

УДК 628.3:712.3

DOI [https://doi.org/10.15589/znп2023.4\(493\).26](https://doi.org/10.15589/znп2023.4(493).26)

PROBLEMS OF IMPROVING THE TERMINOLOGY AND MODERN CLASSIFICATION OF “GREEN” CONSTRUCTIONS FOR THE CREATION OF UKRAINIAN “GREEN” STANDARDS

ПРОБЛЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕРМІНОЛОГІЇ ТА СУЧАСНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ «ЗЕЛЕНИХ» КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ СТВОРЕННЯ УКРАЇНСЬКИХ «ЗЕЛЕНИХ» СТАНДАРТІВ

Marina V. Kravchenko

marina-diek@ukr.net

ORCID: 0000-0003-0428-6440

Tetiana M. Tkachenko

tkachenkoknuba@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2105-5951

М. В. Кравченко,

канд. техн. наук, доцент

Т. М. Ткаченко,

докт. техн. наук, професор

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv**Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*

Abstract. Despite the large number of scientific and regulatory works related to «green» constructions, there is no detailed terminology of types and classification of existing systems that provide such a necessary section of this field of research.

Purpose. Development of a unified system of terminology and classification of «green» structures for the project of DSTU B V.X.X-XX:202X «Environmental protection. Green constructions. Technical conditions», the final result of which is the creation of uniform requirements for the design, construction and operation of «green» structures, as well as methods for calculating their positive effects.

Methods. Analysis of the main terms and classifications of «green» constructions, using a structured comprehensive approach to their assessment and taking into account the main parameters and characteristics.

Results. The paper shows that the German FLL 2018 recommendations do not consider vertical greening systems and are designed for Northern European countries where cold and rainy days prevail for most of the year. It is noted that the Italian standard UNI 11235:2015 limits its classification of «green» roofs to only two main types: intensive and extensive greening, not taking into account other types of «green» structures that may be important for the urban environment. The Swiss standard SIA312:2013 «Green roofs», known for its particular approach to describing biodiversity, also does not provide a clear classification of the different types of «green» constructions and their associated benefits. The lack of a regulatory framework in Ukraine, which regulates the stages of design, implementation and operation of «green» structures, and also provides a clear classification and nomenclature, is substantiated.

Scientific novelty. For the first time, a terminology has been developed that allows to clearly and consistently classify different types of «green» constructions, according to their main characteristics, in order to create «green» standards in Ukraine.

Practical significance. The work presents a detailed terminology and developed a classification of «green» structures, which includes three main areas: vertical landscaping systems, horizontal landscaping systems, kinetic (mobile) landscaping and landscaping using algae. The proposed classification will be useful for architects, engineers and scientists working in the field of creating environmentally sustainable and innovative solutions in the field of buildings and structures, and can also be included in regulatory documents that regulate the stages of design, implementation and operation of «green» structures in architectural – construction industry.

Key words: «green» constructions; classification; terminology; «green» covering (roof); «green» walls; «green» facades; vertical landscaping systems; horizontal landscaping systems; kinetic (mobile) landscaping; landscaping using algae.

Анотація. Незважаючи на велику кількість наукових та нормативних робіт, що стосуються «зелених» конструкцій, детальної термінології типів та класифікації існуючих систем, що забезпечують такий необхідний зріз цієї галузі досліджень, не має.

Мета. Розробка єдиної системи термінології та класифікації «зелених» конструкцій для проекту ДСТУ Б В.Х.Х-ХХ:202Х «Захист довкілля. Зелені конструкції. Технічні умови», кінцевим результатом яких є створення єдиних вимог до проектування, будівництва та експлуатації «зелених» конструкцій, а також методик розрахунку їхніх позитивних ефектів.

Методика. Аналіз основних термінів та класифікацій «зелених» конструкцій, використовуючи структурований комплексний підхід до їх оцінки та враховуючи основні параметри і характеристики.

Результати. У роботі показано, що німецькі рекомендації FLL 2018 не розглядають вертикальні системи озеленення та є розроблені для країн Північної Європи, де більшу частину року переважають холодні та дощові дні. Зауважено, що італійський стандарт UNI 11235:2015 обмежує свою класифікацію «зелених» дахів лише двома основними типами: інтенсивне та екстенсивне озеленення, не враховуючи інші види «зелених» конструкцій, які можуть бути важливими для урбаністичного середовища. Швейцарські норми SIA312:2013 «Озеленення дахів», відомі через свій особливий підхід до опису біорізноманіття, також не надають чіткої класифікації різних видів «зелених» конструкцій та пов'язаних з ними переваг. Обґрунтовано відсутність нормативної бази в Україні, яка регламентує етапи проектування, впровадження та експлуатації «зелених» конструкцій, а також надає чітку класифікацію і номенклатуру.

Наукова новизна. Вперше розроблено термінологію, яка дозволяє чітко та послідовно класифікувати різні види «зелених» конструкцій, відповідно до їх основних характеристик, для створення «зелених» стандартів в Україні.

Практична значимість. У роботі представлено детальну термінологію та розроблено класифікацію «зелених» конструкцій, яка включає три основні напрямки: вертикальні системи озеленення, горизонтальні системи озеленення, кінетичне (мобільне) озеленення та озеленення з використанням водоростей. Запропонована класифікація буде корисною для архітекторів, інженерів та науковців, що працюють у сфері створення екологічно стійких та інноваційних рішень в галузі будівель і споруд, а також може бути включена в нормативні документи, які регулюють етапи проектування, впровадження та експлуатації «зелених» конструкцій у архітектурно-будівельній галузі.

Ключові слова: «зелені» конструкції; класифікація; термінологія; «зелене» покриття (дах); «зелені» стіни; «зелені» фасади; вертикальні системи озеленення; горизонтальні системи озеленення; кінетичне (мобільне) озеленення; озеленення з використанням водоростей.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

Зміна клімату, дефіцит природних енергетичних ресурсів, стрімке зростання рівня урбанізації на планеті, збільшення вуглецевого сліду та парникових газів, посилення ефекту міського теплового острова і порушення відеоекологічних аспектів у сучасних містах є актуальними темами, які привертають увагу не лише наукової спільноти, але й громадськості на світовому рівні. Таким чином, зростають екологічна свідомість та нагальна потреба у розширенні зелених насаджень урбанізованих міст з метою пошуку ефективних екологічних рішень глобальних проблем, що склались, та привертання уваги як науково-публічної, так і приватної сфер суспільства.

У зв'язку з обмеженою кількістю доступних земельних площ для зелених насаджень, альтернативним рішенням стало впровадження різних систем озеленення як вертикальних, так і горизонтальних. Це призвело до того, що сучасна архітектура зосередилася на розвитку впровадження «зелених» конструкцій з метою відновлення екологічної цілісності міських районів, і ця концепція насправді не нова, оскільки вона часто використовувалася протягом історії, а її походження починається ще з будинків з дерновими дахами на Фарерських островах та висячих садів Вавилону, що є одним із семи чудес Стародавнього світу, яке датується між 600 і 800 роками до нашої ери [1].

