

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут СНАП

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

УДК 551.583

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

ОЦІНКА ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ФОРМУВАННЯ

ОСТРОВА ТЕПЛА НАД ЦЕНТРОМ МІСТА ЛЬВІВ

Виконав: студент V курсу, групи ЕКз-51
напряму підготовки (спеціальності)

101- екологія

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Гелена БЛІК

(прізвище та ініціали)

Керівники: доц. Копій М.Л.

ст.викл. Мельничук С.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: **Ярослав ГЕНИК**

(прізвище та ініціали)

Львів-2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
(повне найменування вищої навчальної заклади)

Інститут СНАП


Кафедра екології

Академічно-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Напрямок підготовки: 10 - природничі науки
(шифр спеціальності)

Спеціальність: 101 - Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ


Завідувач кафедри екології
д.е.г.н., проф. Коній Л.Л.
« 20 » « 01 » 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
Білик Гелені Євгенівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: **ОЦІНКА ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА
ФОРМУВАННЯ ОСТРОВА ТЕПЛА НАД ЦЕНТРОМ МІСТА ЛЬВІВ**

1. Керівник роботи: доц. Коній М.Л.,
ст. викладач Мельничук Світлана Петрівна

затвержені наказом по університету від № 03 2025 року, № С-19.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи «07» «04» 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи 1. Довідкова та спеціальна література; 2. Матеріали польових досліджень.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити Вступ 1. Літературний огляд за темою дипломної роботи, 2. Природно-кліматичні умови району досліджень 3. Програма та методика робіт,

4. Вплив кліматичних змін на динаміку формування міського острова тепла над центром Львова. Висновки, Список використаних джерел, Додатки,

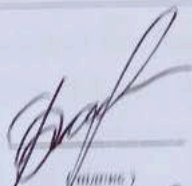
5. Перелік графічного матеріалу: схеми, рисунки, графіки, діаграми за темою та об'єктом дослідження, презентація у PowerPoint

6. Дата видачі завдання: « 20 » « 01 » 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

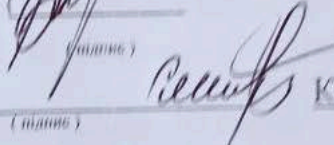
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Опрацювання літературних джерел по темі роботи	20.01.25- 01.02.25	виконано
2.	Природно-кліматичні умови району досліджень	02.02.25- 08.02.25	виконано
3.	Розробка програми та методики робіт, Підбір об'єктів	09.02.25- 12.02.25	виконано
4.	Мікрокліматичні спостереження	13.02.25- 20.02.25	виконано
5.	Вплив кліматичних змін на динаміку формування міського острова тепла над містом Львів	21.02.25- 14.03.25	виконано
6.	Шляхи та заходи із покращення складу вуличних насаджень міста	16.03.25- 30.03.25	виконано
7.	Підготовка висновків та рекомендацій	01.04.25- 04.04.25	виконано
8.	Оформлення дипломної роботи та графічних матеріалів	05.04.25- 15.04.25	виконано

Студент



(підпис)
Білик Г.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



(підпис)
Копій М.Л., Мельничук С.П.
(прізвище та ініціали)

УДК 551.583

Білик Г.Є. Оцінка впливу кліматичних змін на формування острова тепла над центром міста Львів: кваліфікаційна робота бакалавра: 101 Екологія/Гелена Євгенівна Білик; наук. кер.: Марія Леонідівна Копій, Світлана Петрівна Мельничук; НЛТУ України. – Львів, 2025. - 58 с.

Табл. 2, рис.19 , бібліогр. 68 назв

АНОТАЦІЯ

У дипломній роботі проаналізовано результати досліджень закономірностей зміни температурного режиму полотна автомобільної дороги, тротуарів, а також газонів залежно від особливостей забудови та озеленення прилеглих територій. Результати дослідження підтвердили тісний взаємозв'язок між температурним режимом та характером забудови ділянки, наявності великих площ відкритого простору, а також інтенсивністю руху автомобілів по перехрестю.

Ключові слова: мікроклімат, зміна клімату, острів тепла, тротуар, газон, екологічний стан міста

UDC 551.583

Bilyk G.E. Assessment of the impact of climate change on the formation of a heat island over the center of Lviv: bachelor's qualification thesis: 101 Ecology/Helena Evgenivna Bilyk; of science manager: Maria Leonidovna Kopyi, Svitlana Petrivna Melnychuk; NLTU of Ukraine. – Lviv, 2025. - 58 p.

Table21, fig. 19, bibliography. 68 names

ANNOTATION

The thesis analyzed the results of studies of patterns of changes in the temperature regime of the road surface, sidewalks, depending on the features of construction and landscaping of the surrounding areas. The results of the study confirmed the close relationship between the temperature regime and the nature of the development of the site, the presence of large areas of open space, as well as the intensity of car traffic at the intersection.

Key words: microclimate, climate change, heat island, sidewalk, lawn, ecological state of the city

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛЬВОВА	7
1.1.1 Фізико-географічне середовище.....	7
1.1.2 Клімат міста Львів.....	10
РОЗДІЛ 2. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	12
2.1 Глобальні зміни клімату.....	12
2.2 Методи оцінки міських островів тепла.....	14
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	17
РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ДИНАМІКУ ФОРМУВАННЯ МІСЬКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА НАД ЦЕТРОМ ЛЬВОВА.....	19
4.1 Ретроспективна характеристика змін клімату м. Львова.....	19
4.2 Дослідження мікроклімату різних типів поверхонь міста.....	21
4.3 Об'єкти та результати досліджень.....	25
4.4 Види екологічних загроз від проявів «острова тепла».....	32
4.5 Заходи з адаптації Львова до наслідків зміни клімату	34
4.5.1. Заходи з адаптації Львова до теплового стресу.....	34
4.6 Рекомендації для зменшення проявів «острова тепла».....	39
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	47
ДОДАТКИ.....	53

ВСТУП

Клімат має значний вплив на наш світ та значне значення для нас завдяки регулюванню метеорологічних процесів, які відбуваються на планеті. Тому зміни в кліматичному балансі можуть мати серйозні наслідки для людства та всього біологічного світу в цілому. Заходи із збереження клімату та підтримки оптимальних кліматичних умов є стратегічно важливими для благополуччя населення та екосистем в цілому [16].

Актуальність дослідження. Одним з проявів впливу великих міст на мікрокліматичні особливості території є формування міських островів тепла. Основною екологічною загрозою, яка формується внаслідок температурних контрастів у місті, є їх небезпечний вплив на урбоекосистему та здоров'я мешканців міста і на багато інших процесів. Тому дослідження міських островів тепла має важливе науково-практичне завдання.

Мета дослідження – дослідження умов формування та екологічних наслідків утворення міського острова тепла на прикладі міста Львова залежно від типу покриття, особливостей забудови території, рельєфу місцевості та погодних умов з подальшою розробкою природоохоронних рекомендацій.

Методи дослідження – спостереження, мікрокліматичні методи, порівняльно-розрахункові.

З використанням методу порівняльного аналізу космічних інфрачервоних супутникових знімків території Львова авторами оцінено масштаби та поширення осередків формування острова тепла над містом у різні сезони року та при різних метеорологічних умовах. Здійснено серію власних інструментальних вимірювань температури повітря; вивчено зв'язки між особливостями метеорологічних умов та проявами острова тепла. Було також розроблено ряд практичних пропозицій та кейсів, спрямованих на покращення мікроклімату окремих районів Львова, як житлових, так і селітебних.

РОЗДІЛ 1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА І КЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ МІСТА ЛЬВОВА

1.1 Фізико-географічне середовище



Рис. 1.1 - Розташування Львова на карті України

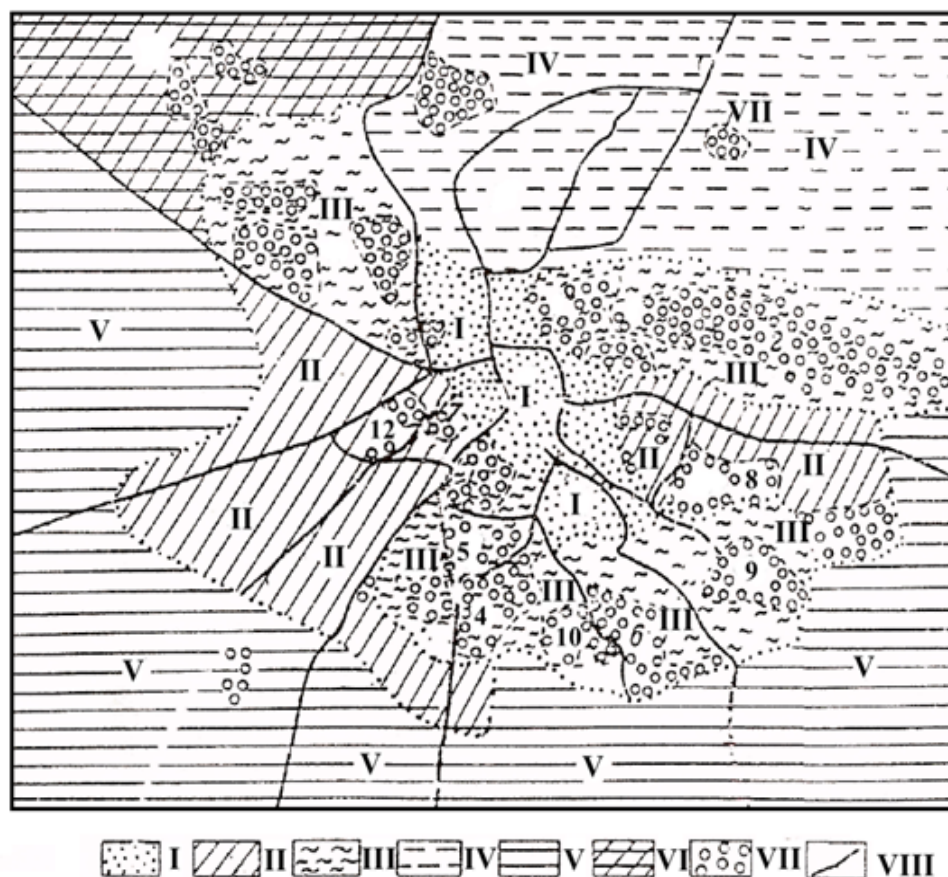
Львів – місто, що розташоване на заході України (рис.1.1), адміністративний центр Львівської області, один з національно-культурних та освітньо-наукових осередків країни. За чисельністю населення станом на 1 січня 2014 р. – сьоме за величиною місто країни – у ньому проживає понад 729 тис. чоловік, у Львівській агломерації, що утворилася навколо міста – понад 1,5 млн. чоловік[54].

Місто розташоване на стику Львівського плато, горбкуватого Розточчя і низинної Надбужанської котловини. Середня висота міста над рівнем моря – 289 м, максимальна – гора Високий Замок – 413 м [39].

Через місто проходить пасмо пагорбів Головного європейського вододілу, що розмежовує річки Балтійського та Чорноморського басейнів (і, відповідно річок Західного Бугу та Дністра) [31].

Місто розташоване на річці Полтві (що є притокою Бугу), проте вона вже досить давно поміщена у міський колектор. Крім неї, у Львові знаходиться 98 дрібних водних об'єктів, з них 3 невеликих річки (Марунька, Зубра та Стара). Навіть ці незначні за водними обсягами водойми розташовані по території міста нерівномірно[39].

Міський ландшафт. Ландшафт міста Львова складається з слідуєчих ландшафтно-архітектурних комплексів (див. мал.1.2) які аналогічні природно-географічним місцевостям:



- I - щільно забудоване дно Львівської котловини; II - пологі слабо розчленовані схили Львівського плато; III - останцеві горби і сильно розчленовані виступи плато; IV - заплава Полтви; V - Львівське плато; VI - горбиста височина Голоско; VII - важливі внутріміські парки і лісопарки: 1 - парк Високий Замок; 2 - лісопарк "Шевченківський гай"; 3 - гора Лева (Піщана гора); 4 - Стрийський парк; 5 - парк культури і відпочинку ім.Б.Хмельницького; 6 - парк "Україна" (Снопківська височина); 7 - парк ім.Івана Франко; 8 - Личаківський парк; 9 - лісопарк Погулянка; 10 - парк Залізна Вода; 11 - парк Кортумової гори; 12 - гора Юра; VIII - найголовніші вулиці.

Рис.1.2.- Ландшафти міста Львів[39].

Основний фон складають дерново-підзолисті, сірі і світло-сірі опідзолені ґрунти. Зустрічаються дерново-карбонатні і карбонатні чорноземи. В частині пойми Полтви на глибині 3-8м залягають глинисто-торфянисті ґрунти з елементами супісків і пісків. Потужність їх коливається від 1 до 5 м. Насипний ґрунт має давність відсипки біля 30 років, а в центральній частині міста 60-80 років. [39].

Зелені насадження. Львів лежить у межах Центрально – Європейської широколистянолісової геоботанічної провінції та Східно – Європейської широколистянолісової геоботанічної провінції. Природна рослинність представлена лісовим, лучним і болотним угрупованням. Ліси (широколистяні, мішані і хвойні) становлять 25% області. Окремі райони Львова є добре озелененими – сумарна площа зелених зон становить 4419 га, (26 % від загальної площі міста). На одного жителя міста припадає приблизно 60 м² зелених насаджень.

Природоохоронні території становлять 4,24 % від загальної площі міста або 631,75 га. Туди відносяться парки Високий Замок, ім. Івана Франка, Стрийський, Культури і відпочинку ім.Б.Хмельницького та ін. [31].

Тваринний світ Львова належить до Карпатського гірського зоогеографічного округу та Українського лісостепового зоогеографічного округу. Фауна області налічує 340 видів, у тому числі ссавців – 75%, гніздових птахів – 199, плазунів – 8, земноводних – 15, риб – 47. В гірських районах водяться бурий ведмідь, рись, лисиця, вовк, свиня дика, косуля європейська, олень карпатський, білка карпатська, нічний гостровуха; з птахів – глухар карпатський, дятел трипалій, шишкарі. В рівнинних районах трапляється заєць сірий, лисиця звичайна, білка, косуля, свиня дика, тхір степовий, полівки, їжак, ховрахи, кріт; з птахів – горлиця звичайна, канюк, сич хатній, перепел, галка, ворона, дятли, лелеки, жайворонки та ін. Акліматизовано зубра, ондатру, нутрію [39].

