

УДК 691:692:504.06

## ЗЕЛЕНІ КОНСТРУКЦІЇ У КОНЦЕПЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ МІСТ

ТКАЧЕНКО Т.М.<sup>1\*</sup>, к.б.н., доц., докторант,  
МІЛЕЙКОВСЬКИЙ В. О.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.

<sup>1\*</sup> кафедра охорони праці і навколишнього середовища, Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, 03037, Київ, Україна, тел. +38 (066) 529-91-36, E-Mail: tkachenko\_1974@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0003-2105-5951

<sup>2</sup> кафедра теплогазопостачання і вентиляції, Київський національний університет будівництва і архітектури, Повітрофлотський проспект, 31, 03037, Київ, Україна, тел. +38 (044) 228-42-47, +38 (094) 828-42-47 E-Mail: mileikovskiy@gmail.com, v\_mil@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8543-1800

**Анотація. Мета.** Визначення ролі зелених конструкцій у концепції сталого розвитку сучасних міст. **Методика.** На підставі аналізу літературних джерел, вітчизняного та закордонного досвіду впровадження зелених конструкцій, а також авторського досвіду проектування, створення й експлуатації зелених покрівель та експериментальних досліджень їхніх елементів створено схеми ролі зеленого будівництва та зелених конструкцій при сталому розвитку сучасних населених пунктів. При цьому визначені основні напрямки наукових досліджень зелених конструкцій для підвищення ефективності їхнього використання. **Результати.** У даній роботі «зеленими конструкціями» названі архітектурно-будівельні елементи, поєднані з живими рослинами: покрівельне озеленення, фасадні зелені блоки, вертикальне озеленення, екопарковки, зелені сходи. Зелені конструкції вписуються в сучасну концепцію сталого розвитку завдяки можливості ефективного використання в зеленому будівництві сучасних населених пунктів. Ці конструкції є одним з напрямків вирішення ключових завдань зеленого будівництва: поліпшення стану навколишнього середовища, енергоефективність, турбота про майбутні покоління. При використанні зелених конструкцій потрібно керуватися принципом від часткового до загального, тобто окрема будівля – зелена вулиця – зелений район – зелене місто. Зелені конструкції підвищують енергоефективність будівель. Перш за все, вони створюють додаткову теплоізоляцію. Тому їх варто використовувати в місцях найбільших тепловтрат у будинках: покрівлі, північні фасади будівель. Розроблена схема ролі зеленого будівництва у концепції сучасних міст та територій, на підставі якої визначено місце зелених конструкцій у забезпеченні сталого розвитку міст. Виконуються дослідження теплотехнічних процесів у зеленій покрівлі, у результаті яких буде розроблено рекомендації щодо оптимізації розміщення озелених частин конструкцій та управління циркуляцією повітря на зелених покрівлях. **Наукова новизна.** Наукова новизна роботи полягає у визначенні місця і ролі зелених конструкцій в зеленому будівництві сучасних населених пунктів у рамках концепції сталого розвитку. **Практична значимість.** Практичне значення роботи полягає в розробці методів та вирішенні задач щодо використання зелених конструкцій для поліпшення екологічної ситуації, енергоефективності та безпеки життєдіяльності людини.

*Ключові слова:* сталий розвиток; зелене будівництво; зелені конструкції; сучасне місто; навколишнє середовище; енергоефективність, турбота про майбутні покоління

## ЗЕЛЁНЫЕ КОНСТРУКЦИИ В КОНЦЕПЦИИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДОВ

ТКАЧЕНКО Т.Н.<sup>1\*</sup>, к.б.н., доц., докторант,  
МИЛЕЙКОВСКИЙ В. А.<sup>2</sup>, к.т.н., доц.

<sup>1\*</sup> кафедра охраны труда и окружающей среды, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский проспект, 31, 03037, Киев, Украина, тел. +38 (066) 529-91-36, E-Mail: tkachenko\_1974@inbox.ru, ORCID ID: 0000-0003-2105-5951

<sup>2</sup> кафедра теплогазоснабжения и вентиляции, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Воздухофлотский проспект, 31, 03037, Киев, Украина, тел. +38 (044) 228-42-47, +38 (094) 828-42-47 E-Mail: mileikovskiy@gmail.com, v\_mil@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8543-1800

**Аннотация. Цель.** Определение роли зелёных конструкций в концепции устойчивого развития современных городов. **Методика.** На основании анализа литературных источников, отечественного и зарубежного опыта внедрения зелёных конструкций, а также авторского опыта проектирования, создания и эксплуатации зелёных кровель и экспериментальных исследований их элементов, созданы схемы роли зелёного строительства и зелёных конструкций при устойчивом развитии

