав, що *зелені стіни забезпечують істотну економію в електроенергії*. Поверхня, яка вкрита рослинами, менше нагрівається влітку, що дає змогу значно зекономити на кондиціюванні приміщень, а в холодний період року повітряний проміжок між стіною та вертикальним садом знижує втрату тепла й запобігає потраплянню холодного повітря всередину будівлі. Іноді економія може сягати 50% [4]. А на прикладі проєкту Singapore Green Wall [17] встановлено, що річна економія енергії завдяки зеленим фасадам може становити до 30% .

Технологічними аспектами в облаштуванні вертикальних садів можна вважати:

- системи автоматичного зрошення [1];
- модульні конструкції;
- інноваційні матеріали.

Одним з ключових складників успішного функціонування вертикальних садів є автоматизовані системи зрошення, які забезпечують оптимальне водопостачання. Такі системи, як використані в проєкті One Central Park [21] у Сідней, мінімізують перевитрати води та зменшують витрати на обслуговування. Сучасні вертикальні сади базуються на модульних системах, що дає змогу легко монтувати й демонтувати конструкції. Це забезпечує їх адаптивність до різних архітектурних об'єктів. Замість традиційного ґрунту у вертикальних садах часто використовують легкі субстрати, як-от кокосове волокно чи геотекстиль. Вони знижують вагу конструкції та забезпечують ефективне утримання вологи.

Будуючи вертикальні сади, треба враховувати такі фактори:

- високу вартість упровадження;
- обслуговування [15];
- кліматичні обмеження [5].

Створення вертикальних садів вимагає значних фінансових інвестицій, особливо в міському середовищі з обмеженим простором. Наприклад, проєкт Bosco Verticale коштував понад $2,5$ млрд дол. Вертикальні сади потребують регулярного догляду, зокрема перевірки систем зрошення, заміни рослин та боротьби зі шкідниками. Без належного обслуговування зелені фасади можуть втрачати свою естетичну та екологічну

функції. Не всі види рослин підходять для вертикальних садів, особливо в регіонах із суворими кліматичними умовами. Наприклад, у північних регіонах України необхідно враховувати морозостійкість рослин.

Прикладами успішних реалізацій у сучасному світі можна вважати:

Bosco Verticale в Мілані (рис 1. А): цей проєкт вважається іконою вертикального озеленення. Два багатоповерхові житлові

будинки, що налічують близько 800 дерев різних видів, 4 500 чагарників та 15 000 газонів, забезпечують суттєве очищення повітря й зниження температури [2; 3].

One Central Park, Сідней (рис 1. Б): цей проєкт відомий своїми інноваційними системами зрошення та сонячного освітлення. Вертикальні сади охоплюють понад 50 видів рослин, створюючи яскраві композиції протягом року [21].



А



Б

Рис. 1. Приклади успішних реалізацій:
А – *Bosco Verticale* в Мілані [2; 3]; Б – *One Central Park*, Сідней [21]

CaixaForum, Мадрид (рис 2. А): вертикальний сад на фасаді культурного центру є прикладом поєднання архітектури й природи. Він містить понад 15 000 рослин 250 видів, які гармонійно вписуються в міський ландшафт [7].

Зелені фасади в Києві (рис 2. Б): в Україні вертикальні сади починають використовувати на фасадах офісних будівель і торгових центрів. Наприклад, проєкти в центральній частині Києва є прикладом адаптації цієї технології до місцевих умов [10].

The Park Royal Hotel, Сінгапур (рис 3. А): архітектори бюро WOHA є прихильниками концепції «зеленого міста». Будинок розробили як готель-сад, і він фактично подвоїв рослинний потенціал усього району. Сади з тропічними рослинами й пальмами розташовані кожні чотири поверхи між блоками гостьових кімнат. Зелень процвітає по всьому комплексу, а дерева й сади готелю зливаються з прилеглим парком [5].

The Tower Flower, Париж (рис 3. Б): будівля зведена у 2004 році в Парижі з використанням великих бетонних кашпо, що встановлені в зовнішній частині будівлі. У них росте бамбук. Проєкт показує, що жителі міста можуть мати більше природи довкола [22].

