

УДК 692.4:712.4

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.271118.60.367

ИНЖЕНЕРНІ, ЕКОНОМІЧНІ, СОЦІАЛЬНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ЗЕЛЕНОЇ ПОКРІВЛІ

ДАДІВЕРІНА Л. М.¹, канд. техн. наук, доц.,

КОМИШНЯ А. В.², маг.

¹Кафедра планування та організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: liliya.dadiverina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4498-2184

²Кафедра планування та організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (095) 720-08-74, e-mail: anastasya.komyshnyaya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1429-517.

Анотація. Зелена покрівля - ефективна технологія, яка об'єднує традиційне будівництво з ландшафтним дизайном і має багато переваг: різноманітність інженерних рішень, які дозволяють озеленити практично будь-який тип даху; економічніша, ніж звичайна покрівля, за рахунок суттєвого зменшення витрат на стадії експлуатації будівлі, істотно поліпшує умови проживання та життєдіяльності міських жителів, створює привабливий зовнішній вигляд будівлі; високоекологічна, будучи природним фільтром. Це - п'ятий фасад будівлі, що перетворює незатребувану площу на корисну.

Ключові слова: зелена покрівля; екстенсивне озеленення; інтенсивне озеленення; п'ятий фасад будівлі

ИНЖЕНЕРНЫЕ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, СОЦИАЛЬНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ЗЕЛеной КРОВЛИ

ДАДІВЕРІНА Л. М.¹, канд. техн. наук, доц.,

КОМЫШНЯ А. В.², маг.

¹Кафедра планирования и организации производства. Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (056) 756-33-66, e-mail: liliya.dadiverina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4498-2184

²Кафедра планирования и организации производства. Государственное высшее учебное заведение «Приднiпровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днiпро, Украина, тел. +38 (095) 720-08-74, e-mail: anastasya.komyshnyaya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1429-517.

Аннотация. Зелёная кровля – эффективная технология, объединяющая традиционное строительство с ландшафтным дизайном и имеющая много преимуществ: разнообразие инженерных решений, которые позволяют озеленить практически любой тип крыши; более экономична при эксплуатации, чем обычная кровля, существенно улучшает условия проживания и жизнедеятельности городских жителей, создает привлекательный внешний вид здания; имеет высокую экологичность, являясь природным фильтром. Это пятый фасад здания, превращающий невостребованную площадь в полезную.

Ключевые слова: зеленая кровля; экстенсивное озеленение; интенсивное озеленение; пятый фасад здания

ENGINEERING, ECONOMIC, SOCIAL AND ECOLOGICAL ADVANTAGES OF GREEN ROOFING

DADIVERINA L. M.¹, *Cand. Sc. (Tech.), As. Prof.*,

KOMYSHNIA A. V.², *master of II course, department of Construction technology, PSACEA.*

¹Department of Construction technology, State Higher Education Establishment «Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone. +38 (056) 756-33-66, e-mail: liliya.dadiverina@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-4498-2184

²Department of Construction technology, State Higher Education Establishment «Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskogo str., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (095) 720-08-74, e-mail: anastasya.komyshnyaya@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1429-517.

Abstract. Green roofing is an effective technology that combines traditional construction with landscape design and has many advantages: a variety of engineering solutions that make it possible to greening on almost any type of roof; more economical to use than regular roofing; significantly improves the living and working conditions of urban residents, creates an attractive appearance of the building, has a high environmental friendliness, being a natural filter. This is the fifth facade of the building, turning the unclaimed area into useful.