современных населённых пунктов. При этом определены основные направления научных исследований зелёных конструкций для повышения эффективности их использования. **Результаты.** В данной работе «зелёными конструкциями» названы архитектурно-строительные элементы, совмещённые с живыми растениями: кровельное озеленение, фасадные зелёные блоки, вертикальное озеленение, экопарковки, зелёные склоны. Зелёные конструкции вписываются в современную концепцию устойчивого развития благодаря возможности эффективного использования в зелёном строительстве современных населённых пунктов. Эти конструкции являются одним из направлений решения ключевых задач зелёного строительства: улучшение состояния окружающей среды, энергоэффективность, забота о будущих поколениях. При использовании зелёных конструкций нужно руководствоваться принципом от частного к общему, то есть отдельное здание – зелёная улица – зелёный район – зелёный город. Зелёные конструкции повышают энергоэффективность зданий. Прежде всего, они создают дополнительную теплоизоляцию. Поэтому их стоит использовать в местах наибольших теплопотерь в домах: кровли, северные фасады зданий. Разработана схема роли зелёного строительства в концепции современных городов и территорий, на основании которой определено место зелёных конструкций в обеспечении устойчивого развития городов. Выполняются исследования теплотехнических процессов в зелёной кровле, в результате которых будут разработаны рекомендации по оптимизации размещения озеленённых частей конструкции и управления циркуляцией воздуха на зелёных кровлях. **Научная новизна.** Научная новизна работы состоит в определении места и роли зелёных конструкций в зелёном строительстве современных населённых пунктов в рамках концепции устойчивого развития. **Практическое значение.** Практическое значение работы заключается в разработке методов и решении задач по использованию зелёных конструкций для улучшения экологической обстановки, энергоэффективности и безопасности жизнедеятельности человека.

*Ключевые слова:* устойчивое развитие; зелёное строительство; зелёные конструкции; современный город; окружающая среда; энергоэффективность, забота о будущих поколениях

## GREEN DESIGN IN THE CONCEPT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF MODERN CITIES AND TOWNS

TKACHENKO TETYANA <sup>1\*</sup>, *Ph. D. (Biology), Associate Prof, Doctoral Student.*  
MILEIKOVSKIY VIKTOR <sup>2</sup>, *Ph. D (Civil engineer), Associate Prof.*

<sup>1\*</sup> Department of Labour Protection and Environment Control, Kiev National University of Construction and Architecture, 31 Povitroflotskyi ave., Kyiv, 03037, Ukraine, phone +38 (066) 529 91 36, E-mail tkachenko\_1974@inbox.ru, ORCID ID: 000-0003-2105-5951

<sup>2</sup> Department of Heat, Das Supply and Ventilation, Kiev National University of Construction and Architecture, 31 Povitroflotskyi ave., Kyiv, 03037, Ukraine, phone +38 (044) 228-42-47, +38 (094) 828-42-47, E-Mail: mileikovskiy@gmail.com, v\_mil@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8543-1800

**Abstract. Purpose.** Defining the role of green structures in the sustainable development of modern cities. **Methodology.** Based on the analysis of literary sources, domestic and foreign experience of the implementation of green designs, as well as the author's experience of design, creation and operation of green roofs and experimental studies of the elements, the charts of the role of green construction and green structures in the sustainable development of modern settlements is proposed. At that, the main directions of scientific research of green structures to improve the efficiency of their use is defined. **Results.** In this work, «green structures» means architectural-construction elements, combined with live plants: roof greening, façade green blocks, vertical gardening, ecoparking, green slopes. Green structures fit into the modern concept of sustainable development due to the possibility of effective use in green construction of modern settlements. These structures are one of the directions of solving the key tasks of green construction: improving the environment state, energy efficiency, concern for future generations. Design of green structures should be guided by the principle from the particular to the general, that is separate building – green street – green area – green city. Green structures improve the energy efficiency of buildings. First of all, they provide additional insulation. Therefore, they should be used in places of the greatest heat loss in buildings: the roof and the northern façades of buildings. A chart for the role of green construction in the concept of modern cities and territories is developed, on the basis of which the place of green structures in the sustainable development of cities is defined. Studies of thermal processes in green roofs are being carried out, as a result of which recommendations will be proposed to optimize the location of greenery parts of the structure and control the circulation of air on green roofs. **Scientific novelty.** The scientific novelty of the work is defining the place and the role of green structures in green construction of modern settlements within the concept of sustainable development. **Practical significance.** The practical value of the work is developing methods and solving problems by using green structures for improving the environment, energy efficiency and safety of human life.

*Keywords:* sustainable development; green building; green construction; modern city; environment; energy efficiency, concern for future generations

Вступ

Передвісником сучасних підходів і ідей сталого розвитку слід вважати нашого співвітчизника академіка В. І. Вернадського, який майже століття

тому створив вчення про ноосферу, єдність людини і природи, їхній тісний взаємозв'язок і взаємний вплив [2]. Концепція сталого розвитку має довгу історію становлення. Основними віхами в її розвитку є звіт Всесвітньої комісії ООН з навколишнього середовища і розвитку (1987 р.), конференція ООН з проблем навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (1992 р.) і Всесвітній саміт з питань сталого розвитку в Йоганнесбурзі (2002 р.). Появу терміну «сталий розвиток» пов'язують з ім'ям прем'єр-міністра Норвегії Гру Харлем Брундланд, яка сформулювала його у звіті «Наше спільне майбутнє» (1987 р.). Вона визначала його як розвиток, який задовольняє потреби теперішнього часу, проте не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби [3]. Водночас слід зауважити, що значна частина фахівців в Україні вважає більш вдалим перекладом з англійської та більш адекватним за змістом словосполучення «збалансований розвиток» [4].

