

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-26-03>
УДК (UDC) 502.34:352

А. А. ГРЕЧКО

аспірант кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи
e-mail: a.a.hrechko@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9987-2586>
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи, 6, м. Харків, 61022, Україна

ДОСВІД ТА ПЕРЕВАГИ ЗАСТОСУВАННЯ ЗЕЛЕНИХ ДАХІВ ЯК ЕЛЕМЕНТУ ЗЕЛЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Мета. Аналіз міжнародного досвіду з застосування такого елементу зеленої інфраструктури як зелені дахи, визначення способів їх реалізації, переваг від використання.

Результати. Сучасні процеси урбанізації призводять до скорочення кількості зелених насаджень, зміни клімату, збільшення міського теплового острова, збіднення біорізноманіття тощо. Використання стратегії зеленої інфраструктури пропонує фундамент для подальшого стійкого розвитку міст. Зелена інфраструктура відіграє ключову роль у пошуку балансу між природою та урбанізацією. Вона здатна вирішити низку проблем, а також покращити якість екосистемних послуг. Здійснено аналіз наукових джерел щодо питання застосування такого елементу зеленої інфраструктури як зелені дахи. Встановлено, що зелені дахи мають дуже давню історію створення у Скандинавських країнах їх вжиток сягає 1500 років, у країнах Європи найбільш просунутою країною є Німеччина. Реалізація зелених дахів має суттєві переваги при правильній реалізації здатен надавати широкий спектр екосистемних послуг. Проте існують певні тонкощі для їх правильної реалізації.

Висновки. Реалізація технології зелених дахів у різних країнах має різні особливості, спільним є те, що при виборі рослин необхідно використовувати місцеві рослини, які адаптовані до кліматичних умов певної місцевості, необхідним є законодавче підґрунтя, що дозволяє розвивати цю ідею. Враховуючи всі переваги від використання цієї технології їх реалізація є необхідністю сьогодення для адаптації до змін клімату.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: зелена інфраструктура, екосистемні послуги, зелені дахи, біорізноманіття, переваги зелених інвестицій

Як цитувати: Гречко А. А. Досвід та переваги застосування зелених дахів як елементу зеленої інфраструктури. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2022. Вип. 26. С. 32-42. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-26-03>

In cites: Hrechko A. A. (2022). Experience and benefits of using green roofs as an element of green infrastructure. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (26), 32-42. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2022-26-03> (in Ukrainian)

Вступ

Наразі використання стратегії зеленої інфраструктури набирає все більше обертів. Її розвитком займаються науковці з різних країн світу, у тому числі Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна в межах виконання проекту міжнародного Вишеградського фонду «Зелено-голуба інфраструктура у містах країн колишнього СРСР – вивчаючи спадщину та досвід країн Вишеградської четвірки», в рамках якого було проведено семінари, а також літню школу у Яремче для аспірантів за участю Харківського національного університету імені В. Н.

Каразіна, Одеського державного екологічного університету, Інституту екології Карпат НАН України, у якій були залучені спікери з різних країн, які займаються цією проблематикою.

Використання концепції зеленої інфраструктури у різних країнах мають різний масштаб та характер, адже у деяких країнах Європи таких як Велика Британія чи Швеція застосування стратегії зеленої інфраструктури прописано на законодавчому рівні. Зважаючи на розрізненість елементів зеленої інфраструктури цікавим є розгляд тих елементів,

які є не розповсюдженими на теренах України. Зелені дахи є досить розповсюдженою технологією озеленення, якою користуються різні країни, однією з найбільших переваг застосування цього елемента зеленої інфраструктури це відсутність необхідності виділення спеціальної території, що у межах урбосистеми буває досить складно.

Мета. Аналіз міжнародного досвіду з застосування такого елемента зеленої інфра-

Результати дослідження

Хоча історія застосування концепції зеленої інфраструктури має не досить довгу історію [1] використання зелених дахів та зелених стін сягає далеко та має 1500 річну історію [2]. Незважаючи на недовгу історію зелена інфраструктура має значну кількість визначень (табл. 1), а головне значну кількість переваг серед яких слід виокремити: покращення візуального середовища міста, через збільшення кількості зелених насаджень, які створюють більш комфортне візуальне середовище [3] покращення якості здоров'я шляхом більшої кількості місць для дозвілля як пасивного так і активного, більшої кількості свіжого повітря, зменшує кількість пилу та аерозолів в повітрі, збагачує киснем, виконує функції покращення мікроклімату, забезпечують підтримку біорізноманіття в місті тощо.

структури як зелені дахи, визначення способів їх реалізації, переваг від використання.

Дослідження проведено шляхом здійснення аналізу, синтезу, узагальнення отриманих даних з наукових джерел у сфері: реалізації стратегії зеленої інфраструктури шляхом використання зелених дахів та зелених стін, підходи до реалізації, перспективи використання та складності у процесі реалізації та експлуатації.

