

УДК 911.375.4:316
JEL O18, Q42, R58

А. М. Пінь

молодший науковий співробітник Науково-дослідної частини
Тернопільського національного економічного
університету, м. Тернопіль
e-mail: rockgorn@gmail.com
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8291-760X>

АДАПТАЦІЯ «ЗЕЛЕНИХ» ТЕХНОЛОГІЙ У КОНЦЕПЦІЮ РОЗУМНОГО МІСТА

Беручи до уваги процеси соціальних та кліматичних змін на глобальному рівні, все більше міст у всьому світі переформатували стратегії розвитку в напрямі впровадження «розумних» реформ з метою забезпечення сталого розвитку, збільшення виробництва енергії за рахунок розширення бази відновлювальних ресурсів і покращення системи управління утилізації сміття. Ангрейд до розумного міста означає покращення якості життя жителів урбанізованої території шляхом забезпечення можливостей для культурного, економічного та соціального розвитку у здоровому, безпечному та надихаючому навколишньому середовищі. Здійснено аналіз найбільш ефективних ініціатив у межах концепції «розумного» міста, що стосуються розвитку «зелених» споруд з особливим акцентом на концепції вертикального озеленення. Наводиться детальна характеристика позитивних ефектів від встановлення конструкцій «зеленого» полотна. Серед наведених переваг реалізації цих технологій зменшення викиду забруднювачів, які є рушійними силами парникового ефекту, та економія на електроенергії є найбільш значущими. За результатами аналізу ефективності імплементації концепції вертикального озеленення розроблені пропозиції щодо розвитку чи покращення стратегії сталого розвитку урбанізованих територій з наголосом на «зелені» та «розумні» технології.

Ключові слова: «розумне» місто, «зелені технології», концепція розумного міста, концепція вертикального озеленення, вертикальне озеленення.

Pin A. INCORPORATION OF «GREEN» TECHNOLOGIES INTO THE «SMART» CITY CONCEPT

In view of social and climate changes in global dimensions the number of cities striving for reformatting their development strategies is noticeably growing. So-called smart reforms currently dominate among development strategies, since they encompass goals the smart city concept contains to the fullest. In particular, the reforms aim at providing and maintaining sustainable development, increasing the share of renewable resources in total energy output and improving waste management. Upgrading to the level of smart city means boosting quality of citizens' life through providing opportunities for cultural, economic and social development in safe, inspiring and healthy environment. The analysis of the most efficient and creative initiatives to set the trend of «green» building in order to promote the smart city concept provides evidence for high efficiency of «green» technologies. Of particular importance to this research study is vertical gardening/greening. There is ample evidence supporting the claim that vertical gardening is among the inherent components of a development strategy aimed at reaching the smart city format. The smart city concept is the expected outcome of ever-increasing demand for efficient use of scarce resources. Scarcity features fixed capital. On these grounds, there is a pressing need to promote renewable technologies for decreasing cost of goods and services, and saving the ecosystem at large. Green technologies are among priorities underlying the smart city concept. High density of internal combustion engines in highly urbanized area significantly makes a case for exploring perspectives of green technologies. Promoting environment friendly innovations enables cost-effectiveness and enhancement of the quality of the ecosystem. The findings reflect a number of positive effects vertical greening has on quality of life and well-being. Among those advantages the most outstanding are economic and environmental ones. Vertical gardens enable to reduce energy consumption; meanwhile environmental effects include shrinkage in the emission of CO₂ and the other pollutants contaminating the ecosystem. Based on the analysis of efficiency deriving from the implementation of the green gardening concept we have elaborated recommendations on how to ensure sustainable development of urbanized areas utilizing green and smart technologies.

Keywords: smart city, green technologies, smart city concept, vertical gardening concept, vertical greening.

Постановка проблеми. Засоби виробництва характеризуються вичерпаністю та обмеженістю. Концепція «розумного» міста є логічним результатом зростаючого попиту на ефективне використання обмежених ресурсів. Враховуючи зазначене, зростає потреба у популяризації відновлювальних технологій, метою яких є зниження собівартості товарів і послуг у вузькому розумінні і збереження екосистеми у глобальному. Чільну позицію у концепції «розумного» міста займають «зелені» технології. Зважаючи на високу концентрацію двигунів

внутрішнього згорання в сучасних урбанізованих одиницях, впровадження «зелених» технологій зумовить не лише економію, але й покращення якості екосистеми. У довгостроковій перспективі такі технології зумовлять послаблення факторів зміни клімату.

