

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра екології, охорони навколишнього середовища
та здорового способу життя

"Допущено до захисту"
Зав. кафедрою екології, ОНС та ЗСЖ
к.б.н., доцент
_____ Ольга МЕДВЕДЄВА
« _____ » _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої
освіти

на тему:
Екологічні аспекти вертикального озеленення
будинків та створення зелених дахів

Виконав здобувач вищої освіти
_____ 4 курсу, групи _____ ЕО-20
ОПП «_____ Екологія _____»
спеціальності 101 «Екологія»
_____ Лю Цзії
« _____ » _____ 2024 р.

Керівник роботи
доцент, канд. тех. наук
_____ Тетяна ТУНІК
« _____ » _____ 2024 р.

Рецензент: доцент, канд.с.-г.наук
_____ Віта РЕЗНІЧЕНКО
« _____ » _____ 2024 р.

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Агротехнічний
Кафедра Екології, охорони навколишнього середовища та здорового способу життя
Рівень вищої освіти Бакалавр
Галузь знань 10 Природничі науки
Спеціальність 101 - Екологія
Освітньо-професійна програма Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

«___» _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА
ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ
ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Лю Цзиї
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **«Екологічні аспекти вертикального озеленення будинків та створення зелених дахів»**
2. Керівник роботи Тунік Т.М., доцент, к. т. н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 31.05.2024 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи.

Метою роботи є дослідження екологічних аспектів вертикального озеленення будинків та створення зелених дахів, а також оцінка їх впливу на міське середовище.

Завдання:

1. Здійснити аналіз наукової літератури та існуючих досліджень з теми вертикального озеленення та зелених дахів.
2. Дослідити типи рослин, що використовуються для озеленення будівель та їх впливу на мікроклімат і екосистему міста в різних країнах світу.
3. Провести практичні дослідження щодо визначення різниці температур повітря і поверхонь, придатних для вертикального озеленення.
4. Обрати рослини, придатні для вертикального озеленення та створення зелених дахів в умовах Центральної України.
5. Розробити рекомендації щодо впровадження вертикального озеленення та зелених дахів у міській забудові.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд інформаційних джерел за обраною темою	17.04.2024 р.	
2	Написання розділу 1.	25.04.2024 р.	
3	Пошук інформації та написання розділу 2.	30.04.2024 р.	
4	Проведення досліджень та написання розділу 3	06.05.2024 р.	
5	Оформлення вступу	17.05.2024 р.	
6	Формулювання висновків	20.05.2024 р.	
7	Оформлення пояснювальної записки	24.05.2024 р.	
8	Оформлення слайдів презентації та доповіді	29.05.2024 р.	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2024 р.

Підпис керівника

_____ Тунік Т.М.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2024 р.

Підпис здобувача

_____ Лю Цзиї
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему «Екологічні аспекти вертикального озеленення будинків та створення зелених дахів»

Кваліфікаційна робота виконана на 46 сторінках, містить 21 рисунок, 26 літературних джерел, 5 додатків.

Об'єктом дослідження є системи вертикального озеленення та зелені дахи в умовах міської забудови.

Метою дослідження є дослідження екологічних аспектів вертикального озеленення будинків та створення зелених дахів, а також оцінка їх впливу на міське середовище.

У вступі розкривається актуальність теми, мета і задачі дослідження.

У першому розділі зроблено огляд літератури за темою дослідження.

У другому розділі наведено екологічні переваги та виклики вертикального озеленення і зелених дахів.

У третьому розділі здійснено дослідження та вибір найбільш придатної рослини для вертикального озеленення в умовах Центральної України.

У висновках наведені результати кваліфікаційної роботи.

ВЕРТИКАЛЬНЕ ОЗЕЛЕНЕННЯ, ЗЕЛЕНІ ДАХИ, ПІДБІР РОСЛИН

З М І С Т

	Стор.
Вступ	7
Розділ 1. Теоретичні основи вертикального озеленення та зелених дахів.....	10
1.1. Історія вертикального озеленення.....	11
1.2. Історія створення зелених дахів.....	13
1.3. Поняття та типи вертикального озеленення: визначення, класифікація та технічні аспекти.....	15
1.4. Класифікація будівельних систем.....	15
1.5. Основні типи зелених конструкцій.....	22
1.6. Технічні аспекти вертикального озеленення.....	22
1.7. Поняття та типи зелених дахів: визначення, класифікація та технічні аспекти.....	22
Розділ 2. Екологічні переваги та виклики вертикального озеленення і зелених дахів	25
2.1. Вплив на міське середовище	25
2.2. Поліпшення якості повітря.....	26
2.3. Зниження витрат на охолодження та опалення.....	26
2.4 Вплив на мікроклімат будівель.....	27
2.5. Створення середовищ для рослин і тварин	27
2.6. Затримка дощової води	28
2.7. Вплив на здоров'я та благополуччя людей	28
2.8. Виклики та проблеми впровадження вертикального озеленення та зелених дахів: основні труднощі та перешкоди на шляху впровадження	30
Розділ 3. Дослідження можливості вертикального озеленення в умовах центральної України	32
3.1. Технічні аспекти вертикального озеленення	32
3.2. Технічні аспекти зелених дахів	32

3.3. Вибір субстрату для зеленого даху	34
3.4. Дослідження температурних параметрів поверхонь, які можуть бути використані для вертикального озеленення та створення зелених дахів.	35
3.5. Вибір рослин для вертикального озеленення	37
3.6. Практичні рекомендації щодо впровадження вертикального озеленення та зелених дахів у міській забудові Центральної України	41
Висновки.....	43
Список використаних джерел	45

ВСТУП

Актуальність теми

В умовах швидкого зростання урбанізації та пов'язаних з цим екологічних проблем, таких як забруднення повітря, підвищення температури та зниження біорізноманіття, виникає необхідність пошуку інноваційних рішень для покращення якості життя в містах. Вертикальне озеленення будинків та створення зелених дахів є одним з таких перспективних рішень. Це дозволяє не лише підвищити естетичну привабливість міських просторів, але й значно покращити екологічну ситуацію. Рослини на фасадах будівель і дахах сприяють зниженню температури, поглинанню шкідливих речовин, зменшенню шумового забруднення та створенню додаткових місць для існування різноманітних видів рослин і тварин.

Крім того, вертикальне озеленення сприяє енергоефективності будівель, зменшуючи витрати на опалення та кондиціонування повітря. Це особливо актуально в контексті глобальних зусиль зі зменшення викидів парникових газів і боротьби зі зміною клімату. Таким чином, вертикальне озеленення і зелені дахи є важливими елементами стратегії сталого розвитку міст.

Вертикальні сади та зелені дахи також відіграють важливу роль у покращенні психоемоційного стану мешканців міст. Дослідження показують, що наявність зелених насаджень у міському середовищі знижує рівень стресу, покращує настрій та загальне самопочуття людей. У містах з високою щільністю населення, де доступ до природних просторів обмежений, вертикальне озеленення може стати важливим елементом створення комфортних умов для проживання та роботи.

Таким чином, вертикальне озеленення будинків та створення зелених дахів є не лише актуальною, але й необхідною складовою стратегії сталого розвитку міст. Враховуючи всі вищезазначені аспекти, тема цієї роботи є надзвичайно важливою та актуальною для сучасного урбаністичного середовища.

Мета і завдання дослідження

Метою даної роботи є дослідження екологічних аспектів вертикального озеленення будинків та створення зелених дахів, а також оцінка їх впливу на міське середовище.

Для досягнення цієї мети були поставлені наступні **завдання**:

1. Здійснити аналіз наукової літератури та існуючих досліджень з теми вертикального озеленення та зелених дахів.
2. Дослідити типи рослин, що використовуються для озеленення будівель та їх впливу на мікроклімат і екосистему міста в різних країнах світу.
3. Провести практичні дослідження щодо визначення різниці температур повітря і поверхонь, придатних для вертикального озеленення.
4. Обрати рослини, придатні для вертикального озеленення та створення зелених дахів в умовах Центральної України.
5. Розробити рекомендації щодо впровадження вертикального озеленення та зелених дахів у міській забудові.

Об'єктом дослідження є системи вертикального озеленення та зелені дахи в умовах міської забудови.

Предметом дослідження є екологічні аспекти цих систем, а саме їх вплив на мікроклімат будівель, якість повітря, енергоспоживання та біорізноманіття.