У плануванні зеленої інфраструктури можливо виокремити певні принципи її організації та управління: пов'язаність, багатфункціональність, цілісність та соціальна включеність.

З усіх визначень зеленої інфраструктури можна зробити узагальнення, що це стратегічно спланована та реалізована мережа, що складається з елементів як природного так і напівприродного походження, при керуванні якою відбуваються природні процеси, які здатні виконувати широкий спектр екосистемних послуг, які дають змогу краще адаптуватись до змін клімату й уповільнити їх темп. Найрозповсюдженіші елементи зеленої інфраструктури представлені на рис. 1.

Попри розрізненість елементів зеленої інфраструктури вони мають спільні характеристики:



Рис.1 – Найбільш поширені елементи зеленої інфраструктури

Fig. 1 - The most common elements of green infrastructure

Таблиця 1

Відмінності в тлумаченні поняття зелена інфраструктура

Table 1

Differences in the interpretation of the concept of green infrastructure

Автор	Визначення	Ключовий аспект
Європейська Комісія [4]	Стратегічно спланована мережа природних і напівприродних територій з різними екологічними особливостями, розроблена та здатна надавати широкий спектр екосистемних послуг, таких як очищення води, покращення якості повітря, створення місць для відпочинку та пом'якшення наслідків зміни клімату і адаптація до них	Що ЗІ може виступати як природні так і напівприродні території, які здатні надавати екосистемні послуги.
Асоціація міського та сільського планування Великої Британії [5]	Це субрегіональна мережа територій, які охороняються, заповідних зон, зелених насаджень та зелених стежок.	Субрегіональність як визначення масштабу території.
Троулас [6]	Всі природні, напівприродні, штучні мережі багатофункціональних екологічних систем всередині, навкруги та між міськими районами у всіх просторових масштабах.	Ключове, що ЗІ діє у всіх просторових масштабах.
Даувер [7]	Сума екологічно активних районів включаючи окремі елементи і стратегічно сплановані та реалізовані мережі високоякісних зелених насаджень та інших елементів навколишнього середовища, включаючи такі поверхні як тротуари, парковки, під'їзні дороги, дороги, будівлі (зовнішні та внутрішні), які включають біорізноманіття та просувають екосистемні послуги.	Ключовим є взаємодія між елементами навколишнього середовища, які націлені на забезпечення екосистемних послуг, а також важливим є включення у ЗІ поверхні.
Стратегія ЕРА [8]	Стратегічно спланована реалізована мережа, яка включає широкий спектр високоякісних зелених насаджень і інших об'єктів НС, а також поверхні такі як тротуар, парковки, дороги, будівлі, які були модифіковані для включення біорізноманіття та екосистемних послуг.	Ключовим є те, що мережа повинна включати не тільки зелені насадження, а й містити модифіковані об'єкти інфраструктури.
Стратегія ЕРА [8]	Це підходи та технології керування, які використовують, покращують або імітують процеси природнього гідрологічного циклу інфільтрації, евапотранспірації, повторного використання.	У визначенні ключовим є те, що ЗІ це підходи та керування, які дозволяють імітувати природний цикл води.
Керівництво ЗІ [9]	Це стратегічно спланована реалізована мережа, яка включає широкий спектр високоякісних зелених насаджень і інших об'єктів НС.	Мережа, що містить високоякісні об'єкти НС.

- рослинність, яка забезпечує середовище існування;
- ґрунт відповідного об'єму, вмісту корисних речовин та дренажних характеристик;
- зв'язок з дощовими, ливневими та оборотними водами з періодичністю і кількістю достатнє для підтримки здоров'я рослин і ґрунту;
- потужності з очистки води з використанням природнього процесу фільтрації місцевих джерел води;

- ємності для зберігання води в ґрунті або наземному просторі для затримання ливневої води [10].

Серед всіх елементів зеленої інфраструктури важливу роль займають зелені дахи. Зеленими дахами називають будь-який дах, який є оснащеним зеленими технологіями. Використання даного елемента зеленої інфраструктури не передбачає вилучення території, адже використовуються поверхні

дахів як житлових приміщень так і інших будівель, які мають відповідні критерії для можливості реалізації даної технології. Історія застосування цієї технології сягає глибоко у давнину, прикладами її використання є Сади Семіраміди, також варто зазначити, що у країнах Скандинавії даний прийом застосовували ще у 15 ст. для регулювання температури будівлі. У містах Німеччини до зелених дахів прийшли випадково, вони покривали крівлі смолою, що робило будівлі гідроізолювальними, але при пожежі приносило більш руйнівні наслідки, там було вирішено, що верхній ізолюючий шар необхідно покрити піском та гравієм і там природним шляхом з'явилися трав'янисті рослини.