1.2. Клімат міста Львів

Клімат Львова – помірно-континентальний, з м'якою зимою та теплим літом. Середньорічна температура повітря становить $+7,9^{\circ}\text{C}$, найнижча вона у січні – $-4,6^{\circ}\text{C}$, найвища – у липні – $+17,3^{\circ}\text{C}$. Протягом року у місті випадає 740 мм опадів, середня відносна вологість повітря – 79 %. [40].

Протягом останніх десятиліть в місті (як і на всій території України) спостерігаються прояви зміни клімату. В останні десятиріччя у Львівській області та місті Львові зміна середньорічної температури повітря характеризується додатнім лінійним трендом (рис. 1.3). [57].

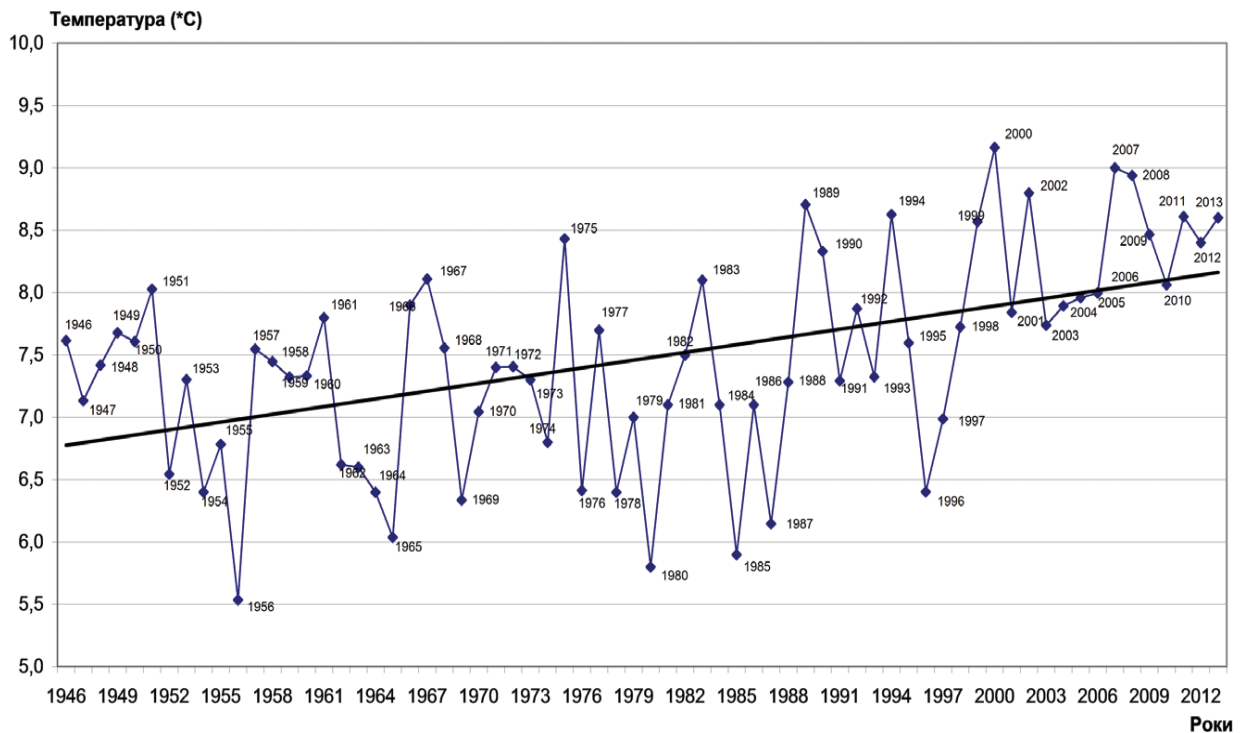


Рис. 1.3- Зміна середньорічної температури повітря у м. Львові за багаторічний період[24]

У Львові за 2003–2013 рр. середньорічна температура повітря зросла на $1,1^{\circ}\text{C}$ (порівняно з кліматичною нормою), зростання відбулося переважно за рахунок значного потепління в літній та зимовий періоди (весняний та осінній сезони потеплішали значно менше). Суттєво зросла середня кількість днів з температурою повітря $+30^{\circ}\text{C}$ і вище – і за період 2003–2013 рр. становить 7,6 дня (у 1961–1990 рр. – 2,7 дня). [40].

Відносна вологість повітря в середньому за рік становить 77.9%, найменша вона в квітні-травні (53%), найбільша в грудні (85%).[6].

Найменша хмарність спостерігається в серпні, найбільша в грудні. [6].

Середньорічна кількість опадів у Львові за 2003– 2013 рр. (порівняно з 1961–1990 рр. суттєвого не змінилася – зросла на 39 мм. Хоча середньорічні суми опадів характеризуються значною мінливістю в окремі роки – від 640 мм (2003 р.) до 930–956 мм (2008, 2010 рр.). Також протягом останнього десятиліття спостерігаються значні відмінності і в середніх сумах опадів за окремі місяці, наприклад, середньомісячна сума опадів у лютому варіюється від 20 мм (2008 р.) до 83 мм (2004 р.), в липні від 26 мм (2003 р.) до 168–170 мм (2006, 2004 рр.). [24].

Найбільшу перевагу в місті мають вітри з заходу, найменшу з північного-сходу. Найбільша швидкість вітру – в листопаді-березні, найменша – в серпні. В січні вона становить в середньому 4.1 м/с, в липні 2,9 м/с(рис.1.4) [6].

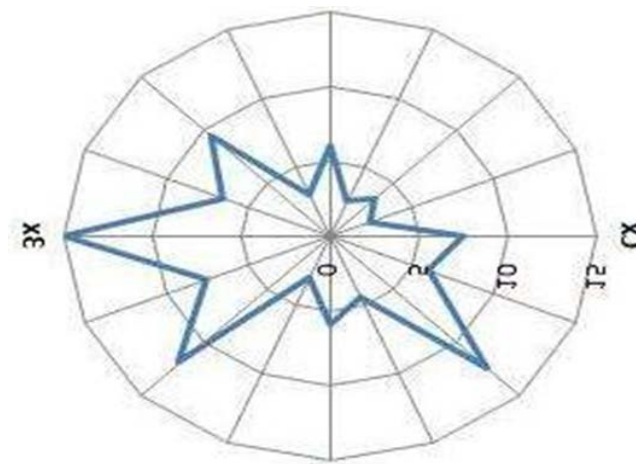


Рис. 1.4.- Кругова річна роза вітрів для Львова[6].

Зміни температурного режиму міста призвели до зміни тривалості вегетаційного періоду – в 2003–2013 рр. порівняно з 1961–1990 рр. середня дата весняного переходу через +5°C спостерігалась раніше на 7 днів (змістилася з 2 квітня до 26 березня), а осіннього переходу через +5°C – на 7 днів пізніше (з 7 листопада змістилася на 14 листопада), тобто загальна тривалість вегетаційного періоду збільшилась на 14 днів (з 219 до 233). Змінилась також середня кількість опадів, що випадає впродовж вегетаційного періоду – збільшилась з 518 мм до 570 мм. [40].

РОЗДІЛ 2. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

2.1. Глобальні зміни клімату

Глобальна зміна клімату – одна із найважливіших екологічних загроз, що впливає на подальше існування людства на Землі. Для того щоб краще зрозуміти її природу та мати можливість планувати заходи із протидії її наслідкам, слід звернути увагу на три важливі особливості [3, 16].

По-перше - зміна клімату являє собою збірну(комплексну) проблему. Ще з шкільних підручників ми пам'ятаємо, що кліматична система Землі складається з атмосфери (газова оболонка), гідросфери (водні об'єкти), кріосфери (сніговий та льодовий покрив), літосфери (верхній шар земної кори), біосфери (життя) та ноосфери (людська діяльність та її результати). Всі ці компоненти одночасно перебувають у складному взаємозв'язку і складній взаємодії, прямо та опосередковано впливають на клімат [6, 18].

По-друге - поняття “клімату” і “погоди” не є тотожними. Погода відображає наявний стан атмосфери через температуру, тиск, вологість, хмарність, швидкість та напрямок вітру тощо. Клімат є типовим багаторічним режимом погоди. Локальний клімат (у вузькому сенсі) - характеризує місцевість в силу її географічного розташування, глобальний клімат (у широкому сенсі)-характеризує показники стану атмосфери вже згаданих гідросфери, кріосфери, літосфери та біосфери в розрізі кількох десятиліть[1].

По-третє - зміна клімату зумовлена людською діяльністю і, станом на сьогодні, є абсолютно унікальним явищем через темпи світового розвитку та потенційні наслідки. Однак існують ті, хто досі скептично оцінює загрозу та не вважає за потрібне змінювати модель поведінки[23].

В останні десятиріччя кліматичні зміни – одна з найгостріших екологічних проблем, які стоять перед людством. Наразі немає сумнівів, що діяльність людини посилює зміну клімату, спричиняючи все гірші наслідки, що підтверджують науковці та помічають мешканці й мешканки всіх куточків планети. Експерти з питань змін клімату основною причиною цієї проблеми вважають глобальне потепління. Це одна з найбільш актуальних проблем

2.2. Методи оцінки міських островів тепла

Міський острів тепла – це явище, що є характерним як для мегаполісів, так і для малих населених пунктів. Наявність різниці між температурними показниками на території міста та прилеглих оточуючих його територій є ознакою наявності острова тепла. Така різниця в середньому складає 1-3 °С, однак може досягати і понад 10 °С [17]. І якщо у період низьких температур наявність острова тепла може сприйматись міськими жителями як позитивне явище, то у період літньої спеки, особливо під час прояву хвиль тепла, таке явище може мати негативні наслідки для здоров'я людей, стану міської інфраструктури тощо [17].

Дослідження, проведені Мариніним І.Л. та Єнгалічевою О.Р. на прикладі м. Одеса, дозволили виокремити наступні типові ознаки островів тепла: проявляються у вигляді області замкнених ізотерм та над великими містами вони є достатньо однорідним по горизонталі. [17].

Проведення оцінки островів тепла передбачає застосування різних методик. До них належать: метод дистанційного зондування Землі, метод отримання інформації з стаціонарних пунктів аналізу повітря, метод збору даних метеорологічних станцій та ін. [57].

Доцільне окремо зупинитися на методі дистанційного зондування Землі, що передбачає здійснення спостереження за поверхнею Землі авіаційними і космічними засобами, спорядженими різноманітними видами знімальної апаратури [23, 57].

Сьогодні супутникові дані широко використовуються для спостереження за зміною температурних показників на планеті. Даний метод відкриває нові можливості для проведення досліджень і спостережень на великих територіях. Перше застосування даного методу для оцінки міських островів тепла було описане в 1972 р. П. К. Рао. З 1972 року почали широко використовувати данні супутників для вивчення міських островів тепла. В результаті досліджень було доведено, що температура в місті прямо

пов'язана з особливостями поверхні, що характеризуються, наприклад, індексом NDVI (Normalized Difference Vegetation Index - Нормалізований відносний індекс рослинності) – це кількісний показник активної (здатної до фотосинтезу) біомаси, та іншими показниками [57,58].

В Україні дослідження островів тепла у містах за допомогою методів дистанційного зондування Землі проводять Зацерковний В. І., Оберемок Н. В., Березіна П. О. та ін. Зокрема, даними науковцями проведено дослідження впливу урбанізації на мікроклімат м. Київ. Автори розглядали матеріали теплових супутникових зйомок м. Києва з низькою та середньою розрізненістю (EOS/MODIS та Landsat-8/TIRS відповідно)[57].

Дослідження природної і мертвої підстилаючих поверхонь, гідрологічної мережі у місті Львові, виявили суттєві зміни з XIII до початку XXI століття (табл. 2.1). [30].

Таблиця 2.1
Динаміка зміни площ природної, водної і мертвої поверхонь

Століття	Рослинний покрив		Водна поверхня		Природна підстилаюча поверхня		Мертва підстилаюча поверхня	
	площа, га	%	площа, га	%	площа, га	%	площа, га	%
XIII	100,0	97,0	3,0	3,0	100,0	100,0	10,0	10
XIV-XVII	50,0	50,0	3,0	3,0	53,0	53,0	47,0	47,0
XVIII	50,0	50,0	3,0	3,0	53,0	53,0	47,0	47,0
XIX	16,0	16,0	3,0	3,0	18,0	18,0	82,0	82,0
XX	8,0	8,0	0	0	8,0	8,0	92,0	92,0
поч. XXI	7,0	7,5	0	0	7,0	7,5	93,0	92,5

Починаючи з XIV до початку XXI століття природна поверхня дна котловини скорочувалась: зараз рослинний покрив становить – 7,5%, зникла водна поверхня, а мертва поверхня становила – 92,5% площі середмістя. [26].

Для визначення альбедо і теплоємності досліджуваної території (близько 100 га) бралася питома вага кожного елемента підстилаючої поверхні – природної та штучної (табл. 2.2, табл. 2.3). [29-31].

Таблиця 2.2

Динаміка змін альbedo і теплоємності поверхні дна котловини

Століття	Природна підстилаюча поверхня	Мертва підстилаюча поверхня	Природна підстилаюча поверхня		Мертва підстилаюча поверхня	
	ΣА, %	ΣС,кДж/кг	площа, га	альbedo, %	площа, га	альbedo, %
XIII	3000	0	100,0	3000	10,0	10
XIV-XVII	1590	109,62	53,0	1590	47,0	109,6
XVIII	1590	109,62	53,0	1590	47,0	109,6
XIX	540	201,72	18,0	540	82,0	201,7
XX	240	226,32	8,0	240	92,0	226,5
поч. XXI	225	210,55	7,0	220	93,0	230,5

Таблиця 2.3

Динаміка зміни теплоємності поверхні Львівського середмістя

Століття	Природна підстилаюча поверхня		Мертва підстилаюча поверхня	
	площа, га	с, кДж/кг × К	площа, га	с, кДж/кг × К
XIII	100,0	260	10,0	15,0
XIV-XVII	53,0	137,8	47,0	115,6
XVIII	53,0	137,8	47,0	115,6
XIX	18,0	46,8	82,0	201,7
XX	8,0	20,8	92,0	226,3
поч. XXI	7,0	18,5	93,0	230,4

Накопичення тепла у полотні дороги, асфальтного та бетонного покриття тротуарів призводить до накопичення тепла у містах та формування «теплового острова» міста. У літній період спостерігається значний вплив зовнішніх факторів, основним з яких є висока температура, пряме сонячне випромінювання, яке провокує нагрівання вертикальних поверхонь та накопичення тепла [1,3-4]. Приведена динаміка змін альbedo і теплоємності підстилаючої поверхні, як одних із провідних факторів формування температурного балансу міста.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Важливість дослідження клімату полягає в тому, щоб попередити катастрофічні стихійні явища, такі як: посухи, зливи, град, заморозки, повені, селі, зсуви, які завдають шкоди для населення. Знання про клімат певної території допомагає нам правильно використати дану територію для рекреаційних цілей, для проектування міст тощо[18].