Методи дослідження

Для досягнення поставленої мети і вирішення завдань дослідження були використані наступні методи:

1. Аналіз літератури даних: вивчення наукових праць, статей, звітів та інших джерел інформації для отримання теоретичних основ та аналізу існуючих досліджень з теми вертикального озеленення та зелених дахів.
2. Емпіричні методи: збір первинних даних шляхом проведення польових досліджень на обраних об'єктах.

3. Порівняльний метод: порівняння результатів дослідження з даними інших наукових робіт, що дозволяє оцінити ефективність та релевантність отриманих результатів.

Застосування цих методів дозволило отримати всебічне уявлення про екологічні аспекти вертикального озеленення будинків та створення зелених дахів, а також розробити практичні рекомендації для їх впровадження в міському середовищі.

Практичне значення роботи: результати роботи можуть бути використані містобудівними та природоохоронними організаціями при плануванні озеленення міст Центральної України.

Результати роботи доповідались на Екологічному форумі «Екологія Кіровоградщини» 17 квітня 2024 р.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ ТА ЗЕЛЕНИХ ДАХІВ

Існують два основні методи інтеграції рослинності в архітектурні структури: зелені дахи та зелені фасади. Використання зелених дахів є досить поширеною практикою у світі, з чіткою класифікацією між екстенсивними та інтенсивними системами, а також наявністю багатьох виробників. Щодо вертикального озеленення фасадів будівель, спостерігається певна різноманітність у конструктивних системах та видах рослин, які використовуються. Варто зазначити, що з архітектурної точки зору, легше застосовувати плоский простір – дах будівлі, який був пристосований для використання людьми завдяки цій зеленій системі. Складність впровадження озеленення на вертикальних поверхнях будівель та їх помітність з вулиці можуть бути причинами меншого поширення цього методу [2-4].

Проте, озеленення фасадів потенційно має більший вплив на навколишнє середовище будівлі порівняно з озелененням дахів, оскільки площа стін зазвичай перевищує площу даху. У багатоповерхових будівлях ця площа може бути в 20 разів більшою.

Щодо використання рослинності як пасивної системи енергозбереження в будівлях, існують певні технічні питання стосовно їх теплової поведінки та основних характеристик, які були досліджені протягом останніх років. Питання, такі як ефект затінення рослин, тобто здатність блокувати сонячну радіацію, або ефект охолодження через сумарне випаровування вологи (евапотранспірацію) з рослин, є одними з основних тем досліджень. Однак важливо підкреслити, що робота з рослинністю не є легкою справою, і часто результати досліджень не можна узагальнювати через залежність від погодних умов, які впливають на ріст рослин, а також від різноманітності видів рослин, що використовуються.

1.1. Історія вертикального озеленення

Ідея вертикального озеленення не є новою. Ще в давнину існували приклади використання вертикальних поверхонь для вирощування рослин. Одним із найвідоміших прикладів є сади Семіраміди в Вавилоні, які вважаються одним з Семи чудес світу.

Ідея вертикальних садів захоплювала монархів навіть у часи бароко. У Версальських садах французькі садівники використовували різні конструкції: шпалери, трельяжі, перголи та арки. Пізніше вертикальні сади у вигляді ліан і апельсинових дерев з'явилися в оранжереях багатих людей і прикрашали вітальні середнього класу [1-5].

Ця тема залишається актуальною і сьогодні, особливо завдяки зусиллям французького ботаніка і дизайнера Патріка Бланка, який відкрив нову еру в історії вертикальних садів.

Досліджуючи тропічні дощові ліси, Бланк черпав натхнення для створення вертикальних садів, або "зелених стін". Він розробив технологію, яка дозволяє створювати такі сади на стінах будівель.

Основою цієї технології є металева рама, що кріпиться до стіни, на яку встановлюється пластиковий каркас з тонкими високо-пористими поліамідними пластинами, схожими на повсть. У ці пластини імплантується насіння, яке згодом проростає.



Рис. 1. Вертикальне озеленення Патрика Бланка в музеї Кея Бранлі (Париж).

На відміну від традиційних методів вертикального озеленення, що передбачають використання субстратів (моху, кокосового волокна, перліту, вермикуліту, керамзиту, мінеральної вати або субстратів на основі полістиролу), технологія Патріка Бланка обходиться без ґрунту. Замість субстрату, рослини в його системі укорінюються в синтетичному волокні. Це значно полегшує конструкцію, що є важливим для великих вертикальних садів.

Синтетичне волокно, яке використовується в цій технології, не горить і має довгий термін служби. Коріння рослин не обмежується модулями і може вільно розвиватися в будь-якому напрямку всередині конструкції.

Метод Бланка включає монтаж металевого каркаса з антикорозійних матеріалів на стіні, що підтримує листи ПВХ товщиною 10 мм. Між ПВХ і стіною розміщується вологоізоляційний матеріал. Два шари поліамідного волокна, кожен по 3 мм, кріпляться на ПВХ за допомогою скоб. У волокні роблять надрізи 5-10 см для кріплення рослин без субстрату [17-19].

Система крапельного поливу, встановлена зверху конструкції, подає поживний розчин, який розподіляється по волокну. Коріння поглинає воду і поживні речовини, а надлишок рідини збирається в жолобі біля основи стіни і повертається в систему поливу.

Водоспоживання в таких садах нижче, ніж при звичайному поливі міських садів і парків (в середньому 3 л/м² для зовнішніх і 5 л/м² для внутрішніх садів). Витрата поживних речовин також дуже низька: 0,2-0,3 г/л, що в 10 разів менше, ніж у сільському господарстві.

Патрік Бланк не був єдиним, хто розвивав ідею вертикального озеленення. Англійські художники Хізер Екройд та Ден Херві з початку 1990-х років експериментують зі звичайною травою для створення вертикальних садів.

Їхній перший проект "Інший бік" з'явився в середньовічному селі на півночі Італії, де художники засадили насінням стіну закинутого бараку. Їхні роботи також включають озеленення церкви в Лондоні, мавзолею на цвинтарі

в Ризі, плаваючий газон у швейцарському озері та озеленення стіни театру в Цюриху.

Сьогодні, у часи погіршення екологічної ситуації, вертикальні сади набувають нового значення, не обмежуючись декоративною функцією. Вони покращують якість атмосферного повітря.

1.2. Історія створення зелених дахів

Концепція зелених дахів також має давню історію.

Прообраз "зелених дахів" можна знайти ще в перших помешканнях первісних людей, які споруджували навіси та курені з гілок дерев, трави та моху. Наші предки використовували дерен на солом'яних дахах для поліпшення теплоізоляції, зменшення ризику загоряння та забезпечення стоку води [21-24].

До недавнього часу будівлі на селянських подвір'ях у північних регіонах слов'янських країн ставили дуже близько одна до одної, покриваючи їх дахи ґрунтом і рослинністю. Історія зелених дахів налічує багато століть.

У Скандинавії та східних країнах, не підозрюючи про це, люди робили перші спроби створення зелених дахів для економії ресурсів.

Наприклад, у Скандинавії та Ісландії більше тисячі років тому житла мали дахи, засипані землею. На них виростала трава, яка слугувала додатковою ізоляцією, зберігаючи тепло.

У південній Європі озеленення дахів використовували для захисту від сонця, особливо для складів і сховищ сільськогосподарської продукції та винних льохів.

Подібні будівлі зводилися в Австрії наприкінці XIX - початку XX століття. Римляни використовували тераси для розміщення рослин та квіткових горщиків, а у Вікторіанську епоху на дахах встановлювали оранжереї.

У Вавилоні, стародавньому мегаполісі, існувала проблема екологічного менеджменту. Щільна одноповерхова забудова витісняла зелені зони, але

місто виглядало зеленим оазисом завдяки системі терас, відомих як Висячі сади Вавилону. Знамениті Сади Семіраміди, які вважалися одним із семи чудес світу, були своєрідними "зеленими дахами" вавилонських палаців. Ці сади склалися з терас, перекритих кам'яними плитами, на яких розміщували кілька шарів цегли, бітуму, очерету, свинцю та товстий шар землі. Нижні тераси мали розмір 45 x 40 м, верхні були меншими. Загальна висота споруди становила близько 20-22 м. На нижніх терасах росли дерева, а на верхніх – гірські рослини. Вже тоді рослини розміщувалися згідно з їх екологічними вимогами [15].