Важливою компонентою «зелених» технологій є вертикальне озеленення будівель і споруд. Вертикальне озеленення сучасних творінь архітектури та інженерії активно привертає увагу світового суспільства й комерційного сектору зокрема.

Протягом останніх десятиліть відбулося усвідомлення того, що вертикальні живі зелені площі не лише покращують загальний вигляд об'єктів з будь-якої перспективи, але й здатні ефективно поглинати негативні шумові й звукові коливання. Вертикальне озеленення позиціонується в економічному, соціальному та екологічному контекстах як засіб для послаблення парникового ефекту, адаптування до змін клімату, посилення інтенсивності й обсягів очищення повітря на густонаселених територіях, надання естетичного вигляду об'єктам озеленення. Проте, не зважаючи на широкий спектр переваг від технологій вертикального озеленення, для цих інноваційних рішень характерні дефіцит інвестування та політичного лобіювання.

Фасади будівель є підходящою основою для часткового або абсолютного озеленення. Даючи зелене світло технологіям штучного поширення впливу природи на бетонно-асфальтні простори, сучасне суспільство трансформується із невпинного експлуататора природи в її охоронця і захисника. В такому випадку відбувається зміна вектору мислення людини як розумної істоти. Домінування інтелекту означає визнання пріоритетності захисту й збереження планети Земля над примітивною експлуатацією екосистеми. Таким чином, потреба в озелененні урбанізованих залізобетонних одиниць не лише зумовлена екологічним, але й соціальним ефектом, оскільки, беззаперечно, збільшення концентрації кисню та живих зелених елементів сприяє покращенню роботи мозку, відбувається зростання продуктивності праці, а відтак має місце інтенсифікація ділової активності для зміцнення економіки й підвищення загального добробуту. Вплив природи на людину у науковому просторі визначається як біофілія – самопочуття людини покращується, якщо у полі зору знаходяться зелені насадження [1]. Дослідження показали, що людський організм реагує зниженням кров'яного тиску та нормалізацією серцебиття в процесі перебування у ботанічному саду [2, с. 45]. Ще одним відкриттям стало те, що симптоми дискомфорту на 23% нижчі у тих людей, які у своїх офісах мають домашні рослини [2, с. 45]. Р. Ульріх виявив, що спостереження за насадженнями через вікно пришвидшує проходження стресу й зменшує термін постопераційного відновлення [3].

Очевидно, що концепція вертикального озеленення суттєво доповнює «зелену» складову «розумного» міста. Зважаючи на низку переваг фасадного озеленення та велику кількість технологій нанесення рослин на стіни, існують бар'єри для активної експлуатації вертикальних зелених площ: потреба в обслуговуванні, очищенні територій від падаючого листя, ймовірність пошкодження структури стін, збільшення кількості комах і непередбачувані додаткові витрати, пов'язані з перерахованими факторами.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз останніх досліджень демонструє посилення негативного впливу зростання населення світу на кліматичні зміни [1; 2]. Беручи до уваги низький рівень енергоефективності будівель, споруд і транспортних

систем, близько 70% викидів забруднювачів навколишнього середовища здійснюються сучасними містами [3; 4]. Крім цього, міста споживають близько 60% усієї енергії виготовленої у глобальному масштабі [5; 6]. Щорічно близько 12,6 млн осіб гине внаслідок забруднення екосистеми [6]. Враховуючи зазначене, концепція «розумного» міста є найбільш перспективним шляхом покращення якості життя у містах завдяки забезпеченню безпечного навколишнього середовища [7]. Основними напрямками розвитку і / або доповнення концепції «розумного» міста є інформаційні мережі, гібридний та електротранспорт, «розумні» системи запобігання втратам прісної води при транспортуванні, передові системи освітлення, які дають змогу моніторити транспортне навантаження та рівень поточного забруднення повітря [8; 9]. Проте дослідники приділяють мало уваги технологіям озеленення територій з високим рівнем урбанізації. Вертикальне озеленення потребує особливої уваги, оскільки дозволяє збільшити концентрацію зелених площ без необхідності створення горизонтальних зелених зон.

Мета статті. Виявлення перспектив адаптації «зелених» технологій у контексті концепції вертикального озеленення у концепцію «розумного» міста.

Основні результати дослідження. Технології вертикального озеленення беруть свій початок ще з VII ст. до н. е. Зелені фасади можна було спостерігати в садах Вавилону. Вони були побудовані царем Навуходоносором у подарунок своїй дружині. Екзотичні дерева, кущі та виноград повинні були компенсувати її тугу за «зеленою» батьківщиною – Персією. Найбільш відомі месопотамські сади Вавилону вважаються одним із семи чудес світу [2, с. 12].