Keywords: green roof; extensive landscaping; intensive landscaping; the fifth facade of the building

Проблема. У багатьох будівельних компаній України склався стереотип, що технологія зеленої покрівлі елітарна та малодоступна, а влаштування її на житлових забудовах недоцільне та дороге, на відміну від стандартної неексплуатованої покрівлі. У той же час, у світовій практиці будівельного виробництва зелені покрівлі набули поширення, особливо в умовах міської забудови. Парки на покрівлях влаштовують не тільки на приватних віллах та котеджах, а також на торгових та офісних центрах, промзонах, які реконструюють, у спальних районах та на інших міських будівлях. Сучасному будівництву України потрібне розуміння, що влаштування зеленої покрівлі має багато переваг, основні з них:

- 1) підвищення тепло- та енергоефективності проектних рішень;
- 2) можливість отримання додаткових економічних та соціальних ефектів від експлуатації;
- 3) покращення зовнішнього вигляду будівлі;
- 4) доступність для бюджетної забудови, завдяки можливості вибору для будівельного проекту раціонального типу зеленого покриття.

Проблема використання вільних площ в умовах великих міст, де вільна земля в дефіциті та коштує дорого, дуже актуальна. Погіршення екологічної обстановки змушує по-новому подивитися на проблему насадження садів на покрівлях. У зв'язку з цим, дослідження з визначення факторів, які впливають на економічну та соціальну складову ефективності та привабливості зелених покрівель, для всіх учасників будівельних проектів дуже актуальне. В результаті, поширення в будівельних проектах використання зелених покрівель дозволить, крім додаткового життєвого простору, надати мешканцям мегаполісів цілу низку екологічних переваг.

Результати досліджень. Зелена покрівля – це поєднання будівельних технологій та прийомів ландшафтного дизайну, тобто це дах будівлі, частково або повністю покритий ґрунтом і рослинністю.

З усіх типів зеленої покрівлі розрізняють два головні:

- екстенсивна – призначена для тимчасового перебування та фактично не призначена для руху по ній, товщина шару ґрунту – не більше 0,07...0,15 м, що дозволяє висаджувати лише невеликі рослини;
- інтенсивна – дозволяє облаштувати на покрівлі не тільки газон, а і сад з деревами та кущами, товщина шару ґрунту – 0,2...1,0 м.

Рішення щодо типу та технології виконання зелених покрівель залежить від конструкцій, вимог та цілей покрівлі будинку. По даху з мінімальним ґрунтовим шаром можна ходити тільки по спеціально влаштованих доріжках, а повноцінні паркові зони вимагають товстого ґрунтового шару та споруджуються тільки за наявності відповідних конструкцій.

Будь-яка зелена покрівля має низку особливостей, таких як:

- необхідність виконання робіт із вирощування рослин;
- збільшення навантаження на конструкції будівлі від ґрунтового та рослинного шарів;
- висока вологість ґрунту;
- проведення комплексу робіт щодо захисту конструкцій від кореневої системи рослин.

Для можливості обґрунтованого вибору ефективного типу зелених покрівель проведено аналіз їх якісних та кількісних характеристик.

Екстенсивне озеленення покрівель передбачає наявність додаткового навантаження – 100 кг/м² у стані водонакопичувача, що є інженерною перевагою, порівняно з інтенсивним озелененням. Цей факт дозволяє приймати рішення про впровадження системи озеленення екстенсивного типу на різних циклах будівельного проекту, на будь-якому пласкому, а також похилому даху (рекомендований максимальний нахил – 25°) об'єктів як цивільної так і промислової забудови.

На відміну від екстенсивної, всі вимоги особливостей інтенсивної зеленої покрівлі

повинні враховуватися ще на стадії проектування об'єкта будівництва. Для нормального функціонування зеленої покрівлі, крім несучих конструкцій, розрахованих на навантаження від ґрунтово-рослинного шару, покрівля повинна мати такі основні складові:

- рослинний шар;
- ґрунтовий субстрат;
- фільтрувальний шар;
- дренажна система;
- бар'єр для коренів;
- шар гідроізоляції;
- шар теплоізоляції.

На відміну від інтенсивної зеленої покрівлі, яка в умовах клімату України не використовується цілорічно (взимку її необхідно вкривати), екстенсивні зелені покрівлі з витривалими рослинами досить невибагливі, мають здатність «самовідновлення» зі зміною пір року, як у природних умовах.