Еволюція зелених дахів відбувалася разом із розвитком міст. В Європі сади на дахах існували здавна, але в середньовіччі були забуті. Відродження цієї концепції припадає на XIX століття, коли німецький архітектор Карл Рабітц представив будинок із зеленим дахом на всесвітній виставці в Парижі. З того часу поняття "живий дах" та "експлуатована покрівля" стали частиною архітектури, що дозволяє створювати зелені зони для відпочинку на дахах будівель.

Світову популярність здобуло місто Чандігарх в Індії, побудоване за проектом Ле Корбюзьє в 1960-ті роки. Місто включає грандіозний ансамбль садів на дахах адміністративних будівель, зокрема Палац Асамблей з площею 10,000 м². В Ахмадабаді виділяється будівля музею з великим водоймищем на даху та вілла Шодхан з висячими садами. Подібні проекти здійснювали архітектори нової хвилі в багатьох країнах. Наприклад, брати Перрет побудували в 1903 році в Парижі будинок із садами на дахах. Вальтер Гропіус у 1914 році створив в Кельні будівлю з рестораном на зеленому даху, а в Америці Френк Ллойд Райт спроектував у Чикаго ресторан з експлуатованими зеленими дахами [11-13].

З початку 2000-х років зелені дахи стали набирати популярності в усьому світі, особливо у великих містах, де є потреба у збільшенні зелених зон та покращенні екологічної ситуації.

1.3. Поняття та типи вертикального озеленення: визначення, класифікація та технічні аспекти

Вертикальне озеленення – це метод створення зелених насаджень на вертикальних поверхнях, таких як стіни будівель, паркани, мости тощо. Цей метод дозволяє використовувати обмежений міський простір для створення зелених зон, які можуть покращувати якість повітря, знижувати температуру, збільшувати біорізноманіття та сприяти естетичній привабливості міського середовища.

Різновиди вертикального озеленення:

- Фасадні системи. Це системи, які використовують ґрунт чи субстрат, в якому висаджуються рослини.

Фасадні системи можуть бути:

- Живі стіни. Використовують гідропоніку чи субстрат, який кріпиться до стіни. Рослини можуть отримувати поживні речовини та воду через автоматичні системи поливу.

- Зелені фасади. Включають конструкції, на яких рослини вирощуються в ґрунті, розміщеному біля основи стіни та піднімаються по спеціальних сітках або решітках.

- Гідропонічні системи. Рослини вирощуються без ґрунту, отримуючи всі необхідні поживні речовини з водного розчину. Гідропонічні системи використовуються для створення легких конструкцій, які можуть бути встановлені на будь-яку поверхню.

- Аеропонічні системи. Рослини вирощуються в повітрі, а їх коріння зрошуються розпиленням поживного розчину. Цей метод є менш поширеним через складність підтримки системи, але має свої переваги у зниженні ваги конструкції [18-20].

1.4. Класифікація будівельних систем

Вертикальне озеленення передбачає будь-який метод розміщення рослин на фасаді будівлі.

Традиційно ці системи склалися з в'юнких рослин, які піднімалися безпосередньо на фасаді. Це потребує використання опорних конструкцій, щоб забезпечити рівномірний розвиток рослин на всій поверхні фасаду.

На відміну від зелених дахів, у випадку вертикальних зелених систем відсутня стандартизація, яка б визначала їх конструкцію та варіації. Тому різні дослідники та компанії розробили власні рішення для покриття великих вертикальних поверхонь рослинами, що призвело до різних теплових характеристик цих систем.

З цього приводу Perez та інші запропонували класифікацію вертикальних озеленювальних систем (VGS) для будівель (табл. 1).

У цій класифікації автори розділяють ці системи на екстенсивні та інтенсивні, залежно від вартості впровадження та подальшого обслуговування.

Таблиця 1 – Класифікація зелених вертикальних систем для будівель

	Великі системи	Інтенсивні системи
Зелені фасади	Традиційний Двошаровий: Модульні шпалери Дротовий Сітка	-
Живі стіни		Вазони по периметру Панелі Геотекстильний фетр

Зелені фасади можна класифікувати наступним чином:

- традиційні зелені фасади (рис. 2), де виткі рослини використовують матеріал фасаду як опору:



Рис. 2. Традиційний зелений фасад. Леріда, Іспанія.

- зелена завіса або двошаровий зелений фасад (рис. 3):



Рис. 3. Двошаровий зелений фасад. Дротовий. Барселона, Іспанія.

- система вазонів по периметру (рис. 4), де висячі рослини висаджуються навколо будівлі, створюючи зелену завісу:

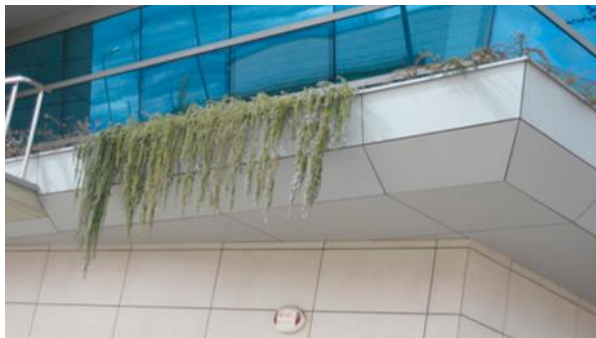


Рис. 4. Вазони по периметру. Леріда, Іспанія.

Живі стіни виготовляються із застосуванням геотекстильного фетру (рис. 5) та/або панелей, які іноді попередньо вирощуються і кріпляться до вертикальної опори або безпосередньо до конструкції стіни.



Рис. 5. Живі стіни. Панелі. Puigverd de Lleida, Іспанія.

Геотекстильний фетр і панелі забезпечують підтримку рослинності, що включає папороті, малі чагарники та багаторічні квіти, які утворюють зелену оббивку.



Рис. 6. Живі стіни. Геотекстильний фетр. Мадрид, Іспанія.

Таблиця 2 - Класифікація видів сучасного вертикального озеленення (за Солоненком В.І.)

№ за/п	Типи (групи) вертикального озеленення	Види	Примітка
1	рослинні вертикалі	крупноміри, живоплоти, топіари, контейнерні рослини, штамбові форми, арбоскульптура*	не потребують опори
2	вертикальні зелені стіни (green wall)	1. звичайна технологія 2. vertical garden system (фітостіни - фітосайдинг)	утримуючі опори за П. Бланком, гідропоніка
3	вертикальне озеленення на опорах	1. вертикальні опори 2. опори-конструкції /арки, навіси, перголи, берсо, альтанка/	прості складні
4	ампельне озеленення	1. висячі горщики 2. вертикальні конструкції з горщиків	однорічні квіткові рослини
5	озеленення дахів	1. інтенсивний тип 2. екстенсивний тип	сад на даху луг на даху
6	озеленення схилів	1. з реконструкцією схилу 2. без реконструкції схилу	тераси, габіони георешітка та гідропосів
7	ландшафтна інсталяція	форма "Green Art"	тимчасові конструкції

У 2022 році в Китаї з'явився багатоповерховий будинок, який було спроектовано у вигляді вертикального лісу. Багатоквартирний житловий комплекс назвали «Easyhome huanggang vertical forest», він озеленений по всьому фасаду (рис. 3)

Озеленення будинку складається з 404 дерев і 4620 чагарників, які спроможні поглинати 22 т CO₂ і поглинати 11 т O₂ на рік.

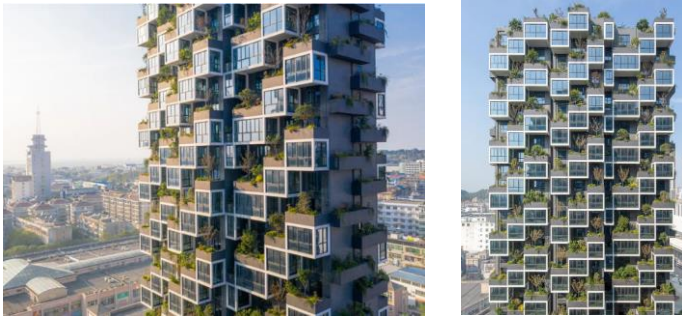


Рис. 9. Easyhome huanggang vertical forest в Китаї

Придумав вертикальний ліс італійський архітектор Стефано Боєрі на початку 2000-х років.

Першою реалізацією його проєкта були житлові будинки в Мілані, які були засажені рослинами.



Рис. 10. Проект Bosco Verticale, який був зведений у рамках програми Metrobosco, що передбачала збільшення частки екологічної забудови.