У світі наразі все частіше звертаються до отримання максимального ефекту від вкладання інвестицій, тому необхідним є тлумачення повного спектру переваг для об'єктивізації необхідності вкладання інвестицій. Коли мова йде про вкладання коштів у «зелені ініціативи» все частіше звертаються до екосистемних послуг. Екосистемні послуги – загальний термін для переваг, які утримує людина від екосистем, включно : культури, продовольчі, підтримуючі [11, 12].

Зелені дахи як і інші елементи зеленої інфраструктури надають широкий спектр екосистемних послуг, а саме:

1. Пом'якшення ефекту міського острова тепла;
2. Поглинання та утримання опадів;
3. Оптимізація міського ландшафту з покращенням біорізноманіття;
4. Покращення якості повітря;
5. Зниження шумового навантаження;
6. Збільшення естетичної цінності та комфорту;
7. Простір для виробництва їжі [11, 12, 13, 14].

Міський острів тепла – це метеорологічне явище, коли через діяльність людини температура у містах вище ніж у навколишніх місцевостях [15, 16]. Перша екосистемна послуга, яка надається зеленими дахами є однією з ключових, адже як і всі елементи зеленої інфраструктури допомагає краще адаптуватись до глобальних змін клімату. Звичні крівлі дахів несуть значний вклад у міський острів тепла, адже за рахунок в основному темного кольору крівель поверхні

сильно нагріваються, тим самим збільшуючи його та зменшуючи альbedo. У своєму дослідженні [17, 18] автори виявили таку закономірність, що альbedo при використанні технології зелених дахів варіюється у межах 0,7-0,85, в той час як за тих самих умов звичайні крівлі будівель мають альbedo в межах 0,1-0,2.

Натомість зелені дахи – затримують опади, охолоджують поверхню крівлі влітку, а взимку навпаки затримують тепло, що в свою чергу позитивно впливає на енергоефективність будівель [19-22], тобто влітку знижується кількість спожитої енергії для роботи кондиціонерів, а взимку – знижуються витрати на опалення. Проте таких успіхів можна досягти лише при вдалому використанні даної зеленої технології тому необхідним є переймання досвіду інших країн. Досвід застосування зелених дахів у різних країнах світу представлено у таблиці 2.

Не дивлячись на те, що досвід використання зелених дахів у різних країнах світу значно різняться можна охарактеризувати загальну картину так: активна фаза реалізації почалась у 2000-х роках, в багатьох країнах існує законодавче підґрунтя застосування цих технологій у переважній більшості питань реалізації постають в рамках кліматичних змін. Всі розглянуті в межах дослідження країни мають досить розрізнені кліматичні умови: тому охарактеризувати найтипівішу підбірку рослинних угруповань для озеленення дахів досить важко. Проте, загальна концепція при виборі рослин у всіх країнах однакова – рослини повинні бути представниками місцевих видів рослин, які є стресостійкими до екстремальних погодних умов, адже посадка буде здійснена на висоті. Так для країн Скандинавії характерними видами рослин є мохи, седуми, а також різнотрав'я. Для країн Європи характерним є використання: чагарників, хвойних, монокультурні посадки рослин, килимки з моху.

У конструкції зелених дахів переважає більш-менш однакова конструкція, спрощений вигляд якої має таку будову: 1. Фільтруюча мембрана та водонепроникна мембрана; 2. Дренажна плівка; 3. Середовище для зростання; 4. Ландшафтні матеріали (рослини). Більш розширену будову представлено на рис. 2.

Таблиця 2

Головні риси під час використання зелених дахів у різних країнах [23]

Table 2

Main features when using green roofs in different countries [23]

