

ЕФЕКТИВНІ ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ МІСЬКИХ “ТЕПЛОВИХ ОСТРОВІВ”

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто природу виникнення міських «теплових островів» (МТО), основні чинники їх формування та систематизовано сучасні підходи до зниження перегріву міських територій. Особливу увагу приділено природоорієнтованим рішенням, інноваційним технологіям у сфері зеленої інфраструктури, а також архітектурно-планувальним стратегіям сталого розвитку.

Ключові слова: міський тепловий острів, мікроклімат, зелена інфраструктура, урбанізація, енергоефективність, сталий розвиток, кліматична адаптація.

Abstract

The paper examines the nature of the emergence of urban «thermal islands» (MTO), the main factors of their formation, and systematizes modern approaches to reducing overheating of urban areas. Special attention is paid to nature-oriented solutions, innovative technologies in the field of green infrastructure, as well as architectural and planning strategies for sustainable development.

Keywords: urban heat island, microclimate, green infrastructure, urbanization, energy efficiency, sustainable development, climate adaptation.

Вступ

Міські «теплові острови» – це явище, коли середня температура повітря в межах міських територій є значно вищою, ніж у навколишніх районах, часто на 2-7 °C [1]. Основними причинами є ущільнення забудови, значна частка штучних поверхонь з низькою тепловідбивною здатністю, зменшення кількості зелених зон, надмірне використання транспорту та інтенсивне споживання енергії [2]. Ці фактори спричиняють не лише локальне підвищення температури, а й загострення проблем здоров'я населення, зростання витрат на кондиціювання, погіршення якості повітря та водного балансу міських територій.

Метою роботи є аналіз та систематизація сучасних підходів до зменшення впливу теплових островів на основі архітектурних, екологічних та технологічних рішень, спрямованих на формування комфортного і стійкого міського мікроклімату.

Результати дослідження

Проблема міських теплових островів є багатфакторною і пов'язана з поєднанням фізико-географічних, архітектурних, екологічних та соціально-економічних чинників. Вона виникає внаслідок інтенсивного розвитку урбанізованих територій, ущільнення забудови, зменшення природного дренажу тепла та води, а також заміни природних покриттів штучними матеріалами, які володіють високою теплоємністю й низьким коефіцієнтом відбиття сонячного випромінювання.

Дослідження показують, що 40–60 % усієї енергії, яку місто отримує від сонячного випромінювання, акумулюється у поверхнях дахів, тротуарів і доріг, тоді як у природних ландшафтах більша частина цієї енергії витрачається на випаровування вологи [2]. Це порушення енергетичного балансу призводить до підвищення температури повітря, особливо в нічні години, коли охолодження сповільнюється через відсутність природних процесів випромінювання тепла.

Можна виокремити такі додаткові чинники посилення ефекту МТО:

- транспортні викиди та тепло, що виділяється від двигунів і кондиціонерів.
- зменшення циркуляції повітря через надмірну щільність забудови [3].
- забруднення атмосфери, що утворює аерозольні частки, які затримують довгохвильове випромінювання.
- зменшення зелених насаджень, що обмежує природне охолодження через затінення.

У результаті виникає температурна аномалія, яка охоплює центральні частини міста, промислові зони та території з мінімальним озелененням [4]. За оцінками Всесвітньої метеорологічної організації, інтенсивність МТО у великих агломераціях може перевищувати 10 °C у порівнянні з приміськими районами (рис. 1), що створює ризики теплових хвиль і підвищення смертності серед населення. Графік на рис. 1 показує поступове зниження температури від центру міста (34 °C) до передмістя (25 °C), що наочно демонструє ефект міського теплового острова.