Ідея сталого розвитку значно еволюціювала від принципу «екологізації» економіки, тобто від стосунків людина-природа, до принципу стабільної економіки без нарощування потужностей з вичерпних природних ресурсів. Сьогодні це потрійний союз: економіка-людина-природа. Головною поставлена людина як особистість та частина соціуму. Розглядаються:

- стосунки людини в соціумі, людини з природою, людини з технікою;
- використання поновлюваних природних ресурсів;
- можливість дбати про майбутні покоління;
- побудова стабільної прогресивної економіки.

Однією з глобальних проблем, які вирішуються в рамках сталого розвитку, є стрімке зростання населення. Це зростання передбачає збільшення споживання природних ресурсів та утворення відходів, що робить глобальну екологічну ситуацію ще складнішою. На липень 2016 року чисельність населення Землі становить близько 7,3 мільярди осіб, а до 2050 року населення збільшиться до 9,8 млрд. осіб [11]. Зростання населення призводить до міграційних процесів до міст, які постійно зростають горизонтально й вертикально. Особливо швидко збільшуються міста у країнах, що розвиваються. За прогнозами розвитку міст на 2030 рік лідером залишиться Токіо з населенням 37 млн. жителів, стрімко зросте Делі – до 36 млн., Осака та конгломерація Нью-Йорка-Ньюарка опустяться на 13 і 14 місце відповідно, у той час як мегаполіси в країнах, що розвиваються, збільшаться [11]. Вже сьогодні 50 % населення планети живуть на густонаселених урбанізованих територіях, на які припадає 80 % усіх викидів вуглекислого газу [9].

### Мета роботи

Метою даної роботи є визначення ролі зелених конструкцій у концепції сталого розвитку сучасних міст.

### Методика досліджень

На підставі аналізу літературних джерел, вітчизняного та закордонного досвіду впровадження зелених конструкцій, а також авторського досвіду проектування, створення й експлуатації зелених покрівель та експериментальних досліджень їхніх елементів, створено схеми ролі зеленого будівництва та зелених конструкцій при сталому розвитку сучасних населених пунктів. При цьому визначені основні напрямки наукових досліджень зелених конструкцій для підвищення ефективності їхнього використання.

### Наукова новизна і практична значимість

Наукова новизна роботи полягає у визначенні місця і ролі зелених конструкцій у зеленому будівництві сучасних населених пунктів у рамках концепції сталого розвитку. Практичне значення роботи полягає в розробці методів і вирішенні задач щодо використання зелених конструкцій для поліпшення екологічної ситуації, енергоефективності та безпеки життєдіяльності людини.

### Основна частина

Зростання населення міст – головна причина збільшення потреби в будівлях. У світі налічується понад мільярд будівель, і їхній негативний потенціал впливу на навколишнє середовище може бути представлений у відсотках: споживання 17 % усієї прісної води; використання 25 % усієї вирубанної деревини; 33 % усіх викидів вуглекислого газу; споживання 40 % усіх матеріалів і енергії [1]. Тому зелене будівництво може розглядатися як механізм для забезпечення сталого розвитку території, на якій розміщується будівельний об'єкт.

Зелене будівництво – це комплексні знання, які структуровані стандартами проектування та будівництва. Рівень його розвитку безпосередньо залежить від досягнень науки і технології, від активності інженерів і від усвідомлення суспільством екологічних принципів. Зелені будівлі забезпечують високу якість будівництва при мінімізації витрат і максимізації комфорту. Реалізація зелених проектів сприяє сталому розвитку, що обумовлює їхню актуальність. І хоча зелені технології є новим і непростим напрямком прогресу, вони демонструють високу результативність [5]. Зелені стандарти покликані прискорити перехід від традиційного проектування та будівництва будівель і споруд до сталого, яке відповідає наступним принципам:

- безпека і сприятливі здорові умови життєдіяльності людини;
- обмеження негативного впливу на навколишнє середовище;
- урахування інтересів майбутніх поколінь.

Нами розроблена схема (рис.1), де показана роль зеленого будівництва у концепції сталого розвитку сучасних міст і територій.

Зелене будівництво передбачає різні напрямки діяльності: розробка зелених стандартів, використання нових технологій, архітектурно-будівельні роботи тощо. Задачею даних досліджень є розгляд зелених конструкцій у зеленому будівництві. У даній роботі «зеленими конструкціями» названі архітектурно-будівельні елементи, поєднані з живими рослинами: покрівельне озеленення, фасадні зелені блоки, вертикальне озеленення, екопарковки,

зелені схили. На підставі рис. 1. розроблена схема, яка наочно показує роль зелених конструкцій у зеленому будівництві для забезпечення сталого розвитку міст (рис. 2). Виділені задачі досліджень, які виникають при впровадженні зелених конструкцій (показані без рамок) та вирішуються в теперішніх та запланованих авторських дослідженнях.