Сучасні системи «зелених» конструкцій набувають все більшого значення як екологічні елементи дизайну будівель, оскільки вони можуть покращити вплив будівлі на довкілля, соціальну та економічну складову. Проте відсутність єдиної ґрунтовної системи термінології і класифікації «зелених» конструкцій вносить дисбаланс в систему їхнього сприйняття, опису, розуміння процесів і явищ, що відбуваються в цих конструкціях, а також не дозволяють їх ефективно інтегрувати у розвиток сталого будівництва та сприяти покращенню якості життя в урбанізованих середовищах.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дебати в галузі класифікації «зелених» конструкцій тривають на науковій арені протягом останніх декількох десятиліть через ряд причин [2].

По-перше, існує розбіжність в термінології «зелених» конструкцій, наприклад, терміни «зелена» стіна, «жива» стіна, «зелені» фасади і «вертикальні» сади часто використовуються без чіткого визначення.

По-друге, одні й ті ж типи конструкцій можуть мати різні назви в різних дослідженнях та каталогах виробників.

По-третє, в науковій літературі відсутній широкий класифікаційний підхід до різних видів «зелених» конструкцій.

По-четверте, існує недолік систематичного або широкого погляду на класифікацію різних видів «зелених» конструкцій в існуючих нормативних документах.

Ці фактори, а також відсутність нормативної бази, ускладнюють наукові дослідження в цій галузі та обмежують можливість ефективного впровадження «зелених» конструкцій в урбанізоване міське середовище.

За останні десятиліття в Європі було видано кілька нормативних документів, що стосуються «зелених» конструкцій, в яких вибірково наведено основні терміни та поняття, які стосуються лише «зелених» покриттів.

Зокрема, німецькі рекомендації FLL 2018 «Інструкції з планування, будівництва та обслуговування зелених дахів» [3] були прийняті як еталонна основа для проєктування, будівництва, обслуговування та регулювання «зелених» дахів у всьому світі через їх вичерпність та перевірені традиції будівництва і озеленення. Члени FLL почали розробляти рекомендації в 1975 році і вперше опублікували їх німецькою мовою в 1982 році та англійською мовою в 2002 році. Рекомендації включають типи «зелених» дахів, такі як інтенсивні, прості інтенсивні та великі «зелені» дахи, розглядають різні види рослинності, описують способи облаштування «зелених» дахів, а також їх ремонт і обслуговування. Однак ці рекомендації не розглядають вертикальні системи озеленення та, в основному, розроблені для країн Північної Європи, де більшу частину року переважають холодні та дощові дні. Для регіонів, які характеризуються спекотними та сонячними днями, рекомендації FLL 2018 не підходять.

В Італії орієнтиром є стандарт UNI 11235:2015 «Інструкції з проєктування, виконання, контролю та утримання зелених дахів» [4] через можливість його застосування на території з надзвичайно неоднорідними екологічними умовами, що простягаються від альпійських до середземноморських екосистем. Проте варто зауважити, що стандарт UNI 11235:2015 обмежує свою класифікацію «зелених» дахів лише двома основними типами: інтенсивне та екстенсивне озеленення, не враховуючи інші види «зелених» конструкцій, які можуть бути важливими для урбаністичного середовища.

Швейцарські норми SIA312:2013 «Озеленення дахів» [5], відомі через їх особливий підхід до опису біорізноманіття, також не надають чіткої класифікації різних видів «зелених» конструкцій та пов'язаних з ними переваг.

Автори роботи [6] зазначають, що на сьогодні відсутні нормативні документи впровадження «зелених» конструкцій у «зелене» будівництво України, що призводить до грубого порушення технологій, техніки безпеки, зниження термінів експлуатації об'єктів.

У результаті недостатньої уваги до озеленення будівель єдиний нормативний документ в Україні, що регламентує конструкцію «зелених»

дахів, – ДБН В.2.6-220:2017 [7], аналізуючи який, можна відзначити його недоліки та практичну відсутність структурованої класифікації покриттів та покрівель для їх практичного використання під час проєктування. Наведені види «зелених» дахів не надають чіткої класифікації та номенклатури, і умовно розділяються за ступенем використання рослинного озеленення.

У роботі [8] зазначено, що, окрім ДБН В.2.6-220:2017 «Покриття будівель і споруд», є ще нормативний, нині не діючий, документ ДБН Б. 2.2-12:2018 «Планування і забудова території», який лише згадує «зелені» дахи та вертикальне озеленення – як вид озеленення міст, без визначення термінології.

Що стосується окремих наукових публікацій, присвячених проблемам термінології та класифікації «зелених» конструкцій, спостерігається тенденція зорієнтованості переважно на вертикальні системи озеленення, які можуть бути обмеженими або мати незадовільну структурованість, що не дозволяє ефективно враховувати різноманітні аспекти.

«Зелена» стіна – це широкий термін, який використовується для опису та позначення всіх форм рослинних поверхонь стін [9].

Різні автори використовують різні терміни та номенклатури, коли йдеться мова про всі типи систем «зелених» стін. Одні використовують термін «вертикальний сад», інші називають їх «вертикальні системи озеленення», «зелені вертикальні системи» або «вертикальні системи зелених насаджень» [10].

Так, за даними Стаффордширського університету, «зелена» стіна визначається як: «Рослинність, що росте на вертикальній поверхні або проти неї» [11]. Однак, згідно зі словником англійської мови Коллінза, «зелена» стіна визначається як: «Стіна, вертикальна грань якої покрита ґрунтом і використовується для вирощування рослин, і яку ще називають: жива стіна, вертикальний сад». Іншими словами, «зелену» стіну можна визначити як: «Система, в якій рослини ростуть на вертикальній поверхні, такий як фасад будівлі, контрольовано і з регулярним доглядом» [2].

Таким чином, існує розходження як в термінах і визначеннях, які використовуються в літературі для позначення всіх типів вертикальних систем озеленення, так і в їх класифікації, що створює певну неоднозначність та плутанину.

Так, Перез та ін. [12] надали базову класифікацію будівельних систем, впливу клімату, задіяні види рослин і різні робочі механізми, а також класифікували вертикальні системи озеленення на «зелені» стіни та «зелені» фасади.

Хантер та ін. [13] лише досліджували різні типи «зелених» фасадів і класифікували їх на «прямі» та «подвійні», враховуючи дані про властивості рослин, параметри мікроклімату та вплив «зеленого» фасаду на зміну теплового середовища.