Актуальність дослідження. Одним з проявів впливу великих міст на мікрокліматичні особливості території є формування міських островів тепла. Основною екологічною загрозою, яка формується внаслідок температурних контрастів у місті, є їх небезпечний вплив на урбоєкосистему та здоров'я мешканців міста і на багато інших процесів. Тому дослідження міських островів тепла – це важливе науково-практичне завдання.

Мета дослідження – дослідження умов формування та екологічних наслідків утворення міського острова тепла на прикладі міста Львова залежно від типу покриття, особливостей забудови території, рельєфу місцевості з подальшою розробкою природоохоронних рекомендацій.

Програма робіт передбачалось:

1. Опрацювання літературних джерел інформації.
2. Синхронний збір метеопказників різних підстилаючих поверхонь міста Львів.
2. Дати оцінку особливостей формування міського острова тепла залежно від типу покриття, особливостей забудови території, рельєфу місцевості тощо.
3. Розробка рекомендацій щодо покращення мікроклімату міських територій.

Методика досліджень.

Мікрокліматичні спостереження та дослідження виконували згідно з загальноприйнятими методиками [55].

Градiєнти вимірювання метеоелементів: максимальна, мінімальна та середні температури повітря визначалась за допомогою термінового і

максимального термометрів та психрометра, а освітленість люксометром Ю-116 на висоті 1,0 м.

Методи дослідження – спостереження, мікрокліматичні та математичні методи, порівняльно-розрахункові.

З використанням методу порівняльного аналізу космічних інфрачервоних супутникових знімків території Львова авторами оцінено масштаби та поширення осередків формування острова тепла над містом у влітку та при різних метеорологічних умовах.

Здійснено серію власних інструментальних вимірювань температури повітря та вивчено зв'язки між особливостями метеорологічних умов та проявами острова тепла.

Було також розроблено ряд практичних пропозицій та кейсів, спрямованих на покращення мікроклімату центральних районів Львова.

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ВПЛИВУ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ДИНАМІКУ ФОРМУВАННЯ МІСЬКОГО ОСТРОВА ТЕПЛА НАД ЦЕТРОМ ЛЬВОВА

4.1. Ретроспективна характеристика змін клімату м. Львова

Львівська МТГ займає площу у 315,6 км² і розташована приблизно на 50° пн. широти та на 24° сх. довготи. Вона знаходиться на Великому європейському вододілі в центральній горбисто-рівнинній частині континенту на альтитуді (висоті над рівнем моря) ~250 – 400 м і на віддалі понад 600 км від морів на півночі та півдні а за 2000 км від узбережжя Атлантичного океану на заході. За міжнародною класифікацією Кьоппена-Гайгера макроклімат Львова належить до типу Dfb – холодний, без сухого сезону, з теплим літом [59].

Тенденції зміни клімату на території Львівської МТГ підтверджуються даними Львівського регіонального центру з гідрометеорології та Львівської авіаційної метеорологічної станції. [25].

Основні висновки щодо кліматичних показників Львівської МТГ подано в табл. 4.1. З таблиці видно зокрема, що чітко простежується тенденція до підвищення середньорічної температури, яка упродовж 1970 по 2020 рік зросла орієнтовно на +1°C, порівняно з кліматичною нормою 1961-1990 рр. [1,3, 25].

Також упродовж 1991-2020рр. зросла середня температура повітря в усі сезони порівняно з кліматичною нормою 1991-2020рр.: найбільше взимку – на 1,6°C, весною – на 0,9°C, влітку – на 0,7°C, восени – на 0,9°C. [25].

Зросла і середня кількість днів у році з максимальною температурою повітря вище 30°C. Так, у період 1961-1990рр. середнє число днів у році з температурою понад 30°C дорівнювало 2,7 дні, у період 1991-2021рр. їх налічувалось у середньому 7,9. [25].

В останні десятиліття на території Львова зросла не лише температура повітря, але й підвищилася повторюваність прояву такого небезпечного атмосферного явища, як *хвилі тепла*. За період 1960-1990рр. синоптики зафіксували 5 хвиль тепла у літні місяці, упродовж 1991- 2021рр. їх було 24. [3].

Таблиця 4.1

Основні кліматичні показники Львівської МТГ

Температура	<ul style="list-style-type: none"> Середньорічна температура повітря ЛМТГ за минулі 30 років (1991-2020 рр.) зросла на 1,1 С – з 7,2 С до 8,3 С. За помірно песимістичними сценаріями подальшої зміни клімату (SSP2-4.5 та SSP2-7.5) середньорічна температура повітря ЛМТГ до середини сторіччя (2041-2060 рр.) зросте ще на 2,0–2,1 С – до 10,3–10,4 С. На кінець століття (2081 – 2100 рр.) за сценарієм SSP2-4.5 температура може зрости ще на 1,1 С – до 11,4 С; а за сценарієм SSP2-7.5 – на 2,4 С – до 12,8 С.
Екстремальні температури	<ul style="list-style-type: none"> За минулі 30 років (1991-2020 рр.) зафіксований новий абсолютний максимум температури повітря (+35,6 С), який на 2,2 С вищий, ніж за минулий кліматичний період. Водночас абсолютний мінімум температури за період 1991-2020 рр. (-28,6 С) був на 0,1 С екстремальніший, ніж у попередньому кліматичному періоді. Протягом наступних десятиліть можна очікувати подальше зростання екстремальних максимумів температури повітря та подовження літніх періодів спеки. Згідно зі сценарієм SSP2-7.5, на кінець століття (2081-2100рр.), у порівнянні з періодом 1991-2020 рр., середня температура липня може зрости на 4,5 С і сягнути 23,5 С. За цей же період середня температура січня може зрости на 4,9 С і стати додатною – +2,2 С (сценарій SSP2-7.5). Однак в зимовий час можуть спостерігатися морозні періоди з від’ємними температурами.
Опади	<ul style="list-style-type: none"> За минулі 30 років середня середньорічна кількість опадів зросла на 39 мм і становила 769 мм. Водночас дещо скоротилася кількість опадів протягом літніх місяців – на -11 мм у червні (до 87 мм). За обома сценаріями зміни клімату (SSP2-4.5 та SSP2-7.5) протягом XXI століття середньорічна кількість опадів незначно скоротиться – до 733-750 мм. Це означає, що через суттєве посилення евапотранспірації, викликане підвищенням температури повітря, зростатиме тривалість посушливих періодів.
Екстремальні опади	<ul style="list-style-type: none"> Можливе зростання повторюваності та інтенсивності зливових дощів і буревіїв.

Ще одним індексом зміни клімату є *тропічні ночі* – це явище, за якого температура повітря вночі не опускається нижче 20°C. У Львові за останні 30 років зафіксовано значне зростання випадків цього явища. Якщо впродовж 1961-1990рр. за даними метеорологічних спостережень зафіксовано 1 тропічну ніч, то з 1991 по 2021рр. їх було 14. [3, 25].

Прогнозовані зміни. За прогнозами фахівців ті зміни, що вже зафіксовані будуть спостерігатися і в майбутньому – відбуватиметься ріст температури повітря та незначні зміни кількості опадів (табл. 4.2) [25].

Таблиця 4.2

Проекція змін середньомісячних температур повітря та середньомісячних сум опадів у західному регіоні у 2011–2050 рр. відносно 1991–2010 рр. (за даними [25, 55])

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
2011–2030 рр.													
Температура, °С	0,32	-0,03	-0,20	0,21	0,31	0,43	0,56	0,70	0,79	0,56	0,46	0,80	0,41
Опади, %	26	12	18	9	12	11	7	-4	1	-5	13	15	9
2031–2050 рр.													
Температура, °С	1,62	0,92	0,74	0,88	0,78	1,16	1,13	1,48	1,26	1,27	1,66	2,05	1,24
Опади, %	21	10	22	10	16	12	13	4	18	-3	-8	37	13

4.2 Дослідження мікроклімату різних типів поверхонь міста

Процес урбанізації спричиняє комплексну зміну первинних природних територій. Займаючи значні території, міські екосистеми спричиняють витіснення зелених насаджень, погіршення умов середовища та здійснюють активний вплив на первинний клімат. На місці покритого ґрунтом природного ландшафту появляються площі мощених вулиць, тротуарів, площ, будівель з дахами вкритими металевою, черепичною покрівлею, цегляних стін. Покриття з цегли, каменю, асфальту, акумулюють тепло вдень та віддають його вночі.

Формування міського клімату відбувається під дією трьох основних факторів: сонячної радіації, характеру підстилаючої поверхні і атмосферної циркуляції. В залежності від характеру забудови, замощення та матеріалів, які їх утворюють, величини поверхні рослин, виділяють чинники теплового процесу: короткохвильове випромінювання, відбиття від дахів, фасадів будинків, мертвої і природної підстилаючої поверхні, довгохвильове випромінювання, викликане

забрудненням повітря, геометрія вуличної мережі, антропогенне тепло, генероване транспортом і рухом пішоходів, акумуляцією тепла бетоном, бруківкою, асфальтом, металом, малою площею озеленення і відсутністю водних поверхонь. «Острів тепла» є невід’ємним наслідком прогресуючої урбанізації. Його розміри пов’язані із чисельністю населення міста. Акумуляція тепла, спричинена сонячною радіацією, проявляється у двох головних показниках – альбедо і температурі поверхонь (Кучерявий В. П., 2021).

Населення, зелені насадження та живі організми у Львові регулярно піддаються тепловому стресу під час хвиль тепла, оскільки міський тепловий острів перешкоджає зниженню температур у нічний час, як це відбувається у сільській місцевості.

Результати досліджень свідчать, що міські теплові острови не тільки підвищують температуру під час теплових хвиль, але й продовжують їхню тривалість, тим самим створюючи потенційний ризик для здоров’я вразливих груп населення.

Таким чином, міський острів тепла – це мікрокліматичне явище, що впливає на умови життя людей та функціонування елементів інфраструктури населених пунктів. Дослідження даного явища вимагає застосування різних методик, зокрема дистанційного зондування. Дана методика є оптимальною для проведення оцінки наявності островів тепла у місті, їх територіального розміщення та залежності від показників щільності забудови, індексу NDVI тощо[17,57,58].

Влітку 2021 року комунальною установою «Інститут міста» проведено дослідження нагрівання поверхонь у Львові за даними знімків супутника Landsat 8. Для цього було використано денні знімки супутника за 14 липня 2021р. (рис. 4.1).

Слід зазначити, що дані супутника Landsat 8 забезпечують достатньо високий рівень деталізації просторових об’єктів для моніторингу та аналізу нагрівання поверхонь.

Аналізуючи дані знімки, можна зробити висновок, що урбанізація суттєво впливає на підвищення середньої температури в м. Львові. Зокрема, високі значення температур поверхонь характерні для щільно забудованих районів з великою кількістю населення, а також промислових зон, будівель підприємств, заводів та великих торгових центрів. У цих ділянках формуються так звані «острови тепла». У промислових зонах нагрівання зумовлено виробничими потужностями та особливостями функціонування цих підприємств, а також нагріванням поверхонь будівель і дорожнього покриття, низьким рівнем озеленення тощо.

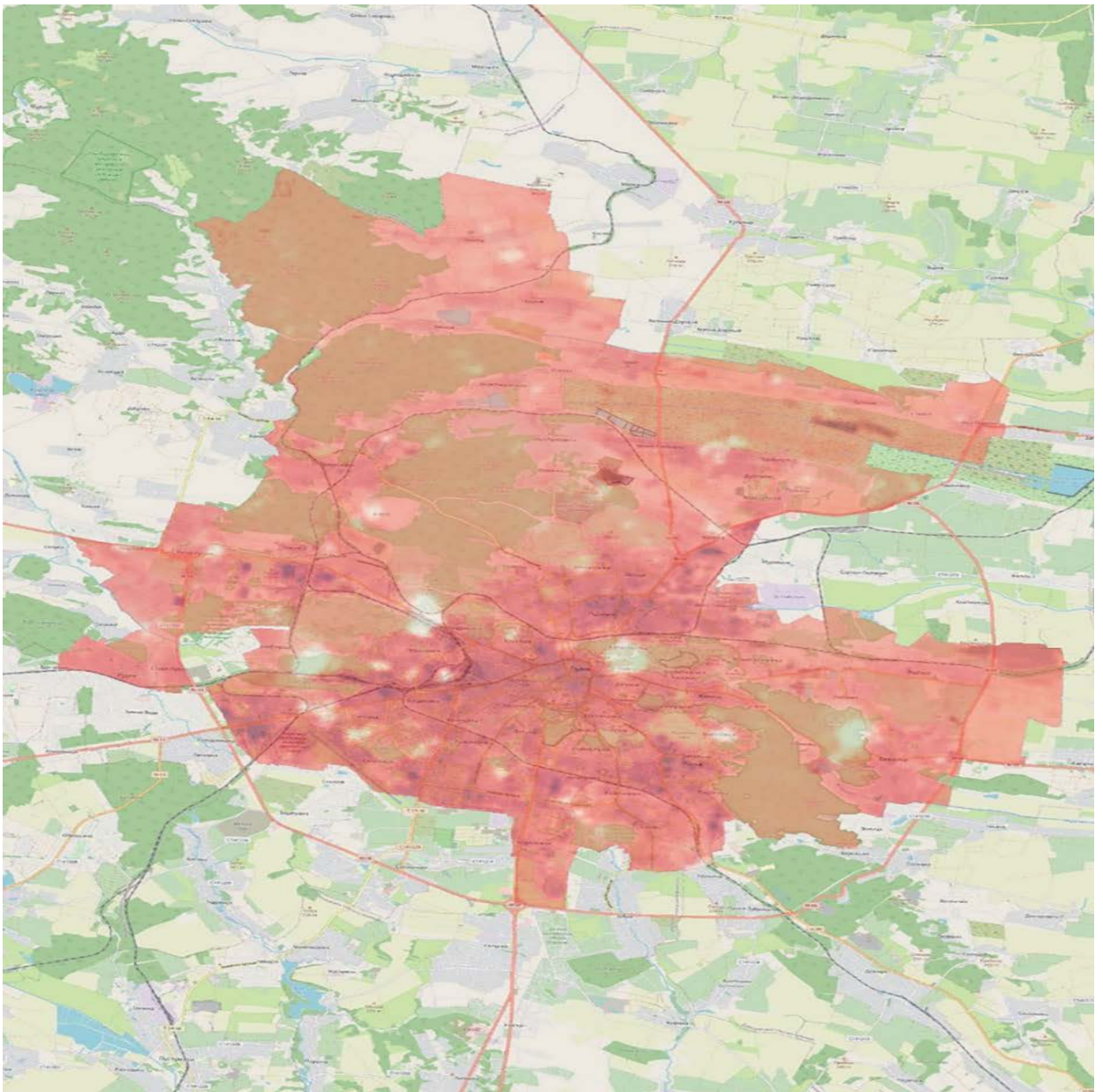


Рис.4.1 - Температура нагрівання поверхонь у межах Львівської МТГ, липень 2021р.