Враховуючі різноманітність конструктивних рішень, матеріалів, що використовуються, наявність або відсутність додаткових шарів у структурі та можливість вибору різних типів зеленої покрівлі, можна констатувати, що така покрівля доступна як власникам приватних будинків, так і бюджетним забудовам. Вартість влаштування зеленої покрівлі порівняно з вартістю звичайного даху вища, але, завдяки її численним перевагам, додаткові витрати досить швидко окупляться.

Розглянемо та згрупуємо фактори, які дозволяють класифікувати зелену покрівлю як інвестиційно привабливу та надають їй численні переваги порівняно з класичною пласкою покрівлею:

- економічні, технічні та екологічні переваги;
- іміджеві та соціальні переваги.

1. Економічні, технічні та екологічні фактори

1.1. Можливість зеленої покрівлі істотно подовжити життєвий цикл даху без ремонту завдяки природному захисту гідроізоляції від численних циклів заморожування – відта-нення та екстремальних температур (темні поверхні нагріваються до 80 °С), УФ-

випромінювання та механічного пошкодження. Це відчутний ефект економії коштів у перспективі 25 років, що відповідає середньому життєвому циклу звичайної покрівлі.

1.2. Пасивне енергозбереження, виражене в істотних теплоізоляційних властивостях зеленої покрівлі для будинку (перешкода нагрівання покрівлі та збереження тепла в будинку).

1.3. Надання акустичного комфорту: зменшує відбиття звуку на поверхні покрівлі та покращує звукоізоляцію до 8 дБ; можливість використання покрівлі як додаткової рекреаційної зони.

1.4. Порівняльний аналіз вартості традиційної покрівлі та двох типів зелених покрівель дав такі результати. Середня вартість традиційної пласкої покрівлі – 10-15 євро/м². Вартість системи екстенсивного озеленення складається з вартості захисту, дренажу та фільтра – 10,50 євро, субстрату – 11 євро, рослини – 10 євро. Разом середня вартість екстенсивного озеленення на 1 м² становитиме 29-35 євро. Інтенсивне озеленення буде дорожче за рахунок більшого шару субстрату та більш дорогих рослин, тому його середня вартість за 1 м² – від 52 євро. Також необхідно враховувати, що життєвий цикл гідроізоляції та в цілому покрівлі за використання зеленої покрівлі підвищується мінімум на 60 %. За підрахунками, витрати на ремонт гідро- та теплоізоляції традиційного даху, термін служби якого 25 років (з необхідністю кожні 2-3 роки робити поточні ремонти та один раз капітальний) складе 55 євро/м².

Таким чином, економічний ефект від використання зелених покрівель становитиме:

- мінімальна 60 % економія – 33 євро/м²;
- економія за рахунок додаткової теплоізоляції – 3 євро/м²;
- відсутність ремонту від можливих механічних пошкоджень – 4 євро/м².

Разом: 40 євро/м² – економія фондів для інвестора та власника будівлі.

1.5. Ґрунт та рослини на даху забезпечують додатковий ізолювальний шар

до вже наявної ізоляції в конструкції покрівлі, це допомагає знизити вимоги до опалення та охолодження будівлі, забезпечує економію енергії. Канадські науковці Лю та Баскаран, провівши польові дослідження в Оттаві, встановили, що потреба в енергії, необхідній для кондиціонування приміщень, завдяки теплоізоляційному ефекту від зелених покрівель знизилася більше ніж на 75 %. У ході досліджень порівнювалися енергоємність зеленої екстенсивної та звичайної покрівель, установлено зниження показників енергоємності: 6,0-7,5 кВт-год/день – для звичайної покрівлі; менш ніж 1,5 кВт-год/день для зеленої покрівлі. Обидві покрівлі в експерименті були однакового розміру з площею поверхні 72 м².