Країна	Головні риси	Підґрунтя
<i>Канада</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Бере свій початок з 1990-х років; - розуміння важливості включення зелених дахів як елементів ЗІ, які несуть значні переваги у наданні екосистемних послуг; - розуміння опосередкованих переваг; - проведення заходів щодо роз'яснення важливості технологій зелених дахів; - рослини як польові так і сухостійкі, що притаманні місцевості; 	<ul style="list-style-type: none"> - Програми LED, законодавче підґрунтя, фінансування з боку місцевої влади, економічне стимулювання заходів; - державна політика;
<i>Австралія</i>	<ul style="list-style-type: none"> - незначні темпи розвитку, адже бере свій початок у 2000 роках; - існує необхідність їх створення адже міста - 85% населення; - облаштовують зелені дахи на вже існуючих будівлях; - рослини переважно сухостійкі місцеві види; 	<ul style="list-style-type: none"> - програма «План до зеленого даху Мельбурна» - проєкт Tillandsia SWARM\$
<i>Німеччина</i>	<ul style="list-style-type: none"> - почато шлях ще з часів початку індустріалізації; - є провідною Європейською країною у розповсюдженні зелених дахів; - найбільша кількість зелених дахів у світі; - найсучасніші технології; - рослини переважно місцеві види за смаком проєктувальника; 	<ul style="list-style-type: none"> - Німецьке товариство ландшафтних досліджень, розробок та будівництва – некомерційна організація, яка видає всі керівні принципи реалізації зелених дахів; - Директива щодо питання зелених дахів;
<i>Польща</i>	<ul style="list-style-type: none"> - початок 1990 роки, зростання ринку зелених дахів останні 10 років; - значна вартість інвестицій для реалізації; - проблеми з реалізацією через зміни поверхні даху; - рослини представлені седумами; <u>основні бар'єри з реалізації:</u> - відсутність необхідної кількості знань; - відсутність законодавчого базису, що дало б змогу мотивувати суспільство їх створювати; - відсутність стандартів щодо встановлення; 	<ul style="list-style-type: none"> - не згадується прямо у законодавстві; - містяться опосередковані відомості; - за наявності обмеження забудови земельних ділянок у місті, зелені дахи дають змогу компенсувати 50 % шкоди, тобто використання зелених дахів дає змогу розширювати будівництво.
<i>Країни Латинської Америки</i>	<ul style="list-style-type: none"> - розвиток з кінця 1990 років; - облаштування зелених дахів знаходиться на стадії зародження; - мають власні правила для реалізації та проєктування технології; - існує розуміння необхідності реалізації зелених стратегій; - сухостійкі рослини; <u>основні бар'єри з реалізації:</u> - через екстремальні погодні умови, існує необхідність ускладнювати конструкцію зелених дахів, бо існує необхідність утримувати вологу для підтримки функціонування зелених дахів; 	<ul style="list-style-type: none"> - підтримка у науковому колі; - пропагування у ЗМІ; - немає національної політики у цій сфері; - існують регіональні рекомендації, які сприяють формуванню стратегії реалізації ЗД; - наявні муніципальні плани, які просувають реалізацію стратегії;

Продовження таблиці 2		
<i>Швеція</i>	<ul style="list-style-type: none"> - сучасного вигляду набрали у 2000 роках; - існує один з найбільших зелених дахів у Європі розміром 4 футбольні поля; <u>основні бар'єри з реалізації:</u> - значна вартість реалізації; 	<ul style="list-style-type: none"> - при наявності зелених дахів у проєктах будівлі дозволяють збільшувати кількість поверхів; - існують муніципальне інвестування у розвиток зелених дахів; - Скандинавський інститут зелених дахів – організація, яка займається цим питанням;
<i>Данія</i>	<ul style="list-style-type: none"> - починаючи з 2010 року зелені дахи є частиною містобудування; - створено ботанічний сад на дахах будівель у перспективі цей сад буде розташовано на 4 окремих будівлях, які буде об'єднано зеленими коридорами на значній висоті; 	<ul style="list-style-type: none"> - затверджено план очищення стічних вод при реалізації якого застосовують зелені дахи для вирішення проблем водовідведення, в т.ч. очищення стоків; - частина кліматичного плану Копенгагену;
<i>Норвегія</i>	<ul style="list-style-type: none"> - розроблено рекомендації щодо встановлення технології зелених дахів; - бажання встановлення зелених технологій; - застосування седумів як переважаючих рослин на дахах задля створення сприятливого місцевого клімату; 	<ul style="list-style-type: none"> - Програма «Міста майбутнього»; - Програма «Міської екології 2011-2026 р.»;
<i>Фінляндія</i>	<ul style="list-style-type: none"> - роботи з реалізації зелених дахів ще не розпочато; <u>основні бар'єри з реалізації:</u> - відсутність досліджень; - вартість реалізації; 	<ul style="list-style-type: none"> - розпочато роботу у галузі досліджень питання ефективності та реалізації зелених дахів; - у Гельсінкі прийнято вказівки щодо посилення будівництва зелених дахів;
<i>Сінгапур</i>	<ul style="list-style-type: none"> - починаючи з 2003 року вони реалізують різні підходи до використання дахів у тому числі зелені паркінги на дахах, сади, огороди; - в них є концепція садів на дахах; - перевагу надають сухостійким рослинам, які як найкраще підходять кліматичним умовам регіону; 	<ul style="list-style-type: none"> - «зелені Skyrise»- термін популярний серед політиків та архітекторів, що буквально означає «вбудова природи»;

