

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**ОЦІНКА ТА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ
МІКРОКЛІМАТУ ЖИТЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ ЗАСОБАМИ
МІСТОБУДУВАННЯ І ЛАНДШАФТНОЇ АРХІТЕКТУРИ**

Методичні рекомендації
до виконання практичних занять зі спецкурсу
«Регенерація ландшафтів» для студентів V курсу
спеціальності 191 «Архітектура та містобудування»
спеціалізації «Містобудування. Архітектурно-ландшафтне проектування»

Київ 2020

УДК 711.581:504

О-93

Укладачі: І.І. Устінова, д-р архіт., професор;
І.П. Козятник, канд. архіт., доцент

Рецензент М.М. Дьомін, д-р архіт., професор

Відповідальний за випуск Н.М. Шебек, д-р архіт., професор

*Затверджено на засіданні кафедри містобудування, протокол
№ 5 від 21 листопада 2019 року.*

В авторській редакції.

Оцінка та регулювання теплового режиму мікроклімату
О-93 житлових територій засобами містобудування та ландшафтної
архітектури: методичні рекомендації до виконання практичних
занять / уклад.: І.І. Устінова, І.П. Козятник. – Київ: КНУБА, 2020. –
24 с.

Містять рекомендації до проведення оцінки теплового режиму
мікроклімату житлових територій та вказівки щодо його
планувального регулювання на стадії детального плану території.

Призначено для студентів спеціальності 191 «Архітектура та
містобудування» спеціалізації «Містобудування. Архітектурно-
ландшафтне проектування».

© КНУБА, 2020

Загальні положення

Специфіку еколого-містобудівного обґрунтування проектного рішення на кожному територіальному рівні цілісності містобудівного об'єкта визначають різні можливості та засоби вирішення означених проблем [1 – 7]. У регіональному плануванні метою обґрунтування є забезпечення умов екологічної рівноваги; у міському й детальному плануванні – розробка комплексу санітарно-гігієнічних, технічних, біологічних і планувальних заходів, які забезпечують формування оптимального середовища, сприяють охороні природного комплексу міста та зменшенню антропогенного навантаження на приміські території [4 – 6].

Практичні заняття зі спецкурсу «Регенерація ландшафту» спрямовано на здобуття навичок у самостійній роботі зі стратегічної екологічної оцінки на стадії детального планування території [1] задля створення максимально сприятливих умов проживання населення з урахуванням теплового режиму мікроклімату житлових територій [2; 3].

Метою практичних занять є закріплення основних положень теоретичного курсу; здобуття досвіду самостійної роботи з нормативно-методичною, довідковою та фаховою літературою; а також засвоєння основ містобудівного проектування з урахуванням екологічних вимог.

Завданням практичних занять є опанування засад оцінки стану середовища в умовах міста за тепловим режимом мікроклімату житлових територій для еколого-містобудівного обґрунтування проектних рішень з розробки комплексу архітектурно-планувальних, інженерно-технічних і ландшафтних заходів, які спрямовано на забезпечення комфортних умов перебування населення в місті в період літнього перегріву [6 – 10].

Формування клімату та мікроклімату міст

Відповідно до пункту 4.1 Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів, «організація сельбищних територій населених пунктів повинна створити максимально сприятливі умови проживання населення з урахуванням нормативного забезпечення... якості навколишнього середовища та мікроклімату...» [3].

Питання клімату та мікроклімату міст здавна привертало увагу фахівців у галузі формування середовища існування людини (Вітрувій, Ібн Сіна, Альберті, Палладіо). З появою перших великих міст було помічено,

що в них формуються менш сприятливі умови для існування людини, ніж у природному середовищі. Концентрація промислових підприємств і населення на обмеженій території, розвиток транспорту, підвищення висотності та щільності забудови змінили обличчя сучасних міст, а разом з цим і заглубили проблему оздоровлення міського середовища, у тому числі й щодо його кліматичних і мікрокліматичних умов [5; 11].

Слід зазначити, що слово «клімат» походить від грецької «*κλίμα*», що буквально означає «нахил» – нахил сонячних променів до земної поверхні. Через це, першоосновою кліматоформувальних процесів є сонячна радіація та експозиція земної поверхні щодо Сонця. Другим чинником, який впливає на кліматоформувальні процеси, є стан навколоземного шару повітря, який характеризується температурою, вологістю, прозорістю, швидкістю руху, забрудненістю тощо [5; 11].

Кліматом взагалі називають типовий, багаторічний режим погоди, який характеризується певними метеорологічними параметрами. Кліматом певної місцевості називається характерний для неї, відносно багаторічного спостереження (не менше 30 років), режим погоди, який обумовлено сонячною радіацією, характером земної поверхні та циркуляцією атмосфери. Формування клімату обумовлено взаємодією геофізичних процесів глобального масштабу (надходження та витрати сонячної радіації, загальний характер циркуляції атмосфери) з місцевими умовами та факторами географічного середовища (широта, висота над рівнем моря, характер рослинного покриву та ландшафту території, склад повітря тощо). Характеристики клімату описують потоковими даними – добовими, місячними, річними про температуру, опади, вітри тощо [11; 12].

Клімат міста формується у процесах взаємодії його природного та штучного (техногенного) середовища. Клімат міста визначають загальним кліматичним фоном, який є найбільш характерним для конкретних фізико-географічних умов місцевості. Кліматична інформація міститься у відповідній нормативній документації [12]. Зведення метеорологічних і геофізичних даних, які характеризують загальну та місцеву кліматичну ситуацію, надається у вигляді кліматичного паспорту міста [5; 11; 12].

Мікрокліматом міських територій називають особливості клімату приземного шару повітря (до 2 м) на окремих ділянках території міста, який формується під впливом місцевих природних факторів (грунт, рослинність, рельєф, водойми, інші компоненти ландшафту) та містобудівного освоєння території (поверховість і щільність забудови, благоустрій, озеленення, обводнення тощо).

Штучне середовище міста формується забудовою, системою вільних просторів, їх благоустроєм, вулично-дорожньою мережею, промисловістю, транспортом. Елементи штучного середовища, які акумулюють енергію сонячних променів, складають **діяльну**, щодо формування мікроклімату, **поверхню** міста. До цих елементів відносяться будинки та споруди, покриття вулиць і пішохідних шляхів, елементи благоустрою тощо [13].