Автори [14] поділили «зелені» фасади на прямі та непрямі, а «живі» стіни – на модульні системи, гідропонні системи та горизонтальні повстяні системи.

Сусорова та Бахрамі [15] класифікували вертикальні системи озеленення як «зелені» фасади та «живі» стіни, а саме: підвісні конструкції, каркасні модульні системи, модульні дротяні системи, перфоровані модульні системи та системи з осередками модульних «живих» стін.

Автори [16], класифікуючи «зелені» конструкції, до вертикальних систем озеленення віднесли біостіни, «зелені» фасади, «зелені» стіни, «живі» стіни, вертикальне озеленення та вертикальну рослинність, не згадуючи горизонтальне озеленення.

Іншими авторами [17] було запропоновано поділ «зелених» фасадів на прямі та непрямі з наземним або горщиком озелененням, а «живі» стіни – на суцільні, модульні з вертикальними та сітчастими панелями та лінійні з горщиковими рослинами.

Враховуючи різницю в типах вертикальних систем озеленення, автори [18] об'єднали та модифікували існуючі класифікації і запропонували наступну класифікацію.

«Зелений» фасад відноситься до системи з рослинністю, що росте на стіні або прилягає до неї. Виходячи з того, чи існує повітряна порожнина між рослинами та стіною, автори пропонують розділити «зелені» фасади на дві категорії, тобто одношарові «зелені» фасади та подвійні «зелені» фасади.

Одношарові «зелені» фасади можуть бути створені прямо або опосередковано. Прямі одношарові «зелені» фасади, які часто називають традиційними «зеленими» фасадами, використовують в'юнкі рослини або висячі кущі для покриття стіни.

«Живі» стіни розроблені з панелей із рослинністю, вертикальних модулів або рослинних ковдр, прикріплених вертикально до поверхні, що дозволяє рослинам рости, не покладаючись на простір для вкорінення на рівні землі.

Залежно від способів нанесення автори розділяють їх на дві групи, тобто суцільні «живі» стіни та модульні «живі» стіни. Суцільні «живі» стіни використовують легкі та проникні екрани, в які рослини вставляють індивідуально. Модульні «живі» стіни – вирощують рослинність у модульних ящиках, які прикріплені до стін.

Як припускають Медл та ін. [17], «зелені» фасади – це метод озеленення на основі землі, а «живі» стіни – це метод озеленення на основі стін.

На нашу думку варто відмітити роботу авторів [19], в якій детально виконано аналіз теоретичних робіт з класифікації «Озеленення будівель і споруд» з виявленням загальних закономірностей для створення класифікації та розроблено загальну класифікацію «Озеленення будівель і споруд», яка враховує композиційні, конструктивні, технологічні та

функціональні особливості використання «зелених» конструкцій.

ВІДОКРЕМЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ

З кожним роком публікується все більше і більше наукових статей на тему «зелених» конструкцій, але широких оглядів, детальної і глибокої їх класифікації, що забезпечують такий необхідний зріз цієї галузі досліджень, систематично представляють дані та виявляють існуючі прогалини, недостатньо. Крім того, в науковій літературі рідко зустрічається термінологія, що стосується горизонтальних систем озеленення, та їх класифікація.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Упорядкування та уточнення термінології, систематизація і розробка ґрунтовної класифікації «зелених» конструкцій для проєкту ДСТУ Б В.Х.Х-ХХ:202Х «Захист довкілля. Зелені конструкції. Технічні умови», кінцевим результатом яких є створення єдиних вимог до проєктування, будівництва та експлуатації «зелених» конструкцій, а також методик розрахунку їхніх позитивних ефектів.

ОСНОВНИЙ МАТЕРІАЛ

Враховуючи вже опубліковані матеріали, визначені терміни та наведені класифікації «зелених» конструкцій, представлені в літературних джерелах та існуючих нормативних документах, нами була розроблена власна термінологія, яка дозволяє чітко та послідовно класифікувати різні види «зелених» конструкцій відповідно до їхніх основних характеристик.

Пропонуємо розглянути систему термінології, яка є основою в запропонованій класифікації «зелених» конструкцій та визначенні характеристик їх основних типів.

Вертикальна система озеленення – технологія вирощування деревовидних ліан та інших витких рослин на вертикальних поверхнях будівель та інших конструкцій, таких як фасадів, паркових споруд спеціальних ажурних споруд, глухих торцевих стін будівель і споруд, опорних стінок і фундаментів, укосів, пергол, альтанок, за допомогою різноманітних підтримуючих пристосувань або без них.

Відеоекологія – науковий напрямок, що вивчає розвиток аспектів візуального сприйняття навколишнього середовища та досліджує вплив візуального середовища на психологічний, фізіологічний і соціокультурний стан суспільства.

Горизонтальна система озеленення – інженерна система, засаджена різними видами рослин в культурному шарі на поверхні верхнього елемента покриття будівлі (даху), а також на інших горизонтальних елементах (терас, балконів та інше).

Дощові сади-смуги – вид «зелених» конструкцій, що встановлюються уздовж проїзної частини дороги

та призначені для утримання води з обох боків. Складаються з багаторічних рослин, які накопичують та повертають дощову воду до екосистеми завдяки спеціальній дренажній системі.

Екстенсивне «зелене» покриття – тип «зеленого» покриття, рослинний шар якого представлений насадженнями рослин з неглибокою кореневою системою (наприклад, сукулентів, моху, трав'янистих і злакових рослин), що можуть бути доповнені цибулевими і бульбовими рослинами, які здатні адаптуватися до екстремальних умов довкілля та володіють високою здатністю до регенерації, вимагаючи мінімального обслуговування. Якщо необхідно зберегти певний вид рослинності, наприклад, такий, що відзначається регулярним повним цвітінням трав та сукулентів, або якщо ця рослинність має важливе функціональне призначення і визнається як частина компенсаційних заходів, то може знадобитися обмежене, але цілеспрямоване забезпечення поживних речовин та належний догляд за ними. Середня товщина рослинного шару складає від 80 до 200 мм, вага – від 50 до 150 кг/м².

«Зелена» стіна – вертикальна система, яка кріпиться до зовнішньої або внутрішньої частини огорожуючої конструкції будівлі або окремо розташована конструкція, на поверхні якої створено озеленення без опору на кореневе середовище на рівні землі.

«Зелене» покриття (дах) – багатошарова конструкція, що складається з таких обов'язкових складових: несучий шар, ущільнювальний шар, шар захисту від дії коренів, шар механічного захисту, водонакопичувальний шар, дренажний шар, фільтруючий шар та культурний шар для вирощування рослин різних видів, які підбираються в залежності від типу «зеленого» покриття. В системі «зеленого» покриття можуть бути передбачені вторинні елементи: шар пароізоляції; теплоізоляційний шар; шар дифузії та/або вирівнювання тиску пари; шар жорсткості або розподілу навантаження; розділовий та/або ковзний шар; шар механічного захисту; баластний шар; протиерозійний шар. Може бути передбачена система поливу, елементи для утримання культурного шару, утримуючі елементи зливного механізму; елементи кріплення рослинності; протипожежний бар'єрний елемент; оглядові колодязі; системи захисту від падіння.