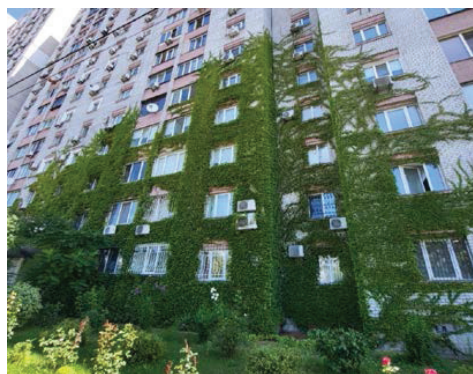
Під час утілення ідей для створення вертикальних садів на територіях України, можуть бути взяті до уваги такі рекомендації: використовувати морозо- та посухостійкі рослини, як-от плющ, хостія та вербена, також застосовувати більше місцевих матеріалів для зменшення витрат і розробляти програми субсидування для просування зелених фасадів по всій Україні.

Основні рослини, які використовують для вертикальних садів, формують різні зони саду. Виткі рослини створюють вертикальні об'єми, дають тінь, притінюють ділянки посадки тіньолюбних рослин, дають змогу створити різноманітність зон навіть у саду, де ще немає високих дерев з розлогими кронами. Використовують, зокрема, такі рослини [12]: *плетисті троянди, клематиси, плющ, кампсис, жимолость декоративна, гліцинія*.

Плетисті троянди (рис 4. А): розкішне цвітіння троянд на арці, перголі, обеліску-піраміді заворожує. Як правило, троянди не плетуться в прямому сенсі. Вони дають довгі квітучі пагони, які потребують закріплення на опорах. Тому їх висаджують біля шпалери, арки, перголи. Є потужні та дуже великі сорти вище 300 см, а є невисокі – до 150–200 см, англійські троянди, які трохи никнуть



А



Б

Рис. 2. Приклади успішних реалізацій:
А – CaixaForum у Мадриді [7]; Б – Зелені фасади в Києві [10]



А



Б

Рис. 3. Приклади успішних реалізацій:
А – The Park Royal Hotel у Сингапурі [5]; Б – The Tower Flower у Парижі [22]

під вагою величезних квіток. Більшість сучасних сортів цвітуть повторно, хвилями, а є сорти, що пишно квітнуть більш як 30–40 днів, сорти, які цвітуть однократно. Ця група троянд – одна з найневибагливіших, витривалих, здорових та сильних. Вибираючи місце для посадки троянд, варто враховувати, що їхні пагони колючі, тому кущі краще не висаджувати поблизу зон, де можливий частий контакт із ними, щоб уникнути травм [12].

Плющ (рис 4. Б): чудова велика вічно-зелена ліана. Фігурне орнаментальне листя стане окрасою вертикального саду. Висота ліани різних сортів може варіюватися від 2–3 м до 10–15 м. Плющ дуже невибагливий та невимогливий до ґрунтів, виносить протяги, забруднення повітря, тіньовитривалий. Прекрасно формується обрізкою. Для максимальної декоративності потрібно висаджувати саджанці в родючу свіжу землю, у спеку – поливати та вносити підживлення. Швидкорослі плющі можна використовувати і як ґрунтопокривну рослину [12].

Клематис (рис 4. В): великоцвіті розкішні сорти й видові (княжики) – незамінні

у вертикальному озелененні. Можна обрати як потужні високорослі клематиси, так і компактні форми. Княжики можна використовувати й в горизонтальному озелененні, що мають цікавий вигляд у дизайні саду. Ніби смарагдовий квітучий шлейф, коли біля підніжжя шпалери вони стеляться по землі, а потім піднімаються по опорі. Пагони в клематисів гнучкі, здатні обплести опори, черешки листя легко обвивають комірки решітки або сітки. Рослина не потребує підв'язки. Більш великі сорти досягають висоти 3–4 м, а компактні – до 150–200 см. У нашому кліматі всі сорти прекрасно зимують [12].

Кампсис (рис 5. А): велика швидкоросла ліана, якій потрібна міцна опора. Великі воронкоподібні квіти кампсису приваблюють багатьох садівників. Зазвичай кампсис висаджують біля стаціонарних високих огорож, стін будівель, масивних пергол. Опора має бути міцна, доросла ліана – важка. Висота багатостовбурних плетистих кущів досягає декількох метрів. Кампсис може давати надмірну прикореневу поросль. У період цвітіння кампсис приваблює безліч комах [12].