На клімат і мікроклімат міста впливає й присутність газового та аерозольного забруднення повітря промисловістю й транспортом. За їх наявності деяка частина сонячного випромінювання поглинається та розсіюється домішками, що містяться в атмосфері міста. Тому навіть максимальна величина сонячної радіації у місті ніколи не досягає значення сонячної сталої ($1,88 \text{ кал/см}^2 \text{ хв}$). У великих і середніх містах, порівняно із позаміськими територіями, інтенсивність прямої сонячної радіації зменшується в середньому на 20% [5; 8].

Надходження ультрафіолетової радіації Сонця на міську територію має особливе значення у гігієнічному відношенні. Природне ультрафіолетове опромінення є необхідною умовою нормального розвитку, здоров'я та життєдіяльності людини. Ультрафіолетове опромінення сприяє обміну речовин в організмі людини та стійкості до захворювань. Особливе значення воно має для дітей. Під його впливом виробляється вітамін «D», який сприяє зростанню дитини й запобігає виникненню та розвитку такої хвороби, як рахіт [2; 3; 14].

Під впливом ультрафіолетового опромінення здійснюється й санація міського середовища [2; 3], оскільки воно здатне вбивати патогенні бактерії, які у великій кількості знаходяться у повітрі міста. Завдяки забрудненню повітря бактерицидний ефект сонячної радіації зменшується, а проміжок часу, впродовж якого ультрафіолетові промені здатні вбити хвороботворні мікроби, збільшується [5]. В умовах багатоповерхової забудови відбувається додаткове зниження ультрафіолетового опромінення за рахунок зменшення площі видимої ділянки блакитного неба та збільшення площі видимих стін будинків і споруд, які затіняють небокрай. Отже збільшення поверховості будинків та їх протяжності, скорочення розривів між ними впливає на інтенсивність ультрафіолетової радіації, яка пропорційна площі видимої ділянки блакитного неба [13].

Температура повітря у місті завжди вище, ніж у передмісті. За рахунок цього у місті виникає так званий «острів тепла», наявність якого спостерігається до рівня 3 – 4 висот будинків. Цей острів, як правило, розташований над центральною частиною міста. Поява означеного

«острову» пов'язана з тепловим випромінюванням діяльної поверхні міста та спаленням палива промисловістю, транспортом, опалювальними агрегатами. У зв'язку з цим температура в місті може бути вище ніж на прилеглій території на 7 – 15 °С [13 – 15].

Острів тепла є характерною ознакою клімату міста. Він викликає конвективну циркуляцію, яка створює градієнт (перепад) атмосферного тиску між центральною частиною та околицями міста. Під час створення градієнту формуються міські бризи, які спрямовано до центра міста. Означене явище сприяє перенесенню з околиць до центру шкідливих домішок, які викидаються розташованими тут промисловими підприємствами та приміським транспортом. Це додатково посилює ступінь забруднення центральної частини міста [5; 14; 15].

Міські бризи спостерігаються у разі слабких вітрів, швидкість яких менше швидкості, яка характерна для вітру цієї місцевості. У місті завжди спостерігається зменшення швидкості вітру порівняно з відкритою місцевістю, завдяки наявності забудови й різних споруд. При цьому, над центром міста спостерігаються вертикальні токи повітря, які є результатом, як наявності «острова тепла», так і «деформації» поверхні землі багатоповерховою забудовою. У районах, де напрями вітрового потоку та бризу співпадають, швидкість вітру збільшується; у районах, де їх напрями протилежні чи перпендикулярні – швидкість вітру знижується. Вертикальний профіль швидкості повітря над містом залежить від типу забудови. За різної поверховості забудови швидкість вітру змінюється швидше, ніж за однакової поверховості [5; 11; 14; 15].

Архітектурно-планувальна організація, природні особливості ландшафту та забруднення повітря можуть викликати суттєві зміни метеорологічного режиму в місті чи в його окремих районах. Завдяки цьому формується своєрідний мезоклімат місцевості. Зміни та вплив погодних умов на розповсюдження домішок у повітрі взаємопов'язані. Вони часто підсилюють один одного, що виявляється у процесі утворення туманів, вірогідність виникнення яких у місті зростає. Разом з ними зростає й небезпека забруднення повітря. Це пояснюється не лише підвищенням кількості ядер конденсації (їх завжди досить для створення туманів), а й тим, що міські домішки містять значну кількість гігроскопічних частинок. Конденсація вологи на таких частинках може початися за відносної вологості менш ніж 100 %. Тому виникнення туманів у промисловому місті відбувається у 1,5 – 2 рази більше, ніж у його передмісті [5; 14; 15].

Техногенна атмосфера впливає на тумани двоюко. З одного боку, підвищена температура та знижена вологість повітря міста створює перешкоду для їх виникнення; з іншого – підвищена кількість ядер конденсації антропогенного походження сприяє створенню туманів-смогів, які хімічно дуже агресивні. Смогові явища більш характерні у робочі дні й послаблені у неробочі. З туманами та їх різновидами – смогами, пов'язують особливо небезпечні випадки забруднення повітря в містах. Спостерігається суттєве збільшення концентрації забруднення у шарі повітря безпосередньо над землею, внаслідок перенесення домішок з шару повітря, який розміщується над шаром туману. Слід зазначити, що токсичність деяких речовин (наприклад, сірчаний газ) у розчинах води значно збільшується (у водних розчинах він створює кислоту, що породжує проблему кислотних дощів). Послаблення вітру у зоні багатоповерхової забудови та наявність туманів-смогів призводять до підвищення концентрації шкідливих речовин у надземному шарі повітря. Тому інтенсифікація забруднення нижнього життєдіяльного шару повітря, яким дихає людина, збільшується. Означене зумовлює значне підвищення захворюваності міського населення [3; 5; 14; 15].