Епіцентрами спеки є індустриальний район поруч з Рясним, ділянка, обмежена вул. Городоцькою, Авіаційною та Кільцевою дорогою, промисловий район Левандівки, ділянка на перетині вул. Зеленої, Пасічної та Луганської, де зокрема розташовано багато об'єктів промислової забудови.

Високу температуру нагрівання поверхні мають територія Грибовицького сміттєзвалища і торфовища в околицях села Ситихів, внаслідок чого у спеку значно зростає ризик займання у цих ділянках.

За отриманими знімками можна простежити, що значно прохолоднішими є ділянки міста зі щільним рослинним покривом. Натомість райони, де зелені насадження мають неоднорідний характер, нагріваються значно більше. Ділянки, в яких є водні об'єкти, ліси, парки та сквери суттєво перешкоджають формуванню міського острова тепла.

У результаті науковцями виокремлено причини виникнення островів тепла, а саме[17,57-58]:

- надмірна та щільна забудова території міста,
- недостатні площі зелених насаджень,
- збільшення викидів у атмосферне повітря від пересувних джерел забруднення (транспорту) та стаціонарних джерел забруднення тощо.

Подібні дослідження доводять ефективність застосування методу для вивчення островів тепла у містах (особливо за умови недостатньої кількості наявних метеостанцій) оскільки дають можливість отримати дані спостереження за значними територіями за мінімальних фінансових затрат [25].

Слід врахувати той факт, що для всебічного дослідження формування островів тепла у місті недостатньо аналізувати лише ці знімки, адже на візуалізацію міського острова тепла впливають такі погодні фактори, як швидкість вітру, опади, хмарність тощо. Тому точність аналізу супутникових знімків можна перевірити за допомогою наземних метеорологічних спостережень.

4.3 Об'єкти та результати досліджень

Об'єктом нашого дослідження виступає клімат центральної частини міста. Вразливість м. Львова до екстремальної спеки в рази збільшується завдяки міському острову тепла (це мікрокліматичне явище, викликане підвищенням температури у великих містах і мегаполісах порівняно з прилеглими територіями), на формування якого впливає комплекс факторів, серед яких щільна забудова, улоговинне географічне положення центральної частини міста, брак озеленення у певних ділянках та значна загазованість повітря.

Різниця температур урбанізованих територій та сільських районів може досягати 5–7°C, іноді навіть до 11–17°C.

Завданням роботи було дослідження особливості формування «острова тепла» і «сухого острова», як невід'ємних елементів процесу урбанізації, котрий супроводжується трансформацією складових первинного природного ландшафту, значними просторовими перетвореннями та зміною екологічних умов. Розкривається механізм формування мікрокліматичних параметрів, зокрема температур та відносного рівня вологості повітря різнотипової підстилаючої поверхні.

Дослідження мікрокліматичних параметрів проведенні у липні 2024 року в шести точках Львівського середмістя, які знаходяться в різних місцях сформованого «острова тепла» і дозволяють комплексно розкрити механізм його впливу і напрямок просторового поширення.

Проаналізовано отримані порівняльні результати впливу цього явища на екосистему міста.

Дослідження у центрі Львова мікрокліматичних величин температур поверхонь проведенні в липні 2024 року під час хвилі тепла, коли температура повітря сягала 32-33°C підтверджують що мікроклімат центральної частини міста, яка знаходиться в улоговині, характеризується більш низькими мінімальними та більш високими максимальними температурами.

Заміри температур різних підстилаючих поверхонь проводили з 14 до 16 год. у шістьох районах центру Львова, а саме:

- 1.- проспект Свободи,
- 2.- площа Митна,
- 3.- площа Підкови,
- 4.- вулиця Театральна,
- 5.- вулиця Личаківська,
- 6.- сквер «На Валах».

Дослідження показало, що найбільше нагріваються, припарковані на сонці автомобілі, бруківка, плитка та асфальт на проїжджій частині та на тротуарах, де немає тіні. Найменше – газони і зелені зони, а також затінені ділянки.

З рисунків бачимо як нагріваються газони, бруківка, асфальт, авто тощо. Різниця температур досягає понад 14°C (рис.4.2.1-4.2.6).

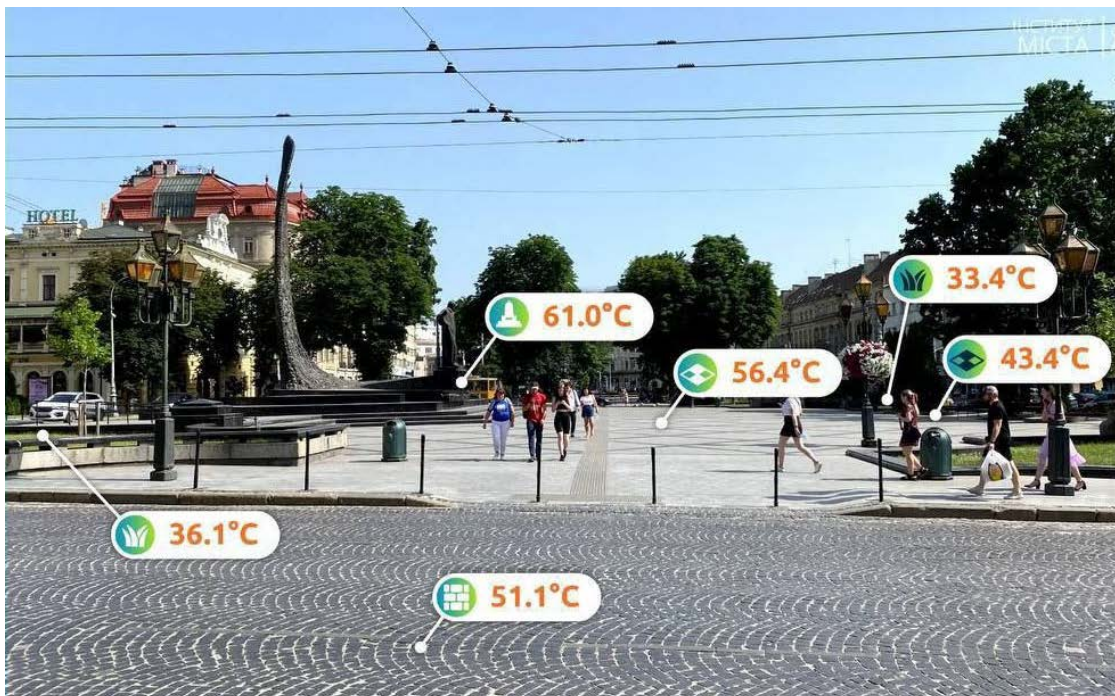


Рис. 4.2.1.- Вимірювання t поверхонь на проспекті Свободи м. Львова 24 липня 2024 р.

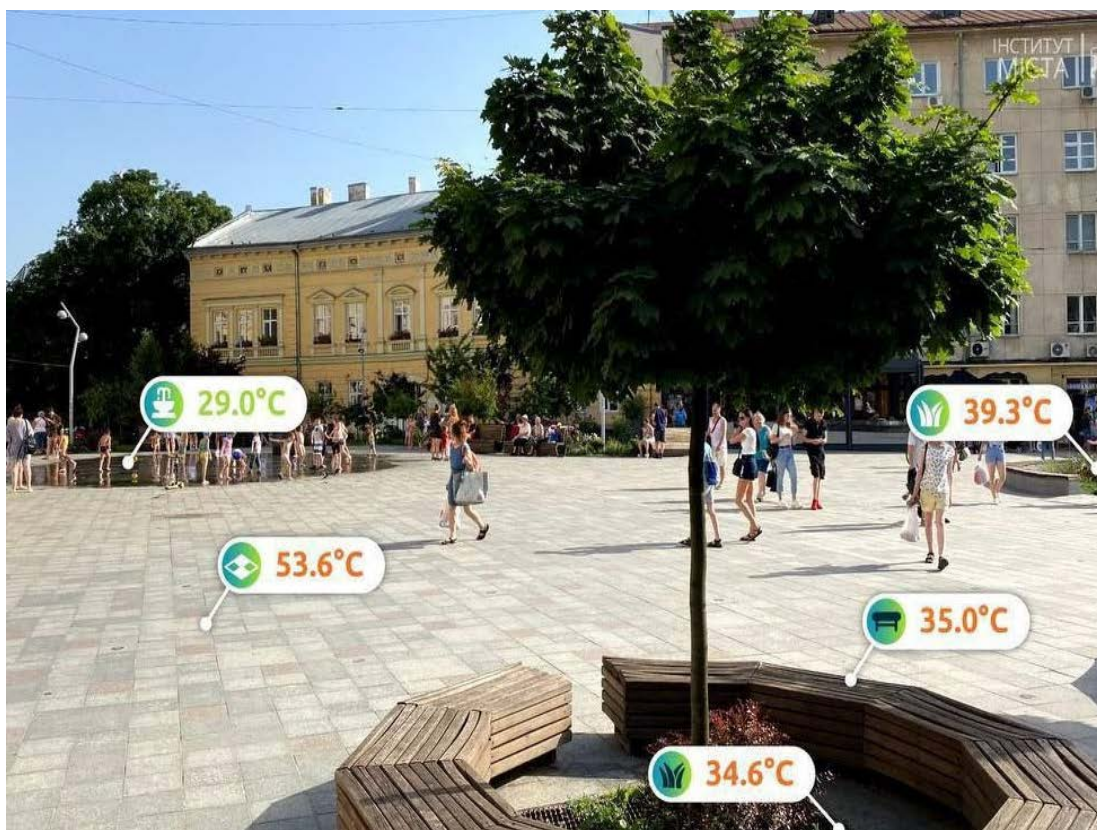


Рис. 4.2.2.- Вимірювання t поверхонь на площі Митній м. Львова 24 липня 2024 р.

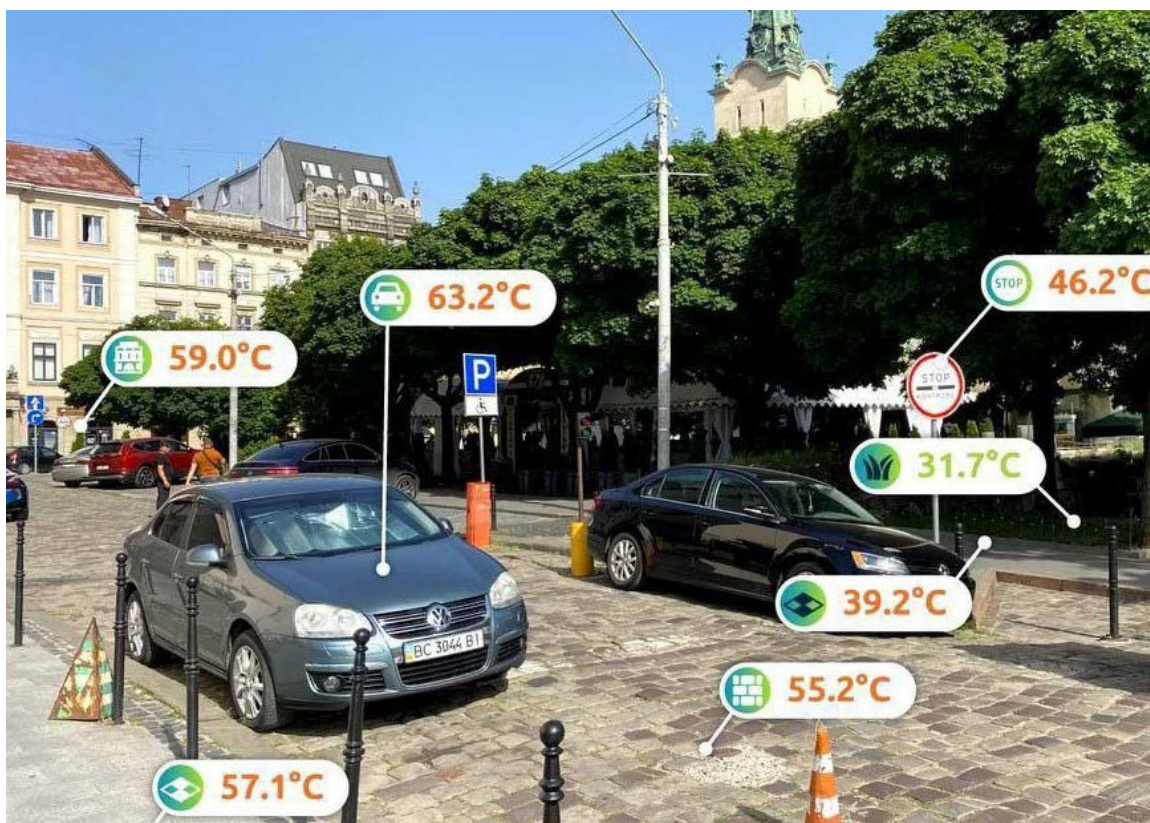


Рис. 4.2.3.- Вимірювання t поверхонь на площі Підкови м. Львова 24 липня 2024 р.