Рис. 4. Рослини, які найчастіше використовують [12]:
А – Плетисті троянди; Б – Плющ; В – Клематис

Гліцинія (рис 5. Б): цвітіння цієї ліани зачаровує. Довгі суцвіття, красиве ажурне листя на шпалерах прекрасні на вигляд. На старті росту саджанці розвиваються повільно, дорослі кущі здатні давати за сезон приріст до метра. Потрібно подбати про надійні опори, тому що це велика важка ліана [12].

Жимолость декоративна – капріфоль (рис 5. В): чудово квітуча рослина з ароматними квітками. Жимолость – улюблениця садівників, досить не вибаглива й не агресивна ліана. Красиве щільне та товсте листя,

ароматні суцвіття з'являються вже наприкінці травня, висота дорослої ліани може сягати декількох метрів [12].

Розміщення плетистих рослин на різних рівнях, зокрема на передньому та задньому плані, дає змогу створювати цікаві композиції та досягати ефекту безперервного цвітіння. Для озеленення варто обирати варіанти вертикальних конструкцій, які відповідають завданням і можливостям. Більшість таких рішень є бюджетними та не потребують значних витрат ні на створення, ні на догляд.



Рис. 5. Рослини, які найчастіше використовують [12]:
А – Кампсис; Б – Гліцинія; В – Жимолость декоративна – капріфоль

ВИСНОВКИ

Дослідження виявило, що впровадження вертикальних садів є перспективним напрямом урбаністичного озеленення, який сприяє покращенню екологічного стану міського середовища, підвищенню енергоефективності будівель та створенню естетично привабливих просторів. Використання сучасних технологій дає змогу адаптувати вертикальні сади до