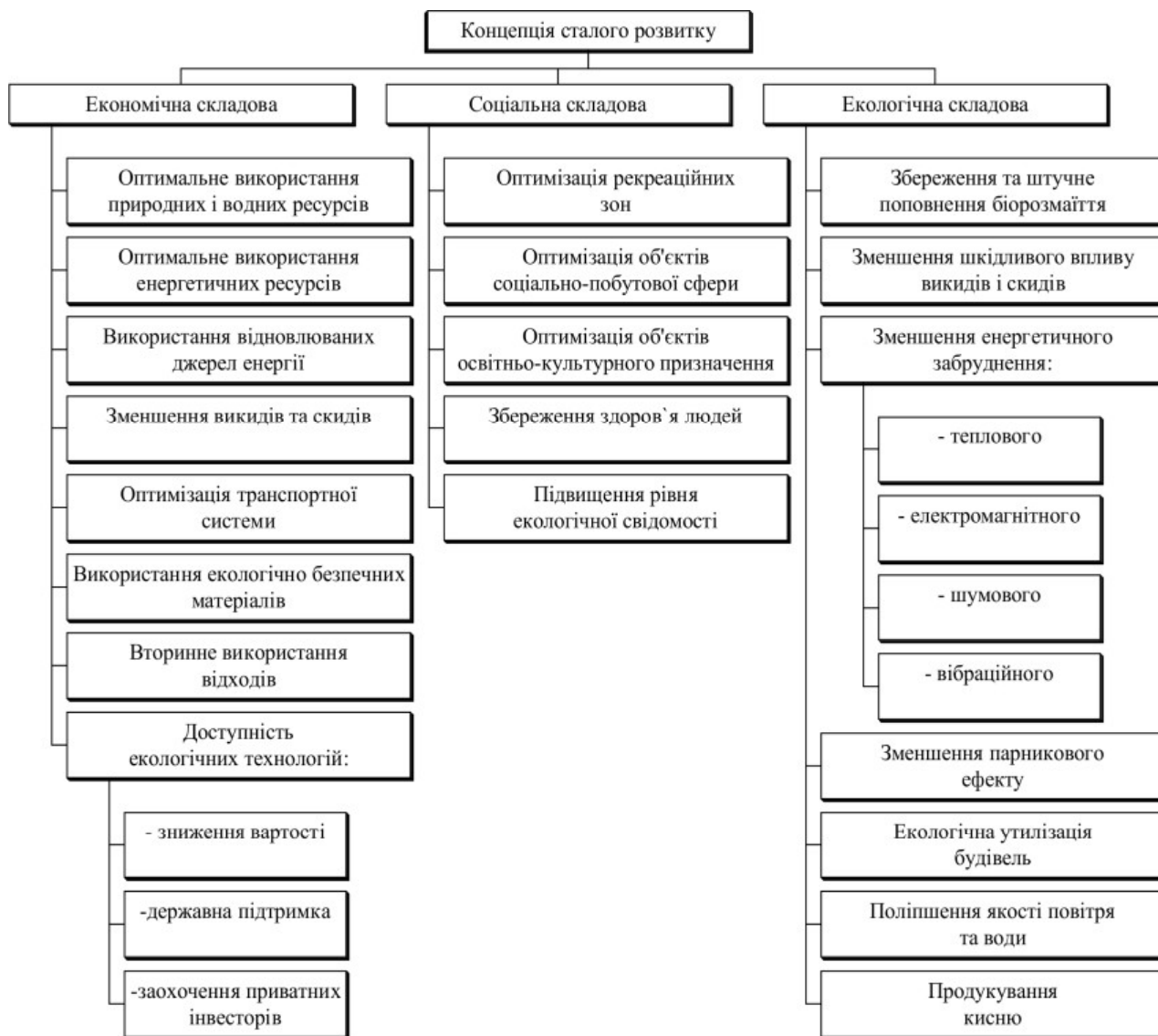


Рис. 1. Роль зеленого будівництва в концепції сталого розвитку сучасних міст і територій/

Fig. 1. The role of green building in the concept of sustainable development of contemporary cities and territories

В екологічному напрямку зелені конструкції в цілому сприяють поліпшенню стану навколишнього середовища: створюють додаткові локальні біогеоценози (наприклад, зелені покрівлі), сприяють збереженню і штучному поповненню біорозмаїття. У цьому напрямку нами ведуться дослідження по розробці рекомендацій щодо асортименту рослин для зелених конструкцій, зокрема, для зелених покрівель різних кліматичних зон України. Розробка цих

рекомендацій прогнозується і базується на математичній моделі штучного біогеоценозу і оригінальних даних, отриманих у результаті будівництва зелених покрівель (серед яких авторські) й багаторічних спостережень за формуванням біогеоценозу.

Зменшення холодильного навантаження на кондиціонування повітря на зелених конструкціях відбувається завдяки перетворенню сонячної радіації

на хімічну енергію (фотосинтез), розсіюванню сонячної радіації та перетворенню явної теплоти в приховану (транспірація).

Основною проблемою сучасних урбоценозів є брак зелених зон через ущільнення забудови, транспортних шляхів і комунікацій. Це призвело до повної заміни природних біогеоценозів на штучні, які не завжди здатні до самостійного відновлення і розвитку. Природні біогеоценози вже давно витіснені за межі міської системи. Шляхами міграції біоти з природного середовища в штучне раніше були клини приміських зелених поясів (наприклад, у Києві), що вклинюються вглиб міста масивними зеленими

зонами. Але сьогодні зелені клини та міські парки забудовуються. Особливо страждають центральні райони. Зелені конструкції можуть стати такими шляхами міграції природної біоти вглиб міста. Вони компактні, не вимагають додаткових територій, багатофункціональні та стабільні.