Вертикальні й горизонтальні сади набули поширення і в Римській імперії: власники крамниць насаджували виноградні лози на балконах своїх крамниць. В добу Ренесансу будинки заможних європейців прикрашали екзотичні фруктові насадження. У 1650-1830 рр. «фруктові» стіни були дуже популярні, про що свідчать історичні дані щодо садів Версальського палацу Людовика XIV [2, с. 12].

У XVII-XVIII ст. на територію Європи були імпортовані такі північноамериканські рослини для вертикального озеленення, як дикий виноград (*Parthenocissus quinquefolia*), Кампсис (*Campsis*) та Аристолохія (*Aristolochia*).

Впродовж століть технології вертикального озеленення ґрунтувалися на тому, що рослини розсаджували вздовж стін будівель. Період бурхливого розквіту вертикального озеленення припав на розвиток портативних посудин, які утворюють цілу мережу й призначені для розміщення рослин, живлення їх водою і мінералами. Вперше широкомасштабний екопроект, що стосувався вертикального озеленення, був впроваджений у районі Кройцберг (м. Берлін, Німеччина) [2, с. 13]. Цей проект був втілений у 1984 р. для визначення потенціалу вертикального озеленення: фасади будинків були покриті плющем й диким виноградом (*Parthenocissus quinquefolia*), посадженим у горщики

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОГО ПЕРІОДУ УКРАЇНИ

для квітів вздовж фасадів й при самих фасадах [2, с. 13].

Перманентну позицію щодо екологізації урбанізованих населених пунктів займав австрійський художник, дизайнер та архітектор Ф. Гундертвассер. У 1986 р. він спроектував комплекс з 52-ох житлових будинків з хвилеподібними фасадами й дахами. Художник протиставляв себе раціоналізму та функціоналізму – характерним рисам ХХ ст. Він наполягав на тому, що право прикрашати власний будинок самотужки є невід’ємним, воно притаманне кожному. Творча та архітектурна діяльність Гундертвассера полягає в уникненні прямих ліній в архітектурних проектах, а також висадження дерев на дахах і у вікнах будинків. Легендарним творінням архітектора є Гундертвассергаус у Відні, який є третьою за відвідуваністю туристичною пам’яткою Австрії після Шенбурна та Зальцбурга. Гундертвассер

запропонував суспільству нове архітектурне рішення, що поєднує у собі не лише складні конструкції з бетону й заліза, але й щільно переплетене павутиння пишних рослин.

У 1920-х рр. Велика Британія та Північна Америка розпочали активно розвивати технології вертикального озеленення на основі решіткової структури і витких рослин. У 1988 р. була впроваджена технологія кабельних / дротяних систем з нержавіючої сталі для вирощування вертикальних фасадів. На початку 1990-х дротяні й решіткові системи осіли на ринку Північної Америки.

Вперше решіткові системи були використані у Universal City Walk (штат Каліфорнія, США) у 1993 р. та у 1994 р. Внутрішні стіни з біофільтрацією також були встановлені в Green Roofs Organization (м. Торонто, Канада).



Рис. 1. Класифікація підтримуючих конструкцій для створення вертикальних зелених фасадів
Побудовано автором на основі даних [4, с. 589].

Вертикальне озеленення фасадів можна здійснити шляхом розміщення на стінах резервуарів / посудин з рослинами. Цей спосіб називається контейнерною посадкою: на стіні закріплюються контейнери, в яких висаджуються як кучеряві, так і звичайні рослини [5, с. 134]. Контейнери для вертикального озеленення можуть бути виготовлені як з металу, так і з пластмаси або кераміки, можна також пристосувати дерев'яні ящики або цементні вазони.

Для контейнерної посадки прекрасно підходять Діхондра, листя якої мають приємний сріблястий відтінок, хлорофітум, а також багатогібридні види петуній (Фортуна, Калібрахоа). Таким чином, частина стіни може бути повністю покрита зеленню (наприклад, кут будівлі), а вся інша площа фасаду може бути затінена розлогими рослинами на зразок в'юнких троянд. Вони і корінням добре тримаються, і за стіну чіпляються, так що за надійність посадки можна не турбуватися.

Решітково-дротяні конструкції є пріоритетними технологіями вертикального озеленення. Блоки модульних систем міцні, легкі та складаються з тривимірних панелей, зроблених з оцинкованих і приварених один до одного сталевих тросів, що утримують вагу рослин. Ця система призначена утримувати зелений фасад подалі від поверхні стіни, аби рослини не нагромаджувалися впритул до поверхні фасадів. Це технологія створює необхідний простір для росту рослин з достатньою кількістю елементів, до яких насадження має змогу прикріпитися. Блоки модульних систем можуть охоплювати значні площі; більше того, вони можуть бути пристосовані до поверхонь будь-яких форм, враховуючи опуклості, вигини, гострі кути та інші елементи архітектурних рішень [6, с. 190].