різних кліматичних умов, зокрема до українських реалій, забезпечуючи їх стійкість та ефективність. Перспективи подальших досліджень передбачають розробку оптимальних конструкцій для вертикальних садів в Україні, вивчення їх довгострокового впливу на екосистему міста та інтеграцію в плани міського розвитку для створення сталого й комфортного середовища для суспільства.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Вертикальне озеленення: Зелений шлях до міської екології. URL: <https://mindscope.biz.ua/vertikalne-ozelenennya-zelenyj-shlyah-do-miskoyi-ekologii/> (дата звернення: 08.12.2024).
- [2] Вертикальний ліс у Мілані – проєкт хмарочосів Bosco Verticale. URL: <https://ecotechnica.com.ua/uk/arkhitektura/vertikalnyj-les-v-milane-proekt-neboskrebov-bosco-verticale> (дата звернення: 08.12.2024).
- [3] Вертикальний ліс. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Bosco_Verticale (дата звернення: 08.12.2024).
- [4] Вертикальні сади у місті: як креативно озеленити свою багатопверхівку. URL: <https://rubryka.com/article/vertical-garden/> (дата звернення: 08.12.2024).
- [5] Вертикальні сади: як створюють «зелені будинки» у світі. URL: <https://hmarochos.kiev.ua/2017/06/15/vertikalni-sadi-yak-stvoryuyut-zeleni-budinki-u-sviti/> (дата звернення: 08.12.2024).
- [6] Жива стіна у біорізноманітті міських просторів. URL: https://www.greenmart.com.ua/blogs/yak-zhiva-stina-mozhe-zabezpechiti-bioriznomanittia-miskikh-prostoriv?srltid=AfmBOoq-hK13Xlu87kGhS-5PpH2_AisKCxqs_VKhIO7HGjMHZUS_A9ht (дата звернення: 09.12.2024).
- [7] Кайша-Форум у Мадриді: інформація про об'єкт, поради туристам. URL: <https://trips.com.ua/country/kaysha-forum-u-madrydi/> (дата звернення: 09.12.2024).
- [8] Косик О. І., Гнатюк Л. Р. Основи ландшафтної архітектури: навчальний посібник. Київ : Компрінт, 2020. 288 с.
- [9] Міський тепловий острів. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D1%96%D0%B2 (дата звернення: 09.12.2024).
- [10] Не тільки «зелені фасади». Ось іще 11 екорішень для Києва. URL: <https://www.village.com.ua/village/city/public-space/328619-12-ekorishen-dlya-kieva> (дата звернення: 09.12.2024).
- [11] Патрік Блан (Patrick Blanc). Квітучі стіни. URL: <https://www.djournal.com.ua/?p=2679> (дата звернення: 09.12.2024).
- [12] Принципи вертикального озеленення: Топ-10 плетистих і витких рослин для саду. URL: <https://yaskravaklumba.com.ua/ua/stati-i-video/sazhentsy/principy-vertikal-nogo-ozeleneniya-top-10-pletistyh-i-v-yuschihsya-rasteniy-dlya-sada?srltid=AfmOoqWbIzW8B1MnWRYsmwUjwUkyp79c5Tia1RoI2MgzoUwx9ziy> (дата звернення: 10.12.2024).
- [13] Системи вертикального озеленення (VGS) для енергозбереження в будівлях. URL: <https://dendro.kyiv.ua/systemy-vertikalnogo-ozelenennya-vgs-dlya-energozberezhennya-v-budivlyah.html> (дата звернення: 10.12.2024).
- [14] Що Таке Вертикальні Сади? URL: <https://zeleniydvir.com.ua/shcho-take-vertikalni-sady/> (дата звернення: 10.12.2024).
- [15] Як облаштувати вертикальний сад? URL: <https://www.vidaron.com.ua/posibnik/jak-oblacztuvati-vertikalniji-sad-pokrokoviji-poradnik> (дата звернення: 10.12.2024).
- [16] Як подолати «ефект міського теплового острова», або перспективи вертикального озеленення в Україні. URL: https://propertytimes.com.ua/trends/yak_podolati_efekt_miskogo_teplovogo_ostrova_abo_perspektivi_vertikalnogo_ozelenennya_v_ukrayini (дата звернення: 10.12.2024).
- [17] Different Types of Vertical Green Walls in Singapore. URL: <https://mosscape.com.sg/blog/guide-to-the-different-types-of-vertical-green-walls-in-singapore/> (дата звернення: 10.12.2024).
- [18] Evaluation of effects of a green wall as a sustainable approach on reducing energy use in temperate and humid areas. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778822001852> (дата звернення: 10.12.2024).
- [19] Hans Peter Cornelius (1888–1950): a perfect mapping geologist and scientific explorer. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00531-020-01900-1> (дата звернення: 11.12.2024).
- [20] National Parks Board (NParks). URL: <https://www.nparks.gov.sg/> (дата звернення: 11.12.2024).
- [21] One Central Park – приклад розвитку майбутньої міської архітектури. URL: <https://vikna.if.ua/cikavo/68263/view> (дата звернення: 11.12.2024).
- [22] Tower flower. URL: <https://archello.com/project/tower-flower> (дата звернення: 11.12.2024).

REFERENCES

- [1] Vertykalne ozelenennia: Zeleni shliakh do miskoi ekolohii. [Vertical gardening: A green path to urban ecology]. Retrieved from: <https://mindscope.biz.ua/vertikalne-ozelenennya-zelenyj-shlyah-do-miskoyi-ekologii/> (date of access: 08.12.2024) [in Ukrainian].
- [2] Vertykalnyi lis u Milani – proiekt khmarochosiv Bosco Verticale. [Vertical forest in Milan – Bosco Verticale skyscraper project]. Retrieved from: <https://ecotechnica.com.ua/uk/arkhitektura/vertikalnyj-les-v-milane-proekt-neboskrebov-bosco-verticale> (date of access: 08.12.2024) [in Ukrainian].
- [3] Vertykalnyi lis. [Vertical forest]. Retrieved from: https://uk.wikipedia.org/wiki/Bosco_Verticale (date of access: 08.12.2024) [in Ukrainian].
- [4] Vertykalni sady u misti: yak kreatyvno ozelenyty svoiu bahatopoverkhivku. [Vertical gardens in the city: how to creatively green your high-rise building]. Retrieved from: <https://rubryka.com/article/vertical-garden/> (date of access: 08.12.2024) [in Ukrainian].
- [5] Vertykalni sady: yak stvoriuiut «zeleni budynky» u sviti. [Vertical gardens: how “green houses” are created around the world]. Retrieved from: <https://hmarochos.kiev.ua/2017/06/15/vertikalni-sadi-yak-stvoryuyut-zeleni-budinki-u-sviti/> (date of access: 08.12.2024) [in Ukrainian].
- [6] Zhyva stina u bioriznomanitti miskykh prostoriv. [Living wall in the biodiversity of urban spaces]. Retrieved from: https://www.greenmart.com.ua/blogs/yak-zhiva-stina-mozhe-zabezpechiti-bioriznomanittia-miskikh-prostoriv?srltid=AfmBOoq-hK13Xlu87kGhS-5PpH2_AisKCxqs_VKhIO7HGjMHZUS_A9ht (date of access: 08.12.2024) [in Ukrainian].