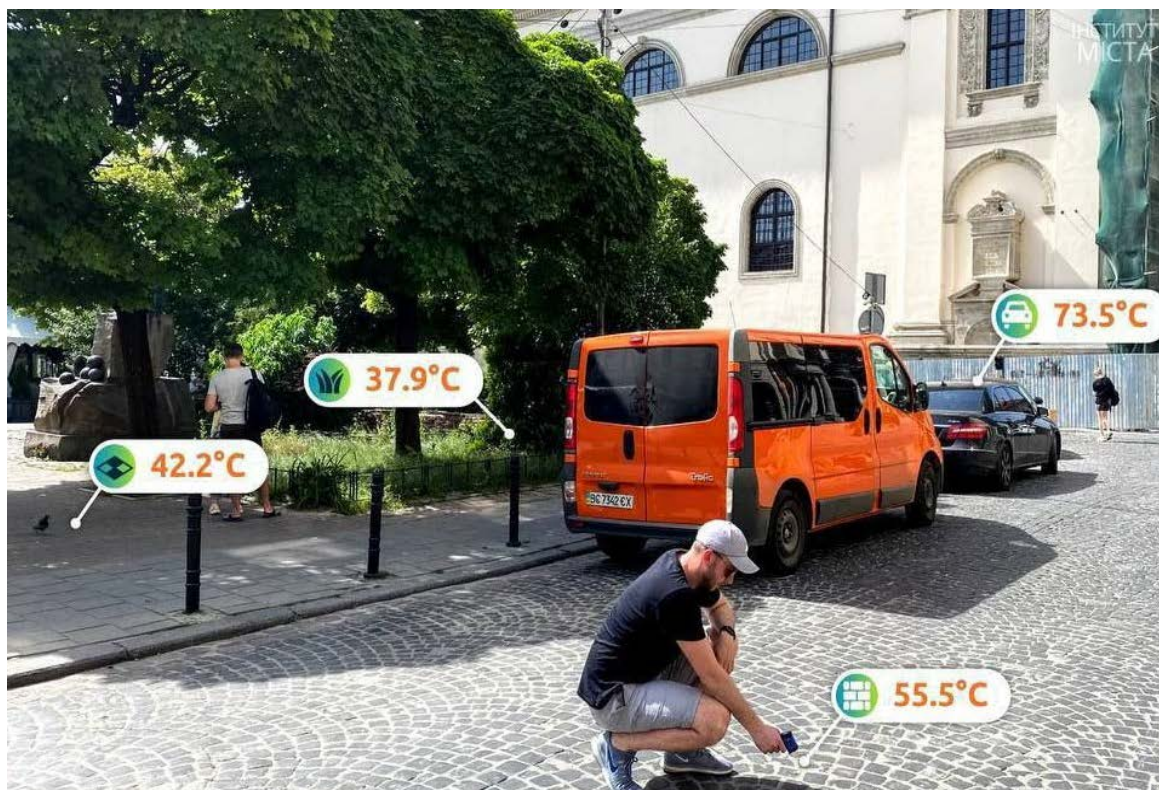


Рис. 4.2.4.- Вимірювання t поверхонь на вулиці Театральній м. Львова 24 липня 2024 р.



Рис. 4.2.5.- Вимірювання t поверхонь на вулиці Личківській м. Львова 24 липня 2024 р.



Рис. 4.2.6.- Вимірювання t поверхонь у сквері «На Валах» м. Львова 24 липня 2024 р.

В результаті виконано дослідження мікрокліматичних параметрів, формуючих «острів тепла» середмістя:

- температуру повітря, °С;
- відносну вологість, %;
- температуру природного покриття, °С;
- температуру підстилаючої поверхні, °С .

«Острів сухості», як нижній ярус «острова тепла», формується шляхом нагрівання мертвої поверхні, яка в години вимірів коливалась від 35 до 73,5°С і відповідала теплоємності будівельних матеріалів: камінь в бруківці – 1,26, бетон – 1,0, асфальт – 0,92(кДж/кг).

Ці поверхні займають 92 % території і є головними теплофізичними факторами «острів тепла» середмістя.

За результатами спостерігалась диференціація мікрокліматичних показників (рис.4.3).

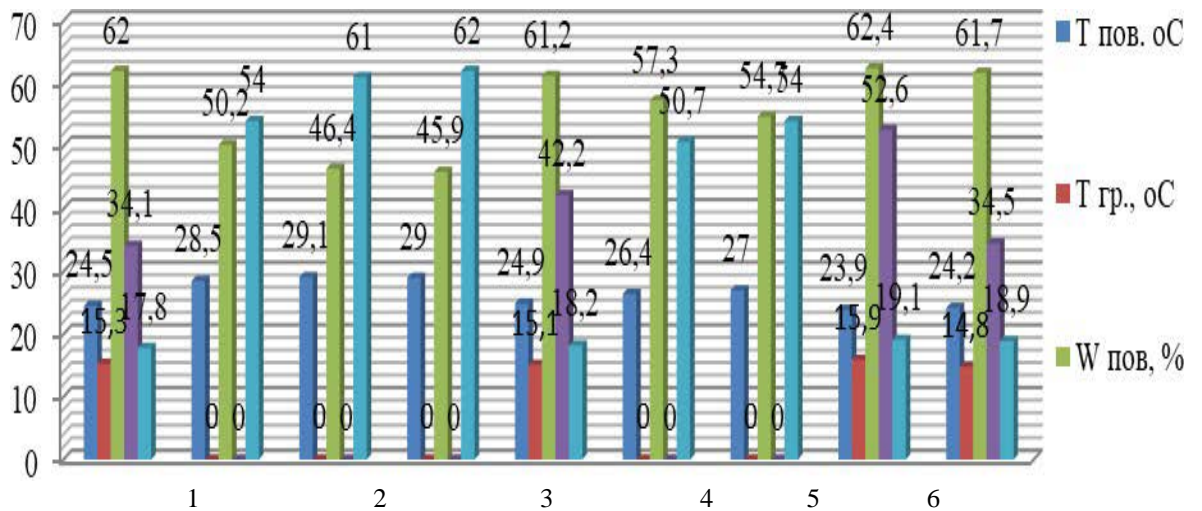


Рис.4.3 – Мікрокліматичні показники в зоні формування міського «острова тепла»

Найвищими були показники температури повітря на проспекті Свободи – 31,4°C та площах Підкови – 31,7°C і Митній – 29,0°C і вулицях Театральній -37,9 °C та Личаківській – 35,0 °C. Дані ділянки, знаходяться в зоні активного впливу урбанізаційних процесів та ксерофільного процесу.

Нижчими були температури повітря на ділянках із меншою площею мертвої поверхні – в зоні зелених насаджень: сквер “На валах” – 24,3°C.

Температура поверхні, в зоні впливу процесів тепловіддачі включно з машинами темного покриття показала різницю між ділянками із мертвою і природною поверхнями: проспект Свободи – 61,0°C, площах Підкови – 57,1°C та Митна – 53,6 °C , вулицях Театральна- 55,5 °C(чорна машина -73,5 °C) та Личаківська- 49,0°C.

Рівні вологості повітря і ґрунту корелюють із температурами: на ділянках із вкритих плиткою і бруківкою, зафіксовані наступні дані:

просп. Свободи – 50,2%,

площа Митна – 46%,

площа Підкови- 45,9%.

Вищі рівні вологості зафіксовані на

вулицях Театральна- 54,7% та Личаківська- 57,3%.

Максимальні показники були у сквері «На валах» (62,4%).

Ситуація вдовж тротуарів, проспектів, вулиць та площ погіршується майже повною відсутністю дерев. Дерева з розвиненою кроною, створюють стійкий затінок та запобігають нагріванню асфальтованих та бетонованих поверхонь охолоджуючи та зволожуючи їх та повітря навколо.

Деревних рослин, які відіграють важливу теплоохолоджуючу роль, є лише 8% на території міського «острова тепла».

Вразливість Львівської МТГ до екстремальної спеки посилюється додатковими чинниками, серед яких – поверхня вкриття дахів та стін будинків, щільність та висотність забудови, оскільки будинки блокують потоки вітру, а система міських вулиць та площ призводить до зміни напрямку вітру.

Загалом швидкість вітру в місті зменшується, проте на вузьких вулицях зростає. Історичний центр Львова розміщений у природній улоговині, для цієї частини міста характерні вищі максимальні температури та знижена циркуляція повітря.

Зростання середньої та максимальної температури повітря, а також збільшення інтенсивності хвиль тепла призводять до посилення посушливих явищ та підвищення пожежної небезпеки, особливо у найбільш ризикових ділянках громади (торфовища, стихійні сміттєзвалища тощо).

Дослідженнями було встановлено, що кліматичні зміни в місті свідчать про помітне підвищення температури повітря, зростання частоти прояву тропічних ночей та випадків хвиль тепла в сучасний період порівняно з кліматичною нормою.

У місті відмічається погіршення режиму зволоження території – відбувається перерозподіл кількості опадів по сезонах та зміна режиму їх випадання. Бетон і асфальт швидко нагріваються, щільна забудова блокує потоки вітру створюючи острови тепла в центрі міста.

Від високої температури посилюється парниковий ефект та випаровування шкідливих речовин, які є небезпечними для живих організмів.

Недостатня кількість зелених насаджень, особливо у центральній частині міста, а також брак облаштованих зон із «зеленою» та «блакитною»

інфраструктурою, що сприяють комфортному перебуванню та відпочинку населення в спеку, також підвищують вразливість громади до екстремальної спеки. Всі вищеперераховані умови утворення «острова тепла» вимагають рекомендацій для їх послаблення.

4.4 Види екологічних загроз від проявів «острова тепла»

Основною екологічною загрозою, яка формується внаслідок температурних контрастів у місті, є їх небезпечний вплив на урбоєкосистему та здоров'я мешканців міста, на біоценози. [23,68].

Серед основних видів негативного впливу варто виділити наступні.

2. Зміна клімату: температурні острови можуть змінювати місцеві кліматичні умови. Вони створюють мікроклімат, який може призвести до змін в розподілі та поведінці місцевих видів тварин і рослин.

3. Вплив на біорізноманіття, зокрема – на рослинність: висока температура може впливати на біологічні процеси в екосистемі. Деякі види можуть не переносити або навіть гинути через занадто високі температури.

4. Енергетичні витрати: температурні острови вимагають додаткових енергетичних ресурсів для їх охолодження або збереження, що може призводити до збільшення споживання електроенергії.

5. Зміна природних процесів: вони також можуть впливати на природні процеси, такі як водяні потоки, теплообмін, міграції тварин і ріст рослин.

6. Теплові удари: високі температури, які створюють температурні острови, можуть призвести до теплового удару, коли тіло не може ефективно регулювати температуру. Це особливо небезпечно для малих дітей, літніх людей та осіб з хронічними захворюваннями.

7. Погіршення якості повітря: деякі температурні острови супроводжуються забрудненням повітря, оскільки вони сприяють накопиченню викидів та забруднюючих речовин.

8. Вплив на сон та загальне самопочуття людей: зміна температури може також впливати на якість сну людини. Екстремальні температури можуть робити сон менш комфортним та якісним, що може впливати на загальний стан здоров'я.

9. Стрес та дискомфорт: високі температури можуть призводити до стресу для людського організму, особливо якщо немає можливості відпочити або знаходитися в прохолодному місці.

Численні дослідження та прогнози зміни клімату стверджують, що температура повітря надалі зростатиме, а прояви зміни клімату будуть більш відчутними.

Зміна клімату та острови тепла в будуть причиною нових ризиків та ускладнень у населення, рослин і тварин.

Глобально зміни клімату зумовлюють інтенсивні опади, буревії тощо, та розмноження гризунів, комах, кліщів тощо.

Тому необхідно оптимізувати містобудівну ситуацію середмістя Львова.

4.5 Заходи з адаптації Львова до наслідків зміни клімату

Оскільки, оцінка вразливості Львова до наслідків зміни клімату, дала змогу встановити, що місто є найбільш вразливим до теплового стресу (як зазначено вище, вразливість до цього наслідку була оцінена в 15 балів з 24 можливих), то при розробці плану адаптації міста значна частка заходів має бути спрямована на зниження вразливості до цього негативного наслідку зміни клімату.

4.5.1. Заходи з адаптації Львова до теплового стресу

1. Розробка та впровадження системи оповіщення про спекотну погоду, що може зашкодити здоров'ю (Heat Health Warning System – англ.). В таких системах має бути передбачено оповіщення усіх категорій споживачів з використанням різноманітних способів передачі інформації: для підприємств та організацій – за допомогою інтернету та факсу, для населення – смс-розсилка, радіо та телебачення. Для того, щоб отримана інформація була максимально корисною – з населенням попередньо має проводитися роз'яснювальна робота про те, як діяти під час хвиль тепла, захистити себе та допомогти найвразливішим верствам населення.

2. Переведення швидкої допомоги та пожежної охорони у стан підвищеної готовності в періоди сильної спеки.

3. Обладнання лікарень кондиціонерами, а також використання інших заходів, що дадуть можливість підтримувати комфортну температуру у приміщеннях у періоди сильної спеки (наприклад, використання зовнішнього затінення за допомогою навісів над вікнами).

4. Рекомендація запровадження змін у графіку роботи підприємств, які надають послуги населенню (поштові відділення, банки тощо) з урахуванням періодів найбільшої спеки впродовж дня.

5. Під час хвиль тепла постійне нагадування на всіх радіо- й телеканалах основних правил поведінки в умовах спеки та правил протипожежної безпеки.

6. Забезпечення створення комфортного температурного режиму під час хвиль тепла у місцях скупчення значної кількості людей, що належать до вразливих категорій населення (дитячі дошкільні установи, лікарні, будинки для людей похилого віку), облаштування додаткових затінених зон для населення в парках, скверах, біля водойм в періоди високих температур.

7. Моніторинг вразливих груп населення (ідентифікація їх кількості, розподілу по території міста, по районах, тощо) для координування дій, спрямованих на допомогу їм у випадку спекотної погоди. Організувати групи з мешканців будинків, які б відвідували літніх людей під час спеки та, за потреби, допомагали їм.

8. Створення питних фонтанчиків та бюветів у різних частинах міста.

9. Створення інтерактивних карт прохолодних зон (парків, скверів, озер) по території міста, де населення може провести час спекотного дня, та поширення цієї інформації. Додання блоку такої інформації до карт, що розташовані по місту для туристів.

10. Заохочення забудовників використовувати для побудови тротуарів та стоянок матеріалів, що менше нагріваються. Створення «пористих» тротуарів та автостоянок.

11. Зменшення у місті площ штучних поверхонь шляхом заміни їх на газони та зелені зони, де це можливо.