Комплекс включає два хмарочоси висотою 87 і 119 метрів. Окрім звичних офісів, кафе, житлових приміщень, торгового центру, кількох концертних залів і кінотеатрів, будівлі також мають «зелені» інновації: систему збирання та фільтрації дощової води, індивідуальне опалення, сонячні батареї та вітряки на даху.

Але найважливішою особливістю є поєднання залізобетонних конструкцій з екосистемою справжнього лісу. У холах, коридорах, на балконах, оглядових майданчиках, фасадах, на даху та в багатьох інших місцях Bosco Verticale ростуть місцеві та екзотичні рослини.



Рис. 11. Процес будівництва комплексу і висаджування дерев.

У 2014 році в Сингапурі було побудовано житловий комплекс Tree House, який було занесено до книги рекордів Гіннеса як будинок з найбільшим зеленим фасадом у світі (рис. 5).



Рис. 12. Вертикальний сад на фасаді Tree House

Вертикальний сад на фасаді Tree House займає площу 2300 м². Крім того, що це виглядає дуже привабливо, зелена стіна відіграє роль теплоізоляції і дозволяє економити на охолодженні приміщень до 30%.

Також тут облаштовані інженерні системи для збору, очищення і використання дощової води. На даху встановлено 1000 м² сонячних батарей.

Але є і випадки, коли проєкти вертикального озеленення були невдалими.

Наприклад, експериментальний проєкт Chengdu's Qiyi City Forest Garden у китайському Ченду. Його почали будувати в середині 2010-х років на південному заході Китаю. Це мало бути елітне місто і своєрідний екологічний рай.

Цей унікальний комплекс з великими садами на кожному балконі був розроблений з метою забезпечити рослинам достатньо місця для росту. Двадцять видів рослин повинні були боротися зі смогом і шумом вулиць, перетворюючи фасади будівель на вертикальний ліс.



Рис. 13. Chengdu's Qiyi City Forest Garden в місті Ченду (південний захід Китаю).

До квітня 2020 року всі 826 квартир комплексу були продані, проте нині там проживають лише 10 сімей, а зарослі будинки порівнюють з декораціями постапокаліптичного фільму.

Рослинність майже одразу почала приваблювати велику кількість комарів, що відлякало майбутніх мешканців (тих, хто вже на той момент придбав квартири). Без людей сади почали неконтрольовано рости, гнити і майже повністю поглинули балкони.

Розробники проєкту припустилися ряду помилок. Балкони не мають належної дренажної системи, що призводить до затримання води рослинами. До того, як почалося заселення перших мешканців сади вже встигли розростися, тим самим забезпечили комарам і тінь, і вологість.

Попри це, автори проєкту заявили, що не збираються відмовлятися від нього. Вони планують посилити заходи боротьби зі шкідниками і переглянути підхід до вибору рослин і догляду за ними.

На даний час в комплексі живуть 10 сімей, у яких немає коштів на інше житло. Але вони практично не відкривають вікна і зайвий раз не виходять на балкон.

1.5. Основні типи зелених конструкцій

Для вертикального озеленення застосовуються рослини, які поділяються на три групи за способом прикріплення до опор [9-11]:

1. Ліани, що прикріплюються за допомогою повітряних коренів: плющ звичайний, дівочий виноград п'ятилистковий, текома, гортензія повзуча. Висота цих рослин може досягати 5-20 метрів.

2. Ліани, які чіпляються за опору черешками листя або самими листками: виноградовик аконітолистний, виноград амурський, клематиси різних сортів. Їхня висота варіюється від 3 до 15 метрів.

3. Ліани, що обвивають опори стеблами, піднімаючись по спіралі: актинідії різних сортів, древогубець кололистовий і канадський, лимонник китайський, жимолость каприфоль. Їхня висота коливається від 4 до 20 метрів.

Рослини першої групи не потребують додаткових конструкцій, оскільки вони можуть підніматися самостійно по шорстких кам'яних стінах, що робить їх ідеальними для озеленення кам'яних не оштукатурених поверхонь. Вони створюють рівномірний покрив рослинності, який може служити місцем проживання для комах.

Для рослин другої групи потрібні спеціальні опорні конструкції, такі як сітки з дроту, які кріпляться до стін за допомогою гаків. Розмір осередку сітки повинен бути 5-10 мм, а відстань між сіткою та стіною не менше 100 мм. Ці рослини не рекомендується висаджувати біля дерев'яних будівель.

Ліани третьої групи мають різні напрямки зростання: за годинниковою стрілкою або проти неї. Опори для них мають бути вертикальними стовпчиками товщиною 50-80 мм. Якщо опора надто товста, ліана не зможе обвити її і впаде. Тому в трельяжах і інших конструкціях для цих ліан використовуються вертикальні стрижні або стовпчики малого діаметра.

1.6. Поняття та типи зелених дахів

Зелений дах – це дах будівлі, який частково або повністю покритий рослинністю, висадженою на спеціальному субстраті. Зелені дахи можуть

сприяти зниженню енергоспоживання, покращенню якості повітря, збільшенню біорізноманіття та забезпеченню додаткового простору для відпочинку [6, 8].



Рис. 14. Зелений дах Optigreen у Штутгарті



Рис. 15. Зелений дах Optigreen у Дортмунді.

1.6.1. Різновиди зелених дахів

- Інтенсивні зелені дахи:

Мають товстий шар субстрату (понад 20 см), що дозволяє вирощувати різноманітні рослини, включаючи дерева та кущі. Інтенсивні дахи потребують регулярного обслуговування, поливу та добрив.



Рис. 16. Зелений дах Optigreen у місті Пфорцхайм (Німеччина)

- Екстенсивні зелені дахи:

Мають тонкий шар субстрату (від 5 до 20 см) та використовують невибагливі рослини, такі як седуми та інші сукуленти. Екстенсивні дахи є

легкими, невибагливими у догляді та потребують мінімального обслуговування.

- Напівінтенсивні зелені дахи:

Поєднують характеристики інтенсивних та екстенсивних дахів. Вони мають середній шар субстрату (від 10 до 20 см) та можуть включати більшу різноманітність рослин [21-24].

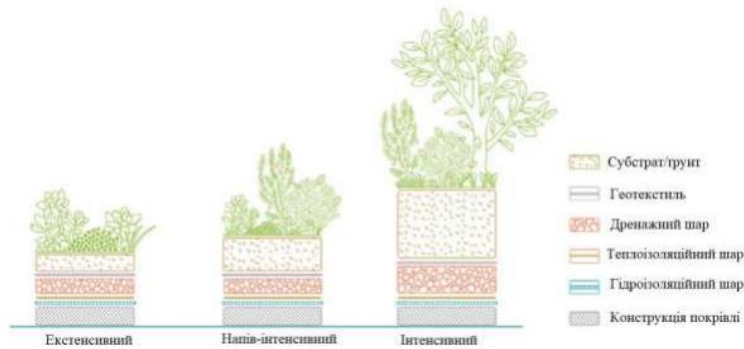


Рисунок 17 – Типи і шари конструкції «зеленої» покрівлі



Рисунок 18 . Схематичне зображення переваг «зеленої» покрівлі

Отже, огляд літератури свідчить про значний потенціал вертикального озеленення та зелених дахів у поліпшенні екологічної, економічної та соціальної ситуації в містах. Вибір відповідних рослин, технічні рішення та врахування викликів дозволяють створювати ефективні, довговічні та естетично привабливі зелені насадження, що сприятимуть покращенню якості життя в міських умовах.

РОЗДІЛ 2

ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ТА ВИКЛИКИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ І ЗЕЛЕНИХ ДАХІВ

2. 1. Вплив на міське середовище

Позитивний вплив вертикального озеленення та зелених на дахів полягає у наступних факторах: зниження температури повітря; зменшення шумового забруднення; поліпшення якості повітря; вплив на енергоспоживання та мікроклімат будівель; біорізноманіття та збереження видів; управління водними ресурсами (затримка дощової води та зменшення навантаження на злизові системи); вплив на здоров'я та благополуччя людей.

Вертикальне озеленення та зелені дахи відіграють важливу роль у зниженні температури повітря в містах, що стає особливо актуальним в умовах глобального потепління та урбанізації.