Зелені конструкції підвищують енергоефективність будівель. Перш за все, вони створюють додаткову теплоізоляцію. Тому їх варто використовувати в місцях найбільших тепловтрат у будинках: покрівлі, північні фасади будівель.

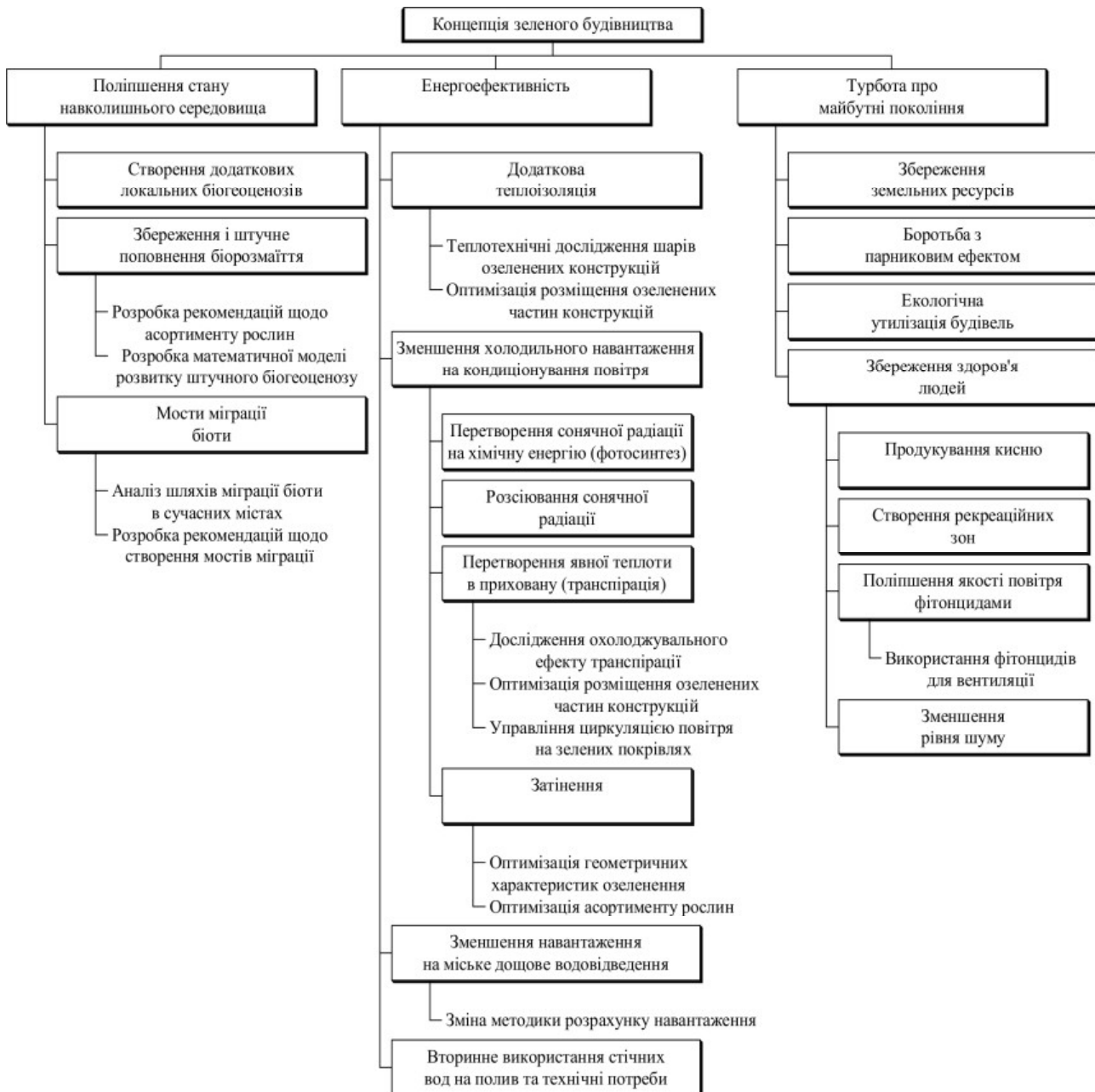


Рис.2. Роль зелених конструкцій у забезпеченні сталого розвитку міст/

Fig.2. The role of green structures in the sustainable development of cities

На прикладі зелених покрівель нами проведені дослідження теплопередачі в рослинному шарі зеленої покрівлі при різній швидкості вітру в аеродинамічній трубі. Встановлено нерівномірний розподіл теплового потоку в живому рослинному шарі зеленої покрівлі. При цьому охолоджувальний ефект зеленої покрівлі та коефіцієнт теплопередачі зростають при збільшенні швидкості вітру, оскільки при цьому збільшується транспірація та інтенсифікується тепловіддача до повітря [7].

У результаті досліджень в аеродинамічній трубі встановлено, що на охолоджувальний ефект у рослинному шарі зелених покрівель впливає швидкість вітру та висота трави. При швидкості вітру 6,02 м/с і висоті трави 40,4 мм «охолоджувальний ефект» становить 1 °С, при збільшенні швидкості вітру до 9,76 м/с і висоті трави 123 мм «охолоджувальний ефект» становить 3 °С.