«Зелений» фасад – тип «зеленої» конструкції, в якій системи озеленення розробляються з використанням спеціальних опорних конструкцій, головним чином, спрямованими на те, щоб охопити бажану ділянку. Рослини можна висаджувати безпосередньо в ґрунт, в основу конструкції або в горщики, на різних висотах фасаду.

«Зелені» тераси і балкони – відкриті або напіввідкриті зони, призначені для вирощування рослинності як на поверхні, так і в горщиках або контейнерах з метою підвищення відеоекологічного сприйняття довкілля, покращення зовнішнього вигляду будівель.

«Зелені» конструкції будівель і споруд – біотехнічні системи, в яких конструкції будівель і споруд та окремі елементи поєднані з живими рослинами, складаючи єдину систему живої і неживої складової біогеоценозів сучасних міст в концепції сталого розвитку.

Інтенсивне «зелене» покриття – багатофункціональна покрівля з озелененням, рослинний шар якої може складатися з багаторічних рослин, трав, квіткових бульб, літніх квітів і кущів, в окремих випадках дерев, чагарників, а також газонів на спеціально облаштованому шарі субстрату. За можливостями використання та різноманітністю дизайну з відповідним обладнанням їх можна порівняти з наземними відкритими просторами. Інтенсивне озеленення використовується, перш за все, для того, щоб використовувати дах як простір для активного відпочинку та в естетичних цілях. Цей тип «зеленого» покриття вимагає інтенсивного догляду, особливо регулярного забезпечення водою та поживними речовинами. Висота системи озеленення становить від 150 до 700 мм; вага – від 200 до 500 кг/м². Зазвичай цей тип покриття встановлюють для покрівель з ухилом не більше 10°. Облаштування інтенсивних «зелених» дахів призводить до додаткових статичних навантажень на конструкцію будівлі, що необхідно враховувати на початкових етапах будівництва або реконструкції будівлі.

Кінетичне (мобільне) озеленення – вид «зелених» конструкцій, що складається з модульних елементів, заповнених різними видами вуличного обладнання, малих архітектурних форм і озеленення, яка переміщується в часі і просторі за рахунок гідравлічного або електричного механізму з допомогою програмного забезпечення.

Напівінтенсивне «зелене» покриття – тип «зеленого» покриття, рослинний шар якого може бути представлений злаково-трав'яною рослинністю, включаючи дикорослі рослини, багаторічними чагарниками та деревними рослинами, які потребують менше специфічних вимог до структури ґрунту, запасів води та поживних речовин, в порівнянні з інтенсивним «зеленим» покриттям. Середній шар рослинності складає 120–300 мм, вага – від 150 до 200 кг/м². Вартість виробництва та технічного обслуговування нижча, ніж для інтенсивних «зелених» покриттів.

Функціональна фасадна біореакторна система (водоростевий біореактор) – біотехнологічна система, що являє собою сукупність конструкцій з панелей, складених з прозорих матеріалів (таких як гнучкий поліетилен і полівінілхлорид або жорстке скло і пластик), названих біореакторами (фотобіореакторами), заповнених водою та поживними речовинами для росту і розмноження водоростей, мікрowodоростей, та призначений для отримання біомаси.

Пропонуємо класифікацію «зелених» конструкцій, яка базується на структурованому комплексному підході до їх оцінки, враховуючи основні параметри

та характеристики. Розроблена класифікація буде корисною для архітекторів, інженерів та дослідників, що працюють у сфері створення екологічно стійких та інноваційних рішень в галузі будівель і споруд, а також може бути включена в нормативні документи, які регулюють етапи проєктування, впровадження та експлуатації «зелених» конструкцій у будівництві.

За призначенням «зелені» конструкції можуть використовуватися для: житлових, громадських, промислових будівель і споруд та інженерно-технічних споруд.

Окремим видом «зелених» конструкцій, які призначені для інженерно-технічних споруд, є дощові сади-смуги.

За принципом розташування «зелені» конструкції поділяються на:

- зовнішні, які піддаються атмосферному впливу та впливу оточуючого середовища;
- внутрішні, які піддаються впливу навколишнього середовища через процеси теплообміну, вологості або інших процесів.

За способами використання «зелені» конструкції поділяються на: вертикальні системи озеленення (рис. 1); горизонтальні системи озеленення (рис. 2); кінетичне (мобільне) озеленення (рис. 3); озеленення із застосуванням водоростей.

Вертикальні системи озеленення, в залежності від поверхні, що підлягає озелененню, поділяються

на: озеленення вертикальних поверхонь (нахил $=0^\circ$); озеленення поверхонь негативного нахилу (нахил $<0^\circ$); озеленення поверхонь позитивного нахилу (нахил $>0^\circ$). Схема класифікації вертикальних систем озеленення представлена на рисунку 1.

За принципом конструкції вертикальні системи озеленення поділяються на: «зелені» стіни та «зелені» фасади.

«Зелені» стіни за способами озеленення поділяються на:

- суцільне озеленення – озеленення виконується по всій площі будь-якої вертикальної стіни;
- часткове озеленення – озеленення виконується на частини площі вертикальної стіни.

За життєвим циклом розрізняють: сезонні (однорічні) та всесезонні (багаторічні).

За типом середовища зростання рослин поділяють на:

- гідропонні системи – передбачають безгрунтове вирощування рослин, які отримують воду та мінеральні речовини зі спеціально підготовлених розчинів;
- системи з використанням субстрату – це метод вирощування рослин з використанням ґрунтових сумішей (субстрату).