«Тепловий острів» міста, завдяки зниженню атмосферного тиску, «притягує» верхні шари охолодженої атмосфери разом із хмарами. Тому нижня межа хмар над містом виявляється майже на 100 м нижче, ніж у довкіллі, а висхідні течії створюють місцеву кучеряву хмарність, що затьмарює Сонце [5; 15].

На характер повітряної циркуляції істотно впливає й підвищена «шорсткість» міської поверхні (збудова різної поверховості). За вертикаллю виявляються три шари з характерними для них вітровими режимами, які впливають на клімат міста [11]:

- шар нижче рівня дахів, де поле вітру залежить від характеру забудови (висоти та щільності забудови, її планувальної організації);
- шар від рівня дахів до висоти-межі шару, в якому спостерігається вплив шорсткості (поверховості) на вітер;
- шар, де шорсткість не впливає на вітровий режим.

Найбільш активний процес турбулентності (перемішування) у повітряних масах відбувається на рівні дахів, тобто на межі першого та другого шарів. Як зазначалось, у надземному шарі, на висоті до 2 м від поверхні землі, створюються особливі мікрокліматичні умови, які залежать від характеру поверхні землі, відкритості або захищеності від вітру, закритістю горизонту забудовою. Завдяки забудові та озелененню

створюються й вітрові тіні, в яких коефіцієнт турбулентності падає до нуля. При цьому, поглинене міською поверхнею на рівні землі радіаційне тепло ефективно випромінюється і створює підвищену температуру, особливо у зоні дитячого мікроклімату (1,0 – 1,5 м) [5; 11; 13].

Розглядаючи міський простір з точки зору «структури» клімату, у його вертикальному перерізі (зверху вниз) можна виокремити рівні макро-, мезо- та мікроклімату:

- макроклімат характеризується метеорологічними даними регіону, які спостерігаються на місцевості за межами зони впливу міста;
- мезоклімат характеризується метеорологічними даними на рівні найбільшої турбулентної активності – над межею забудови (умовно на висоті до 20 – 25 м);
- мікроклімат визначається показниками температури, сонячної радіації, вологості й вітру у приземному шарі повітря, в якому перебуває людина (на висоті до 2 м).

Із означеного випливає, що мікрокліматичний дискомфорт у місті продукує спільна дія кліматичних факторів (температура повітря, вітровий режим, вологість, сонячна радіація) та містобудівних умов (скупчення будинків і споруд; наявність промисловості, транспорту, штучного покриття; підвищення концентрації шкідливих речовин у повітрі тощо); а отже існує й можливість планувального регулювання мікроклімату житлових територіях засобами містобудування та ландшафтної архітектури [13; 14; 16].

Методи оцінки теплового режиму мікроклімату житлових територій

Відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» – пункту 14.9.1, мікрокліматична оцінка території населеного пункту повинна зважати на «забезпечення сприятливих умов на території забудови за комплексом кліматичних факторів (температура зовнішнього повітря, вітер, сонячна радіація)...» [2]. Оцінювання теплового режиму мікроклімату є складовою частиною пофакторної оцінки стану міського середовища [5]. Вона може розглядатись і як елемент стратегічної екологічної оцінки [1]. Мікроклімат житлових територій є одним із головних фізико-гігієнічних факторів зовнішнього середовища, який визначає умови існування людини в місті, й він має відповідати певним санітарно-гігієнічним вимогам [2; 3]. Оцінка теплового режиму

мікроклімату житлових територій ґрунтується на визначенні тепловологісних відчуттів людини, які залежать від багатьох факторів. Існує декілька методів його визначення [11; 13].

У закордонній практиці найбільшого розповсюдження набув **метод ефективних температур** (умовна температурна шкала) [11]. Згідно з цим методом увесь комплекс метеопараметрів, який характеризує тепловий вплив на певну поверхню, можна прирівняти до деякої температури нерухомого насиченого повітря, за якої теплообмін залишається незмінним. Метод ефективних температур вирізняється тим, що в ньому:

- теплообмін поверхні людського тіла розглядається в суто фізичному розумінні, без урахування здатності людини до терморегуляції;
- різні метеорологічні умови порівнюють із тепловідчуттям людини, які у багатьох випадках є суб'єктивними.

Означене висвітлює вади методу щодо оцінювання мікроклімату зовнішнього середовища, оскільки, по-перше, всі параметри зовнішнього середовища змінюються в широкому діапазоні; по-друге, не враховуються можливості терморегуляції людини за допомогою одягу чи фізичного одягу. Означені недоліки майже не впливають на результат оцінки мікроклімату внутрішніх приміщень із відносно стабільними параметрами й умовами експлуатації, тому й використовується саме для них.

Баланс теплообміну людини із навколишнім середовищем [11]. Цей метод враховує ступінь фізичної активності людини, а критерієм комфортності тут стає забезпечення непорушності теплового балансу:

$$Q_m = Q_h, \quad (1)$$

де Q_m – тепловтрата: кількість тепла, що втрачається людиною через поверхню тіла у зовнішнє середовище за одиницю часу та за певних умов (кал/хв чи ккал/год);

Q_h – теплопродукція: кількість тепла, що виділяє організм людини за певних фізичних навантажень за одиницю часу (кал/хв чи ккал/год).

Формула (1) фіксує різні стани тепловідчуттів людини в такий спосіб: людині стає спекотно, коли вона виробляє тепла більше, ніж втрачає; прохолодно – коли вона виробляє тепла менше, ніж втрачає. Комфортність тепловідчуттів спостерігається тоді, коли людина виробляє тепла стільки, скільки втрачає [11].

Отже, тепловий комфорт людини залежить і від її фізичного навантаження, яке, у свою чергу, пов'язане із використанням різних за

функціональним призначенням планувальних зон житлових території. Для пішохідних доріжок фізичне навантаження людини можна вважати *середнім*, оскільки воно пов'язано із її повільним пересуванням поверхнею із незначним ухилом; для майданчиків тихого відпочинку – *мінімальним*, оскільки воно зумовлено станом спокою та розслаблення; для ігрових і спортивних майданчиків – *підвищеним*.