Відомо, що міські території схильні до ефекту теплового острова, коли температура повітря в міських зонах значно вища, ніж у сільській місцевості. Це відбувається через використання матеріалів, які накопичують тепло, таких як асфальт і бетон, а також через зменшення кількості зелених насаджень. Вертикальне озеленення та зелені дахи сприяють зниженню цього ефекту. Рослини на дахах і фасадах будівель поглинають сонячне випромінювання і випаровують вологу, що охолоджує повітря навколо. Це явище відоме як транспірація. Також рослини відбивають частину сонячного випромінювання, що додатково знижує температуру поверхні будівель. Таким чином, впровадження зелених дахів та вертикального озеленення допомагає зменшити температуру повітря в міських районах, створюючи більш комфортне середовище для мешканців [1-5].

Шумове забруднення є серйозною проблемою в містах, яке негативно впливає на здоров'я та благополуччя людей. Вертикальне озеленення та зелені дахи можуть ефективно зменшити рівень шуму завдяки своїм поглинальним властивостям. Рослинність діє як природний бар'єр, який поглинає і розсіює

звукові хвилі. Зелені стіни і дахи можуть значно зменшити рівень шуму, особливо в густонаселених районах або поблизу джерел інтенсивного руху транспорту. Дослідження показали, що зелені дахи можуть зменшити рівень шуму до 40-50 децибел, що сприяє створенню більш спокійного і комфортного середовища для мешканців. Крім того, вертикальні сади на фасадах будівель можуть ефективно поглинати шум, що допомагає зменшити вплив зовнішніх шумів на внутрішні приміщення.

2.2. Поліпшення якості повітря

Забруднення повітря є однією з найбільших екологічних проблем у містах. Вертикальне озеленення та зелені дахи можуть значно поліпшити якість повітря, знижуючи концентрацію шкідливих речовин. Рослини поглинають вуглекислий газ і виробляють кисень в процесі фотосинтезу. Також вони можуть поглинати та зберігати інші забруднювачі, такі як оксиди азоту, діоксид сірки і пилові частки. Це сприяє зниженню рівня забруднення повітря і покращує здоров'я мешканців міст. Крім того, рослини на дахах і фасадах будівель допомагають зменшити концентрацію алергенів і пилу, що покращує якість повітря і зменшує ризик респіраторних захворювань.

2.3. Зниження витрат на охолодження та опалення

Вертикальне озеленення та зелені дахи мають значний вплив на енергоспоживання будівель, зокрема на витрати на охолодження та опалення. Зелені дахи можуть забезпечувати природну ізоляцію, що знижує теплові втрати взимку і зменшує потребу в кондиціонуванні влітку. Це дозволяє зменшити витрати на енергію для опалення та охолодження будівель. Дослідження показали, що зелені дахи можуть знизити витрати на енергію для кондиціонування повітря до 75% влітку, а витрати на опалення - до 25% взимку. Вертикальні сади також сприяють зниженню енергоспоживання, оскільки рослини на фасадах будівель можуть знижувати температуру стін і внутрішніх приміщень, що зменшує потребу в кондиціонуванні повітря.

Таким чином, вертикальне озеленення та зелені дахи є ефективними засобами зниження енергоспоживання та витрат на утримання будівель [7-9].

2.4 Вплив на мікроклімат будівель

Вертикальне озеленення та зелені дахи впливають на мікроклімат будівель, забезпечуючи комфортні умови для мешканців. Рослини на дахах і фасадах будівель можуть регулювати температуру, вологість і якість повітря всередині приміщень. Це сприяє створенню комфортного мікроклімату, що позитивно впливає на здоров'я та благополуччя мешканців. Зелені дахи можуть знижувати температуру всередині будівель влітку, що зменшує потребу в кондиціонуванні повітря і створює більш комфортні умови для проживання. Взимку зелені дахи можуть забезпечувати додаткову ізоляцію, що зменшує втрати тепла і покращує енергоефективність будівель. Вертикальні сади також сприяють регулюванню мікроклімату, знижуючи температуру стін і забезпечуючи природну вентиляцію. Це покращує якість повітря всередині приміщень і зменшує ризик респіраторних захворювань.

2.5. Створення середовищ для рослин і тварин

Вертикальне озеленення та зелені дахи сприяють збереженню біорізноманіття та створюють нові середовища для рослин і тварин у міських умовах. Рослини на дахах і фасадах будівель можуть служити середовищем існування для різних видів комах, птахів і дрібних ссавців. Це сприяє підвищенню біорізноманіття в міських районах і забезпечує нові можливості для виживання місцевих видів. Зелені дахи можуть стати місцем проживання для багатьох видів рослин, які зазвичай не зустрічаються в міських умовах. Це сприяє збереженню рідкісних і зникаючих видів рослин і підвищує екологічну цінність міських територій. Вертикальні сади також можуть створювати нові середовища для рослин і тварин, особливо в густонаселених районах, де немає достатньо простору для традиційних зелених зон.

2.6. Затримка дощової води

Вертикальне озеленення та зелені дахи відіграють важливу роль у затримці та управлінні дощовою водою. Зелені дахи можуть поглинати значну кількість дощової води, що зменшує обсяг стоку і навантаження на зливові системи. Це сприяє зниженню ризику затоплень у міських районах під час сильних дощів. Рослини на дахах можуть утримувати дощову воду в своєму ґрунті і використовувати її для свого зростання, що зменшує потребу в додатковому поливі. Крім того, зелені дахи сприяють зниженню температури дощової води, що зменшує ризик теплового забруднення водних систем [13].

Вертикальне озеленення та зелені дахи допомагають зменшити навантаження на зливові системи, що сприяє покращенню управління водними ресурсами у містах. Зелені дахи можуть затримувати і уповільнювати стік дощової води, що зменшує навантаження на зливові системи і знижує ризик затоплень. Це особливо важливо в умовах інтенсивного урбанізаційного розвитку, коли традиційні зливові системи часто не справляються з обсягом дощової води. Вертикальне озеленення на фасадах будівель також може сприяти зменшенню навантаження на зливові системи, оскільки рослини можуть поглинати і затримувати дощову воду, що зменшує обсяг стоку.

2.7. Вплив на здоров'я та благополуччя людей

Вертикальне озеленення та зелені дахи мають значний вплив на здоров'я та благополуччя людей. Рослини на дахах і фасадах будівель можуть покращувати якість повітря, знижуючи концентрацію шкідливих речовин і пилу. Це сприяє зменшенню ризику респіраторних захворювань і покращує загальне здоров'я мешканців міст. Зелені зони також сприяють зниженню рівня стресу і покращують психічне здоров'я. Дослідження показують, що наявність зелених насаджень у міському середовищі може знижувати рівень стресу, покращувати настрій і загальне благополуччя людей. Крім того, зелені дахи і вертикальні сади можуть забезпечувати місця для відпочинку і рекреації, що сприяє покращенню фізичної активності і здоров'я мешканців.

Вертикальне озеленення та зелені дахи також можуть знижувати рівень шуму, що сприяє покращенню якості життя і зменшенню ризику захворювань, пов'язаних з шумовим забрудненням. Таким чином, впровадження вертикального озеленення та зелених дахів має позитивний вплив на здоров'я та благополуччя людей, сприяючи створенню більш комфортного і здорового міського середовища.

2.8. Виклики та проблеми впровадження вертикального озеленення та зелених дахів: основні труднощі та перешкоди на шляху впровадження

Впровадження вертикального озеленення та зелених дахів стикається з численними технічними викликами, що обмежують масштабну і ефективну реалізацію цих проектів. Один із основних технічних викликів полягає в підборі відповідних конструкцій для підтримки рослинного життя на дахах і фасадах будівель. Різні типи будівель вимагають індивідуального підходу у виборі систем озеленення, що може включати в себе питання навантаження на конструкції, систем дренажу та автоматизації поливу. Наприклад, старі будівлі з дерев'яними конструкціями можуть потребувати підсилення фундаменту перед встановленням зеленого даху, щоб забезпечити стійкість і безпеку системи.

Ще однією проблемою є вибір відповідних рослин для конкретного кліматичного регіону та умов середовища на даху чи фасаді. Різні види рослин мають різні вимоги до ґрунту, води та освітлення, і необхідно враховувати ці фактори при проектуванні зелених систем. Наприклад, рослини на дахах повинні бути добре адаптовані до високих температур, вітрових умов та вологозберігаючих систем для максимального використання води, яка створюється під час дощів.

Економічні виклики є значною перешкодою для широкомасштабного впровадження вертикального озеленення та зелених дахів. Однією з основних проблем є високі витрати на проектування, встановлення і утримання таких систем. Вартість необхідних матеріалів, спеціалізованого обладнання та

технологій, а також оплата праці кваліфікованих спеціалістів може бути значною, що робить проекти вертикального озеленення менш доступними для більшості розробників і власників будівель [19].