За принципом будови поділяються на:

- неперервні системи – системи з легких і прониких екранів, в які рослини розміщуються окремо, а поживні речовини і вода транспортуються до

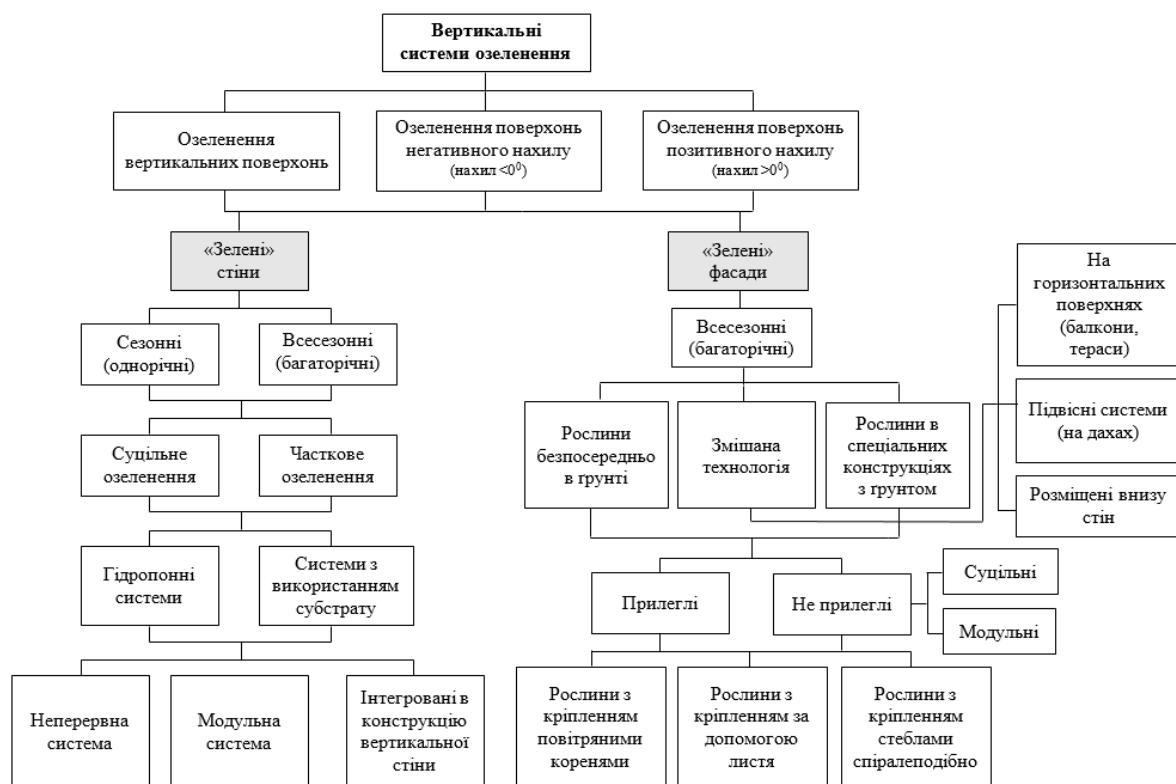


Рис. 1. Схема класифікації «Вертикальні системи озеленення»

коріння рослин через систему зрошення, розташовану у верхній частині стіни. Можуть бути виконані з повстяних шарів, заповнених зростаючими середовищами та рослинами або являти собою суцільний блок (наприклад, з бетону).

– *модульні системи* – системи з модульних контейнерів, що кріпляться на стіни і можуть бути у вигляді: лотків, гнучких мішків, повстяних кишень, ящиків для кашпо, плитки для сівалок, дротяних кліток, каркасних коробів, суцільних ящиків для сівалок, із попередньо вирізаними отворами, або панелей, які утримують зростаючі середовища для підтримки рослинного матеріалу. Система вимагає регулярного зрошення і внесення добрив на різних рівнях уздовж стіни;

– *інтегровані в конструкцію вертикальної стіни*.

За способом застосування поділяються на:

– *внутрішні* – впровадження системи озеленення в інтер'єри;

– *зовнішні (вуличні)* – це метод озеленення, в якому рослини вирощуються на вертикальних структурах, які розташовані на зовнішніх стінах будівель, споруд або на інших площинах поверхонь об'єктів міського середовища (малі архітектурні форми тощо).

«Зелені» фасади поділяються на системи, в яких:

– *рослини зростають безпосередньо в ґрунті*;

– *рослини зростають в спеціальних конструкціях з ґрунтом*;

– *змішана технологія* – технологія, що передбачає поєднання рослин, висаджених безпосередньо в ґрунті з рослинами в спеціальних контейнерах або посудинах, які можуть бути розміщені: *внизу фасадів*; на дахах з допомогою *підвісної системи* або на *горизонтальних поверхнях* (балкони, тераси).

За життєвим циклом «зелені» фасади можуть бути тільки *всезонними* (багаторічними).

Системи «зелених» фасадів класифікують як:

– *прилеглі* – системи, в яких виткі рослини кріпляться безпосередньо до стіни;

– *неприлеглі* – системи, в яких виткі рослини ростуть вертикально на опорних конструкціях (шпалерах, тросах, канатах, сітчастій опорній системі) не прикріплюючись до поверхні будівлі та створюючи повітряну порожнину між рослинністю та стіною.

Системи *неприлеглого озеленення* поділяються на:

– *суцільні* – конструкції, засновані на єдиній опорній системі, яка направляє розвиток рослин по всій поверхні;

– *модульні* – мають ємності для вкорінення рослин (горщики, контейнери) та індивідуальну опорну конструкцію для спрямування напрямку розвитку рослин.

Опорні системи можуть бути у вигляді: системи канатних сіток, системи металевих сіток і модульної ґратчасто-панельної системи.

Для «зелених» фасадів використовуються рослини, які поділяються за способами прикріплення до опор на три групи:

1) рослини, що прикріплюються до опори за допомогою повітряних коренів та не потребують додаткових сіток і трельяжів, а самі підіймаються шорсткими кам'яними стінами;

2) рослини, що чіпляються за опору черешками листя або самим листям та застосовуються для озеленення гладких стін. На таких стінах монтується спеціальний опорний каркас – сітка із прутів і дроту, підвішена на вбитих залізних гаках. Осередок сітки має розмір 5–10 мм. Між сіткою і стіною залишають простір не менше 100 мм. Біля стін дерев'яних будинків ліани застосовувати не рекомендується;

3) рослини, що охоплюють опори стеблами та піднімаються вгору спіралеподібно за годинниковою стрілкою, або – проти. Опори для даних видів ліан улаштовують у вигляді вертикальних стовпчиків завтовшки не більше 50–80 мм.

Горизонтальні системи озеленення, в залежності від функціонального призначення конструкції, що підлягає озелененню, горизонтальні системи озеленення поділяються на: *«зелене» покриття (дахи); «зелені» тераси і балкони*. Схема класифікації горизонтальних систем озеленення представлена на рисунку 2.

Залежно від типу рослинності, вимог до використання, конструктивних особливостей, ступеню необхідного догляду і методу, який використовується для виконання монтажних робіт, горизонтальні системи озеленення поділяються на: *інтенсивне «зелене» покриття; напівінтенсивне «зелене» покриття; екстенсивне «зелене» покриття*.

«Зелені» покриття (дахи), за видом нахилу поверхні, поділяються на:

– *плоскі* – значення нахилу не перевищує 5°;

– *скатні* – поділяються на *пологі*, для яких значення нахилу лежить в межах 5°–15°, та *круті*, для яких значення нахилу складає більше 15° і потребує спеціальних рішень щодо закріплення рослинного ґрунту. Вибір рослин та методи посадки мають бути скориговані з урахуванням відповідного нахилу та експозиції.