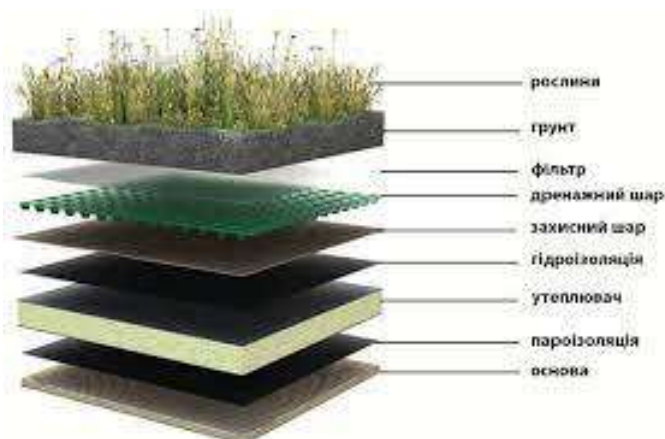


Рис. 2 – Розширена конструкція зелених дахів

Fig. 2 – Extended design of green roofs

Проте також необхідно враховувати, що існують різні типи зелених дахів. Більша кількість науковців, які займаються вивченням цього питання [11, 16, 24] вирізняють

три основні типи: екстенсивні, інтенсивні та напівінтенсивні [18, 19]. Екстенсивні зелені дахи характеризуються висотою рослин до 10 см, які майже не потребують догляду, а

також не потребують додаткового зрошення як ландшафтний матеріал використовують переважно суху адаптовану рослинність таку як седуми та мохи. Такий тип має переваги такі як менший догляд та сама конструкція є значно легшою, адже рослинний покрив немає значної ваги. Інтенсивні дахи - це середовище для вирощування більше 20 см ділянки до 1 м, придатні для всіх видів насаджень з можливим розташуванням водних об'єктів, така конструкція має більшу вагу, що ускладнює можливості його застосування на багатьох дахах. Третій тип зелених дахів до яких звертається значна кількість дослідників – напівінтенсивні, для них характерними ознаками є лугові рослини та різні види декоративних рослин, які потребують додаткового поливу та постійного догляду. Але у своїй книзі John W. Dover [7] додатково виділяє ще два типи зелених дахів: коричневі та біорізноманітні. Перші – це певне намагання створити умови покинутих полів, а біорізноманітні дахи – ця категорія дахів намагається спеціально відтворити більш природні рослинні спільноти, і націлена на створення середовища існування диких тварин. Тобто остання категорія у більшій мірі націлена на підтримання біорізноманіття. Порівнюючи екстенсивні та інтенсивні дахи науковці [11] дійшли до висновку, що при використанні перших утримується 60%, а при інтенсивному до 100 % вологи.

Кожний із компонентів конструкції зелених дахів відіграє важливу роль у ефективності цього елемента зеленої інфраструктури, тому до підбору кожного з них треба віднестись з відповідальністю. Так під час підбору середовища для зростання, тобто ґрунту або субстрату потрібно враховувати, що він відіграє роль не тільки місця для зростання, джерела поживних речовин для зростання рослин, а ще й кумулятора вологи. Тому необхідно враховувати фізичні характеристики ґрунту: щільність, пористість, вологоутримуючу здатність, а також можливість підйому капілярної води. Гідроізоляційний шар [14] є дуже важливою складовою зелених дахів, адже він забезпечує не прони-

кнення значною кількістю води, яку утримують рослини, при виборі цього шару необхідним є врахування довговічності матеріалів. Бітумні мембрани є найрозповсюдженішим матеріалом для цього шару.

Не зважаючи на значну кількість переваг від використання зелених дахів їх організація має певні складнощі. Перша і напевне найбільша складність – це пошук джерел фінансування. Не зважаючи на розрізненість цінової політики на обладнання цього елемента зеленої інфраструктури середня цінова політика складає 150-200 євро за м² [14]. Тому для заохочення інвесторів потрібно створити певне підґрунтя. Ним може слугувати широко розповсюджена освітянська робота – тобто необхідним є роз'яснення серед населення важливості даного заходу, для цього необхідно пояснити всі вигоди, які принесуть інвестиції. Такими вигодами слугують екосистемні послуги. По-друге, необхідним є залучення органів державної влади, адже саме вони мають вплив на розробку місцевих планів розвитку, гарною ініціативою є переймання досвіду Польщі – за використання зелених дахів давати змогу забудовникам робити більші проекти – за рахунок компенсації екологічної шкоди По-третє, треба проводити роз'яснювальну роботу з забудовниками, адже за початкової реалізації зеленого даху знижуються кількість вкладень в її створення. Впливати на них можливо за рахунок збільшення привабливості будівлі за рахунок цієї технології, що дасть змогу підвищити вартість квартири при її здачі. Другою складністю в реалізації є пошук дахів, які здатні витримати дану конструкцію. У своїй роботі [15] здійснили ретельний аналіз дахів міста Вроцлав та описали методіку за якою можна проводити такі дослідження, також важливим у їх доробку є те, що можливим є модернізація дахів старих будівель для реалізації на них зелених дахів. Така модернізація дає змогу реалізувати технологію зелених дахів, забезпечивши покращення як зеленої інфраструктури міста так і отримавши користь для будівлі у вигляді шумоізоляції, покращення теплообміну тощо.