1.6. Зелені покрівлі допомагають впоратися з повенями, оскільки під час сильних злив вони затримують до 50 % води, максимально знижуючи ймовірність затоплення вулиць. Це знижує навантаження на зливову каналізацію, оскільки зі звичайного даху в каналізацію потрапляє вода з пилом і брудом, які швидко засмічують каналізаційні системи, що вимагає додаткових витрат на їх очищення та експлуатацію. Дощова вода, яка стікає із зеленої покрівлі, вже ніби пройшла через фільтри очищення, тому такі стічні води не становлять небезпеки для каналізації.

За останні роки використання зелених покрівель дало вражаючі екологічні ефекти:

– Торонто (Канада): зелена покрівля показала зниження оксиду азоту та діоксиду сірки на 5-10 %;

– Сінгапур: повітря поблизу зеленої покрівлі містить на 37 % менше діоксиду сірки і на 21 % менше чадного газу;

– університет Дуйсбург (Німеччина): 1 000 м² екстенсивного озеленення покрівлі абсорбує 8 кг пилу за рік;

– Мічиган, Детройт (США): 20 % зелених покрівель цих міст нейтралізують 889 т оксиду азоту в рік;

– університет Мічиган (США): екологічний ефект озеленення – 20 % від поверхонь усіх покрівель міста (що

дорівнює 17 000 висаджених вуличних дерев).

В Україні немає податку на стічні води, на відміну від інших країн, де озеленення дахів виходить на законодавчий рівень, тому власники промзон поки не мотивовані в затриманні води на площах своїх дахів, що сприяло б суттєвому зниженню навантаження на міську стічну каналізацію, яка іноді не справляється з обсягами опадів, що спричинює до затоплення.

1.7. Рослинний покрив захищає конструкцію покрівлі від шкідливого впливу сонячного випромінювання, в тому числі ультрафіолетових променів, температурних коливань та електромагнітного випромінювання, продовжуючи її життєвий цикл.

1.8. Що стосується екологічних переваг зеленої покрівлі, тут думки експертів єдині: їй немає рівних порівняно з будь-якими іншими типами покрівель. Завдяки великій площі зелені дахи створюють природну прохолоду в місті, знижуючи показник «ефекту теплового острова», що важливо з урахуванням проблеми глобального потепління. В тому числі, вони додатково очищають повітря через абсорбцію пилу з розрахунку 20 % обсягу повітря, що проходить. Рослини затримують та засвоюють шкідливі для навколишнього середовища і людини речовини, що містяться в повітрі й опадах, такі як CO₂, нітрати і тому подібні. Рослинний покрив забезпечує збалансування мікроклімату і додатковий процес фотосинтезу. За статистикою, дах з озелененням у вигляді звичайної трави площею в 150 м² виробляє кисню на 100 чоловік, а один чагарник - на 10 осіб.

1.9. Зелені дахи відновлюють втрачені під час будівництва життєві простори для флори і фауни. На таких покрівлях можуть виживати десятки видів рослин, в тому числі і рідкісних, десятки видів комах, птахів та інших дрібних тварин. Для озеленення застосовуються кліматично стійкі рослини, придатні для посадки в конкретному регіоні, тому зелені покрівлі можуть впроваджуватися абсолютно в будь-якій

точці планети, де існує вегетативний ґрунтовий покрив. Крім цього, в зелених стандартах LEED, BREEAM, DGNB наявність зелених покрівель вважається компенсаційним заходом у рамках будівництва, що підтримує і відновлює біорізноманіття, перешкоджає забрудненню повітря і зменшує викиди парникових газів. Застосування комплексу цих заходів дозволяє набрати значну кількість балів і підвищити рейтинг будівлі для сертифікації.

2. Іміджеві та соціальні фактори

2.1. Будівлі з таким оформленням мають високий рейтинг при сертифікації щодо зелених стандартів, що сприяє підняттю іміджу проекту. Зелені покрівлі вважають п'ятим фасадом, оскільки своєю красою вони часто привертають більше уваги, ніж основні фасади будівель. Вони естетичні, привабливі, поліпшують зовнішній вигляд району та міста в цілому.