За типом конструктивного улаштування поділяються на:

– *роздільне покриття* – покриття, в якому чітко розділені функції верхньої частини покрівлі і несучої частини даху;

– *суміщене покриття* – плоске або скатне покриття, що включає в себе несучу частину, паро-, тепло-, гідроізоляційні шари і захисні шари та порожнину над теплоізоляцією.

Суміщене «зелене» покриття за характером теплового режиму експлуатації поділяється на:

– *тепле покриття* – плоске або скатне покриття, що включає в себе несучу частину, пароізоляційні, гідроізоляційні та теплоізоляційні шари над приміщеннями, що опалюються;

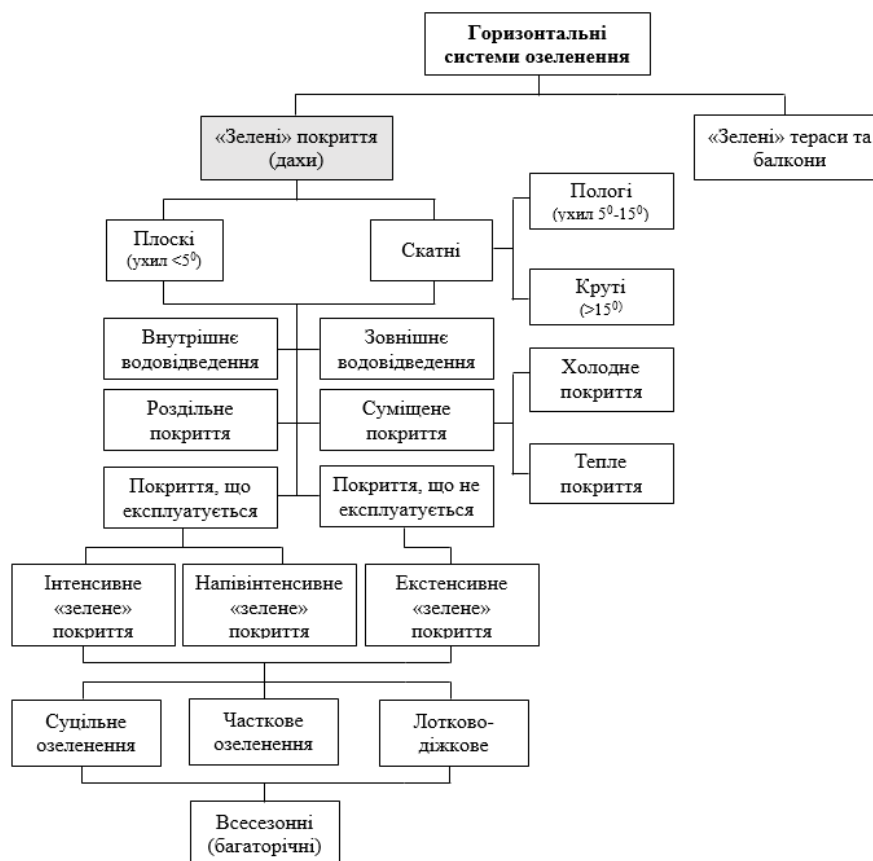


Рис. 2. Схема класифікації «Горизонтальні системи озеленення»

– *холодне покриття* – плоске або скатне покриття, що включає в себе несучу частину та гідроізоляційні шари над приміщеннями, що не опалюються.

Суміщене тепле покриття за конструктивним способом улаштування поділяється на:

– *традиційне покриття* – плоске або скатне суміщене покриття з пароізоляцією під шаром теплоізоляції та шаром гідроізоляції над нею;

– *інверсійне покриття* – плоске або скатне суміщене покриття з гідроізоляцією під шаром теплоізоляції.

Суміщене тепле традиційне покриття за тепловологісним режимом роботи поділяється на:

– *вентильоване покриття* – плоске або скатне суміщене покриття з вентиляційною системою;

– *невентильоване покриття* – плоске або скатне суміщене покриття, що не має вентиляційної системи в своєму складі.

Невентильоване покриття поділяється на:

– *невентильоване покриття без теплоізоляції* передбачає використання всіх типів озеленення та рослинності. Не можна виключати пошкодження рослинності морозом для конструкцій, покриття яких може піддаватися впливу негативних температур знизу;

– *невентильоване покриття з теплоізоляцією* передбачає використання всіх типів озеленення та

рослинності. Міцність теплоізоляційного матеріалу на стиск повинна бути адаптована до навантажень «зеленої» конструкції, включаючи навантаження рослинного шару.

Для усіх типів «зелених» покриттів (дахів) можуть використовуватися системи водовідведення:

– *внутрішнє водовідведення* – атмосферна та зрошувальна вода відводяться за допомогою спеціальних пристроїв (воронок, лотків) через дренажну систему у систему дощової каналізації або систему накопичення. Покриття, де вода відводиться через внутрішні системи, повинні мати принаймні один дренаж і один аварійний перелив, незалежно від розміру своєї поверхні;

– *зовнішнє водовідведення* – атмосферна та зрошувальна вода відводиться безпосередньо з поверхні покриття або через систему зовнішніх трубопроводів у систему дощової каналізації або систему накопичення.

За характером експлуатації поділяються на:

– *покриття, що експлуатуються (інтенсивне «зелене» покриття, напівінтенсивне «зелене» покриття)* – покриття, на яких передбачається наявність пішохідного чи транспортного руху для виконання різних функцій;

– *покриття, що не експлуатуються (екстенсивне «зелене» покриття)* – покриття, на яких не передбачається постійна наявність пішохідного чи транспортного руху, але дозволяється тимчасове перебування людей з метою проведення обслуговування конструкції «зеленого» покриття.

За засобами озеленення поділяються на:

– *суцільне озеленення* – озеленення виконується по всій площі запланованого «зеленого» покриття;

– *часткове озеленення* – озеленення виконується на частини площі запланованого «зеленого» покриття;

– *лотково-діжкове озеленення* – метод озеленення, який використовує спеціальні лотки та діжки, що можуть бути створені з вторинних матеріалів, таких як будівельні посудини або відпрацьовані діжки, і служити як контейнери для росту витких рослин або сланких кущів. Цей метод може бути використаний у випадках, коли немає можливості висадити рослини безпосередньо в ґрунт, особливо на високих будівлях або у випадках обмеженого простору.

За життєвим циклом «зелені» покриття (дахи) можуть бути тільки *всесезонні (багаторічні)*. Використання сезонних (однорічних) рослин недоцільно при улаштуванні «зеленого» покриття (даху).

Кінетичне (мобільне) озеленення, за часом використання, може бути *постійним* або *тимчасовим*. Схема класифікації кінетичного (мобільного) озеленення представлена на рисунку 3.