Висновки

Зелена інфраструктура – мережа, яка включає широкий спектр високоякісних зелених насаджень і інших об'єктів НС, а також поверхні такі як тротуар, парковки, дороги, будівлі, які були модифіковані для включення біорізноманіття та екосистемних послуг.

Зелена інфраструктура може бути представлена різними елементами :зеленими насадженнями, парками, садами, дощовими садами, зеленими дахами тощо.

Застосування зелених дахів як елементів зеленої інфраструктури має досить значну

історію, у країнах Скандинавії їх історія сягає 1500 років. Багато країн мають законодавче підґрунтя до їх створення, проте рівень є різним це відбувається як на рівні держави так і на рівні окремого міста.

Зелені дахи як елементи зеленої інфраструктури надають певні екосистемні послуги

– головною є зменшення міського острова тепла.

Не зважаючи, на значні переваги зелених дахів існують певні проблеми їх реалізації, які можливо оминати застосувавши комплексну роботу щодо обґрунтування необхідності їх застосування.

Конфлікт інтересів

Автор заявляє, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автор повністю дотримувався етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Список використаної літератури

1. Максименко Н. В., Бурченко С. В. Теоретичні основи стратегії зеленої інфраструктури: міжнародний досвід. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С. 16–25. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-02>.
2. Austin G. Green Infrastructure for Landscape Planning. Integrating human and natural systems. 2014. New York, Routledge. 273 p.
3. Некос А. Н., Белкіна О.В. Відеоекоекологічна оцінка територій адміністративних районів урбогеосистем. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2019. № 31. С. 75-83. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-07>
4. European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe’s Natural Capital. European Commission: Brussels, Belgium. 2013. p. 11. URL: https://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/docs/green_infrastructures/1_EN_ACT_part1_v5.pdf
5. Biodiversity by design. A guide for sustainable communities. Town and Country Planning Association, London, 2004. URL : https://tcpa.org.uk/data/files/bd_biodiversity.pdf
6. Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kazmierczak, A., Niemela, J., James, P. Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*. Vol. 81. P. 167–178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>
7. John W. Dover. Green infrastructure. Incorporating plants and enhancing biodiversity in buildings and urban environments. Routledge, New York, 2015. P. 350.
8. Managing Wet Weather with Green Infrastructure. Action Strategy 2008 EPA, p. 38. URL: https://www.researchgate.net/publication/316216209_Managing_Wet_Weather_with_Green_Infrastructure
9. Green Infrastructure Guidance. Natural England, Sheffield, 2009. URL: https://water.rutgers.edu/Green_Infrastructure_Guidance_Manual/2016-08-10_REV1_Manual.compressed.pdf
10. Planning a green-blue city: a how-to guide for planning urban greening and enhanced stormwater management in Victoria. Department of Environment, Land, Water and Planning. 2017. P. 76. URL: https://www.water.vic.gov.au/_data/assets/pdf_file/0029/89606/Green-blue-Infrastructure-Guidelines-Feb17.pdf
11. Impacts of green roofs on water, temperature, and air quality: A bibliometric review. H. Liu et. al. *Building and Environmental*. 2021. Vol. 196. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107794>
12. Peng Z., Garner B. Two green roof detention models applied in two green roof systems. *Journal of Hydrologic Engineering*. 2022. 27 (2). DOI: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0002155](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0002155)
13. Köhler M., Clements M. Green Roofs, Ecological Functions. *Springer Reference*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. P.26. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3_207