[7] Kaisha-Forum u Madrydi: informatsiia pro ob'iekt, porady turystam. [Caixa Forum in Madrid: information about the facility, tips for tourists]. Retrieved from: <https://trips.com.ua/country/kaysha-forum-u-madrydi/> (date of access: 08.12.2024) [in Ukrainian].

[8] Kosyk, O. I., & Gnatiuk, L. R. (2020). *Osnovy landshaftnoi arkhitektury: navchalnyi posibnyk*. [Fundamentals of Landscape Architecture: Textbook]. Kyiv : Kompyrnt. 288 s. [in Ukrainian].

[9] Miskyi teplovyi ostriv. [Urban heat island]. Retrieved from: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%80%D1%96%D0%B2 (date of access: 08.12.2024) [in Ukrainian].

[10] Ne tilky «zeleni fasady». Os ishche 11 ekorishen dlia Kyieva. [Not just "green facades". Here are 11 more eco-solutions for Kyiv]. Retrieved from: <https://www.village.com.ua/village/city/public-space/328619-12-ekorishen-dlya-kieva> (date of access: 08.12.2024) [in Ukrainian].

[11] Patrik Blan (Patrick Blanc). Kvituchi stiny. [Patrick Blanc. Flowering Walls]. Retrieved from: <https://www.djournal.com.ua/?p=2679> (date of access: 08.12.2024) [in Ukrainian].

[12] Pryntsypy vertykalnoho ozelenennia: Top-10 pletystykh i vytykh roslyn dlia sadu [Principles of vertical gardening: Top 10 climbing and climbing plants for the garden]. Retrieved from: <https://yaskravakumba.com.ua/ua/stati-i-video/sazhentsy/principy-vertikal-nogo-ozeleneniya-top-10-pletistyh-i-v-yuschih-sya-rastenyi-dlya-sada?srltid=AfmOoqWRbIzw8B1MnWRYsmwUjWtUkyp79c5TIa1Rol2MgzoUwx9ziy> (date of access: 10.12.2024) [in Ukrainian].

[13] Systemy vertykalnoho ozelenennia (VGS) dlia enerhoberezhennia v budivliakh [Vertical Greening Systems (VGS) for Energy Saving in Buildings]. Retrieved from: <https://dendro.kyiv.ua/systemy-vertikalnogo-ozelenennya-vgs-dlya-energozberezhennya-v-budivlyah.html> (date of access: 10.12.2024) [in Ukrainian].

[14] Shcho Take Vertykalni Sady? [What are Vertical Gardens?]. Retrieved from: <https://zeleniydvir.com.ua/shcho-take-vertikalni-sady/> (date of access: 10.12.2024) [in Ukrainian].

com.ua/shcho-take-vertikalni-sady/ (date of access: 10.12.2024) [in Ukrainian].

[15] Yak oblashtuvaty vertykalnyi sad? [How to set up a vertical garden?]. Retrieved from: <https://www.vidaron.com.ua/posibnik/jak-oblashtuvati-vjertikalnij-sad-pokrovkovi-poradnik> (date of access: 10.12.2024) [in Ukrainian].

[16] Yak podolaty «efekt miskoho teplovoho ostrova», abo perspektyvy vertykalnoho ozelenennia v Ukraini [How to overcome the "urban heat island effect", or the prospects of vertical gardening in Ukraine]. Retrieved from: <https://propertytimes.com.ua/trends/yak-podolati-efekt-miskogo-teplovogo-ostrova-abo-perspektivi-vertikalnogo-ozelenennya-v-ukrayini> (date of access: 10.12.2024) [in Ukrainian].