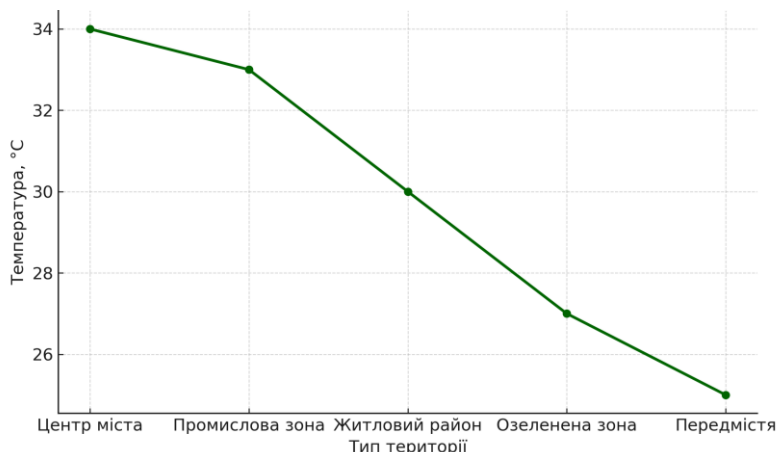


Рисунок 1 – Температурний профіль міських територій

Температурний профіль відображає залежність середньої температури повітря від типу міської території. Найвищі показники спостерігаються у центральній частині міста (до +34 °C) та промислових зонах (близько +33 °C), що зумовлено щільною забудовою, наявністю асфальтових і бетонних покриттів, високим транспортним навантаженням та відсутністю достатньої кількості зелених насаджень. У напрямку до житлових районів і зелених зон температура поступово знижується до +27 °C завдяки наявності рослинності, природної вентиляції та меншій щільності забудови. Найнижчі температури фіксуються в передмістях (+25 °C), де домінують природні ландшафти, відкриті простори та ефективний повітрообмін. Таким чином, графік демонструє ефект міського теплового острова – поступове зростання температури в урбанізованих територіях порівняно з навколишнім середовищем, що підкреслює необхідність упровадження природоорієнтованих рішень для зниження перегріву міст.

Для зменшення інтенсивності цього явища застосовуються різні групи заходів, які поєднують архітектурно-планувальні рішення, інноваційні технології та природоорієнтовані методи екологічної стабілізації. Такі як:

1. Розвиток зеленої інфраструктури.

Зелена інфраструктура є основним інструментом природного охолодження міських територій. Її елементи – зелені насадження, парки, сквери, зелені дахи та фасади, екопарковки, бульвари, а також штучні або відновлені природні водойми, що забезпечують зниження температури повітря за рахунок випаровування, транспірації та затінення [3, 4]. Особливе значення має створення зелених коридорів – системи взаємопов'язаних насаджень, які забезпечують природну вентиляцію та міграцію холодного повітря. Така система може охоплювати транспортні магістралі, набережні та міжквартальні простори, утворюючи безперервну «зелену мережу».

2. Застосування «прохолодних» і відбивних матеріалів.

Висока частка темних поверхонь у містах – одна з головних причин перегріву. Використання матеріалів із підвищеним коефіцієнтом альбедо (це показник, який вимірює здатність поверхні відбивати сонячну радіацію) дозволяє суттєво зменшити теплове навантаження на покриття. Такі матеріали відбивають більшу частину сонячного випромінювання й нагріваються значно менше. У нових містобудівних концепціях застосовуються також перфоровані та водопроникні матеріали, які сприяють природному дренажу та зменшенню перегріву поверхонь. Такі покриття мають здатність утримувати частину дощової води, знижуючи локальні температури через випаровування [5].

3. Інтеграція водних елементів і систем мікроохолодження.

Водні об'єкти – природні або штучно створені - відіграють важливу роль у регулюванні теплового режиму міст. Через процес випаровування вода знижує температуру навколишнього повітря та

формує комфортні мікрокліматичні зони. Встановлено, що відкриті водойми можуть зменшувати температуру повітря на 1-3 °C у межах 100 м від їхнього розташування. Окрім водойм, сучасна практика передбачає створення високоефективних систем розпилення води – так званих «охолоджувальних оаз» у громадських просторах, які забезпечують короточасне, але відчутне зниження температури та покращують сприйняття тепла мешканцями. При цьому важливо використовувати системи замкненого водообігу або дощову воду, щоб мінімізувати витрати ресурсів.