14. Investing in Sustainable Built Environments: The Willingness to Pay for Green Roofs and Green Walls / I. Teotónio et al. *Sustainability*. 2020. Vol. 12, no. 8. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12083210>
15. J. Rubaszek, M. Szymanowski, A. Michalski, R. Tatko, M. Weber-Siwirska Procedure for the selection and evaluation of prefabricated housing buildings for the implementation of green roofs in the context of Urban Heat Island mitigation. The example of Wrocław, Poland. *PLoS ONE* Vol. 16(10). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258641>
16. A review of energy aspects of green roofs O. Saadatian et. al. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013 Vol. 23. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.022>
17. Shishegar N. Green roofs: enhancing energy and environmental performance of buildings. *International Conference on Clean Energy, September 10-12, 2012, Quebec, Canada*. URL: https://www.researchgate.net/publication/279852236_GREEN_ROOFS_ENHANCING_ENERGY_AND_ENVIRONMENTAL_PERFORMANCE_OF_BUILDINGS-Nastaran-Shishegar
18. Drozd W. Problems and benefits of using green roofs in Poland. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 214 (2019). URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/214/1/012076>
19. Xinyan Yang A., Wei J. Green Roof. *Handbook of Energy Systems in Green Buildings*. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI : https://doi.org/10.1007/978-3-662-49120-1_51
20. Ruksana A., Khandoker I., Khandoker S. Exactitude of Green Roof in Planned Residential Areas with Significant Vegetation at Ground Level (Tropical Climate). *PLEA2016 Los Angeles - Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments*, 11-13 July, 2016. URL : https://www.researchgate.net/publication/303402690_IMPACT_OF_GREEN_ROOF_ON_URBAN_CANOPY_LAYER_MICROCLIMATES_IN_A_PLANNED_RESIDENTIAL_AREA_OF_DHAKA_BANGLADESH
21. Rapisarda R., Nocera F.; Costanzo V. Sciuto, G., Caponetto R. Hydroponic Green Roof Systems as an Alternative to Traditional Pond and Green Roofs: A Literature Review. *Energies* 2022, 15, 2190. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15062190>
22. Pyrgou A., Yang J., Santamouris M. Green roofs' urban heat island mitigation potential in tropical climates for institutional buildings under free floating conditions. *14th Asia Pacific Conference on the Built Environment (APCBE)*, Bali, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.08.006>
23. Briz J., Köhler M., I. de Felipe. Green cities in the world. Cimapress, 2015. P. 364. URL: http://worldgreeninfrastructurenetwork.org/wp-content/uploads/2021/05/1.Green-cities-book1_BookcompleteMarch2014_compressed_compressed.pdf
24. Green space networks as natural infrastructures in PERI-URBAN areas. A. Verdú-Vázquez et. Al. *Urban Ecosystems*. 2020. Vol. 24. Springer Link p. 187-204. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-020-01019-w>
25. Vera S., et al.: Influence of vegetation, substrate, and thermal insulation of an extensive vegetated roof on the thermal performance of retail stores in semiarid and marine climates. *Energy Build.* 2017. Vol. 146, p. 312–321 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.037>

Стаття надійшла до редакції 02.05.2022

Стаття рекомендована до друку 27.05.2022

A. A. HRECHKO

Graduate Student of the Department of Environmental Monitoring and Protected Area

e-mail: a.a.hrechko@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9987-2586>

V. N. Karazin Kharkiv National University
6, Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

**EXPERIENCE AND BENEFITS OF USING GREEN ROOFS
AS AN ELEMENT IN GREEN INFRASTRUCTURE**

Purpose. To analyze the international experience of using green roofs as an element of green infrastructure, to outline the main advantages of using this element, to analyze the ways of implementation in Ukraine and to identify difficulties in this process.

Results. Modern processes of urbanization lead to a reduction in the number of green spaces, climate change, an increase in the city's heat island, the impoverishment of biodiversity and more. The use of green infrastructure strategy provides a foundation for further sustainable urban development. Green infrastructure plays a key role in finding a balance between nature and urbanization. It can solve a number of problems, as well as improve the quality of ecosystem services. An analysis of scientific sources on the use of such an element of green infrastructure as green roofs was performed. It has been established that green roofs have a very long history of creation in the Scandinavian countries, their use dates back to 1500 years, in European countries the most advanced country is Germany. The implementation of green roofs has significant advantages when properly implemented can provide a wide range of ecosystem services. However, there are some subtleties for their proper implementation.

Conclusions. The implementation of green roof technology in different countries has different features, the common denominator is that when choosing plants it is necessary to use local plants that are adapted to the climatic conditions of a particular area, you need a legal basis to develop this idea. Taking into account all the benefits of using this technology, we can state that their implementation is a necessary today for adaptation to climate change.

KEYWORDS: green infrastructure, ecosystem services, green roof, biodiversity, benefits of green investment

References

1. Maksymenko, N. V., & Burchenko, S. V. (2019). Theoretical Basis of the Green Infrastructure Strategy: International Experience. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 31, 16-25. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-02>
2. Austin, G. (2014). *Green Infrastructure for Landscape Planning. Integrating human and natural systems.* Routledge.
3. Nekos, A. N., & Bielkina, O. V. (2019). Video Environmental Assessment of the Administrative Regions Within Urbgeosystem Territories. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, 31, 75-83. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2019-31-07>
4. Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe’s Natural Capital. (2013). European Commission: Brussels, Belgium.
5. Biodiversity by design. A guide for sustainable communities. Town and Country Planning Association, London, (2004). Retrieved from https://tcpa.org.uk/data/files/bd_biodiversity.pdf
6. Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kazmierczak, A., Niemela, J., & James, P. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81, 167–178. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.02.001>
7. Dover, John W. (2015). *Green infrastructure. Incorporating plants and enhancing biodiversity in buildings and urban environments.* Routledge, New York, 350.
8. EPA (2008). *Managing Wet Weather with Green Infrastructure. Action Strategy*, 38. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/316216209_Managing_Wet_Weather_with_Green_Infrastructure
9. Green Infrastructure Guidance. Natural England, Sheffield, (2009). Retrieved from https://water.rutgers.edu/Green_Infrastructure_Guidance_Manual/2016-08-10_REV1_Manual.compressed.pdf
10. Planning a green-blue city: a how-to guide for planning urban greening and enhanced stormwater management in Victoria. (2017) Department of Environment, Land, Water and Planning. 76. Retrieved from https://www.water.vic.gov.au/data/assets/pdf_file/0029/89606/Green-blue-Infrastructure-Guidelines-Feb17.pdf
11. Hongqing Liu, Fanhua Kong, Haiwei Yin, Ariane Middel, ... Zhihao Wen (2021). Impacts of green roofs on water, temperature, and air quality: A bibliometric review. *Building and Environmental*, 196. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107794>