Означені особливості фізичного стану людини у просторі її перебування із різним функціональним призначенням були враховані у рівнянні **теплого балансу людини**, що опрацьовано у геофізичній обсерваторії ім. О.І. Воєйкова [13]. Цей метод оцінки ґрунтується на тому, що середня температура шкіри людини об'єктивно передає реакцію організму на вплив комплексу мікрокліматичних факторів середовища. Середня температура є показником стану людини й критерієм оцінки мікроклімату. Згідно з цим методом, комфортним тепловідчуттям відповідає середня температура шкіри людини в межах $32,2 \div 33,2$ °С. За межами цих показників вона відчуває мікрокліматичний дискомфорт:

- людині холодно, коли температура шкіри дорівнює $28,1 - 29,9$ °С;
- прохолодно, коли $30,0 - 32,1$ °С;
- тепло, коли $33,3 - 34,3$ °С;
- жарко, коли $34,4 - 35,5$ °С;
- дуже жарко, коли $35,6 - 36,6$ °С [13].

Метод теплового балансу людини враховує [11; 13]:

- повний комплекс метеорологічних факторів;
- теплозахисну роль одягу (одиниці виміру КЛО);
- стан фізичного навантаження людини (одиниці виміру М).

Недоліком цього методу є те, що ним визначається тепловий комфорт людини у природному середовищі, тобто на територіях вільних від забудови. Для вирішення ж містобудівних завдань формування комфортного теплового режиму мікроклімату житлових територій найбільш підходящим є метод К.С. Леонтьєвої, яка для умов міста впроваджує поняття «закритість горизонту» (визначає зменшення видимої площі небосхилу в умовах забудови міст) [13]. Зменшення видимої площі небосхилу призводить до зменшення інтенсивності ефективного сонячного випромінювання та збільшення інтенсивності теплового випромінювання від діяльної поверхні міста (нагрітих поверхонь стін будинків, споруд, штучного покриття). Закритість горизонту залежить від планувальних особливостей забудови, її композиційного вирішення, поверховості, щільності, а також місцезнаходження людини відносно стін будівель і

споруд та різних видів мощення. Розрахункова формула теплового балансу людини за кількістю показників та їх сполучень громіздка й незручна у користуванні. Тому для використання у містобудівному проектуванні К.С. Леонт'єва, разом із включенням до розрахунку показника «закритості горизонту», зводить цю формулу до блокової форми, а кількісні значення її компонентів (залежно від певних метеорологічних показників) надає у формі таблиць (табл. 1 – 4). Формула (2) дає змогу визначити тепловідчуття людини у будь-якій точці її знаходження на території забудови, а також і межу зони мікрокліматичного дискомфорту щодо діяльної поверхні будівель [13]:

$$Q_s = Q + [A + B \cdot (1 + N)] / (C + E) + F \cdot (C + E + G) / G \cdot (C + E), \quad (2)$$

де Q_s – середня температура шкіри людини, °С;

Q – температура повітря, °С;

A – залежить від h° – кута падіння сонячного проміння (див. табл. 1);

B – залежить від температури повітря та різниці між температурою діяльної поверхні та температурою повітря (див. табл. 2);

N – закритість горизонту, яка визначається планувальними факторами (див. табл. 3);

C – залежить від швидкості повітря (див. табл. 4);

E – залежить від температури повітря (див. табл. 2);

F – залежить від швидкості вітру, теплопровідності одягу та фізичного навантаження людини (1 М – спокій, 1,5 М – незначне, 2 М – середнє, 3 М – значне) (див. табл. 4);

G – залежить від теплопровідності одягу (0,5 КЛО – полегшена форма літнього одягу, 1 КЛО – звичайна форма літнього одягу) (див. табл. 4).

Таблиця 1

Значення A залежно від h° – кута падіння сонячного проміння

h°	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
A	209	228	245	255	268	278	288	298	301	305	308	310	312

Таблиця 2

Значення B та E залежно від температури повітря Q і різниці температур діяльної поверхні та повітря ($Q_s - Q$)

$Q, ^\circ\text{C}$	E	B за ($Q_s - Q$)									
		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
14	7	21	28	34	41	48	55	62	69	76	82
16	7	21	28	35	42	49	56	64	71	78	84
18	7	22	29	36	43	51	58	65	72	80	86
20	7	22	30	37	44	52	59	67	74	81	88
22	8	23	30	38	45	53	61	68	76	83	90
24	8	23	31	39	47	54	62	69	77	85	94
26	8	24	32	39	48	55	63	70	79	87	96
28	8	24	33	40	49	57	65	72	81	89	98
30	8	25	33	41	50	58	66	73	83	91	100
32	8	25	34	42	51	59	67	75	84	93	102
34	9	26	35	42	52	60	69	76	86	94	104
36	9	26	35	43	53	62	70	79	88	96	106

Таблиця 3

Середні значення закритості горизонту N , які залежать від відстані l , м, до стін будинку (для 5 – 7 поверхової забудови)

l , м	1	3	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60
N	0,75	0,72	0,65	0,6	0,56	0,5	0,43	0,4	0,37	0,35	0,32	0,3

Таблиця 4

Значення C , F , G залежно від швидкості вітру V , м/с, роду заняття людини (1 М; 1,5 М; 2 М; 3 М) відповідно для одягу 0,5 КЛО та 1 КЛО

$V, \text{м/с}$	C	Одяг 0,5 КЛО					Одяг 1 КЛО				
		G	F				G	F			
			1М	1,5М	2М	3М		1М	1,5М	2М	3М
0,2	8	20	16	56	96	176	10	30	70	110	190
0,4	11	21	6	34	74	154	10	17	57	97	177
0,6	14	22	-20	20	60	140	11	9	49	89	169
0,8	16	23	-29	11	51	131	11	2	42	82	162
1,0	18	24	-39	1	41	121	12	-2	38	78	158
1,2	20	25	-48	-8	32	112	13	-10	30	70	150
1,5	22	26	-58	-18	22	102	13	-17	23	63	143
2,0	25	28	-76	-36	4	84	14	-25	15	55	135
2,5	28	30	-89	-49	-9	72	15	-32	8	48	128
3,0	31	31	-102	-62	-22	58	16	-40	0	40	120
3,5	34	33	-114	-74	-34	46	17	-49	-9	31	111
4,0	36	34	-125	-85	-45	35	17	-55	-15	25	105

Приклади оцінки теплового режиму мікроклімату житлових територій, який формується на двох майданчиках тихого відпочинку в період із 13-ої до 16-ої години [13].