[17] Different Types of Vertical Green Walls in Singapore. Retrieved from: <https://mosscape.com.sg/blog/guide-to-the-different-types-of-vertical-green-walls-in-singapore/> (date of access: 10.12.2024) [in English].

[18] Evaluation of effects of a green wall as a sustainable approach on reducing energy use in temperate and humid areas. Retrieved from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778822001852> (date of access: 10.12.2024) [in English].

[19] Hans Peter Cornelius (1888–1950): a perfect mapping geologist and scientific explorer. Retrieved from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00531-020-01900-1> (date of access: 11.12.2024) [in English].

[20] National Parks Board (NParks). Retrieved from: <https://www.nparks.gov.sg/> (date of access: 11.12.2024) [in English].

[21] One Central Park – przyklad rozvytku maibutnoi miskoi arkhitektury [One Central Park is an example of the development of future urban architecture]. Retrieved from: <https://vikna.if.ua/cikavo/68263/view> (date of access: 11.12.2024) [in English].

[22] Tower flower. Retrieved from: <https://archello.com/project/tower-flower> (date of access: 11.12.2024) [in English].

ABSTRACT

Sakhnovska M., Gnatiuk L. Vertical gardens: the future of urban greening

The article explores the concept of vertical gardens as an innovative direction of urban greening aimed at improving the ecological condition of cities, increasing their aesthetic appeal and promoting sustainable development. Vertical gardens located on the walls of buildings are an effective solution for reducing air pollution, absorbing carbon dioxide, reducing urban noise and improving thermal insulation.

An overview of successful global examples is presented, in particular Bosco Verticale in Milan, vertical gardens in Singapore and green walls in Paris. Their contribution to reducing heat "islands" in cities, improving the microclimate and supporting biodiversity is analyzed. Special attention is paid to the possibilities of implementing such solutions in Ukrainian cities, taking into account climatic, economic and social factors.

The scientific novelty lies in determining the prospects for adapting vertical gardens to the Ukrainian context, and the practical significance lies in developing recommendations for creating environmentally effective, aesthetic and socially useful urban spaces.

The purpose of the article is to study the concept of vertical gardens and develop practical recommendations for their integration into the modern urban environment to improve the ecological state, aesthetics and functionality of urban spaces. The tasks include: analysis of the main environmental, social and economic advantages of vertical gardens; study of successful examples of vertical gardening in world megacities; development of a methodology for creating vertical gardens adapted to the climatic conditions and architectural features of Ukrainian cities.

The research methodology is based on an interdisciplinary approach and includes an analysis of the environmental, architectural and social aspects of implementing vertical gardens in the urban environment. For this purpose, the following was carried out: an analysis of modern research and scientific publications; a study of technological solutions; modeling of vertical gardening opportunities.

The scientific novelty lies in the first proposed methodology for integrating vertical gardens into the urban environment of Ukraine, taking into account the climatic, ecological and architectural features of the region. The study shows how vertical gardens can become a tool for improving the ecological state of urban areas, adapting to climate change and increasing the aesthetic appeal of urban spaces.

Practical relevance of the study lies in the creation of a toolkit for designing vertical gardens adapted to the urban environment of Ukraine. The developed recommendations include the selection of plants resistant to climate change, the use of automated irrigation systems, and the determination of the design features of green walls for different types of urban facilities. The results obtained can be used by architects, landscape designers, urban planners, and developers to create environmentally efficient and aesthetic urban spaces. Vertical gardens can also be integrated into educational, cultural, and tourism projects, increasing their attractiveness and contributing to the development of eco-tourism.

Keywords: vertical gardens, urban greening, green walls, urbanism, ecology, landscape design, microclimate, biodiversity, energy efficiency, automated irrigation, ecological stability.

AUTHOR'S NOTE:

Sakhnovska Mariia, Higher education student, Department of Plant Biology, Biology and Medicine Institute Science Educational Center of Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, e-mail: mariasahnovskaa@gmail.com, orcid: 0009-0004-6488-9141.

Gnatiuk Liliia, Candidate of Architecture, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Computer Design and Graphics Technologies, State University «Kyiv Aviation Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: liliia.hnatiuk@npp.nau.edu.ua, orcid: 0000-0001-5853-9429.

Стаття подана до редакції 24.12.2024 р.