Ще однією економічною проблемою є визначення економічної вигоди від впровадження зелених технологій. Власники будівель часто стикаються з питанням окупності і прибутковості інвестицій в зелені проекти. Незважаючи на потенційні економічні вигоди, такі як зменшення витрат на енергію та підвищення вартості нерухомості, існує необхідність у вивченні і підтримці довгострокових фінансових переваг.

Впровадження вертикального озеленення та зелених дахів також супроводжується соціальними викликами, пов'язаними з прийняттям і підтримкою цих ініціатив місцевими громадами та власниками будівель. Однією з ключових проблем є недостатня освіченість і усвідомленість щодо переваг зелених технологій серед населення та бізнес-спільноти. Багато людей можуть ставити питання щодо ефективності та практичності зелених систем або боятися змін у вигляді міського ландшафту.

Крім того, ініціативи з вертикального озеленення можуть зіштовхуватися з соціальними конфліктами, зокрема між різними групами інтересів, такими як місцеві жителі, розвиток міста і комерційні інтереси. Наприклад, власники будівель можуть відчувати соціальний тиск або опозицію щодо змін у вигляді будівель або земельних ділянок, необхідних для реалізації проектів вертикального озеленення. Вирішення цих конфліктів вимагає ефективної комунікації, участі громадськості та розроблення компромісних рішень.

Таким чином, впровадження вертикального озеленення та зелених дахів стикається з численними технічними, економічними та соціальними викликами, які потребують комплексного підходу та співпраці різних стейкхолдерів для успішної реалізації проектів.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОЇ УКРАЇНИ

3.1. Технічні аспекти вертикального озеленення

Вибір матеріалів для кріплення конструкції до стіни є важливим аспектом. Це можуть бути металеві або пластикові рами, які забезпечують стабільність та довговічність системи.

Субстрат повинен забезпечувати достатню кількість поживних речовин, мати добру водопроникність та бути легким.

Автоматичні системи поливу забезпечують постійний доступ рослин до води та поживних речовин. Вони можуть включати крапельний полив, розпилювачі чи гідропонічні системи.

Для забезпечення оптимальних умов росту рослин важливо враховувати освітлення. Можливо, знадобиться додаткове штучне освітлення для компенсації недостатнього природного світла.

3.2. Технічні аспекти зелених дахів

Гідроізоляція - важливо забезпечити надійну гідроізоляцію для захисту будівлі від проникнення води. Для цього використовуються спеціальні гідроізоляційні мембрани.

Дренажна система - забезпечує ефективне відведення зайвої води та запобігає застою води на даху.

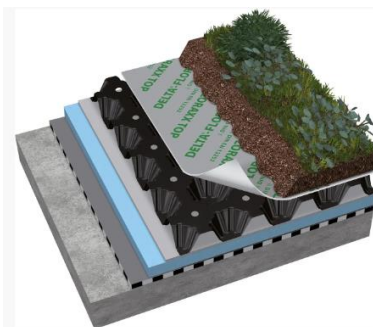


Рис. 19. Дренажна мембрана (висота 20 мм) з перфорацією та геотекстилем для зелених дахів DELTA-FLORAXX TOP

Субстрат - легкий, добре дренований субстрат, який забезпечує рослинам необхідні поживні речовини.

Система поливу - автоматичні системи поливу забезпечують постійний доступ рослин до води. Важливо враховувати необхідність економії води та збереження її якості.





Рис. 20. Конструкція зеленого даху

3.3. Вибір субстрату для зеленого даху:

Рослини на дахах висаджуються в субстрат, який складається зі спеціальних сумішей мінеральних та органічних компонентів, що створюють оптимальні умови для їхнього росту.

Щоб зелений дах функціонував ефективно, дуже важливо правильно підібрати субстрат, який зменшить навантаження на будівлю та забезпечить здоров'я рослин у довгостроковій перспективі. Спеціалізований субстрат для зелених дахів гарантує достатнє живлення для рослин, незважаючи на тонкий шар ґрунту і відсутність інтенсивного догляду.

Склад субстрату залежить від типу озеленення та видів рослин. Він повинен забезпечувати рослинам поживні речовини, воду, механічну підтримку, а також мати добру волого- та повітропроникність і відповідний рівень кислотності. Важливо, щоб субстрат був вільним від насіння бур'янів, шкідників, хвороботворних організмів та токсичних речовин. До нього висуваються жорсткі вимоги щодо довговічності та стійкості до екстремальних погодних умов.

Надлишкова вода має легко проходити через субстрат до дренажної системи даху, щоб запобігти заболочуванню та затопленням, одночасно зберігаючи достатню вологу для рослин між дощами. Є обмеження на насипну щільність субстрату у сухому та насиченому водою стані. Зазвичай, для досягнення потрібних властивостей використовується високий вміст мінеральних компонентів та менша частка органічних речовин. Органічні компоненти, такі як торф і компост, додаються у невеликій кількості (5-10% для екстенсивного озеленення і до 20% для інтенсивного озеленення), оскільки вони мають короткий термін служби і можуть втрачати свої властивості з часом.

Агрофізичні та хімічні властивості субстрату разом із його глибиною визначають, які види рослин можна вирощувати на зеленому даху. Товщина субстрату для екстенсивного озеленення складає від 30 до 150 мм, а для інтенсивного — понад 150 мм.

Ми вважаємо, що подрібнена цегла є найефективнішою основою для створення субстратів для дахів через її легку вагу, здатність поглинати до 20% води, довговічність та стійкість до вивітрювання і промерзання. В наших сумішах для дахів використовуються різні фракції подрібненої цегли (2-5 мм, 5-10 мм та 5-15 мм). Для легших субстратів додаємо дроблений керамзит. Як органічні добавки використовуються верховий і низинний торф, мелені соснові кора та біогумус як добриво пролонгованої дії.



Багато дослідників обговорюють різні методи створення природних середовищ на дахах, включаючи природне заселення і використання дернових

покриттів. Такі проекти можуть служити домівкою для багатьох видів жуків, комах і птахів.

Зелений дах забезпечує додатковий ізоляційний шар, що допомагає знизити енергоспоживання для опалення і охолодження будівель. Канадські дослідники Лю і Баскаран виявили, що потреба в енергії для кондиціонування приміщень зменшилася більш ніж на 75% завдяки теплоізоляційному ефекту зеленого даху. Порівняння звичайного і зеленого даху показало зниження енергоспоживання з 6,0-7,5 кВтг/день до менш ніж 1,5 кВтг/день для зеленого даху. Обидва дахи в експерименті мали однакову площу в 72 м².

Зелені дахи можуть допомогти знизити ефект міського теплового острова. Дослідження в Оттаві показало, що температура на звичайному даху досягала 55 °С, тоді як на типовому зеленому даху вона залишалася близько 21 °С. Лю і Баскаран також відзначили, що зелений дах зменшує добові коливання температури, що в середньому становили 45 °С для звичайного даху і лише 6 °С для зеленого даху.

3.4. Дослідження температурних параметрів поверхонь, які можуть бути використані для вертикального озеленення та створення зелених дахів.

У квітні-травні 2024 року нами було проведено практичні дослідження щодо вимірювання різниці температур атмосферного повітря і поверхонь, які можуть бути використані для вертикального озеленення та створення зелених дахів.

Згідно з нашими дослідженнями температура повітря та зовнішньої поверхні залізобетонних та цегляних стін відрізняється в середньому на 5-7°C у весняно-літній період (залежить від кольору поверхні і матеріалу).

А температура плоских дахів, які вкриті темним покрівельним матеріалом може відрізнятись навіть на 15-20°C. Результати досліджень представлено в таблиці.

Заміри проводились в один і той же час, о 14.00 за допомогою лазерного безконтактного пірометра BENETECH GM320.

Таблиця – Результати спостережень за температурою повітря і поверхонь, придатних для озеленення

Дата	Температура повітря, °C	Температура залізо-бетонної стіни, °C	Температура цегляної стіни, °C	Температура поверхні даху, °C
16.04.24	26	$30 \pm 0,5$	$29 \pm 0,6$	$40 \pm 0,8$
17.04.24	27	$32 \pm 0,7$	$31 \pm 0,5$	$43 \pm 0,6$
18.04.24	28	$34 \pm 0,6$	$30 \pm 0,6$	$46 \pm 0,7$
29.05.24	29	$35 \pm 0,5$	$33 \pm 0,7$	$48 \pm 0,8$
30.05.24	30	$37 \pm 0,7$	$36 \pm 0,7$	$47 \pm 0,8$
31.05.24	28	$24 \pm 0,8$	$30 \pm 0,6$	$45 \pm 0,5$

3.5. Вибір рослин для вертикального озеленення

Нами було проаналізовано 6 видів рослин, які найчастіше використовуються для вертикального озеленення.