Перший майданчик розташовано на відстані 10 м від південної сторони будинку; покриття майданчика – асфальт; $Q = 24$ °С; $V = 1,4$ м/с; $Q_0 - Q = 12$ °С; $h = 48^\circ$; $N = 0,6$; теплопродукція відпочивальника 1,5 М; одяг – 0,5 КЛО.

Згідно з табл. (1 – 4): $A = 288$; $B = 47$; $E = 8$; $C = 22$; $G = 26$; $F = -15$.

Згідно з формулою (2):

$$Q_s = 24 + [288 + 47 \cdot (1 + 0,6)] / (22 + 8) - 15 \cdot (22 + 8 + 26) / 26 \cdot (22 + 8) = \\ = 24 + 1,2 - 1,1 = 35 \text{ } ^\circ\text{С}.$$

Умови мікроклімату – дискомфортні.

Оцінка ефективності регулювання теплового режиму мікроклімату засобами містобудування та ландшафтної архітектури (озеленення території) [13]. Якщо майданчик для відпочинку затінити, то крони дерев знизять сумарну сонячну радіацію приблизно на 30 %, різниця температур діяльної поверхні та повітря становитиме $Q_0 - Q = 10$ °С. Тоді, згідно з табл. 1 – 4: $A = 288 \cdot (1 - 0,3) = 202$; $B = 39$; $E = 8$; $C = 22$; $G = 26$; $F = 2$.

Згідно з формулою (2):

$$Q_s = 24 + [202 + 39 \cdot (1 + 0,6)] / (22 + 8) + 2 \cdot (22 + 8 + 26) / 26 \cdot (22 + 8) = \\ = 24 + 8,8 - 0,1 = 32,9 \text{ °С.}$$

Умови мікроклімату – комфортні.

Отже, озеленення території є ефективним засобом регулювання теплового режиму мікроклімату житлових територій.

Другий майданчик розташовано на відстані 50 м від стін будинків, має світле ґрунтове покриття, майданчик не затіняється, огорожений низькими кущами та квітниками; $Q = 24$ °С; $V = 1,5$ м/с; $Q_0 - Q \approx 6$ °С; $N = 0,6$; за інших рівних умов і згідно з табл. 1 – 4, отримуємо: $A = 288$; $B = 23$; $E = 8$; $C = 22$; $G = 26$; $F = -18$.

Згідно з формулою (2):

$$Q_s = 24 + [288 + 23 \cdot (1 + 0,3)] / (22 + 8) - 18 \cdot (22 + 8 + 26) / 26 \cdot (22 + 8) = \\ = 24 + 10,6 - 1,3 = 33,3 \text{ °С.}$$

Умови мікроклімату – комфортні.

Таким чином, методом теплового балансу людини, який адаптовано для вирішення містобудівних завдань [13], можливо здійснювати оцінку:

- теплового режиму мікроклімату, який сформувався в умовах забудови сучасних міст;
- планувальних рішень у процесі проектування нових або реконструкції наявних кварталів і мікрорайонів міст щодо забезпечення сприятливих умов життєдіяльності населення;
- ефективність використання засобів містобудування та ландшафтної архітектури для захисту забудованих територій від літнього перегріву міст (надлишкової теплової дії інсоляції та діяльної поверхні).

Недоліком цього методу є те, що значення закритості горизонту (див. табл. 3) обраховані лише для умов середньої поверхової забудови.

Регулювання теплового режиму мікроклімату житлових територій засобами містобудування та ландшафтної архітектури

Відповідно до п. 14.9 ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» – регулювання мікроклімату, має бути спрямовано на забезпечення достатньої інсоляції території та формування раціонального теплового режиму [2]. Означене зумовлено сучасним потеплінням клімату та наявністю періоду літнього перегріву міст, що вимагає від архітекторів-містобудівників і ландшафтних архітекторів пошуку планувальних заходів із організації та благоустрою, які б покращували умови теплового режиму мікроклімату житлових територій.

Необхідність вирішення цієї проблеми, занотована й п. 14.9.4 ДБН Б.2.2-12:2019, яким зазначено, що «у IV фізико-географічній зоні (у II; IV; V архітектурно-будівельному районі) слід передбачати захист будинків і територій від перегрівання шляхом застосування планувальних засобів і будинків, які забезпечують аерацію забудови, а також озеленення, обводнення, використання сонцезахисних засобів. При цьому слід забезпечувати планувальний зв'язок житлової забудови з прилеглими ландшафтами, а також рівномірний розподіл забудованих і відкритих озеленено-обводнених територій» [2].

Щодо **регулювання мікроклімату на рівні міст** (планувальних районів). Безумовно, зелені насадження відіграють особливо важливу роль в оздоровленні середовища та створенні сприятливих умов перебування людини в місті. Однак помітного мікрокліматичного ефекту можна досягти лише, якщо 50 – 60 % території міста буде озеленено. Зелені насадження «діятимуть» більш ефективно за умов створення єдиної системи – просторово-безперервної комплексної мережі озеленення міста. Означена мережа має починатися із позаміського лісопаркового поясу, зі значною (5 ÷ 10 км завширшки) зоною охорони природного ландшафту; продовжуватися широкими клинами лісопарків і парків, що знаходяться від периферії до його центра та об'єднуватися із мережею бульварів, міськими зеленими масивами, насадженнями мікрорайонів, кварталів і дворів. Ця мережа формуватиме «русла» надходження свіжого повітря із позаміських територій до центру міста [4 – 10; 14 – 21].

Водночас, чим більше міська територія розчленована вільними від забудови просторами, які зайняті зеленими насадженнями та водоймами,

тим кращі створюються мезо- та мікрокліматичні умови. Тому бажано обмежувати площу щільно забудованих житлових масивів до 500 – 1000 га й передбачати у середині них розгалужену та безперервну мережу садів, бульварів, захисних зелених смуг і водоймищ, які поєднують усі структурні елементи міста – від його планувальних районів до груп житлових будинків [8 – 10; 16 – 21].