Рис. 3. Схема класифікації «Кінетичне (мобільне) озеленення»

В залежності від області застосування:

– *зовнішнє (вуличне)* – розташоване вздовж вулиць та громадських місць;

– *внутрішнє* – застосовується у приміщеннях, включаючи офіси, торгові центри та інші будівлі і споруди.

В залежності від функціональної зони міста може бути:

– *мобільні системи в житлових районах міста.*

Використовуються як заходи з благоустрою території району та забезпечення норм озеленення у випадку, якщо звичайне довгострокове озеленення неможливо або ускладнено;

– *мобільні системи в громадських місцях міста* (вокзали, аеропорти, торгові центри і т.д.). Використовується з метою створення естетичного та емоційного комфорту відвідувачів;

– *мобільні системи в промислових зонах.* Використовується з метою забезпечення санітарних та екологічних норм у випадку, якщо звичайне довгострокове озеленення неможливо або ускладнено.

За функціональним призначенням поділяється на:

– *декоративне* – зорієнтоване на створення естетично привабливих елементів дизайну, які можуть змінювати своє положення або форму;

– *функціональне* – має практичне значення, таке як захист від сонячного випромінювання, енергоефективність або покращення якості повітря.

Озеленення з використанням водоростей відноситься до інноваційного підходу у сфері архітектурно-будівельної галузі і являє собою сукупність спеціальних конструкцій, які називаються біореакторами, заповнених водою та поживними речовинами для росту і розмноження водоростей, мікрowodоростей.

Біореактори можна розділити на дві великі категорії: *відкриті системи* та *фотобіореактори*, різниця між якими полягає в їх впливі на навколишнє середовище. Відкриті системи, на відміну від фотобіореакторів, повністю піддаються впливу атмосфери [20, 21].

Фотобіореактори поділяються на 3 основні типи, в яких визначальним фактором є об'єднуючий параметр – доступна інтенсивність сонячної енергії.

– *пластинчастий реактор* – конструкція, яка складається з похилих або вертикально розташованих напівпрозорих прямокутних ємностей, які часто розділені на дві частини для посилення процесу перемішування реакторної рідини;

– *трубчастий реактор* – фотобіореактор, який складається з вертикально або горизонтально розташованих трубок, з'єднаних між собою, в яких циркулює рідина. Трубки, як правило, виготовляються з прозорого пластику або боросилікатного скла, а постійна циркуляція підтримується насосом в кінці системи;

– *фотобіореактор з бульбашковими колонами* – складається з вертикально розташованих циліндричних колон, виготовлених з прозорого матеріалу. Введення газу відбувається в нижній частині колони і викликає турбулентний потік для забезпечення оптимального газообміну.

Водорості, що ростуть на фасаді будівлі, фотосинтезують під впливом сонячного світла, виробляючи біомасу, яку можна використовувати для отримання енергії. Крім того, водорості можуть слугувати як

природний фільтр для звуку, покращуючи акустичний комфорт в будівлі, а також забезпечувати адаптивне затінення приміщень протягом усього року, зменшуючи надмірне нагрівання в спекотний період.

ВИСНОВКИ

Отже, впровадження «зелених» конструкцій на нових та існуючих будівлях може покращити умови навколишнього середовища та запобігти численним глобальним проблемам, таким як: зміни клімату, ефект міського теплового острова, вуглецевий слід, парникові гази та забруднення повітря. Крім того, «зелені» конструкції можуть надавати приватним та громадським сферам широкий спектр можливостей при використанні їх у якості огорожувальних конструкцій або окремих елементів дизайну як у приміщенні, так і на відкритому повітрі, що призводить до подальших значних переваг.

У наш час «зелені» фасади, «зелені» стіни та «зелені» покриття є найважливішими типами

«зелених» конструкцій, які мають різні підкатегорії та день за днем з'являються на ринку у все ширшому асортименті. Рішення щодо вибору відповідної системи «зелених» конструкцій для конкретного проєкту має залежати не лише від її візуального вигляду, способу будівництва чи кліматичних обмежень, але й від правильного порівняння різних типів на основі загальних переваг та недоліків.

Запропонована в роботі система термінів та детальна класифікація «зелених» конструкцій повинна бути корисним інструментом як для науковців, так і для виробників, надаючи можливість правильно ідентифікувати та обирати різні типи «зелених» конструкцій.

Отримані в роботі результати будуть включені до проєкту ДСТУ Б В.Х.Х-ХХ:202Х «Захист довкілля. Зелені конструкції. Технічні умови», кінцевим результатом яких є створення єдиних вимог до проєктування, будівництва та експлуатації «зелених» конструкцій, а також методик розрахунку їхніх позитивних ефектів.

REFERENCES

- [1] Kraynikovets, O.V., Didyk V.V., Maksym'yuk T.M. (2012). Sadi na dahakh. [Roof gardens]. Naukovyi visnyk NLTU – Scientific bulletin of NLTU of Ukraine, no. 728, pp. 119–125.
- [2] El Menshawy, A.S., Mohamed, A.F., Fathy, N.M. (2022). A comparative study on green wall construction systems, case study: South valley campus of AASTMT. Case Studies in Construction Materials, no. 16. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00808>
- [3] Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofs (2018). Landscape Development and Landscaping Research Society e.V. (FLL): Bonn, Germany, pp. 150.
- [4] UNI 11235. (2015). Istruzioni per la Progettazione, l'esecuzione, il Controllo e la Manutenzione di Coperture a Verde (Criteria for Design, Execution, Testing and Maintenance of Roof Garden). Ente Italiano di Normazione: Milano, Italy, pp. 60.
- [5] SIA312:2013. (2013). Begrünung von Dächern. Schweizer Norm, pp. 27.
- [6] Tkachenko, T.M., Tkachenko O.A. (2019). Sučasnyj stan vykorystannja "zelenyh konstrukcij" v urbocenoazah. [The current state of the use of «green structures» in urbocenos]. Zbirnyk naukovykh prac' DonNABA, no. 1, pp. 3–30.
- [7] DBN V.2.6-220:2017 (2017). Pokryttia budivel i sporud. [Roofing of buildings and structures]. Kyiv: Minrehion Ukrainy – Ministry of the Region of Ukraine, pp. 46.
- [8] Filonenko, O., Avramenko, Y., Kidenko, V. (2020). «Green roofs» – historical experience and modern requirements. Collection of scientific papers: Industrial engineering, construction, no. 2 (55), pp. 109–114.
- [9] Mir, M. (2011). Green Facades and Building Structures. M.SC. thesis, Department of Materials and Environment, Delft University of Technology, no. 1, pp. 125.
- [10] Manso, M., Castro-Gomes, J. (2015). Green wall systems: A review of their characteristics. Renew. Sustainable Energy Rev., no. 4, pp. 863–871.
- [11] Carlucci, S., Charalambous, M., Tzortz, J. (2023). Monitoring and performance evaluation of a green wall in a semi-arid Mediterranean climate. Journal of Building Engineering, no. 77. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.107421>
- [12] Pérez, G., Coma, J., Martorell, I., Cabeza, L.F. (2014). Vertical Greenery Systems (VGS) for Energy Saving in Buildings: A Review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, no. 39, pp. 139–165.
- [13] Hunter, A.M., Williams, N.S.G., Rayner, J.P., Aye, L., Hes, D., Livesley, S.J. (2014). Quantifying the Thermal Performance of Green Facades: A Critical Review. Ecological Engineering, no. 63, pp. 102–113.
- [14] Bustami, R.A., Belusko, M., Ward, J., Beecham, S. (2018). Vertical Greenery Systems: A Systematic Review of Research Trends. Building and Environment, no. 146, pp. 226–237.
- [15] Susorova, I., Bahrami, P. (2013). Facade-Integrated Vegetation as an Environmental Sustainable Solution for Energy-Efficient Buildings. MADE Research Journal of Cardiff University: Cardiff, UK, no. 1, pp. 6–14.
- [16] Koc, C.B., Osmond, P., Peters, A. (2017). Towards a Comprehensive Green Infrastructure Typology: A Systematic Review of Classification Approaches, Methods and Typologies. Urban Ecosystems, no. 20, pp. 15–35.
- [17] Medl, A., Stangl, R., Florineth, F. (2017). Vertical Greening Systems – A Review on Recent Technologies and Research Advancement. Building and Environment, no. 125, pp. 227–239.