Популярні ліани для вертикального озеленення: дівочий виноград, актинідія, лимонник, жимолость, плющ, княжик.

Ці рослини широко використовуються в садах завдяки своїй невибагливості та простоті догляду.

Дівочий виноград є багаторічною рослиною з гарним листям, яке розпускається ранньою весною і залишається щільним протягом літа, створюючи зелену «ширму». Восени листя набуває красивого бордового відтінку. Рослина невибаглива, але має один недолік – втрачає листя на зиму. Якщо потрібна вічнозелена огорожа, краще звернути увагу на плющ.

Плющ та його різновиди мають гарні листові пластини, які в залежності від сорту можуть бути різних кольорів: зелені з білими плямами, з жовтою окантовкою або смугасті. Ці рослини допомагають урізноманітнити зовнішній вигляд парканів. Плющ є вічнозеленою рослиною, що забезпечує декоративність композиції протягом усього року. Спочатку він нарощує зелену масу, але з часом стає тільки гарнішим.

Актинідія є декоративною та практичною ліаною, оскільки дає смачні плоди. Її часто використовують для озеленення арок і альтанок, де влітку необхідна густа тінь. Актинідія скидає листя на зиму, проте сама рослина досить морозостійка.

Жимолість є багаторічником, що має чудове листя та ароматні суцвіття. Найчастіше зустрічається жимолість японська. Вона швидко нарощує зелену масу і потребує опору.

Княжик, відомий також як клематис, має невеликі квіти, проте їхня рясність та швидкість зростання компенсують цей недолік. Ця рослина невибаглива і може рости майже будь-де, завоювавши серця багатьох садівників.

Лимонник – це декоративна ліана, яка також дає смачні та корисні ягоди. Її ароматне листя можна використовувати для приготування чаю.

Ці рослини є найпопулярнішими для вертикального озеленення і можуть використовуватися як у приватних домоволодіннях, так і в міських парках. Догляд за ними є мінімальним.

Існує багато інших рослин, які можна використовувати для створення красивих вертикальних панно. Наприклад, плетисті троянди та гортензії, різні сорти клематисів, кірказон і деревогубець. Проте їх використання потребує більше часу для догляду. Для міського вертикального озеленення часто обирають найвитриваліші рослини зі стандартного списку. Однак для озеленення приватних ділянок ці рослини теж підходять.

Для вертикального озеленення також можна використовувати декоративні трави, однорічні рослини та навіть овочі, але для цього потрібні спеціальні конструкції.

Вибір конструкцій для підтримки ліан залежить від обраних рослин. Деякі рослини можуть самотійно «підніматися» по стінах, тоді як інші потребують додаткової підтримки. Плющ, наприклад, самотійно закріплюється на стінах завдяки спеціальним присоскам.

Для княжика, лимонника та інших рослин потрібні спеціальні опори, які можна виготовити з дерева, металу, сітки або ниток. Якщо це стіни або паркани, то конструкції розташовують паралельно з основою. Відстань між основою і конструкцією має бути не більше 5 см. Розташування рослин на опорі зручне, оскільки дозволяє легко ремонтувати стіни будівель або паркани, а також спрощує догляд за рослинами.

Кожен вид ліан має свої переваги та недоліки, які варто враховувати при виборі рослин для вертикального озеленення.

Переваги:

- Дівочий виноград: невибагливість, швидке зростання, декоративне листя.
- Плющ: вічнозелена рослина, різноманітність кольорів листя.
- Актинідія: декоративність, смачні плоди, морозостійкість.
- Жимолість: ароматні суцвіття, швидке зростання.
- Княжик: невибагливість, рясне цвітіння.
- Лимонник: декоративність, смачні та корисні ягоди.

Недоліки:

- Дівочий виноград: скидає листя на зиму.
- Плющ: потребує часу для нарощування зеленої маси.
- Актинідія: скидає листя на зиму.
- Жимолість: потребує опор.
- Княжик: може вимагати спеціальних умов для рясного цвітіння.
- Лимонник: потребує спеціальних опор.

Важливо враховувати, що кожна рослина має свої особливості, які впливають на загальний вигляд і догляд за озелененням.

На основі аналізу переваг і недоліків найпоширеніших рослин, нами було обрано виноград триострений Вічі (Veitchii) (рис.).



Рис. 21. Виноград триострений Вічі

Виноград триострений Вічі є чудовою декоративною листопадною ліаною, яка не потребує підв'язування завдяки присоскам, що дозволяють їй кріпитися до будь-якої поверхні. Вона може виростати до 20 метрів заввишки, з щорічним приростом 1-2 метри. Листя цієї рослини розташоване одне над одним, утворюючи густе, плоске, і гладке зелене покриття, яке ефективно захищає від диму та пилу.

Виноград триострений любить світло, але також добре переносить тінь, тому його можна висаджувати як на сонячних ділянках, так і в півтіні.

Відстань між рослинами при посадці повинна бути близько 1 метра. Пересадка проходить без проблем. Ця ліана невибаглива, добре переносить зимові умови і не потребує особливого догляду, за винятком коригувальної обрізки. Вона росте на будь-яких типах ґрунту, але у вологих місцях потребує дренажу.

Станом на травень 2024 року ціна за 1 саджанець розміром 10-20 см становить 130 грн. Враховуючи, що рослина багаторічна, а також всі еколого-економічні ефекти, які вона може дати, ціна цілком прийнятна.

Щодо озеленення дахів - при підборі трав'янистих рослин перевага надається видам, які витримують заморозки та яким буде достатньо опадів у вигляді дощу (наприклад, очиток, газонні трави). Пріоритетно вибирати рослини з кореневою системою, що росте поверхнею (злаки або мохи). Часто

в озелененні дахів використовують низькорослі квіти, що розмножуються самосівом. До них відносять волошки, маргаритки, вівсяницю, гвоздику, дзвіночок та ін. Можна посадити швидкорослі кучеряві рослини (квасоля вогненна, запашний горошок) або трави (шавлія, чебрець, лаванда).

3.6. Практичні рекомендації щодо впровадження вертикального озеленення та зелених дахів у міській забудові Центральної України

Впровадження вертикального озеленення та зелених дахів у міській забудові Центральної України є ефективним способом покращення екологічного стану міських територій та підвищення якості життя мешканців. Нами було розроблено практичні рекомендації для успішної реалізації таких проєктів:

1. Перед впровадженням вертикального озеленення та зелених дахів необхідно провести детальну оцінку архітектурних та технічних можливостей будівель. Особливу увагу слід звернути на:

- несучі здатності стін і дахів для додаткового навантаження від ґрунту та рослин.

- стан існуючих комунікацій, щоб уникнути пошкоджень та забезпечити доступ до обслуговування.

2. Для вертикального озеленення та зелених дахів слід обирати рослини, які добре пристосовані до кліматичних умов Центральної України:

- для вертикального озеленення підійдуть дівочий виноград, актинідія, жимолість та плющ, які мають високу стійкість до зміни температур та вологості.

- для зелених дахів можна використовувати різноманітні трав'янисті рослини, седуми, мохи та сукуленти, які мають невибагливість до ґрунтів та високий рівень адаптації до умов міського середовища.

3. Технології впровадження:

- Вертикальне озеленення: використання модульних конструкцій, які можна легко монтувати на фасади будівель. Важливо забезпечити надійне кріплення конструкцій та системи автоматичного поливу.

- Зелені дахи: вибір системи дренажу та гідроізоляції, щоб запобігти протіканню. Використання легких субстратів для зменшення навантаження на дах. Розробка системи поливу, яка дозволить забезпечити достатню вологість рослинного покриття.

4. Обслуговування та догляд:

- Регулярне проведення технічного обслуговування систем поливу та дренажу.

- Професійний догляд за рослинами, включаючи обрізку, підживлення та захист від шкідників.

5. Соціальна та екологічна обґрунтованість:

- Проведення інформаційних кампаній для населення про користь вертикального озеленення та зелених дахів.

- Залучення місцевих громад та організацій до проєктів озеленення для підвищення екологічної свідомості.