Решіткові конструкції призначені для підтримування швидкорослих рослин з густим листям. Дротяно-мотузкові конструкції розроблені для рослин, що повільно зростають – вони

потребують кращої опори конструкції за рахунок менших інтервалів між дротяними елементами. В основі обох конструкцій – гнучкі сталеві троси та додаткове опорне обладнання. Різноманітні розміри й зразки конструкцій вільно повторюють форму об'єкта озеленення завдяки своїй гнучкості й пружності, яка досягається шляхом натягування тросів та їх знерухомлення за допомогою фіксаторів [7, с. 50].

Вертикальне озеленення будівель забезпечує не лише економічну й екологічну вигоду, але й естетичний зовнішній вигляд урбанізованим районам. Вигоди варіюються залежно від особливостей будівель, технологій озеленення, конструкцій та каркасів утримування живого полотна, вибраних рослин. Таким чином, вертикальне озеленення має низку переваг.

1. Зменшення рівня CO₂ за рахунок збільшення продуктивних площ фотосинтезу. Рослинність займає значні площі планети Земля, хоча ці території щорічно скорочується, що призводить до глобального потепління, танення льодовиків, накопичування вуглекислого газу в атмосфері, загального нагрівання планети та утворення пор в озоновому шарі. Отже, важливість вертикального озеленення неможливо переоцінити. Листяне полотно вбирає в себе вуглекислий газ (CO₂), нітрати (NO₃), нітроти (NO₂) та інші забруднюючі речовини у великих кількостях, фільтруючи та заповнюючи біосферу ресурсом для підтримання життя живих організмів [5, с. 130]. Зелений фасад здатен блокувати рух забруднювачів вздовж споруд і будівель, відразу фільтруючи їх та збагачуючи навколишнє середовище киснем. В спекотний літній період нагрівання цегляних, кам'яних, бетонних, скляних та асфальтових поверхонь призводить до утворення гарячих вертикальних повітряних потоків, які захоплюють у вир частинки забруднювачів й розповсюджують їх повітрям, транспортуючи до помешкань, офісів та інших приміщень. За наявності зелених площ забруднювачі поглинаються листям, стовбурами й гілочками. Багато дослідників вважають: забруднювачі, що їх поглинули рослини, вимиваються дощем. Проте, відповідно до результатів дощового експерименту, найменші часточки забруднювачів утримуються рослинністю навіть опісля дощу [2, с. 33]. Крім того, дослідження показали, що зелені килими вздовж автомобільних доріг набагато ефективніші в плані поглинання свинцю та кадмію, ніж рослини сільської місцевості [2, с. 33]. Таким чином, важлива не лише кількісна сторона збільшення зелених площ, але й необхідно враховувати ті місця, де рослинність працюватиме ефективніше.

У 2010 р. професор М. Стернберг виявив, що концентрація тяжких металів на зелених фасадах у зонах з активним рухом транспорту, оснащеного двигунами внутрішнього згоряння, набагато більша, ніж на зелених килимах тих місцевостей, які підпадали під менший тиск дітищ автопромисловості. Важливою функцією листяного покриву, природно, є всмоктування вуглекислого газу та продукування кисню через механізм фотосинтезу. Надмірне накопичування газоподібних часточок призводить до

погіршення легеневих функцій, респіраторних і серцево-судинних захворювань. Окрім згубного впливу на живі організми, надмірна, не вчасно поглинута й утилізована маса газових частинок прискорює корозію металів, сприяє пошкодженню площ, покритих фарбою, руйнуванню скульптур та інших об'єктів, створених людиною, внаслідок потрапляння бруду на їхню поверхню [2, с. 34]. Покращення якості повітряних мас за рахунок зелених фасадів принесе пряму користь людям, що страждають від тривалих хвороб. Відбудеться скорочення випадків утворення смогів, а проблеми з корозією перетворяться на менш загрозливі, а це важлива потреба для урбанізованого міста та його інфраструктури, вразливої й чутливої до забруднення повітря [2, с. 34].