2.2. Облаштування зелених покрівель під час будівництва та реконструкції будівель може істотно поліпшити умови проживання та життєдіяльності людей в містах, адже вони створюють додаткові місця для відпочинку на території будинку, дозволяють виключити використання громадського транспорту як наслідок зниження навантаження на пішохідну мережу та розвантаження міських рекреаційних зон, підвищення безпеки громадян - діти тут перебувають в зоні контролю батьків.

2.3. Зелена покрівля забезпечує додаткову комерційну площу. Це вільний простір, який можливо облаштувати під кафе, відкриті тераси та ін., що в разі прискорить окупність застосування технології озеленення, яка, у свою чергу, збільшує ринкову вартість нерухомості та зростання інвестиційної привабливості об'єкта будівництва.

Серед факторів, які впливають на іміджеві позиції зелених покрівель, є і негативні, що вимагають подальших досліджень, такі як:

- підвищена складність монтажу;
- інтенсивне руйнування конструкцій будівлі в разі неправильного монтажу;

– необхідність ретельного догляду під час експлуатації (якщо мова йде про інтенсивний тип зеленої покрівлі);

– порівняно високі одноразові витрати на влаштування такої покрівлі.

Висновки. 1. Практично будь-яку покрівлю можна озеленити, різноманітність інженерних рішень дозволяє підібрати найбільш раціональний варіант зеленої покрівлі, враховуючи несну спроможність існуючого покриття, тобто враховуючи статичні та динамічні навантаження, які виникають під час експлуатації даху та за впливу вітру і снігового покриву.

2. Зелені покрівлі поліпшують якість життя городян, створюючи додаткові рекреаційні зони, знаходячи естетичне та функціональне застосування раніше незатребуваної площі та при цьому підвищуючи інтерес інвесторів.

2. Компенсувати одноразові витрати на влаштування зеленої покрівлі можливо на стадії експлуатації будівлі, за рахунок зменшення витрат на електро-, газо-, теплопостачання та охолодження, а також від прибутків від орендної плати із цих площ.

3. Екстенсивні зелені покрівлі з витривалими рослинами, які мають властивість «самовідновлення», доступні для малобюджетних забудов та громадських будинків, адже подальший догляд за ними мінімальний, а з деякими типами рослин і зовсім відсутній.

4. Зелені покриття в разі довговічніше звичайного, оскільки вегетація захищає дах і мембранні шари від впливу кліматичних умов та ультрафіолету.

5. Влаштування зелених покрівель - це прекрасне рішення багатьох проблем, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища. Воно дозволить значно поліпшити екологічний стан у мегаполісах та промислових центрах.

6. З використанням зелених покрівель можна створити сучасні та оригінальні архітектурні зони.

На відміну від більшості західних країн, в Україні практика використання зелених дахів ще не досягла бажаних масштабів. Але