Впровадження цих рекомендацій сприятиме покращенню мікроклімату в містах Центральної України, зменшенню рівня забруднення повітря, а також створенню естетично привабливих та комфортних міських просторів.

ВИСНОВКИ

1. Огляд літератури свідчить про значний потенціал вертикального озеленення та зелених дахів у поліпшенні екологічної, економічної та соціальної ситуації в містах. Вибір відповідних рослин, технічні рішення та врахування викликів дозволяють створювати ефективні, довговічні та естетично привабливі зелені насадження, що сприятимуть покращенню якості життя в міських умовах.

2. Вертикальне озеленення та зелені дахи мають значний позитивний вплив на міське середовище, сприяючи зниженню температури повітря, зменшенню шумового та атмосферного забруднення, а також покращенню енергозбереження та мікроклімату будівель. Рослини, розташовані на дахах та фасадах, сприяють охолодженню повітря через транспірацію та відбиття сонячного випромінювання, що допомагає зменшити ефект теплового острова в міських зонах. Це створює більш комфортні умови для мешканців, особливо в умовах глобального потепління.

Поліпшення якості повітря, зниження витрат на охолодження та опалення, а також створення сприятливих умов для біорізноманіття є додатковими перевагами зелених дахів та вертикального озеленення. Ці системи поглинають вуглекислий газ і виробляють кисень, зменшуючи концентрацію шкідливих речовин і пилу, що покращує здоров'я мешканців міст.

Водночас, впровадження зелених технологій стикається з технічними, економічними та соціальними викликами. Необхідність забезпечення надійної конструкції для підтримки рослин, високі витрати на установку та утримання, а також необхідність підвищення обізнаності та підтримки серед населення і бізнес-спільноти вимагають комплексного підходу та співпраці між різними стейкхолдерами.

Таким чином, успішне впровадження вертикального озеленення та зелених дахів у міській забудові Центральної України може значно покращити

екологічний стан міст та якість життя їх мешканців, за умови подолання існуючих викликів і перешкод.

3. Для вертикального озеленення та зелених дахів слід обирати рослини, які добре пристосовані до кліматичних умов Центральної України:

- для вертикального озеленення підійдуть дівочий виноград, актинідія, жимолість та плющ, які мають високу стійкість до зміни температур та вологості.

- для зелених дахів можна використовувати різноманітні трав'янисті рослини, седуми, мохи та сукуленти, які мають невибагливість до ґрунтів та високий рівень адаптації до умов міського середовища.

4. Ми рекомендуємо для вертикального озеленення в умовах Кіровоградщини використовувати Виноград триострений Вічі.

Список використаних джерел

1. Солоненко В. І. Класифікація видів вертикального озеленення в ландшафтному будівництві / В. І. Солоненко, О. В. Ватаманюк // Сільське господарство та лісівництво. - 2017. - № 5. - С. 126-136. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/agf_2017_5_18.
2. Vertical garden Patrick Blanc. – Режим доступу: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/>. – Назва з екрану.
3. Климчик О. М. Можливості застосування вертикального озеленення в містах України / О. М. Климчик // Екологічні науки. - 2020. - № 7. - С. 51-55. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekolnauk_2020_7_11.
4. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування і забудова територій [Чинні від 2019-10-01]. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/b_2_2_12/1-1-0-1802#load (дата звернення: 02.01.2024).
5. Адаптація до зміни клімату: зелені зони міст на варті прохолоди. Київ, 2016. URL: http://necu.org.ua/wp-content/uploads/2016/08/buklet_kyiv_ua.pdf (дата звернення: 04.01.2021).
6. Вертикальне озеленення. URL: <https://sadgorod.dekorativni-roslini/vertikalne-ozelenennya/.in.ua/> (дата звернення: 10.01.2024).
7. Климчик О.М., Кучерук В.М. Альтернативні системи озеленення для забезпечення теплового комфорту мікроклімату міста. Техногенно-екологічна безпека України: стан та перспективи розвитку/ТЕБ-2019 : матеріали ІХ Всеукр. інтернет-конф., 04–15 лист. 2019 р. Ірпінь : Ун-т ДФС України, 2019. С. 264–267.
8. Настич І. 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_v_ertikalnogo_ozelenennya_v_ukrayini (дата звернення: 09.04.2024).
9. Тимошенко В.О. Вертикальне озеленення в Україні: сучасний стан та перспективи розвитку. Сучасні проблеми природничих наук : матеріали

Наук. інтернет-конф. молодих вчених (1 груд. 2020, Мелітополь). Мелітополь, 2020. С. 169–173.

10. Брагина В.И., Белова З.Л., Сидоренко В.М. Вертикальное озеленение зданий и сооружений. Киев : Будівельник, 1980. 173 с.

11. Системи вертикального озеленення (VGS) для енергозбереження в будівлях. URL: <https://dendro.kyiv.ua/systemyvertikalnogo-ozelenennya-vgs-dlya-energozberezhennya-v-budivlyah.html> (дата звернення: 10.05.2024).

12. Солоненко В.І., Ватаманюк О.В. Класифікація видів вертикального озеленення в ландшафтному будівництві. Сільське господарство та лісівництво. 2017. № 5. С. 126–136.

13. Варлащенко Л.Г., Поліщук В.В., Величко Ю.А. Використання витких рослин для вертикального озеленення Уманського національного університету садівництва. Науковий вісник НЛТУ України. 2017. Т. 27. № 4. С. 28–31. URL: <https://doi.org/10.15421/40270405>.

14. Швець В.В. Формування екологічного каркасу міста. Укриття під зеленим покривом // В.В. Швець, К.С. Руденко, О.Г. Веремій // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві», 2010. – №2(27). – С. 139-143.

15. Богун К.В. Соціально-економічні та екологічні наслідки озеленення дахів будівель. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=1804>. – Дата доступу: 06.05.2015.

16. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць / В. П. Кучерявий. – Львів: Світ, 2005. – 456 с.

17. Castleton H.F. Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit / H.F. Castleton, V. Stovin, S.B.M. Beck, J.B. Davison // Energy and Buildings. – 42, 2010. – P. 1582- 1591.

18. Міняйло М.А. Сади на дахах та їх соціально-економічний вплив/ М.А.Міняйло, О.І.Філоненко // Сборник научных трудов строительство, материаловедение, машиностроение, 2015. – Вып. 81. – С. 111- 118.

19. Hooker, J and Hendricks, N.; "Green Roofs of Europe"; Presented by the International Waterproofing Association at the 107 th Annual Conference and Exhibit of the National Association of Roofing Materials, San Francisco, California, 1994.

20. Mora-Melià. Viability of Green Roofs as a Flood Mitigation Збірник наукових праць ДонНАБА № 1 – 2019 (15) 28 Element in the Central Region of Chile // Sustainability 2018. – № 10. – P. 1130-1148. – doi:10.3390/su10041130.

21. Alshayeb M.J. Variations of PV Panel Performance Installed over a Vegetated Roof and a Conventional Black Roof / M. J. Alshayeb, J. D. Chang // Energies. – 2018. – №11. – 1110-1123. – doi:10.3390/en11051110.

22.. Ткаченко Т. М. Проблеми класифікації та використання «зелених конструкцій» у екологізації сучасних міст. Архітектура. Будівництво. Дизайн. // III Міжнар. наук.-практичн. конгрес: «Міське середовище – XXI ст.», тези доповідей. – Київ: НАУ, 2018. – С. 50-52.

23. Ткаченко Т. М. Сучасний стан використання "зелених конструкцій" в урбоценозах / Т. М. Ткаченко, О. А. Ткаченко // Збірник наукових праць Донбаської національної академії будівництва і архітектури. - 2019. - № 1. - С. 3-30. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/zbnpdnaba_2019_1_3.

24. Vertical garden Patrick Blanc. – Режим доступу: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/>. – Назва з екрану.

25. Bagheri F. Understanding the Performance of Vertical Gardens by Using Building Simulation and its Influences on Urban Landscape. ACE: Architecture, City and Environment. 2021. № 16(47). doi:10.5821/ace.16.47.10321

26. Harsh Mahendrakumar Patel, Sandhya R. Verma, Hitesh A. Solanki. Vertical gardens as a restoration component in urban spaces: A Review. SSRN Electronic Journal. 2022. Vol. 10. P. 303-306 doi: 10.2139/ssrn.4065857 3. Kahraman Ö., Erman D.. Evaluation of Yalova City Center and Çiftlikköy District in Terms of Vertical Garden. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi. 2021. №17(2), С. 258-268