Результатом повного циклу досліджень теплотехнічних процесів у зеленій покрівлі буде розробка рекомендацій щодо оптимізації розміщення озелених частин конструкцій та управління циркуляцією повітря на зелених покрівлях.

При управлінні повітряними потоками рекомендується використати аналітичний підхід [10] до опису струминних примежових шарів та примежових шарів змішування (рис. 3), що розроблений на базі теорії професора А. Я. Ткачука [8].

Зменшенню холодильного навантаження на кондиціонування повітря сприяє затінення, яке відбувається завдяки правильній геометрії розташування рослин біля фасадів будівель (затінення деяких зон для зменшення доступу сонячної радіації). Важливим аспектом цього напрямку є правильно підібраний асортимент рослин.

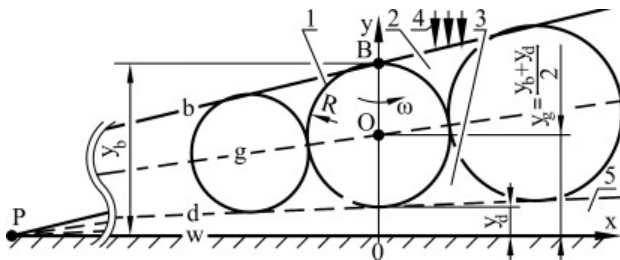


Рис.3. Спрощена розрахункова схема турбулентної макроструктури струмини, що настає на поверхню: 1 – великомасштабний вихор(клуб), що спрощено поданий як круглий вихровий шнур, який котиться вільною межею струмини  $b$  навколо точки  $B$ ; 2 – зовнішня частина міжклубного шару; 3 – внутрішня частина міжклубного шару; 4 – підтікання навколишнього повітря до струмини; 5 – пристінний примежовий шар;  $g$  – лінія, що сполучає центри клубів;  $d$  – лінія розділу пристінного і струминного примежового шару;  $w$  – поверхня настилання (верхня межа рослинного шару) /

Fig.3. The simplified design model of turbulent macrostructure of a wall jet: 1 – large-scale vortex

(puff), which is assumed as a round vortex cord, rolling on the free jet boundary  $b$  around the point  $B$ ; 2 – internal part of an interpuff layer; external part of an interpuff layer; 4 – inflow of the ambient air to the jet; 5 – the wall boundary layer;  $g$  – the line that connects the puffs centres;  $d$  – the division line between the jet and the wall boundary layers;  $w$  – the wall (top boundary of the vegetation layer)

У багатьох європейських країнах енергоефективність зелених конструкцій (перш за все, зелених покрівель) пов'язана з їхньою здатністю поглинати дощову воду, що зменшує навантаження на міську систему дощової каналізації. При цьому дощова вода після фільтрування в шарах зеленої покрівлі може збиратися в резервуари та використовуватися вторинно для побутових та технічних потреб. Ця тема також актуальна і для України. Тому зміна методики розрахунку навантаження на системи дощової каналізації є важливим внеском в енергоефективність зеленого будівництва [10].

Турбота про майбутні покоління є третім напрямком концепції зеленого будівництва. По-перше, зелені конструкції є компактними, можуть розміщуватися на будівлях, тому сприяють збереженню земельних ресурсів. По-друге, зелені конструкції створюють додаткову ізоляцію і тим самим зменшують викид вуглекислого газу будівлями. По-третє, сучасні розробки компаній з виробництва матеріалів для зелених конструкцій намагаються використовувати не пластик, а біополімери, одержані в результаті переробки рослинної сировини. Наприклад, світовий лідер будівництва зелених покрівель - компанія ZinCo в лінії підкладки для зелених покрівель «Nature Line» використовує біополімер, отриманий у результаті переробки цукрового очерету. Використання екологічних природних матеріалів сприяє повній утилізації будівель після закінчення терміну їхньої експлуатації, тим самим зменшується кількість будівельних відходів.

Використання зелених конструкцій сприяє збереженню здоров'я людей. «Екологічними слідами» зелених конструкцій (наприклад, зелених покрівель) можна вважати продукування кисню та очищення повітря від пилу і шкідливих речовин. Згідно з дослідженнями німецьких вчених, 150 м<sup>2</sup> трав'яний покрівлі задовольняють річну потребу в кисні ста людей. Завдяки великій площі озеленення покрівельна рослинність поглинає з повітря 10-20 % пилу. Вона також затримує і засвоює нітрати та інші шкідливі речовини, які містяться в повітрі та опадах. Зелені конструкції створюють додаткові рекреаційні зони. В цьому сенсі актуальними є зелені покрівлі та зелені схили. Зелені конструкції не тільки продукують кисень та очищують повітря, але й підвищують якість повітря завдяки фітонцидному ефекту від рослин. Важливим чинником є зменшення рівня шуму. Завдяки рослинному покриттю зелених покрівель посилюється звукоізоляція на 8 дБ. Це

особливо важливо для тих будівель і споруд, які знаходяться поблизу аеропортів або інших потужних джерел шуму.

При використанні зелених конструкцій потрібно керуватися принципом від часткового до загального, тобто окрема будівля – зелена вулиця – зелений район – зелене місто.