Дослідження показали, що доросла гілка 80-100-літнього дерева, покрита листям площею 1600 м², продукує 1,71 кг кисню, 1,6 кг глюкози щогодини, використовуючи при цьому 2,4 кг вуглекислого газу, 96 кг води та 25,5 Кдж енергії [7, с. 51]. Обсяг цієї природної продукції зустріне попит 10-ти людей, які задовольнятимуться виробленим киснем протягом однієї години. Ще одне дослідження, здійснене Дрезденським університетом у 2009 р., свідчить про те, що 1000 м² зеленого фасаду, покритого плющем звичайним (*Hedera helix*), щорічно виробляє природні ресурси в таких обсягах: 1712 кг кисню виробляються шляхом поглинання 2351 кг вуглекислого газу та 1019 кг води [8, с. 232]. Варто додати, що загальний обсяг листяної площі зеленого фасаду на 1000 м² більший, ніж обсяг листяної площі аналогічної площі гілки багаторічного дерева. Коефіцієнт співвідношення листяної площі площі звичайного до загальної площі, яку він фактично собою покриває, становить 5,2. Тобто на одному метрі квадратному, покритому рослинністю, зосереджується продуктивна листяна площа, що перевищує попередню в 5,2 рази. Таким чином, на 1000 м² зеленого фасаду припадає 5200 м² продуктивної зеленої площі [2, с. 34]. Зібравши низку беззаперечних фактів на користь необхідності зелених фасадів, слід встановити, чи може зелений фасад компенсувати нестачу нормативної площі озеленення? Безсумнівно, високі показники продуктивності дають схвальну відповідь на це запитання. 1 квадратний фут зеленої стіни може фільтрувати повітря приблизно для 100 футів квадратних в офісах. Крім того, вертикальний зелений фасад на одній стіні кожного з 50-ти будинків замінє 50 дерев [4, с. 600].

Отже, попри свою дивовижну здатність ліквідовувати токсини, переробляючи їх на корисні природні ресурси, вертикальне зелене полотно додатково дає змогу економити площу тісно забудованих урбанізованих районів, компенсуючи нестачу нормативної площі озеленення території на одну особу шляхом створення нових зелених фасадів.

2. Регулювання температури повітря у будівлях. Зелені фасади створюють власний специфічний мікроклімат, що повністю відрізняється від зовнішніх умов. Залежно від висоти й розташування об'єкта озеленення, зелений фасад піддається впливу різних

температурних коливань, поривів вітру та прямого впливу сонячних променів. Клімат фасадів будівель побідний до пустельного, тому необхідно використовувати рослини, зважаючи на всі фактори впливу і ризику.

Бетонні та скляні покриття вертикальних поверхонь погано утримують дощову воду, відразу спрямовуючи її у систему водовідведення. Рослини здатні затримувати краплини води на поверхні листя довше, ніж матеріали зовнішнього покриття споруд і будівель, покращуючи процес випаровування й зволоження повітря. Результатом цього явища є пом'якшення клімату урбанізованого району. Простір між зеленим фасадом і стіною завжди заповнений свіжим повітрям. Отже, «стагнаційне» повітря створює ізоляційний ефект, запобігаючи нагріванню стін у теплу пору року. Окрім того, зелене полотно запобігає нагріванню стін шляхом поглинання енергії прямих сонячних променів, зменшуючи температуру в приміщенні. В холодні періоди вертикальний фасад знижує вплив прохолодного повітря на стіни будівель, запобігаючи їх швидкому охолодженню й, відповідно, зниженню температури всередині споруди. Беручи до уваги теплу пору року, важливо зазначити, що зниження температури навколо будівлі на $0,5^{\circ}\text{C}$ призведе до зменшення витрат електроенергії для охолодження приміщень на 8% [2, с. 38]. Крім цього, повітряні потоки, пропливаючи вздовж стіни, знижують ефективність використання енергії будівлі на 50%. За наявності зеленого покриття цей чинник практично нівелюється. Зелені фасади здатні знижувати температуру повітря для охолодження споруди багатьма способами. Перший з них полягає в тому, що стіни поглинають менше сонячної енергії, якщо вони покриті живим зеленим полотном. Червоні області означають відсутність живого покриття й високий ступінь поглинання сонячної енергії, тоді як синьо-зелена площа сигналізує про слабкий рівень нагрівання поверхні будівлі.

Ще одним способом запобігання нагріванню стін є охолодження за рахунок випаровування. Більшість матеріалів, з яких утворено зовнішній шар стін і / або фасадів, добре поглинають сонячне випромінювання. Живі зелені килими запобігатимуть надмірному нагріванню поверхонь будівель, зменшуючи нагрівання й пришвидшуючи тепловіддачу, що життєво необхідно для урбанізованих районів. Сильно нагріті поверхні будівель призводять до збільшення температури повітря вночі внаслідок інтенсивної тепловіддачі [2, с. 38].