Система зелених насаджень є своєрідними «легенями» міста. Великі зелені масиви, очищуючи повітря, яке проходить над ними, сприяють проникненню чистого повітря всередину міської території. Санітарно-гігієнічний ефект великих масивів зелених насаджень виявляється на прилеглих до них територіях у зниженні мутності повітря на 10 – 30 % і підвищенні інтенсивності видимої та ультрафіолетової радіації на 15 – 20%. Всередині зелених насаджень створюється особливий «оазис» прохолодного повітря влітку та більш теплого взимку. Тому формування теплового режиму мікроклімату та розмір зони комфорту в середині зеленого масиву залежить, як від розміщення в плані міста, так і його розміру, конфігурації, щільності насаджень та їх асортименту. Наприклад, за середньої температури повітря $24 \div 30$ °C температура всередині масивів зелених насаджень різної площі влітку зменшується: при площі 3 га на 1,8 °C; при площі 6 га на 2,8 °C; при площі 13 га на 3,4 °C й до 6°C – у зелених насадженнях площею 600 – 1000 га [5; 8 – 10; 16 – 21].

Щодо регулювання мікроклімату на рівні житлових груп (дворів). За вимогою п. 4.10 «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів», «дворові території мікрорайонів повинні бути озеленені відповідно до вимог державних стандартів, норм і правил, а також нормативно-правових актів у сфері містобудування, але не менше ніж площа смуги зелених насаджень завширшки 5 м по периметру житлового будинку або відповідної площі озеленення на вільній від забудови території подвір'я, та забезпечувати різні види відпочинку й занять для усіх груп населення...» [3].

Озеленення житлових територій мусить сприяти [22, с.207]:

- обмеженню сонячної радіації пішохідних доріг і майданчиків у години максимального перегріву (має бути затінено не менш ніж 2/3 площі тротуарів, пішохідних доріг, проїздів; 1/2 гральних майданчиків і місць тихого відпочинку); – цю вимогу зафіксовано й п. 4.7 «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» [3];

- захисту від сонячної радіації стін будинків, суцільних огорож південно-східної, південної, південно-західної та західної орієнтації, які

створюють додаткове теплове навантаження на прилеглу територію;

- створенню оптимальних умов провітрювання території: для районів із сильними вітрами – їх зниженню; для районів із вітрами слабкими – їх посиленню; цю вимогу зафіксовано п. 4.9 «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів» [3].

Умовно зелені насадження можна поділити на рослини, які створюють тінь; рослини, які сприяють зменшенню відбитої радіації; та декоративні рослини, які естетично збагачують довкілля. За густотою крони дерева можливо поділити на чотири групи: дуже густі, густі, середньої густини (ажурні) та рідкі (просвітчасті). Під деревами перших трьох груп інтенсивність радіації, що пройшла крізь крони, практично не відчувається організмом людини. Тому їх доцільно використовувати для затінення за високого стояння сонця. Коли ж інтенсивність сонячної радіації зменшується – до 9-ої та після 16-ої години, можна застосовувати дерева із рідкими кронами [5, с. 192].

З точки зору регулювання теплового режиму мікроклімату, важливе значення під час вибору порід дерев і доцільного їх розміщення має величина та форма крони дерева, яка визначає площу затінення. Рослини, що створюють тінь, – це густо посажені дерева, високі й з густою кроною. Масив таких дерев здатен поглинати сонячну радіацію, а проникність їх крон і процес випаровування забезпечує циркуляцію повітря. Вважається, що найбільш захищеною від сонячного опромінення буде ділянка, яка утворена проекцією крони в плані. Однак протягом дня, залежно від нахилу сонячних променів, розміщення та розміри цієї ділянки будуть змінюватися [22, с. 205].

Прийоми озеленення та затінення пішохідних шляхів мають враховувати не лише пряму сонячну радіацію, а також й відбиту радіацію від різних штучних поверхонь. Оскільки людина, яка знаходиться поблизу поверхні стіни на асфальтовому покритті, що опромінюється сонцем, потрапляє в зону подвійної дії сонячної радіації – відбитої сонячної та випроміненої теплової як від стіни, так і від асфальтового покриття. Додаткова сумарна дія теплової енергії на людину при цьому може досягати значень прямого сонячного опромінення, особливо коли температура повітря досягає значних величин. Наприклад, для Києва температура в період літа сягає 36 °С і вище [23]. Через це, вимога п. 14.9.4 ДБН Б.2.2-12:2019 щодо «захисту будинків і територій від перегрівання» в наш час актуальна й для Києва, який за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 відноситься до I архітектурно-будівельного району [12].

Озеленення зони перегріву, що характеризується найбільшою тривалістю інсоляції за світовий день (визначається за допомогою інсоляційних карт [24]), має важливе значення для регулювання теплового режиму мікроклімату. У цій зоні можливо висаджувати компактні дереворослині групи з порід, які добре ростуть у цій місцевості, й світлолюбні, що естетично й біологічно поєднуються між собою. Зниження теплової дії в зоні перегріву можна досягти, використовуючи й такі елементи благоустрою як декоративний басейн чи фонтан.

Щодо дитячих ігрових майданчиків. З метою опромінення дітей ультрафіолетовим промінням, він мусить мати пряму сонячну радіацію (інсоляцію) в ранкові години, а в середині дня й у другій його половині (в період перегріву), необхідно створювати його густе затінення. Подібний інсоляційний режим мусять мати й майданчики для відпочинку дорослого населення, й пішохідні шляхи. Вибір прийомів затінення залежить від їх орієнтації щодо сторін горизонту. Місця посадки дерев поблизу цих майданчиків визначаються з урахуванням проекції тіней від крон у найбільш спекотні години дня. Ефективним засобом затінення окремих ділянок у зонах відпочинку є використання малих архітектурних форм, які також мають і декоративне значення. До них належать трельяжні конструкції, перголи, альтанки, інші затінювальні засоби у вигляді тентів і тимчасових навісів. Для зниження температури повітря і пом'якшення теплового режиму в період літа у благоустрої територій житлової забудови використовують й різні засоби обводнення [5; 8; 16].