12. Використання для дахів та фасадів будинків матеріалів, що відбивають максимальну кількість сонячної радіації. Світлі кольори поглинають менше сонячної радіації, тому навіть перефарбовування зовнішніх стін у світлі кольори допоможе дещо знизити їх нагрівання.

13. Застосування зелених дахів та стін з метою зменшення перегріву будівель влітку.

14. Контроль надходження сонячної радіації всередину приміщень завдяки особливостям їх будови (наприклад, використання зовнішнього затінення: навісів над вікнами, ролетів, дерев'яних жалюзей, тощо) або насадження дерев поблизу.

15. Інформування населення як правильно експлуатувати приміщення під час спеки.

16. Використання відкритої води та водних об'єктів – так званих «блакитних зон міста» (blue areas – англ.). Будівництво фонтанів, створення ставків, відновлення та належний догляд за природними водоймами – ріками, озерами.

17. Забезпечення якнайкращої термоізоляції будівель – буде корисним як влітку – для зменшення нагріву приміщень, так і в зимовий період – зменшить втрати тепла приміщеннями.

18. Будівництво нових будівель – структура, яких така, що забезпечує природну вентиляцію всередині приміщень та рух повітря між будинками.

4.5.1.1. Заходи, що спрямовані на зниження вразливості Львова до наслідків зміни клімату.

1. Модернізація та, за потреби, розширення зливової міської каналізаційної системи для прийняття значної кількості води під час зливових опадів, повторюваність яких, у зв'язку зі зміною клімату, зростатиме.

2. Розробка системи управління дощовою водою в межах усього міста. Принаймні, створення резервуарів для її накопичення та використання для господарських потреб.

3. Використання пристроїв, що дають змогу зменшити водоспоживання – на виробництві, в побуті, у громадських місцях.

4. Підтримання водопровідної мережі в належному стані для уникнення аварій та зменшення втрат води на шляху до споживача.

5. Розробка та реалізація плану заходів зі зменшення викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря міста, з метою мінімізації негативного впливу забрудненого атмосферного повітря на зелені насадження міста. До найбільш ефективних таких заходів належать – створення пішохідних зон в центральній частині міста, побудова нових мостів та розв'язок (для зменшення автомобільних заторів), налагодження оптимальної роботи громадського транспорту, тощо.

6. Створення штучних систем поливу для забезпечення оптимальних умов зволоження ґрунту під час літніх сухих і спекотних періодів (бажано – з використанням дощової води), чи, принаймні, забезпечувати полив для нових рослин протягом певного періоду після їх посадки.

7. Сприяння розвитку у місті альтернативних джерел енергії (вітрової, сонячної чи інших видів), особливу увагу варто приділити використанню альтернативних джерел енергії в індивідуальних домогосподарствах.

8. Під час озеленення міста враховувати алергенні властивості рослин – адже, серед міських жителів спостерігається суттєве зростання випадків проявів алергії.

4.5.1.2. Заходи з адаптації у секторі охорони здоров'я

Основними заходами з адаптації до змін клімату у секторі охорони здоров'я є :

- Проведення дослідження стосовно впливу наслідків зміни клімату на здоров'я населення.
- Розробка та впровадження плану заходів і рекомендацій для реагування на екстремальні метеорологічні явища.
- Інформаційні кампанії.
- Створення інституції, відповідальної за кліматичну політику у структурі міської ради.
- Впровадження «зеленого» громадського бюджету.

Заходи матимуть вплив на підвищення стійкості усіх визначених секторів в частині адаптації до наслідків кліматичної зміни: охорона здоров'я, цивільний захист населення та надзвичайні ситуації, освіта та ін.

Отже, хоча для мега-міст усереднені значення інтенсивності острову тепла можуть сягати до 2.5°C, для більшості міст світу (в тому числі – й для найбільших міст України) цей показник не перевищує 1.0°C.

У той же час, діапазон очікуваних осереднених значень температури повітря для конкретного міста згідно з різними сценаріями досягає значно

більших значень (для міст України для періоду 2071–2099 рр. за жорстким сценарієм від 2.5 до 6.6°C) .

Таким чином, невизначеність очікуваних значень температури згідно з проєкціями ГМК є значно вищою, ніж середньорічна інтенсивність ОТ.

Тому врахування впливу острова тепла при визначенні середніх значень температури за багатолітні періоди за кліматичними моделями не має фізичного сенсу.

Проте оскільки в окремі дні за сприятливих умов інтенсивність острова тепла може бути дуже високою (і це становитиме значну небезпеку в теплий період року), то при вирішенні конкретних наукових чи практичних задач, що потребують інформації про очікувані максимальні температури повітря в місті в літні місяці варто застосовувати статистичні, динамічні чи статистично-динамічні методи для деталізації результатів глобальних кліматичних моделей з урахуванням міського ОТ.

4.5.1.3. Заходи з адаптації у секторі навколишнього середовища та біорізноманіття:

- Удосконалення та модернізація системи гоінформаційної системи.
- Розробка механізмів підтримки для тих, хто формулює політику, та відповідних зацікавлених сторін, включно з розробкою “Зеленої” та “Блакитної” стратегій.
- Кампанії з підвищення обізнаності та експертні тренінги для зацікавлених сторін.
- Створення гуманного середовища для тварин та зменшення кількості безпритульних тварин.
- Проведення аналізу впливу зміни клімату на екосистему громади.
- Збереження та збільшення зеленого фонду міста.

4.6 Рекомендації для зменшення проявів «острова тепла»

Через зростання кількості хвиль тепла у Львівській МТГ, слід звернути особливу увагу на фактори, що впливають на міський мікроклімат (наприклад, збільшення частки поверхонь, що мають вище альбедо, покращення благоустрою, якісне просторове планування та будівництво з урахуванням зміни клімату).

Серед найбільш ефективних заходів – збільшення частки «зеленої» й «блакитної» інфраструктури та покращення якості уже існуючої.

Серед запропонованих рекомендацій для зменшення проявів острова тепла виділимо вертикальне та горизонтальне озеленення, створення блоків «водні об'єкти – зелені зони», екологічні підходи до вибору типів вуличного покриття та покрівельних матеріалів у межах міської забудови.

Для зменшення проявів «острова тепла» рекомендуємо на публічних просторах (див. рис. 4.4.1-4.4.7):

- спеціальні навіси для створення штучної тіні,
- спеціальні очищувачі повітря, які вмонтовані в лавках,
- вертикальне та горизонтальне озеленення для охолодження будинків,
- вертикальні клумби та контейнерне озеленення
- газон-губка на даху будівлі,
- створення блоків: водні об'єкти – зелені зони,
- використання газонних решіток для створення екопарковок з метою зменшення заасфальтованих поверхонь міста,
- вибору екологічних матеріалів вуличного покриття,
- бювети на публічних просторах. Де можна безкоштовно набрати питної води тощо.



Рис. 4.4.1-Спеціальні навіси для створення штучної тіні



Рис. 4.4.2-Спеціальні очищувачі повітря, які вмонтовані в лавках



Рис. 4.4.3 - Використання газонних решіток для створення екопарковок з метою зменшення заасфальтованих поверхонь міста



Рис. 4.4.4- Газон-губка на даху будівлі

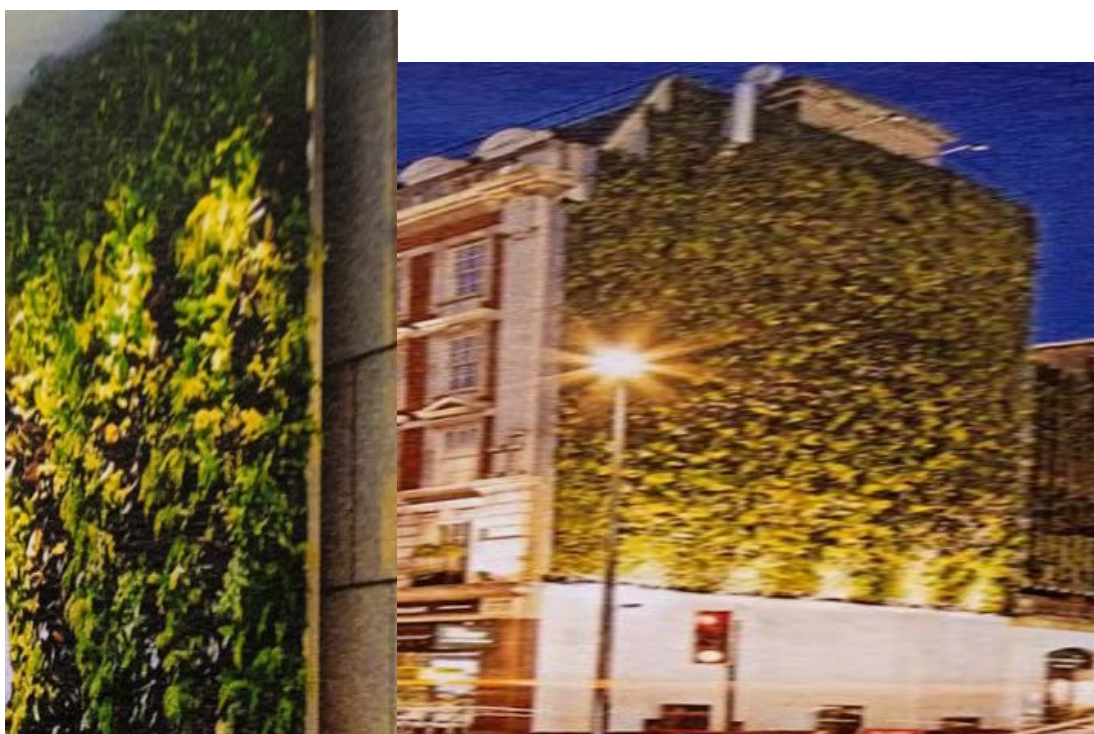


Рис. 4.4.5 -Вертикальне та горизонтальне озеленення для охолодження будинків, вертикальні клумби та контейнерне озеленення



Рис. 4.4.6- Бювети на публічних просторах, де можна безкоштовно набрати питної води



Рис. 4.4.7- Створення блоків: водні об'єкти – зелені зони та вибір екологічних матеріалів вуличного покриття

Для зменшення негативного впливу спеки на населення та забезпечення комфортного пересування пасажирів, громадський транспорт має бути обладнаний системами кондиціонування.

Станом на червень 2024 року у власності міста є лише 50 тролейбусів, що мають кондиціонери. З 65-ти трамваїв, які щодня виїжджають на маршрут, тільки 9 – обладнано кондиціонерами. Комунальні автобуси взагалі не мають кондиціонування.

У 2019 році на сесії ЛМР прийнято ухвалу, яка зобов'язує здійснювати закупівлі нового муніципального транспорту з кондиціонерами.

Негативний вплив аномально спекотної погоди найбільше відчують вразливі групи населення, серед яких люди з хронічними захворюваннями, люди з особливими потребами, особи похилого віку, діти та молодь, особи, що працюють на відкритому повітрі тощо.

За результатами дослідження, проведеного серед мешканців Львівської МТГ, переважна більшість респондентів зазначила, що аномально спекотна погода виникає частіше за останні роки і негативно позначається на їхньому здоров'ї та самопочутті.

76,1% опитаних вказали, що їм некомфортно перебувати у місті під час спеки та хвиль тепла.

69,2% – зазначили, що зелених зон і громадських просторів у Львівській МТГ недостатньо.

Сектор охорони здоров'я є важливим, оскільки з його допомогою на основі статистичних даних про стан здоров'я населення можна спостерігати за тенденціями та запобігати захворюванням, на поширення яких впливає зміна клімату.

У майбутньому наслідки зміни клімату можуть спричинити нові ризики та ускладнити існуючі проблеми зі здоров'ям не лише у населення, а й у тварин.

Зокрема, глобальна зміна клімату чинить прямі та непрямі впливи на життя і здоров'я населення.

Прямий вплив зумовлений змінами частоти та інтенсивності екстремальних погодних явищ (хвилі тепла, інтенсивні опади та підтоплення, буревії тощо),

непрямий – несе загрозу появи нових захворювань, що передаються через комах, кліщів, гризунів, а також проблеми, пов'язані з погіршенням якості води, повітря, загрози для продовольчої безпеки тощо.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

«Острів тепла» є невід’ємним наслідком прогресуючої урбанізації. Його розміри пов’язані із чисельністю населення міста. Акумуляція тепла, спричинена сонячною радіацією, проявляється у двох головних показниках – альбедо і температурі поверхонь.

Дослідження у центрі Львова мікрокліматичних величин температур поверхонь проведенні в липні 2024 року під час хвилі тепла, коли температура повітря сягала 32-33 °С. Заміри проводили з 16 до 18 год. у шістьох районах центру Львова, а саме: проспект Свободи, вулиця Театральна, площа Підкови, площа Митна, сквер на Валах, вулиця Личаківська.

Дослідження показало, що найбільше нагріваються, припарковані на сонці автомобілі, бруківка, плитка та асфальт на проїжджій частині та на тротуарах, де немає тіні. Найменше – газони і зелені зони, а також затінені ділянки. Різниця температур досягала понад 30°C.

В результаті виконаних досліджень було встановлено, що кліматичні зміни в місті свідчать про помітне підвищення температури повітря, зростання частоти прояву тропічних ночей та випадків хвиль тепла в сучасний період порівняно з кліматичною нормою.

У місті відмічається погіршення режиму зволоження території – відбувається перерозподіл кількості опадів по сезонах та зміна режиму їх випадання. Бетон і асфальт швидко нагріваються, щільна забудова блокує потоки вітру створюючи острови тепла в центрі міста. Від високої температури посилюється парниковий ефект та випаровування шкідливих речовин, які є небезпечними для живих організмів.

Ситуація вдовж тротуарів, проспектів, вулиць та площ погіршується майже повною відсутністю дерев. Дерев з розвиненою кроною, створюють стійкий затінок та запобігають нагріванню асфальтованих та бетонованих поверхонь охолоджуючи та зволожуючи їх та повітря навколо.

Отже, формування «острова тепла», як супутника урбанізаційних процесів, суттєво впливає на міський клімат, спричиняючи дискомфортні умови для мешканців і туристів, впливаючи на ріст і розвиток системи озеленення. Тому необхідною є оптимізація містобудівного ансамблю середмістя Львова із використанням прийомів горизонтального та вертикального озеленення. У середмісті Львова слід озеленювати всі можливі островці, особливо біля тротуарів, вулиць, проспектів, з метою запобігти виділенню тепла та покращення екологічної ситуації.