### Висновки

Зелені конструкції вписуються в сучасну концепцію сталого розвитку завдяки можливості ефективного використання в зеленому будівництві сучасних населених пунктів. Ці конструкції є одним з напрямків вирішення ключових завдань зеленого будівництва: поліпшення стану навколишнього середовища, енергоефективність, турбота про майбутні покоління. При використанні зелених конструкцій потрібно керуватися принципом від часткового до загального, тобто окрема будівля – зелена вулиця – зелений район – зелене місто.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бенуж А.А. Анализ концепции зеленого строительства как механизма по обеспечению экологической безопасности строительной деятельности / Бенуж А.А., Колчигин М.А. // Вестник МГСУ. - № 12, 2012. - С.161-165. Режим доступа: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKewiY3O79r6zTAhUCEywkHeuwBNIQFggiMAA&url=http%3A%2F%2Fvestnikmgsu.ru%2Findex.php%2Fru%2Farchive%2Farticle%2Fdownload%2F1839&usq=AFQjCNGDtVGUiThwUxhZqKTLCEd5ksDUkw&sig2=BPnJ1-gXOqQ03uyj5iX7mA&bvm=bv.152479541.d.bGg>.
2. Вернадский В.И. Несколько слов о ноосфере // Успехи современной биологии. - № 18, вып.2, 1944. - С.113-120. - Режим доступа: <http://vernadsky.lib.ru/e-texts/archive/noos.html>.
3. Данилишин Б.М. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України / Данилишин Б.М., Дорогунцов С.І., Міщенко В.С., Коваль В.Я., Новоторов О.С., Паламарчук М.М. - Київ: РВПС України, 1999. - 716 с.
4. Садовенко А. Сталий розвиток суспільства: навчальний посібник / А. Садовенко, Л. Масловська, В. Серета, Т. Тимочко. - 2 вид. - Київ, 2011. - 392 с. - Режим доступу: [http://msdp.undp.org.ua/data/publications/rozvytok\\_suspilstva\\_undp.pdf](http://msdp.undp.org.ua/data/publications/rozvytok_suspilstva_undp.pdf).
5. Теличенко В.И. От экологического и «зеленого» строительства – к экологической безопасности строительства / В.И. Теличенко // Промышленное и гражданское строительство. 2011. - № 2.- С. 47–51. - Режим доступа: <http://library.spbstu.ru/ru/search/pdf/024deab7f93ad880ef82139db0390a1e.pdf>.
6. Ткаченко Т.М. Зелені покрівлі як ресурс дощової води в сучасному урбогенезі / Т.М. Ткаченко // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки: Науково-технічний збірник. - Випуск 27. - Київ: КНУБА, 2016. - С.364-369.
7. Ткаченко Т.Н. Методика создания физической модели экстенсивной зеленой кровли / Т.Н. Ткаченко, В.А. Милейковский // Сборник научных трудов института водного хозяйства им. Ц.Е. Мирцхулава Грузинского технического университета. - №71. - Тбилиси: Институт водного хозяйства им. Ц.Е. Мирцхулава Грузинского технического университета, 2016. - С.117-122. - Режим доступа: [https://drive.google.com/file/d/0B0\\_vLlh7O4\\_RujkxVHJscEtyRXc/view](https://drive.google.com/file/d/0B0_vLlh7O4_RujkxVHJscEtyRXc/view).
8. Ткачук А.Я. Розрахункова модель усередненого руху в турбулентній зоні плоских і вісесиметричних пристінних примежових шарів / А.Я. Ткачук // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Науково-технічний збірник. - Вип. 2. - Київ: КНУБА, 2001. - С. 3-18. - Режим доступу: <http://science.knuba.edu.ua/source/vydannya/vent-osvitl-teplogaz/vent-osvitl-teplogaz-02-2001.pdf>.
9. Guarnieri T.J. The Real Cost of Sustainable Development // T.J. Guarnieri // AACE International Transactions. 2008. P. 1–7. Access mode: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5497224/>.
10. Gumen O. Geometric Analysis of Turbulent Macrostructure in Jets Laid on Flat Surfaces for Turbulence Intensity Calculation / O. Gumen V. Dovhaliuk, V. Mileikovskiy, O. Lebedieva, V. Dziubenko // FME Transactions. - Belgrade: University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering. - 2017. - № 2(45). - 313 p. - P.236-242. [http://www.mas.bg.ac.rs/media/istrazivanje/fme/vol45/2/6\\_vmileikovskiy\\_et\\_al.pdf](http://www.mas.bg.ac.rs/media/istrazivanje/fme/vol45/2/6_vmileikovskiy_et_al.pdf).
11. World Urbanization Prospects. The 2014 Revision. Final Report. - United Nations, New York, 2015, 493 p. Access mode: <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.Pdf>.