Для затінення стін і зменшення дії сонячного опромінення, що відбивається від їх поверхонь та додатково сприяє перегріву дворового простору, використовують вертикальне озеленення. Цю роль може відігравати й облицювання стін будівельними матеріалами, які мають незначну теплоємність. У межах смуг перегріву, можливе створення «зеленої вітальні». Для цього використовують газони, квітники, мінімальне мощення, трельяжи з виткими рослинами, тимчасові навіси, лави, переносні шезлонги та парасолі. На практиці виділення «зеленої вітальні» здійснюється завдяки спорудженню штучного рельєфу – терас, які відокремлюють цей зелений куточок від проїзду [25, с.77].

Біля стін північно-східної, північної, північно-західної орієнтації, де ширина смуги мінімальна, доцільно створювати газон, квітники, міксбордери (смуги безперервного цвітіння). Біля стіни з лоджіями, ширина прибудинкових смуг може бути меншою ніж із суцільною стіною. У цьому разі доцільно мати в їх межах газонне покриття, квітники та

невеликі кущові насадження. З боку стін, які мають на першому поверсі пішохідні галереї, на прибудинкових смугах озеленення може мати декоративний характер [16].

Особливість озеленення прибудинкових смуг залежить від їх ширини, орієнтації стін, до яких вони прилягають, і від ступеня опромінення прямою та відбитою від стін сонячною радіацією. Тому їх озеленення повинно бути пов'язане перш за все з тією роллю, яку вони відіграють у процесі регулювання теплового режиму мікроклімату в дворовому просторі. У разі прилягання прибудинкової смуги до стіни з червоної цегли або залізобетону її озеленення може мати декілька варіантів. Біля суцільної стіни східної, південно-східної, південної, південно-західної та західної орієнтації, де створюються умови найбільшого перегріву від прямого сонячного опромінення та взаємного опромінення вертикальної і горизонтальної площин, озеленення повинно відігравати роль акумулятора сонячної енергії для використання її в біологічних процесах рослин [5; 8; 16; 25].

Щодо захисту пішоходів від негативного впливу теплової дії відбитої та випроміненої стіною радіації, бажано:

- ширину прибудинкової смуги брати шириною у 3,5 м, оскільки цей параметр зон перегріву є найбільш характерним під час опромінення стін східної, південно-східної, південної, південно-західної та західної орієнтації;
- вздовж цієї смуги прокладати проїзди – під'їзди до будинків;
- вздовж проїздів (з протилежного боку від стін) прокладати тротуари – пішохідні доріжки;
- вздовж пішохідних доріжок (з протилежного боку від стіни) висаджувати дерева з розлогою кроною [16].

Під час озеленення дворового простору, слід мати на увазі, що під кронами дерев потоки повітря рухаються майже безперешкодно. На висоті ж відбувається зворотне явище, тому що верховіття дерев певною мірою гальмують рух повітря. Через те великі масиви високо зростаючих дерев рекомендують використовувати для районів з одно- та двоповерхової забудови. Для забудови ж більшої поверховості високі дерева висаджувати не бажано, тому що при цьому погіршується природне провітрювання території й підвищується температура відкритих приміщень (лоджій, терас, галерей), які виходять на рівень крон. В умовах такої забудови, в межах прибудинкових смуг завширшки у 5 м і більше бажано розміщати невисокі кущові насадження, які не перешкоджають вільній циркуляції

повітря [22, с. 206; 26].

Певні прийоми озеленення, а також структура й асортимент зелених насаджень сприяють «штучному» вертикальному і горизонтальному провітрюванню території житлових груп. Для створення штучних конвекційних потоків, «штучних бризів» використовують будинки різної поверховості, орієнтація та види поверхонь яких характеризуються різним нагрівом (як внаслідок неоднакового приходу до них сонячної радіації, так й їх різних теплотехнічних властивостей); застосовують і раціональне чергування ділянок території з озелененням, обводненням і штучним покриттям, що опромінюється [5; 8; 16].

Сучасні досягнення в технічній та технологічній сферах створили нові можливості використання сонячної енергії. У вирішенні питань, що пов'язані з регулюванням теплового режиму мікроклімату можуть бути корисними й методи уловлювання сонячної енергії. Ефективність використання сонячної енергії в різних країнах різна. На це впливають такі фактори як клімат, будівельні стандарти, конкуруючі джерела палива, рівень споживання енергії. Для уловлювання опромінення стін і дахів за помірних температур найбільш поширеним устроєм є плоский колектор. Він найчастіше застосовується з метою підігріву води для побутових потреб і розглядається в проектах опалення та кондиціонування повітря.

Проектування будинків з можливістю використання сонячної енергії передбачає врахування орієнтації та форми споруди, наявності у конструктивному рішенні будинку установок для уловлювання сонячної енергії, які можуть слугувати і як пристосування для затінення дахів та стін будинків. А це, в свою чергу, зменшуючи здатність стін відбивати сонячну енергію, сприятиме покращенню теплового режиму мікроклімату житлових територій. Прилади для уловлювання сонячної енергії можуть бути розміщені й окремо від будинків, у місцях найбільшої тривалості сонячного опромінення території та слугувати сонцезахисними засобами [26, с. 502].

Отже, комфортний житловий простір за умов сприятливого теплового режиму мікроклімату створюється завдяки: слушній орієнтації житлових будинків; затіненню фасадів лоджіями, галереями й іншими конструктивними елементами; використанню відповідних будівельних матеріалів, видів озеленення, обводнення та благоустрою територій. Раціональний благоустрій, як захід створення сприятливих умов для теплового режиму мікроклімату житлових територій, вимагає в проектах житлової забудови передбачати [4 – 8; 14 – 16]:

- розміщення на ділянках із показником найбільшої інсоляції не тільки озеленення, але й обводнення, спорудження різних форм декоративних водойм і фонтанів;
- використання малих архітектурних форм для затінення і створення сприятливих умов для відпочинку в період найбільшої сонячної радіації (трельяжі, перголи, навіси, тенти, виткі рослини на стінах чи спеціальних штучних опорах);
- використання штучних плит світлого кольору або інших будівельних матеріалів, які мають меншу теплоємність порівняно з асфальтовим покриттям;
- раціональне використання території житлової групи та захист пішоходів від теплової дії стін і покриттів шляхом створення прибудинкових смуг завширшки не менше ніж 3,5 м.