Із сонячної енергії, що потрапляє на поверхню листя, 5-30% відбивається в космос, 5-20% використовується для фотосинтезу, 10-50% перетворюється в тепло, 20-40% споживається для реалізації процесу випаровування, 5-30% безповоротно транспортується через листя [9, с. 56]. В урбанізованих районах випаровування та живе полотно знижують обсяг увібраної твердими поверхнями сонячної енергії. Більше того, тверді поверхні отримують захист від впливу ультрафіолетового випромінювання, яке погіршує структуру і міцність твердих поверхонь. З

економічної точки зору, витрати на підтримування незмінного, безпечного стану твердих поверхонь будівель знизяться, якщо такі будівлі перебуватимуть під захистом зеленого щита.

Отже, живий зелений фасад спроможний не лише призвести до економії нормативної площі озеленення території на одну особу, але й забезпечити густонаселені, урбанізовані райони більшою концентрацією свіжого повітря в теплу пору року та зумовити зниження витрат енергії для обігріву будівель у холодний період.

3. Поглинання звуку та зниження шуму. Рослини здатні поглинати, відбивати та дифрагувати шум: цей ефект позитивно відображається на урбанізованих районах, підкріплюючи комфорт і затишок. Ефективність залежить від виду рослин, густоти насаджень, розташування та частоти звукових хвиль [2, с. 42].

Вертикальні фасади знижують частоту шуму, що надходить як із середини приміщення, так із зовнішнього середовища. Зелені стіни забезпечують будівлю звуковим бар'єром, який значно знижує шум та вібрацію зовнішнього середовища (на 40 Дц) [4, с. 598]. Маленький зелений бар'єр у середині будівлі, що охоплює робоче місце, знижує шум на 5 Дц [4, с. 598].

Отже, ще одна перевага вертикального зеленого фасаду – його здатність поглинати шум й вібрацію, а відтак знижувати згубний вплив зовнішнього середовища на нервову систему людини. Вертикальний зелений фасад можна розглядати як складову ланку планети, живий щит для запобігання руйнуванню будівельних матеріалів і бар'єр проти шуму й вібрації.

4. Накопичування й зберігання води та зменшення витрат на зрошування. Однією з найбільших переваг зеленого фасаду є його система водопостачання. Вода, що використовується для зрошування вертикального фасаду, всмоктується ним не в повному обсязі. Як наслідок, залишки акумулюються на найнижчому рівні, заповнюючи спеціальні ємності. Зібрана водяна маса, що пройшла фільтрацію через зелений фасад, може повторно використовуватися в побуті або для зрошування. Крім того, зелений фасад забезпечується дощовою водою, що допомагає економити на електроенергії для перекачування води для фасаду із загального водопостачання.

5. Захист від бруду, пилу й шкідливих мікроорганізмів. Рослини запобігають надходженню пилу й бруду в приміщення завдяки вологому середовищу, яке створюється їхнім листяним покриттям. Завдяки виділенню соку рослини також сприяють зниженню кількості шкідливих мікроорганізмів. Захист від бруду й пилу проявляється у покращенні якості повітря завдяки втягуванню токсинів і здійсненню фотосинтезу. Беручи до уваги приміщення, заповнені рослинами, варто зазначити, що ймовірність виникнення плісняви чи бактерій знижується на 50-60% [4, с. 601].

6. Економічний ефект від використання зелених фасадів. Як зазначалося вище, зниження температури повітря навколо стін будинку на $0,5^{\circ}\text{C}$ призведе до зменшення споживання електроенергії на 8%. В

урбанізованих районах збільшення температури на 1 °С призведе до збільшення потреб в електроенергії на 2-4%. При збільшенні температури повітря на 0,5-3 °С для охолодження будівель урбанізований район потребує електроенергії на 5-10% більше [2, с. 45].

Потреба у зелених фасадах простежується у такому логічному ланцюжку: зменшення обсягу споживання електроенергії спричинить зниження обсягу виробництва на теплових електростанціях, які потребуватимуть менше вугілля для функціонування, а тому менше забруднюватимуть повітря. Покращення якості повітря в урбанізованих районах призведе до збільшення вартості будівель і споруд, розташованих у його межах [2, с. 46]. Дослідження американських і британських вчених показали, що вартість будівлі, оснащеної зеленим фасадом, збільшується на 6-15% [4, с. 603].