- [18] Yan, F., Ye, L., Lin, X. (2022). A review of the application of green walls in the acoustic field. *Building Acoustics*, no. 29 (2), pp. 295–313.
- [19] Zakharov, Yu. O., Avdeeva, N. Yu. (2021). Problemy klasifikatsii ta vykorystannia "zelenykh konstrukttsiy" u arkhitekturnomu proektuvanni. [Problems of classification and use of "green structures" in architectural design]. *Mizhnarodnyy naukovyy zhurnal "Internauka"*, no. 5, pp. 20. Retrieved from: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-5>
- [20] World's First Algae Bioreactor Facade Nears Completion. Retrieved from: <https://www.archdaily.com/339451/worlds-first-algae-bioreactor-facade-nears-completion>
- [21] Algae bioreactor. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Algae_bioreactor

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Крайниковець О.В., Дідик В.В., Максим'юк Т.М. (2012) Сади на дахах. Архітектура. *Науковий вісник НЛТУ України*. № 728. С. 119–125.
- [2] El Menshawy, A.S., Mohamed, A.F., Fathy, N.M. (2022) A comparative study on green wall construction systems, case study: South valley campus of AASTMT. *Case Studies in Construction Materials*. Vol. 16. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00808>
- [3] Guidelines for the Planning, Construction and Maintenance of Green Roofs (2018) Landscape Development and Landscaping Research Society e.V. (FLL): Bonn, Germany. P. 150.
- [4] UNI 11235. (2015) Istruzioni per la Progettazione, l'esecuzione, il Controllo e la Manutenzione di Coperture a Verde (Criteria for Design, Execution, Testing and Maintenance of Roof Garden). Ente Italiano di Normazione: Milano, Italy. P. 60.
- [5] SIA312:2013. (2013) Begrünung von Dächern. Schweizer Norm. P. 27.
- [6] Ткаченко Т.М., Ткаченко О.А. (2019) Сучасний стан використання «зелених конструкцій» в урбоценозах. *Збірник наукових праць ДонНАБА*. № 1. С. 3–30.
- [7] ДБН В.2.6-220:2017. (2017) Покриття будівель і споруд. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України. 46 с.
- [8] Filonenko O., Avramenko Y., Kidenko V. (2020) «Green roofs» – historical experience and modern requirements. *Збірник наукових праць: Галузеве машинобудування, будівництво*. № 2(55). С. 109–114.
- [9] Mir M. (2011) Green Facades and Building Structures. M.Sc. thesis, Department of Materials and Environment, Delft University of Technology. Vol. 1, pp. 125.
- [10] Manso M., Castro-Gomes J. (2015) Green wall systems: A review of their characteristics. *Renew. Sustain. Energy Rev.* Vol. 4. pp. 863–871.
- [11] Carlucci S., Charalambous M., Tzortz J. (2023) Monitoring and performance evaluation of a green wall in a semi-arid Mediterranean climate. *Journal of Building Engineering*. Vol. 77. URL: <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.107421>
- [12] Pérez G., Coma J., Martorell I., Cabeza L.F. (2014) Vertical Greenery Systems (VGS) for Energy Saving in Buildings: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 39. pp. 139–165.
- [13] Hunter A.M., Williams N.S.G., Rayner J.P., Aye L., Hes D., Livesley S.J. (2014) Quantifying the Thermal Performance of Green Facades: A Critical Review. *Ecological Engineering*. Vol. 63. pp. 102–113.
- [14] Bustami R.A., Belusko M., Ward J., Beecham S. (2018). Vertical Greenery Systems: A Systematic Review of Research Trends. *Building and Environment*. Vol. 146. pp. 226–237.
- [15] Susorova I., Bahrami P. (2013) Facade-Integrated Vegetation as an Environmental Sustainable Solution for Energy-Efficient Buildings. *MADE Research Journal of Cardiff University*. Vol. 1. pp. 6–14.
- [16] Koc C.B., Osmond P., Peters A. (2017) Towards a Comprehensive Green Infrastructure Typology: A Systematic Review of Classification Approaches, Methods and Typologies. *Urban Ecosystems*. Vol. 20. pp. 15–35.
- [17] Medl A., Stangl R., Florineth F. (2017) Vertical Greening Systems – A Review on Recent Technologies and Research Advancement. *Building and Environment*. Vol. 125. pp. 227–239.
- [18] Yan F., Ye L., Lin X. (2022) A review of the application of green walls in the acoustic field. *Building Acoustics*. Vol. 29 (2). pp. 295–313.
- [19] Захаров Ю.О., Авдеева Н.Ю. (2021) Проблеми класифікації та використання «зелених конструкцій» у архітектурному проектуванні. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука"*. №5. С. 20. URL: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2021-5>
- [20] World's First Algae Bioreactor Facade Nears Completion. URL: <https://www.archdaily.com/339451/worlds-first-algae-bioreactor-facade-nears-completion>
- [21] Algae bioreactor. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Algae_bioreactor

© Кравченко М. В., Ткаченко Т. М.

Дата надходження статті до редакції: 26.10.2023

Дата затвердження статті до друку: 16.11.2023