Список літератури

1. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 17 лютого 2011 р. № 3038-VI // . – К.: Верховна Рада України, 2012.
2. Планування та забудова територій: ДБН Б.2.2-12:2019. – Вид. офіц. – К.: Мінрегіон України, 2019. – 177 с. (Національні стандарти України).
3. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. – К.: Укрархбудінформ, 2001. – 108 с.
4. Містобудування: довідник проектувальника / за ред. Т. Ф. Панченко. – К.: Укрархбудінформ, 2001. – 192 с.
5. Чистякова С.Б. Охрана окружающей среды: учебник. – М.: Стройиздат, 1988. – 272 с.
6. Плешкановська А.М. Комплексний інженерний благоустрій міських територій: методичні вказівки до виконання курсового та дипломного проектів / А.М. Плешкановська, І.І. Устінова. – К.: КНУБА, 2005. – 64 с.
7. Устінова І.І. Еколого-містобудівні заходи щодо формування мікроклімату житлових територій: завдання та методичні вказівки до виконання практичних занять. – К.: КНУБА, 2007. – 16 с.
8. Краткий справочник архитектора: Ландшафтная архитектура / под ред. д-ра архит. И.Д. Родичкина. – К.: Будівельник, 1990. – 336 с.
9. Методические рекомендации по формированию городской среды. – К.: КиевНИИПградостроительства. – 1990. – 98 с.
10. Методические рекомендации по формированию архитектурно-ландшафтной среды крупного города. – К.: КиевНИИПград. – 1986. – 107 с.
11. Коваленко П.П. Градостроительная климатология: учеб. пособие. – Горький.: ГГУ. – 1980. – 37 с.
12. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – К.: Мінрегіон України, 2011. – 124 с. (Національні стандарти України).
13. Леонтьева К.С. Методика комплексной оценки условий микроклимата городских территорий / К. С. Леонтьева // Вопросы градостроительства и строительной физики. – Челябинск: ЧПИ, 1972. – № 109. – С. 50-56.
14. Устінова І.І. Формування комфортного середовища сучасного міста / І.І. Устінова // Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель. – 2008. – Спец. випуск: «Організація комфортного середовища життєдіяльності міських поселень». – С. 184-190.
15. Кучерявий В.П. Урбоекологія: підручник. – Львів: Світ, 1999. – 360 с.
16. Козятник І.П. Планувальна організація житлових територій із

застосуванням методів регулювання теплового режиму мікроклімату: автореф. дис. ... канд. арх.: 18.00.04 / Козятник Ірина Петрівна. – Київ: КНУБА, 2015. – 23 с.

17. Градостроительные средства оздоровления городской среды: сб. ст. / отв. ред. Думанская С.И. – К.: КиевНИИПград, 1980. – 96 с.

18. Посохин М.В. Архитектура окружающей среды. – М.: Стройиздат, 1989. – 248 с.

19. Саймондс Д.О. Ландшафт и архитектура / пер. с англ. – М.: Изд. по строительству, 1965. – 194 с.

20. Щербань В.К. Ландшафт и архитектура города. – К.: Будівельник, 1987. – 88 с.

21. Вергунов А.П. Архитектурно-ландшафтная организация крупного города. – Л.: Стройиздат, 1982. – 134 с.

22. Римша А.Н. Горд и жаркий климат. – М.: Стройиздат, 1975. – 280 с.

23. Екологічний атлас України / ред. кол. Руденко Л. Г. та ін. – К.: Центр еколог. освіти та інформації, 2009. – 104 с.

24. Устінова І.І. Методичні рекомендації щодо оцінки сприятливості середовища за умов інсоляції житлових територій: методичні вказівки до виконання практичних занять. – К.: КНУБА, 2009. – 16 с.

25. Сычева А. В. Ландшафтное проектирование: учеб. пособ. – Мн.: БГПА, 1993. – Ч. 2. – 112 с.

26. Маркус Т. А. Здания, климат и энергия / Маркус Т. А., Моррис Э. Н. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 542 с.

27. Устінова І.І. Архітектурно-планувальне регулювання мікроклімату житлових територій в аспекті змін клімату / Устінова І.І., Козятник І.П. // Гігієна атмосферного повітря: збірка тез доповідей НПК з міжнародною участю 14-15 жовт. 2010 р. – К.: ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва АМНУ», 2010. – С. 94-96.

28. Щербань М. И. Микроклиматология: учебник. – К.: Вища школа, 1985. – 222 с.

29. Горохов В. А. Зеленая природа города: учебник / изд. 2-е, доп. перераб. – М.: Арх-ра-С, 2005. – 528 с.

30. Нефедов В. А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. – Спб., 2002. – 95 с.

31. Мягков М.С. Город, архитектура, человек и климат / М.С. Мягков и др. – С, 2007. – 344 с.

32. Downton P. Ecopolis: Architecture and Cities for a Changing Climate: Springer, 2009. – 607 с.

Навчально-методичне видання

ОЦІНКА ТА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ МІКРОКЛІМАТУ ЖИТЛОВИХ ТЕРИТОРІЙ ЗАСОБАМИ МІСТОБУДУВАННЯ І ЛАНДШАФТНОЇ АРХІТЕКТУРИ

Методичні рекомендації
до виконання практичних занять зі спецкурсу
«Регенерація ландшафтів» для студентів V курсу
спеціальності 191 «Архітектура та містобудування»,
спеціалізації «Містобудування. Архітектурно-ландшафтне проектування»

Укладачі: **УСТІНОВА** Ірина Ігорівна,
КОЗЯТНИК Ірина Петрівна

Комп'ютерне верстання *А. І. Яцемирської*
Випусковий редактор *В.С. Сасько*

Підписано до друку 2020 р. Формат 60 × 84 ^{1/16}
Ум. друк. арк. 1,39. Обл.-вид. арк. 1,5
Електронний документ. Вид. № 8/III-20

Видавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

Свідectво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.