### REFERENCES

1. Benuzh A.A. and Kolchigin M.A. *Analiz kontseptsii zelenogo stroitelstva kak mekhanizma po obespecheniiu ekologicheskoi bezopasnosti stroitelnoi deiatelnosti* [Analysis of conception of green construction as mechanism of provision of environmental safety of construction activity]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of Moscow State Construction University], no 12, 2012, P.161-165. Available at: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKewiY3O79r6zTAhUCEywkHeuwBNIQFggiMAA&url=http%3A%2F%2Fvestnikmgsu.ru%2Findex.php%2Fru%2Farchive%2Farticle%2Fdownload%2F1839&usq=AFQjCNGDtVGUiThwUxhZqKTLCEd5ksDUkw&sig2=BPnJ1-gXOqQ03uyj5iX7mA&bvm=bv.152479541.d.bGg> (In Russian).
2. Vernadskii V.I. *Neskolko slov o noosphere* [Some words about the noosphere]. *Uspechy sovremnoy biologii* [Achievements in contemporary biology]. - № 18, iss. 2, 1944. - P. 113-120. Available at: <http://vernadsky.lib.ru/e-texts/archive/noos.html> (in Russian).
3. Danslshyn B.M., Myshenko V.S., Koval V.Y., Novotorov O.S. and Palamarchuk M.M. *Pryrodno-resursnyi potentsial staloho rozvytku Ukrainy* [Natural-Resource potential of sustainable development of Ukraine]. Kiev: RVPS Ukrainy [Council of Productive Forces of Ukraine], 1999. - 716 p. (in Ukrainian).

4. Sadovenko A., Maslovska L., Sereda V., and Timochko T. Stalyi rosvitok suspilstva: navchalnyi posibnyk [Sustainable development of society: school-book] . – iss. 2. – Kyiv, 2011. – 392 p. Available at: [http://msdp.undp.org.ua/data/publications/rozvytok\\_suspilstva\\_undp.pdf](http://msdp.undp.org.ua/data/publications/rozvytok_suspilstva_undp.pdf) (in Ukrainian).
5. Telichenko V.I. *Ot ekologicheskogo i zelenogo stroitelstva – k ekologicheskoi bezopasnosti stroitelstva* [From ecological and green construction – to ecology safe construction]. *Promyshlennoe i graddanskoe stroitelstvo* [Industrial and civil engineering], 2011, no 2, P. 47-51. Available at: <http://library.spbstu.ru/ru/search/pdf/024deab7f93ad880ef82139db0390a1e.pdf> (In Russian).
6. Tkachenko T.M. *Zeleni pokrivli yak resurs dochovoy vody v suchasnomu urbozenozii* [Green roofs – resource of rain water in contemporary urbocenosis]. *Problemy vodopostachanny, vodovidvedenny ta gidravliki* [Problems of water supply, canalization and hydraulic], Iss. 27, Kyiv, KNUBA [Kyiv National University of Construction and Architecture], 2016, P.364-369. (in Ukrainian).
7. Tkachenko T.N. and Mileikovskii V.A. *Metodika sozdaniia fizicheskoi modeli ekstensivnoi zelionoi krovli* [Method of design of physical model of extensive green roof]. *Sbornik nauchnykh trudov instituta vodnogo khoziaistva im. Ts.E. Mirtskhulava Gruzinskogo tekhnicheskogo universiteta* [Scientific collection of the Tsotne Mirtskhulava Institute of water management of Georgian technical university], no. 71, Tbilisi, Institut vodnogo chozystva im.Z.E. Mirzchulava Gruzinskogo tekhnicheskogo universiteta [Tsotne Mirtskhulava Institute of water management of Georgian technical university], 2016, P. 117-122. Available at: [https://drive.google.com/file/d/0B0\\_vLlh7O4\\_RUjKxVHJscEtyRXc/view](https://drive.google.com/file/d/0B0_vLlh7O4_RUjKxVHJscEtyRXc/view) (in Russian).
8. Tkachuk A.Ya. *Rozrakhunkova model userednenoho rukhu v turbulentnii zoni ploskykh i visesymetrychnykh prystinnykh pryvezhovyykh shariv* [Simulation of the averaged motion in turbulent zone of flat and axis-symmetrical wall boundary layers]. *Ventylatsiia, osviltennia ta teplohazopostachannia* [Ventilation, Illumination and heat and gas supply], iss. 2, Kyiv, KNUBA [Kyiv National University of Construction and Architecture], 2001. – pp. 3-18. – Available at: <http://science.knuba.edu.ua/source/vydannya/vent-osvitl-teplogaz/vent-osvitl-teplogaz-02-2001.pdf> .
9. Guarneri Timothy J. *The Real Cost of Sustainable Development. ACE International Transactions*. 2008. pp. 1–7. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5497224/> .
10. Gumen O., Dovhaliuk V., Mileikovskiy V., Lebedieva O., Dziubenko V. *Geometric Analysis of Turbulent Macrostructure in Jets Laid on Flat Surfaces for Turbulence Intensity Calculation. FME Transactions*, Belgrade: University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, 2017, no 2(45), pp. 236–242. Available at: [http://www.mas.bg.ac.rs/media/istrazivanje/fme/vol45/2/6\\_vmileikovskiy\\_et\\_al.pdf](http://www.mas.bg.ac.rs/media/istrazivanje/fme/vol45/2/6_vmileikovskiy_et_al.pdf) .
11. *World Urbanization Prospects. The 2014 Revision. Final Report*, United Nations, New York, 2015 - 493 P. Available at: <https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.Pdf> .

Стаття рекомендована до публікації докт. техн. наук, проф. О. С. Волошкиної (Україна); докт. фіз.-мат наук, проф. В. М. Михайленком (Україна)

Стаття надійшла до редколегії 20.04.2017

Прийнята до друку .04.2017