все більшим стає число замовників, які хочуть мати сад на даху, отже, таке озеленення масових житлових забудов, промислових зон, торгових центрів стає популярним та актуальним. Безсумнівно, до влаштування зелених покрівель ставляться специфічні вимоги, та і сама технологія потребує подальшого вдосконалення. В перспективі такі покриття будуть економічно доцільними, прекрасним рішенням із точки зору екології та естетики міст та промислових центрів України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гуляева Е. А. Обустройство зеленых крыш при строительстве и реконструкции зданий : маг. дисс. : спец. 280100 / Гуляева Елизавета Александровна ; Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-т. – Санкт-Петербург, 2014. – 94 с. – Режим доступа: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/4221.pdf/info>. – Проверено : 08.04.2019.
2. Зеленая кровля // Здания высоких технологий. – 2012. – Осень. – С. 62–65. – Режим доступа: <http://zvt.abok.ru/nomer/zvt-1-2012/files/assets/basic-html/index.html#page1>. – Проверено : 08.04.2019.
3. Корнева М. Сад на даху: як озеленюють покрівлі в Україні та світі М. Корнева // Хмарочос. Розуміючи місто : он-лайн журнал. – 16.03.2016. – Режим доступа: <https://hmarochos.kiev.ua/2016/03/16/sad-na-dahu-yak-ozelenyuyut-pokrivli-v-ukrayini-ta-sviti>. – Перевірено : 08.04.2019.
4. Самойлов В. С. Крыши, кровли, мансарды : практ. пособие / В. С. Самойлов. – Москва : Литературный бульвар, 2010. – 320 с. – (Строительство и ремонт – советы профессионалов). – Режим доступа: <https://www.twirpx.com/file/842934>. – Проверено : 08.04.2019.
5. Bass B. Evaluating rooftop and vertical gardens as an adaptation strategy for urban areas / B. Bass, K. K. Y. Liu, B. Baskaran // Ccaf impacts and adaptation progress report (april 1, 1999 – march 31, 2001) / Institute for research and construction, National research council Canada. – Ottawa, 2003. – 106 p. – Режим доступа: <https://www.nps.gov/tps/sustainability/greendocs/bass.pdf>. – Проверено : 08.04.2019.
6. Liu K. Thermal performance of green roofs through field evaluation. / K. Liu, B. Baskaran // Ccaf impacts and adaptation progress report / Institute for research and construction, National research council Canada. – Ottawa, 2003. – 10 p. – Режим доступа: <https://docplayer.net/10563785-Thermal-performance-of-green-roofs-through-field-evaluation.html>. – Проверено : 08.04.2019.

REFERENCES

1. Gulyayeva Ye.A. *Obustroystvo zelenykh krysh pri stroitel'stve i rekonstruktsii* [Arrangement of green roofs during construction and reconstruction: master thesis]. *Sankt-Peterburg gos. politech. univer.* [St. Petersburg State Polytechnical University]. Sankt-Peterburg, 2014, 94 p. Available at: <http://elib.spbstu.ru/dl/2/4221.pdf> (in Russian).
2. *Zelenaya krovlya* [Green roofing]. *Zdaniya vysokikh technologiy.* [High-Tech Buildings. Autumn]. Osen', 2012, pp. 63-67. Available at: <http://zvt.abok.ru/nomer/zvt-1-2012/files/assets/basic-html/index.html#page1> (in Russian).
3. Korneva M. *Sad na dachu: yak ozeleniuyut pokrivli v Ukraini i sviti* [Roof garden: how to green roofs in Ukraine and the world]. *Charmachos. Rozumiuchy misto. On lain zhurnal vid 16.03.2013* [Skyscraper. Understanding the city. On-line journal dated on 16.03.2013]. Available at: <https://hmarochos.kiev.ua/2016/03/16/sad-na-dahu-yak-ozelenyuyut-pokrivli-v-ukrayini-ta-sviti> (in Ukrainian).
4. Samoylov V. S. *Kryshi, krovli, mansardy* [Roofs, roofings, attics]. Moscow: Literaturny Bul'var, 2010, 320 p. Available at: <https://www.twirpx.com/file/842934> (in Russian).
5. Bass B., Liu K.Y. and Baskaran B. *Evaluating rooftop and vertical gardens as an adaptation strategy for urban areas.* Ccaf impacts and adaptation progress report (april 1, 1999 – march 31, 2001). Institute for research and construction, National research council Canada. Ottawa, 2003, 106 p. Available at: <https://www.nps.gov/tps/sustainability/greendocs/bass.pdf>
6. Liu K. and Baskaran B. *Thermal performance of green roofs through field evaluation.* Ccaf impacts and adaptation progress report. Institute for research and construction. National research council Canada. Ottawa, 2003, 10 p. Available at: <https://docplayer.net/10563785-Thermal-performance-of-green-roofs-through-field-evaluation.html>

Рецензент: Кравчуновська Т. С., д-р техн. наук, проф.

Надійшла до редколегії: 17.09.2018 р.