4. Раціональне архітектурно-планувальне рішення.

Організація забудови має безпосередній вплив на формування локального мікроклімату. Компактність, орієнтація будівель, їхня висотність і взаємне розташування визначають рівень інсоляції, провітрюваності та накопичення тепла. Раціональне планування передбачає створення вітропроникних коридорів, які дозволяють холодному повітрю вільно циркулювати крізь міські квартали. Нормативи містобудування (ДБН Б.2.2-12:2019) рекомендують забезпечувати мінімум 40 % площі озеленення в межах житлових районів і використовувати природні умови рельєфу для покращення мікроклімату [5, 6]. Важливо також застосовувати матеріали з високою теплоізоляцією для дахів і фасадів, що обмежує виділення тепла в атмосферу.

5. Інноваційні технології моніторингу та управління мікрокліматом.

Цифровізація міст відкриває нові можливості для контролю над тепловими потоками. Використання геоінформаційних систем (GIS), дистанційного зондування Землі та теплових супутникових знімків (наприклад, дані NASA) дозволяє виявляти «гарячі точки» міського простору та прогнозувати наслідки урбаністичних змін [7]. Крім того, у межах концепції «розумного міста» застосовуються сенсорні системи, які фіксують температуру, вологість і концентрацію шкідливих речовин у реальному часі. Ці дані можуть використовуватися для динамічного управління зрошенням, регулювання енергоспоживання або активації систем розпилення води у спекотні періоди.

6. Комплексні кліматичні стратегії сталого розвитку.

У таблиці 1 систематизовано основні напрями зменшення ефекту міських теплових островів (МТО), що поєднують архітектурно-планувальні, природоорієнтовані та технологічні підходи. Кожна група заходів спрямована на стабілізацію мікроклімату, зниження локальної температури та підвищення енергоефективності міського середовища. Загалом, результати свідчать, що найбільш ефективним є поєднання природних і технологічних методів, які взаємно підсилюють ефект охолодження, формуючи екологічно збалансоване, енергоощадне й комфортне міське середовище.

Таблиця 1 – Заходи щодо зменшення ефекту міських теплових островів

№	Напрямок заходу	Сутність рішення	Орієнтовний ефект	Приклади реалізації
1	Розвиток зеленої інфраструктури	Озеленення дахів і фасадів, створення парків, зелених коридорів, екопарковок	Зниження температури повітря на 2–4 °C, поліпшення якості повітря, зменшення шуму	Зелені дахи у Відні, «зелений каркас» Варшави
2	Застосування відбивних і «прохолодних» матеріалів	Використання світлих, перфорованих і водонепроникних покриттів для дахів, тротуарів і доріг	Підвищення альбедо поверхонь на 0,3–0,5; зниження температури покриттів на 10–15 °C	«Cool Roofs» у Лос-Анджелесі, «White City Project» в Афінах
3	Інтеграція водних елементів	Створення водойм, фонтанів, систем розпилення води, використання дощової води для охолодження	Локальне зниження температури на 1–3 °C, підвищення вологості повітря	Водні площі Мюнхена, охолоджувальні оази Барселони
4	Раціональне планувальне рішення	Формування вітропроникних коридорів, правильна орієнтація забудови, забезпечення провітрюваності	Поліпшення вентиляції на 25–30 %, зниження накопичення тепла між будівлями	Планувальні схеми Гамбурга, Токіо
5	Енергоефективні технології в будівництві	Використання теплоізолюваних покрівель, фасадів, систем рекуперації тепла, вентиляції з рекуперацією	Зменшення теплових втрат і викидів на 20–30 %	Програма «Green Building» (EC), стандарти LEED та BREEAM
6	Цифрові системи моніторингу мікроклімату	Використання сенсорних систем, GIS, супутникових даних, автоматичного зрошення	Виявлення «гарячих точок», оптимізація охолодження, управління енергоспоживанням	«Smart City» у Сінгапурі, «Smart Vinnytsia 2030»
7	Комплексні кліматичні стратегії сталого розвитку	Інтеграція природоорієнтованих рішень, транспорту, енергоефективності та екологічних стандартів	Системне зменшення середньої міської температури на 2–3 °C, підвищення якості життя	Європейська стратегія «Green Deal», програма «100 Climate-Neutral Cities»