Побічним економічним ефектом зелених фасадів є висока вартість їх встановлення. Початкова інвестиція є великою, проте, беручи до уваги те, що будівлі і споруди є активами, які служать десятиліттями й навіть століттями, рентабельність «проявиться» у витратах на електроенергію та під час продажу споруди.

Отже, окрім властивості компенсувати нестачу нормативної площі на одну особу, зелений фасад знижує енерговитрати й збільшує вартість споруди.

7. Надання естетичного зовнішнього вигляду спорудам. Вертикальні зелені площі створюють ефект тісного зв'язку штучних твердих поверхонь з витонченістю й первозданністю природи. Живі стіни вдихають у черству будівлю життя, наповнюють енергією природи, чистим повітрям, запобігають проникненню бруду, шуму й вібрації. Захист від факторів згубного впливу й мінімізації ймовірності їхнього прояву відбивається на працездатності людини. Висока якість повітря підживлює мозок достатньою кількістю кисню, пришвидшуючи процес обробки й сприймання інформації, покращуючи процес навчання й запам'ятовування. Відтак працездатність і продуктивність трудових ресурсів інтенсифікується, зміцнюючи економічне й соціальне становище тісного, асфальтобетонного урбанізованого району.

Висновки. 1. Історія фасадного озеленення почала свій відлік задовго до нашої ери. Вавилон вважається місцем народження як цієї ідеї, так і перших технологій вирощування вертикальних живих стін. Необхідність у зелених фасадах була зумовлена не лише естетичним зовнішнім виглядом, який набувала будівля. У процесі розвитку суспільства і науки збільшувалася кількість причин, які зумовлюють потребу у зелених фасадах: терморегулювання, сповільнення процесу глобального потепління, охолодження урбанізованих районів. Вертикальне озеленення повною мірою відповідає засадам концепції «розумного» міста. Екологічні, економічні та соціальні вигоди від реалізації технологій вертикального озеленення дають змогу стверджувати про їх високу цінність у межах концепції «розумного» міста.

2. Відомі на сьогодні конструкції та технології вирощування фасадів не є вичерпними: розробка легких і міцних матеріалів, поживних речовин для прискорення росту розширять асортимент продукції на ринку вертикального озеленення. Технології і конструкції, що використовуються у наш час, дозволяють виростити зелену стіну будь-якої форми, висоти й складності. Інвестиція у зелений фасад є рентабельною, якщо розглядати її у довгостроковій перспективі. Більше того, вартість споруди, оповитої зеленими елементами, помітно зростає. Таким чином, з економічної, соціальної, екологічної, технічної та архітектурної точки зору, фасадне озеленення приносить значну вигоду.

3. Найбільш переконливим мотивом насадження вертикальних живих стін є поліпшення якості повітря, зменшення витрат електроенергії та економія нормативної площі озеленення на одну особу. Варто згадати те, що живі стіни можуть замінити дорослі дерева у плані вироблення кисню й поглинання шкідливих речовин, пилу, бруду. Вирощування зеленої стіни вимагає набагато менше часу, ніж дорослого дерева, тому вертикальні фасади ідеально підходять для урбанізованих районів, де мало зелених насаджень, існує дефіцит площ і спостерігається значне перевищення приросту населення й споруд порівняно з приростом зелених площ. Урівноваження нормативної площі озеленення може здійснюватися за рахунок вирощування зелених фасадів.

4. Беручи до уваги ситуацію, яка спостерігається у нових спальних районах міст України, стає очевидним той факт, що тотальна забудова залишає мало місця для рослин, навіть якщо норми озеленення відповідають кількості населення. Багатоповерхівки вбирають в себе величезну кількість сонячної енергії, що її у темний період доби випромінюватимуть в атмосферу. Застояне, гаряче нічне повітря згубно впливає на людський організм. Якщо збільшення площі озеленення за рахунок живих фасадів не запобігатиме вбиранню сонячної енергії багатоповерхівками, то хоча б пришвидшить процес утворення свіжого, прохолодного повітря.

5. Для реалізації можливості вирощування зелених фасадів в Україні необхідно здійснювати зміни до відповідних законів і корегувати будівельні норми. Зміни в законодавстві необхідно проводити щодо урбанізованих районів, де переважають високі будівлі, що потребують підтримуючих конструкцій, а також догляду за рослинами, їх зрошування й удобрення. Відповідно, такі заходи спричинять збільшення податкового тиску на населення. З іншого боку, будуть створені нові робочі місця, а економія електроенергії влітку та газу взимку перевищуватиме витрати на утримання вертикальних фасадів. Крім того, підтримуючі системи споруджуватимуться на довгостроковий термін, тобто на десятки років.