Слід збільшувати кількість газонів, клумб та дерев, а від прямого сонячного впливу будувати запропоновані захисні споруди.

Виконана оцінка можливих змін температурного режиму на території міста за різними сценаріями з європейського проекту "IMPRESSIONS" свідчить, що до кінця століття слід очікувати значного підвищення середньої температури повітря в містах усіх регіонів України.

Таким чином, результати проведеного дослідження свідчать про високу актуальність подальшого аналізу вразливості українських міст до зміни клімату, необхідність розробки і впровадження заходів адаптації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Артамонов, Б.Б. Аналіз впливу мікрокліматичних зон на процеси кліматоутворення у містах в умовах глобальної зміни клімату. Науковий вісник НЛТУ України, 2013.-23, 133–137.
2. Андрущенко Г. О. Грунти західних областей УРСР: Ч. I. / Г. О. Андрущенко. – Львів-Дубляни : ЛСГІ, 1970. – 183 с.
3. Аномальна і небезпечна погода: https://zaxid.net/anomalna_i_neb._n15017024.
4. Бабіченко В.М. Зміни температури повітря на території України наприкінці ХХ та початку ХХІ століття / Бабіченко В.М., Ніколаєва Н.В., Гущина Л.М. // Український географічний журнал, 2007. – № 4. – С. 3-12.
5. Балабух, В. Поточна та очікувана зміна клімату, її впливи та наслідки на території України, Закарпаття та Рахівського району. Проект LOC-CLIM-ACT: місцеві дії щодо впливу кліматичних змін. HUSKROUA/1001/079. Український гідрометеорологічний інститут. Retrieved from https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2013/07/resume_climatechange_ukr.pdf
6. Бучинський І. Е. Клімат України / І. Е. Бучинський – Л. : Гидрометеоиздат, 1960. – 132 с.
7. Брадiс Є. М. Рослинність східної частини Малого Полісся та питання ботаніко-географічного районування західних областей УРСР / Є. М. Брадiс // Укр. ботан. журнал. – 1957. – Т. 14. – №4. – С. 3–14.
8. ВРУ. Закон України «Про ратифікацію Рамкової конвенції ООН про зміну клімату» № 435/96-ВР. Відомості Верховної Ради України, 1996, № 50, ст. 277. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435/96-%D0%B2%D1%80#Text>
9. ВРУ. Закон України «Про ратифікацію Паризької угоди» 1469-VIII. Відомості Верховної Ради, 2016, № 35, ст. 595) Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1469-19#Text>
10. ВРУ. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року», 2697-VIII. Відомості Верховної Ради, 2019, 16 (70). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>

11. Географічна енциклопедія України./ за ред. О.М. Маринич. - К.: УРЕ,1999.
12. Гуменюк А.І. Грунти/ А.І.Гуменюк - Львів: Вид-во Львівського університету, 1972.
13. Денисик Г.І. Антропогенне ландшафтознавство: навч.посіб.. Вінниця : ПП «ТД «Едельвейс і К», 2012. Ч. І.
14. Дудин Р. Б. Вікова структура насаджень старовинних парків / Р. Б. Дудин // Науковий вісник : Міські сади і парки: минуле, сучасне і майбутнє. Збірник науково- технічних праць. - Львів : УкрДЛТУ. - 2001. - Вип. 11.5. - С. 367-371.
15. Дощова столиця України. Міфи та правда про львівську погоду: http://tvoemisto.tv/exclusive/doshchova_stolytsya_ukrainy_mify_i_prawda_pro_vivsku_pogodu_86112.html
16. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії: http://www.irbisnbuv.gov.ua/cbin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_met a&C21COM=S&2_S21P03=FILE=&2_S21STR=vnanu_2009_2_12
17. Зацерковний В. І., Оберемок Н. В., Березіна П. О. Просторово-часовий аналіз «островів тепла» мегаполіса за супутниковими знімками LANDSAT Наукоємні технології № 1(37), 2018, С. 106-113.
18. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації : аналіт. доповідь / С. П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко ; за ред. С. П. Іванюти. Київ : НІСД, 2020. 110 с.
19. Зубкова О. Освіта про зміну клімату. URL: <https://reporter.zp.ua/osvita-pro-zminu-klimatu-1-uk.html> (дата звернення: 20.03.2024).
20. Зінкевич М. В. Краєзнавчі нариси Львівщини. Географія рідного краю / М. В.Зінкевич, Л. Петринка. – Львів : Проман, 2009. – 100 с.
21. Історія міст і сіл Української РСР. Львівська область. – К. : Головна редакція Української радянської енциклопедії АН УРСР, 1968. – 980 с.
22. Квасниця І. Ю. Львівська область. Історико-природничі нариси з краєзнавства : навчально-методичний посібник / І. Ю.Квасниця, І. О. Глічов, І. І Федик. – Львів : Укрсервіс, 1994. – 232 с.

23. Клімат України / за ред. В.М. Ліпінського. – К. : Вид-во "Раєвського", 2003. – 345 с.
24. Клімат Львова / за ред. В.М. Бабіченко, Ф.В. Зузука. – Луцьк, 1998. – 188 с.
25. Кліматичні цілі Львова: гайд для обраних до міської ради / авт. кол.: М. Рябика, А. Зозуля, Т. Радь. – Львів: ПЛАТО, 2020. – 44 с.
26. Клименко Ю. О. Комплексна оцінка паркових насаджень (методичні підходи і рекомендації) / Ю. О. Клименко, С. І. Кузнецов. – К., 2014. – 66 с.
27. КМУ. Розпорядження Кабінету Міністрів України про схвалення «Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року» від 7 грудня 2016 р. № 932- р. Урядовий портал. (2016) Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/npas/249573705>
28. Конституція України: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text>
29. Кучерявий В.П. Екологія / В.П. Кучерявий. – Львів: Світ, 2000. – 500с.
30. Кучерявий В.П. Сади і парки Львова : навч. посібн. [для студ. ВНЗ] / В.П. Кучерявий. – Львів : Вид-во "Світ", 2008. – 340 с.
31. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць : підруч. / Кучерявий В. П. - Львів : Світ, 2005. - 456 с.
32. Лялько В. І., Федоровський О. Д., Попов М. О. Багатоспектральні методи дистанційного зондування землі в задачах природокористування. Київ : Наук. думка, 2006. 357 с.
33. Міщенко З. А. Мікрокліматологія: Навчальний посібник. - К: КНТ, 2007. – 336с.
34. Навчальний посібник “Адаптація до зміни клімату”: https://www.researchgate.net/profile/Vira_Balabukh/publication/326319907_Potocna_zmina_klimatu_ii_vpliv_ta_naslidki_na_nacionalnomu_i_regionalnomu_rivnah/links/5b45ef8baca272dc38606c81/Potocna-zmina-klimatu-ii-vpliv-ta-naslidki-na-nacionalnomu-i-regionalnomu-rivnah.pdf

35. Небезпечні та стихійні явища в Україні в період глобального потепління / М. Б. Барабаш, Н. П. Гребенюк, О. Г. Татарчук, Т. В. Корж. Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер.: Географія. 2004. Т 3. С. 43–47.
36. Особливості змін клімату в Україні на кінець ХХ– початок ХХІ ст. за наземними та супутниковими даними / В. І. Лялько, Л. О. Єлістратова, М. І. Кульбіда [та ін.]. Український журнал дистанційного зондування Землі. 2015. № 6. С. 64–84
37. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна: https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf
38. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки. Особливості змін клімату в Україні на кінець ХХ – початок ХХІ ст. за наземними та супутниковими даними / В. І. Лялько, Л. О. Єлістратова, М. І. Кульбіда [та ін.]. Український журнал дистанційного зондування Землі. 2015. № 6. С. 33–63.
39. Природа Львівської області /за ред. Геренчука К.І. -Львів, Вища школа, 1972.
40. Проць-Кравчук Г.Л. Клімат - Львів: Видавництво Львівського університету ім.І.Франка, 1972.
41. Рибченко Л.С. Зміна температурного і радіаційного режиму в містах України / Рибченко Л.С., Савчук С.В. // Український географічний журнал, 2008. – № 2. – С. 14-19.
42. Силабус «Адаптації до змін клімату в умовах зеленого будівництва». URL: <http://surl.li/rvokm>
43. Скробала В.М. Вплив фітоценотичної структури міських насаджень на гідрологічний режим та сповільнення ерозійних процесів. / Автореферат дис. канд. с.г. н.- Львів, 1996.
44. Словник таксономічних назв деревних рослин (українською, латинською, російською, англійською, німецькою мовами) / А.І. Івченко, М.Й. Мазепа, Ю.А. Мельник та ін. / за ред. проф. В.П. Кучерявого. – Львів : Вид-во "Світ", 2001. – 148 с.

45. Трипільська Г. Як проявляється зміна клімату в Україні? URL: <https://ua.boell.org/uk/2020/06/09/yak-proyavlyaetsya-zmina-klimatu-v-ukraini>
46. Урядовий портал: запобігання зміні клімату та адаптація до неї: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/reformi/efektivne-vryadu>
47. Федонюк М. А., Прохоренко А. О., Федонюк В. В. Дослідження формування та просторового розподілу «острова тепла» над Луцьком. Екологічні нотатки. Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2018. № 6. С. 45–53.
48. Федонюк М. А. До питання удосконалення системи державного екологічного моніторингу стану атмосферного повітря. Державне управління: удосконалення та розвиток. 2013. № 2. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=541>
49. Федонюк М. А., Федонюк В. В. Проблеми теплового забруднення селітебних територій: дослідження та моніторинг. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування : наук.-техн. журнал. Івано-Франківськ, ІФНТУНГ. 2017. № 1 (15). С. 231–239. URL: <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/5308>
50. Філіпович В. Є., Крилова Г. Б. Дослідження теплового поля м. Києва за даними космічного зондування в ІЧ-діапазоні як складової аналізу екологічного стану урбанізованої території. Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях : зб. наук. пр. XIII Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 2014. С. 16–28. URL: http://itgip.org/wp-content/uploads/2013/11/Book_small.pdf
51. Шевченко О. Г. та ін.. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. – К., 2014. – 63 с.
52. Шевченко, О., Власюк, О., Ставчук, І., Ваколюк, М., Ілляш, О., Рожкова, А.. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. Кліматичний форум східного партнерства та Робоча група громадських організацій зі зміни клімату.- 2015. Retrieved from https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf

53. Шевченко, О., Сніжко, С. Зміна клімату та українські міста: прояви та проєкції до кінця XXI століття на основі RCP-сценаріїв. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка.- 2020. Географія, 2 (756), 11-18.<https://doi.org/10.17721/1728-2721.2019.75.2>
54. Шаблій О. І. Географія: Львівська область [Електронний ресурс] / О. І. Шаблій. – Режим доступу до докум.: http://geoknigi.com/book_view.php?id=27
55. Щербань М.І. «Мікрокліматологія» / М.І. Щербань - Київ:, Вища школа, 1985 -110-125 с.
56. Яковшина Т. Ф. Адаптація ЄС до змін клімату та стійкі урбоєкосистеми : навч. посіб. Дніпро : ПДАБА, 2023. 109 с.
57. Дистанційне зондування Землі як науковий напрям: історія та значення . <http://www.nas.gov.ua/UA/Messages/news/Pages/View.aspx?MessageID=3392>.
58. Що це таке – індекс NDVI? <https://www.irlen.com.ua/ndvi-inde>.
59. <http://ua/sinoptik.ua>
60. <http://www.meteoprog.ua/ua/weather/Lviv>
61. <http://www.gismeteo.ua/ua/city/daily/4949>.
62. URL: <https://uk.wikipedia.org/.Екологія>.
63. URL: <https://eos.com/uk/blog/temperatura-gruntu/>
64. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31025387/>
65. URL: <https://www.ipcc.ch/> Міжурядова група змін клімату (IPCC).
66. URL:<https://climate.nasa.gov/>Національне управління з аеронавтики та дослідження космічного простору (NASA).
67. URL: <https://www.fao.org/climate-change/en/>Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (FAO).
68. Melnychuk, N., Henyk, Ya., Melnychuk, S. & Paslavskyi, M. (2020). Influence of recreational loads on components of park and forest park ecosystems in Lviv. Colloquium-journal. Chocimska 24, 00-001 Warszawa, Poland, 13 (65), pp. 14-17. ISSN 2520-6990, ISSN 2520-2480.