Окремі технічні чи архітектурні заходи не можуть забезпечити тривале зниження ефекту МТО без включення до загальної системи міського управління. Тому все частіше розробляються комплексні кліматичні стратегії, які поєднують просторове планування, енергоефективне будівництво, розвиток громадського транспорту та заходи з охорони довкілля. Європейська екологічна агенція [6] підкреслює, що впровадження політики «зеленої урбанізації» дозволяє не лише зменшити середню температуру в містах, але й поліпшити показники якості повітря, водного режиму й соціального комфорту. Такий підхід формує базу для стійкого розвитку міських екосистем, орієнтованих на адаптацію до кліматичних змін.

Висновки

У даній роботі було проаналізовано природу виникнення міських «теплових островів», основні чинники їх формування та підходи до зменшення перегріву урбанізованих територій. Встановлено, що ефект МТО зумовлений поєднанням надмірної щільності забудови, дефіциту зелених зон, використанням матеріалів із низьким альбедо, транспортними викидами та тепловими втратами будівель. Це призводить до зростання температури повітря, погіршення мікроклімату та підвищення енергоспоживання. В результаті дослідження було визначено, що ефективне зменшення інтенсивності МТО можливе лише за умови комплексного підходу, який поєднує природоорієнтовані, архітектурно-планувальні та технологічні рішення. Найбільш результативними є розвиток зеленої інфраструктури, використання матеріалів із високим коефіцієнтом відбиття, інтеграція водних елементів, раціональне планування забудови та впровадження інноваційних систем моніторингу мікроклімату. Застосування таких заходів у межах стратегій сталого розвитку дозволяє знизити перегрів міських територій, поліпшити якість повітря та створити комфортне, енергоефективне й екологічно збалансоване міське середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зелені зони замість бетонних джунглів: екорішення. URL: <https://rubryka.com/article/green-zones/>
2. World Meteorological Organization. State of Climate Services 2023: Urban Heat. Geneva, 2023. URL: <https://wmo.int/news/media-centre/climate-change-bad-health-climate-services-save-lives>
3. Затолокіна А. М. Розробка та впровадження зеленої інфраструктури для зниження впливу міського теплового острова. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/ed3a04aa-bbda-469e-8c18-cf8e621210e9/content>
4. Кучерявий В.П., Генік Я.В. Екопросторові та теплофізичні особливості формування "острова тепла" Львівського середмістя і життєвість деревних рослин. URL: <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/2504>
5. ДБН Б.2.2-12:2019. Містобудування. Планування і забудова територій. [Чинний від 2018-09-01]. Вид. офіц. Київ : Держбуд України, 2018. 175 с.
6. NASA. MODIS Land Surface Temperature Data. NASA Earth Observations Portal. 2024. URL: <https://www.earthdata.nasa.gov/topics/land-surface/land-surface-temperature>
7. European Environment Agency. Urban Adaptation to Climate Change in Europe 2022. EEA Report No 16/2022. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/urban-adaptation-in-europe>

Кацага Марія Михайлівна – студентка групи БМ-23б, факультет будівництва та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: mashakacaga2005@gmail.com

Бондар Альона Василівна – доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, email: bondarav@vntu.edu.ua

Kacaga Mariia Mykhailivna - student of the BM-23b group, Faculty of Construction and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsa, e-mail: : mashakacaga2005@gmail.com

Bondar Alyona Vasylivna - Associate Professor of Construction, Urban Economy and Architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: bondarav@vntu.edu.ua