12. Peng, Z., & Garner, B. (2022). Two green roof detention models applied in two green roof systems. *Journal of Hydrologic Engineering*. 27 (2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0002155](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0002155)
13. Köhler, M., & Clements, M. (2013). *Green Roofs, Ecological Functions*. Springer Reference. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-0851-3_207
14. Teotónio, I., Oliveira Cruz C., Matos Silva C., & Morais J. (2020). Investing in Sustainable Built Environments: The Willingness to Pay for Green Roofs and Green Walls. *Sustainability*. 12, 8. <https://doi.org/10.3390/su12083210>
15. Rubaszek, J., Szymanowski, M., Michalski, A., Tatko, R., & Weber-Siwirska M., (2021). Procedure for the selection and evaluation of prefabricated housing buildings for the implementation of green roofs in the context of Urban Heat Island mitigation. The example of Wrocław, Poland. *PLoS ONE*. 16(10). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0258641>
16. Saadatian, O., ^aSopian K., Salleh E., ^aLim C.H., Riffat, S., Saadatian E., Toudeshki, A., & Sulaiman M.Y. (2013). A review of energy aspects of green roofs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 23. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.022>
17. Shishegar, N. (2012). Green roofs: enhancing energy and environmental performance of buildings. International Conference on Clean Energy, September 10-12, Quebec, Canada. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/279852236_GREEN_ROOFS_ENHANCING_ENERGY_AND_ENVIRONMENTAL_PERFORMANCE_OF_BUILDINGS-Nastaran-Shishegar
18. Drozd, W. (2019). Problems and benefits of using green roofs in Poland. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 214. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/214/1/012076>
19. Xinyan, Yang A., Wei, J. (2018). Green Roof. *Handbook of Energy Systems in Green Buildings*. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-49120-1_51
20. Ruksana, A., Khandoker, I., & Khandoker, S. (2016). Exactitude of Green Roof in Planned Residential Areas with Significant Vegetation at Ground Level (Tropical Climate). *PLEA2016 Los Angeles - Cities, Buildings, People: Towards Regenerative Environments*, 11-13 July. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/303402690_IMPACT_OF_GREEN_ROOF_ON_URBAN_CANOPY_LAYER_MICROCLIMATES_IN_A_PLANNED_RESIDENTIAL_AREA_OF_DHAKA_BANGLADESH
21. Rapisarda, R., Nocera, F.; Costanzo, V. Sciuto, G., & Caponetto, R. (2022). Hydroponic Green Roof Systems as an Alternative to Traditional Pond and Green Roofs: A Literature Review. *Energies* 15, 2190. <https://doi.org/10.3390/en15062190>
22. Pyrgou, A., Yang, J., & Santamouris, M. (2017). Green roofs' urban heat island mitigation potential in tropical climates for institutional buildings. 14th Asia Pacific Conference on the Built Environment (APCBE). <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.08.006>
23. Briz, J., Köhler, M., I. de Felipe. (2015). *GREEN CITIES IN THE WORLD*. Cimapress. 364. Retrieved from http://worldgreeninfrastructurenetwork.org/wp-content/uploads/2021/05/1.Green-cities-book1_BookcompleteMarch2014_compressed_compressed.pdf
24. Amparo Verdú-Vázquez, Eva Fernández-Pablos, Rafael V. Lozano-Diez & Óscar López-Zaldívar (2020). Green space networks as natural infrastructures in PERI-URBAN areas.. *Urban Ecosystems*. Springer Link. 24, 187-204. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-020-01019-w>
25. Vera, S., Pinto, C., Tabares-Velasco, P. C., Bustamante, W., Victorero, F., Gironás, J., Bonilla, C. A. (2017): Influence of vegetation, substrate, and thermal insulation of an extensive vegetated roof on the thermal performance of retail stores in semiarid and marine climates. *Energy Build.* 146, 312–321. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.037>

The article was received by the editors 02.05.2022

The article is recommended for printing 27.05.2022