ДОДАТКИ

Додаток 1. Перелік загроз для Львівської МТГ

Загрози	Для впливу	Сектори															Врахована кількість	
		Будівлі	Транспорт	Енергетика	Водосток/каналізація	Відривки	Грибні патогени/закиснення ґрунту/зміна	Сільськогосподарське виробництво	Складні та лісові господарства	Навколишнє середовище та біорізноманітність	Секторні заповідники	Цивільний захист та надзвичайні ситуації	Туризм	Освіта	Інформаційно-комунікаційні технології	Чугунні		Потенціал пошкодження
Екстремальна спека	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1		44	2	V3
Посуха	2				1	1	1	1	1		1					12	2	V1
Погіршення якості та нестача води	1				1		2	2	2	2	1	1				11	2	V1
Екстремальні опади: сильні дощі	3	1	2	1	1	1	1	1	2	1	2					39	2	V3
Підтоплення	3	1	2		1			1	1	2	1					33	1	V3
Сильні снігопади	2		1	1	1					1	2		1	1	16	3	V1	
Буревії	3	2	1	2	1			1	2	2	3	1		2	51	1	V3	
Пожари в екосистемах	3		1		1	1		2	2	1	2			1	33	2	V3	
Хімічні зміни: забруднення атмосферного повітря	2				1		1	1	2	3	1	1	2		24	1	V2	
Біологічні загрози: деякі інфекційні захворювання та алергічні прояви	3				2	1				3	1		2		27	2	V2	

Додаток 2. Перелік заходів щодо пом'якшення наслідків зміни клімату

№	Назва заходу	Зміст заходу	Джерела фінансування	Часові рамки		Вартість, тис. грн	Економія енерго-ресурсів, МВт*год/рік	Вироб. електро-енергії, МВт*год/рік	Скорочення викидів CO ₂ , т/рік	Адаптація до змін клімату
1	Муніципальний сектор					6 693 477,7	186 806,0	16 300,0	78 563,1	
1.1	Громадської будівлі					413 800,0	26 200,0	18 500,0	18 980,0	
1.	Впровадження системи енергетичного менеджменту	Система енергоменеджменту у будівлях бюджетної сфери	Міський бюджет, МФО	2021	2030	500,0	2 000,0	0,0	800,0	
2.	Підвищення енерго-ефективності у бюджетних закладах	Підвищення рівня технічної експлуатації бюджетних будівель	Міський бюджет, МФО	2021	2030	30 000,0	2 000,0	0,0	800,0	
		Проведення поточних ремонтів та капітальних ремонтів	Міський бюджет, МФО	2021	2030	100 000,0	2 000,0	0,0	800,0	Так
		Комплексна термомодернізація бюджетних будівель (20% від заг. кількості будівель)	Міський бюджет, МФО (НБОФКО, ЄІБ), гранти	2021	2030	250 000,0	20 000,0	0,0	6 000,0	
3.	Реалізація програм міждержавної технічної допомоги з енергетичної модернізації	Підвищення рівня технічної експлуатації бюджетних будівель, через впровадження заходів з енерго-ефективності	Міський бюджет, МФО (НБОФКО, ЄІБ), гранти	2021	2030	30 000,0	0,0	10 000,0	2 000,0	Так

№	Назва заходу	Зміст заходу	Джерела фінансування	Часові рамки		Вартість, тис. грн	Економія енерго-ресурсів, МВт*год/рік	Вироб. електро-енергії, МВт*год/рік	Скорочення викидів CO ₂ , т/рік	Адаптація до змін клімату
4.	Проведення інформаційно-роз'яснювальної роботи	Проведення щорічних Днів енергії, тренінгів, семінарів для енергоменеджерів	Міський бюджет, МФО	2021	2030	500,0	200,0	0,0	80,0	Так
5.	Впровадження відновлюваних джерел енергії в будівлях	Встановлення теплових насосів, теплових систем, сонячні станції на будівлях	Міський бюджет, МФО	2021	2030	2 000,0	0,0	500,0	500,0	Так
1.2	Зовнішнє освітлення					182 434,8	980,0	2 700,0	1 876,8	
1.	Реконструкція зовнішнього освітлення та капітальний ремонт мереж	Реалізація Програми поточного ремонту та утримання системи зовнішнього освітлення м. Львова на 2020-2022 роки	Міський бюджет, ЛКП "Львівсьліто"	2021	2022	88 889,7	500,0	0,0	256,0	
		Капітальний ремонт та реконструкція мереж зовнішнього освітлення вулиць, алей, скверів, пам'яток архітектури	Міський бюджет, ЛКП "Львівсьліто"	2021	2030	69 546,1	320,0	0,0	163,2	
2.	Автоматизація та диспетчеризація системи зовнішнього освітлення громади	Встановлення автоматизованої системи дистанційного управління зовнішнім освітленням на території громади	Міський бюджет, МФО, ЛКП "Львівсьліто"	2021	2023	1 600,0	160,0	0,0	81,6	

№	Назва заходу	Зміст заходу	Джерела фінансування	Часові рамки		Вартість, тис. грн	Економія енерго-ресурсів, МВт*год/рік	Виробництво ВДЕ, МВт*год/рік	Скорочення викидів CO ₂ , т/рік	Адаптація до зміни клімату	Подолання енергетичної бідності
3.	Впровадження гібридного та автономного зв'язаного освітлення	Бюджетно спор з улаштування освітлення на базі фотоелектричних модулів	Міський бюджет, МДО, ЛПТ "Львівськвітло"	2021	2030	6 400,0	0,0	600,0	306,0	Так	
4.	Реалізація потенціалу сонячної енергетики	Бюджетно сонячної електростанції загальною потужністю до 2 МВт.	Міський бюджет, приватні інвестиції, МДО	2021	2030	16 000,0	0,0	2 100,0	1 071,0	Так	
1.3 Інші комунальні підприємства						6 098 042,9	159 626,0	3 190,0	65 696,3		
1.3.1 ЛПМД Залізанне-теплоенерго						291 756,8	15 545,8	0,0	5 683,5		
1.	Модернізація та реконструкція системи виробництва теплової енергії	Реконструкція котельні та зміна обладнання. Завершена реконструкція котельні на вул. С. Пятковського, 4а (закінчена). Реконструкція котельні на вул. Широка, 79а.	Міський бюджет, ЛПТ «Залізанне-теплоенерго», МДО	2021	2030	216 000,0	8 200,0	0,0	3 280,0	Так	Так
		Капітальний ремонт та реконструкція мереж зв'язаного освітлення вулиць, алей, скверів, пам'яток архітектури	Міський бюджет, ЛПТ "Львівськвітло"	2021	2030	69 546,1	320,0	0,0	163,2		
2.	Модернізація та реконструкція системи транспортування теплової енергії	100% заміна теплової мережі на попередньо теплоізоляовані трубопроводи	Міський бюджет, ЛПТ «Залізанне-теплоенерго», МДО	2021	2030	50 000,0	3 746,0	0,0	1 123,5		Так

№	Назва заходу	Зміст заходу	Джерела фінансування	Часові рамки		Вартість, тис. грн	Економія енерго-ресурсів, МВт*год/рік	Виробництво ВДЕ, МВт*год/рік	Скорочення викидів CO ₂ , т/рік	Адаптація до зміни клімату	Подолання енергетичної бідності
3.	Встановлення загально-будинкової мережі обліку	Оснащення будівель 165 вулицями обліку теплової енергії	Міський бюджет, ЛПТ «Залізанне-теплоенерго», МДО	2021	2022	4 000,0	500,0	0,0	160,0	Так	
		100% оснащення будинків комерційними вулицями обліку гарячої води		2022	2026	5 000,0	600,0	0,0	180,0		
4.	Впровадження диспетчеризації	100% диспетчеризація центральних теплових пунктів та котельні	Міський бюджет, ЛПТ «Залізанне-теплоенерго», МДО	2021	2030	10 000,0	800,0	0,0	150,0	Так	
1.3.2 ЛПМД Львівтеплоенерго						3 626 897,9	79 956,8	1 006,8	25 725,0		
1.	Модернізація та реконструкція системи виробництва теплової енергії	Реконструкція підвальних газових котельні (вул. Самчука 13, Личаківська 81, вул. Східна 7)	Міський бюджет, ЛПМД «Львівтеплоенерго», МДО	2021	2023	5 000,0	1 800,0	0,0	540,0	Так	Так
		Реконструкція котельні та зміна обладнання		2021	2030	100 000,0	10 000,0	0,0	3 000,0		
		Встановлення частотно-регульованих перетворювачів на котельнях		2021	2030	13 500,0	4 000,0	0,0	1 600,0		
2.	Модернізація та реконструкція системи транспортування теплової енергії	Заміна теплової мережі (етап 2021-2022)	Міський бюджет, ЛПМД «Львівтеплоенерго», МДО	2021	2022	8 000,0	960,0	0,0	285,0	Так	
		Заміна теплової мережі (етап 2022-2030)	2021	2030	64 000,0	7 500,0	0,0	2 280,0			

№	Назва заходу	Зміст заходу	Джерело фінансування	Часові рамки		Вартість, тис. грн	Економія енерго-ресурсів, МВт*год/рік	Вироб. нечистої ВДГ, МВт*год/рік	Скорочення викидів CO ₂ , т/рік	Адаптація до змін клімату	Подолання енергетичної бідності
				2021	2022						
3.	Встановлення загальнобудинкових вузлів обліку	Встановлення вузлів обліку теплової енергії	Міський бюджет, ЛМКП «Львівтеплоенерго», МОО	2021	2022	20 000,0	1 500,0	0,0	450,0		Так
		100% оснащення будинків комерційними вузлами обліку гарної води		2022	2026	20 000,0	1 600,0	0,0	480,0		
4.	Реконструкція та модернізація обладнання ТЕЦ-1	Реконструкція електрогосподарства життєвля власних потреб ТЕЦ-1	Міський бюджет, ЛМКП «Львівтеплоенерго», МОО	2022	2023	9 027,7	4 500,0	0,0	1 350,0		
		Реконструкція економізера парового котла «Борай» ст. № 9, автоматизація ПК-6, ПКД на ремонт ПК-010		2021	2023	10 000,0	4 000,0	0,0	2 040,0		
5.	Впровадження альтернативних до газу джерел енергії	Переведення ТЦ "Північна" та ТЦ "Південна" на альтернативні до газу види палива (дита)	Кредитні кошти ЄБРР/міський бюджет, інші	2022	2025	3 025 370,2	8 000,0	1 000,0	3 200,0	Так	Так
6.	Реалізація проєктів міжнародної технічної допомоги	Проєкт "Модернізація інфраструктури теплопостачання у м. Львові" (встановлення та підключення ПП, встановлення електрообладнання та інших приладів на усіх об'єктах теплозабезпечення, заміна теплоградів)	ЄБРР/міський бюджет	2013	2028	354 000,0	35 000,0	0,0	10 500,0	Так	Так
1.3.3 ЛМКП Львівводоканал						2 177 395,1	65 131,0	2 100,0	34 287,0		

№	Назва заходу	Зміст заходу	Джерело фінансування	Часові рамки		Вартість, тис. грн	Економія енерго-ресурсів, МВт*год/рік	Вироб. нечистої ВДГ, МВт*год/рік	Скорочення викидів CO ₂ , т/рік	Адаптація до змін клімату	Подолання енергетичної бідності
				2021	2022						
1.	Системи обліку та моніторингу	Створення геоінформаційної системи мереж водопостачання, водовідведення та електричних мереж ЛМКП "Львівводоканал"	Міський бюджет, ЛМКП «Львівводоканал», МОО	2021	2026	2 042,0	1 701,0	0,0	867,5	Так	Так
		Влаштування загальної системи моніторингу підйому, транспортування та постачання води, встановлення приладів обліку		2022	2026	22 950,7	1 500,0	0,0	765,0		
		Встановлення будинкових приладів обліку холодної води в житлових будинках		2022	2026	3 316,9	200,0	0,0	102,0		Так
		Закупівля приладів обліку води з системою дистанційної передачі даних для встановлення будинкових вузлів обліку		2022	2028	41 698,0	2 500,0	0,0	1 275,0		Так
2.	Модернізація системи водопостачання	Реконструкція магістральних водогонів	Міський бюджет, ЛМКП «Львівводоканал», МОО	2022	2026	450 787,7	6 000,0	0,0	3 050,0	Так	Так
		Реконструкція аварійних ділянок збирання водогонів		2022	2026	406 670,8	5 500,0	0,0	2 805,0		
		Оновлення перетворювачів частоти на водопровідних насосних станціях		2022	2026	33 500,0	4 000,0	0,0	2 040,0		

№	Назва заходу	Зміст заходу	Джерела фінансування	Часові рамки		Вартість, тис. грн	Економія енерго-ресурсів, МВт*год/рік	Виробництво ВДЕ, МВт*год/рік	Скорочення викидів CO ₂ , т/рік	Адаптація до зміни клімату	Подолання енергетичної бідності
3.	Модернізація системи водовідведення	Реконструкція КНС №7	Міський бюджет, ЛМКП «Львів-водоканал», МО	2022	2026	9 396,3	2 500,0	0,0	1 275,0	Так	Так
		Реконструкція напірних колекторів		2021	2026	128 116,0	2 230,0	0,0	1 137,3		
		Реконструкція ПО 35/6 «В'юнські споруди» Р=2х16 МВА		2022	2026	115 106,9	4 000,0	0,0	2 040,0		
	Електроенергія з відновлюваних джерел енергії	Будівництво сонячної електростанції на території очисних споруд ЛМКП «Львівводоканал» (2 МВт)	Міський бюджет, ЛМКП «Львів-водоканал», МО	2022	2030	16 000,0	0,0	2 100,0	1 071,0	Так	Так
4.	Реалізація проєкту міжнародної технічної допомоги	Проєкту "Виробництво біогазу із осаду комунальних стічних вод", будівництво біогазової ТЕЦ на основі жирої обробки на території установи очисних стічних вод	ЄБРР; НЕФКО, ЄБР; міський бюджет	2021	2025	946 000,0	35 000,0	0,0	17 850,0	Так	Так
2. Третиний сектор						2 001 000,0	79 500,0	1 000,0	31 800,0		
1.	Встановлення енерго-ефективного обладнання для технологічних процесів	Встановлення енергоефективного обладнання для технологічних процесів	Прямі підприємства	2021	2030	400 000,0	13 000,0	0,0	5 200,0	Так	Так
2.	Енергоефективна експлуатація будівель та обладнання	Запровадження енергоефективного освітлення, утеплення огорожувачих конструкцій, замки вікон та дверей, встановлення приладів обліку	Прямі підприємства	2021	2030	1 100 000,0	45 000,0	0,0	18 000,0	Так	Так
		Реалізація програм спрямованих розвитку підприємства	Міський бюджет	2021	2030	1 000,0	12 500,0	1 000,0	5 000,0		
3. Житловий сектор (населення)						206 383 600,0	216 900,0	7 000,0	91 720,0		
1.	Енерго-модернізація житлового фонду	Капітальний ремонт житлових будівель, ремонт ліфтів, модернізація обладнання та джерел внутрішнього освітлення, встановлення сонячних панелей, теплових насосів та інше	Міський бюджет	2021	2030	100 000,0	26 000,0	5 000,0	12 000,0	Так	Так
		Встановлення індивідуальних теплових пунктів (500 шт.)	Міський бюджет, МО	2021	2030	206 000 000,0	35 000,0	0,0	11 900,0	Так	Так
2.	Програми підтримки впровадження заходів з енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії	Програма "Теплий дім" (етап 2020-2021)	Міський бюджет, мешканці	2021	2021	20 000,0	15 000,0	0,0	6 000,0	Так	Так
		Програма "Теплий дім" (етап 2022-2030)		2022	2030	100 000,0	40 000,0	0,0	16 000,0		
		Програма "Енергоефективна оселя" (етап 2020-2025)	2017	2025	6 000,0	15 000,0	0,0	6 000,0			
		Програма "Енергоефективна оселя" (етап 2025-2030)	2025	2030	1 100,0	16 000,0	0,0	6 400,0			
		«Комплексна програма підвищення енергоефективності, енергозбереження та розвитку відновлюваної енергетики у Львівській області»	Обласний бюджет	2021	2025	1 500,0	15 000,0	2 000,0	8 670,0		