6. Зважаючи на те, що кількість транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння невпинно збільшується, посилюється тиск на навколишнє середовище. Виникає потреба у покращенні використання листяних продуктивних площ. Розташовані вздовж галасливих і загазованих вулиць рослини «працюють» на повну потужність, втягуючи

всі шкідливі речовини. Зелені насадження запобігають потраплянню вихлопів в атмосферу, миттєво утилізують їх. Отже, можна розглядати це як внесок у боротьбу проти глобального потепління.

7. Сучасні технології, потужна техніка та знання дозволили створити надміцні й складні матеріали, а також конструкції для будівництва й спорудження об'єктів. Передусім споруда повинна мати презентабельний вигляд, який відповідатиме уявленням про сучасний постіндустріальний світ високих технологій. Живі стіни надають суворим залізобетонним масам природного вигляду, покращають якість навколишнього середовища й свідчатимуть про те, що людина перетворюється з експлуататора й грабіжника природи на її охоронця й захисника.

Список використаних джерел

1. Rutgers R. *Living Facades – A study on the sustainable features of vegetated façade cladding*. 2011.
2. Haas E. M., van Bohemen H. D. *The green building envelope: Vertical greening*. Sieca Repro. 2011. 270 p.
URL: <http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe31496195b88d/The%20Green%20Building%20Envelope%20def.pdf>
3. Ulrich R. *View through a window may influence recovery from surgery*. 2012. URL: <http://mdc.mo.gov/sites/default/files/resources/2012/10/ulrich.pdf>
4. Timur O. B., Karaca E. Chapter 22. *Vertical Gardens*. 2013. Pp. 587-621. URL: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/45441.pdf>
5. López-Rodríguez G., Pérez-Esteban J., Ruiz-Fernández J., Masaguer A. Behavior and evolution of sustainable organic substrates in a vertical garden. *Ecological Engineering*, 2016. №93, pp. 129-134.
6. Tzen-Ying L. Well-being, health and urban coherence-advancing vertical greening approach toward resilience: A design practice consideration. *Journal of Cleaner Production*. 2018. №182, pp. 187-197.
7. Xiao S., Hugh T., Puay T. Assessment of light adequacy for vertical farming in a tropical city. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2018. Vol. 29. Pp. 49-57.
8. Mayrand F., Clergeau P., Vergnes A., Madre F. Vertical Greening Systems as Habitat for Biodiversity. *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. 2018, pp. 227-237. Elsevier. URL: <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03181-9>
9. Pérez-Urrestarazu L., Urrestarazu M. Vertical Greening Systems: Irrigation and Maintenance. *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*. 2018. Pp. 55-63.

References

1. Rutgers, R. (2011). *Living Facades – A study on the sustainable features of vegetated façade cladding*.
2. Haas E. M., & van Bohemen H. D. *The Green building envelope: Vertical greening*. SiecaRepro. 2011. Retrieved from <http://repository.tudelft.nl/assets/uuid:1e38e393-ca5c-45af-a4fe31496195b88d/The%20Green%20Building%20Envelope%20def.pdf>
3. Ulrich, R. (2012). *View through a window may influence recovery from surgery*. Retrieved from <http://mdc.mo.gov/sites/default/files/resources/2012/10/ulrich.pdf>
4. Timur O. B., & Karaca E. (2013). Chapter 22. In *Vertical Gardens* (pp. 587-621). Retrieved from <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/45441.pdf>
5. López-Rodríguez, G., Pérez-Esteban, J., Ruiz-Fernández, J., & Masaguer, A. (2016). Behavior and evolution of sustainable organic substrates in a vertical garden. *Ecological Engineering*, 93, 129-134. Retrieved December 12, 2018.
6. Ling, T., & Chiang, Y. (2018). Well-being, health and urban coherence-advancing vertical greening approach toward resilience: A design practice consideration. *Journal of Cleaner Production*, 182, 187-197. Retrieved December 12, 2018.
7. Song, H., Tan, H., & Tan, P. (2018). Assessment of light adequacy for vertical farming in a tropical city. *Urban Forestry & Urban Greening*, 29, 49-57.
8. Mayrand, F., Clergeau, P., Vergnes, A., & Madre, F. (2018). Vertical Greening Systems as Habitat for Biodiversity. In *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability* (pp. 227-237). Elsevier. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/C2016-0-03181-9>
9. Pérez-Urrestarazu, L., & Urrestarazu, M. (2018). Vertical Greening Systems: Irrigation and Maintenance. In *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability* (pp. 55-63). Elsevier. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00005-7>

Надійшло 06.09.2018 р.