

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий
гідрометеорологічний інститут

Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота магістра

на тему: « Динаміка показників режиму максимальної температури
повітря у Закарпатті в умовах змін клімату »

Виконала студентка 2 курсу групи МЗК-20
Спеціальності 103 «Науки про Землю»
Освітня програма
«Метеорологія і кліматологія»
Шидловська Лілія Ігорівна

Керівник к. геогр.н., доцент
Катеруша Галина Павлівна

Рецензент к. геогр. н., доцент
Вольвач Оксана Василівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут

Кафедра Метеорології та кліматології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 103 "Науки про Землю"

(шифр і назва)

Освітня програма Метеорологія і кліматологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
метеорології та кліматології
Прокоф'єв О.М.

"28" жовтня 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

студентці Шидловській Лілії Ігорівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Динаміка показників режиму максимальної температури повітря у Закарпатті в умовах змін клімату

керівник роботи Катеруша Галина Павлівна, к. геогр. н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від "18" жовтня 2021 року № 216-С

2. Строк подання студентом роботи 13 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи максимальна добова температура повітря з січня по грудень в Ужгороді з 1946 по 2018 рр. (результати спостережень), а також можливі її значення згідно зі сценаріями низького (RCP2.6), середнього (RCP4.5) та високого (RCP8.5) рівнів викидів парникових газів з 2021 по 2050 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Провести статистичне дослідження показників максимальної температури повітря (середнього максимуму, щорічного максимуму, абсолютного максимуму); проаналізувати очікувані часові зміни максимальної температури повітря і кількості днів з високою температурою за вказаними сценаріями. Визначити критерії ВМО і на їх основі виявити хвилі тепла для кожного місяця року, теплого і холодного періодів, розрахувати основні характеристики хвиль тепла, дослідити динаміку хвиль тепла (фактичних і очікуваних) та їх основних характеристик.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графіки часових змін показників режиму максимальної температури (кількості днів з високою температурою, максимальної добової температури, абсолютного, щорічного і середнього максимумів) та їх аномалій, визначених по фактичних і сценарних даних.

Графіки розподілу у часі хвиль тепла (фактичних і можливих) та їх тривалості.
Розподіл хвиль тепла в площинах кумулятивна температура – тривалість хвилі тепла і кумулятивна температура – амплітуда хвилі тепла.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Вивчення літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи	28.10-4.11. 2021 р.	92	відмінно
2	Формування бази даних по максимальній добовій температурі повітря	5.11-11.11 2021 р.-	98	відмінно
3	Визначення статистичних параметрів рядів максимальної добової температури та їх аналіз.	12.11-16.11. 2021р	95	відмінно
4	Аналіз очікуваних часових змін максимальної температури повітря і кількості днів з високою температурою за вказаними сценаріями у майбутньому.	17.11-21.11. 2021р	95	відмінно
5	Рубіжна атестація	22.11-26.11. 2021	95	відмінно
6	Визначити критерії ВМО, виявити хвилі тепла та розрахувати основні характеристики їх	27.11-5.12. 2021	98	відмінно
7	Дослідити динаміку хвиль тепла (фактичних і очікуваних за вказаними сценаріями) та їх основних характеристик.	6.12-9.12. 2021-	95	відмінно
8	Узагальнення отриманих результатів, формування висновків.	10.12-11.12. 2021	92	відмінно
9	Оформлення і надання керівникові роботи для складання висновку і перевірки на антиплагіат	12.12-13.12. 2021	95	відмінно
10	Перевірка на антиплагіат, складання протоколу	14.12-16.12. 2021		
11	Складання висновку та підписання авторського договору	17.12-20.12. 2021		
12	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		95	відмінно

Студент _____ Шидловська Л.І
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Катеруша Г.П.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема: «Динаміка показників режиму максимальної температури повітря у Закарпатті в умовах змін клімату»

Автор: Шидловська Л.І.

Актуальність проблеми. В останні десятиріччя проблема зміни клімату та її наслідків є одною з головних проблем розвитку світового співтовариства. Вона стосується не лише наукових, але й економічних та соціальних аспектів розвитку суспільства. Одним з першорядних проявів регіональних кліматичних змін на фоні глобального потепління є суттєве підвищення температури повітря, яке має певні ризики і для здоров'я людей. Такі зміни не минули й України, але їм характерні свої регіональні та локальні особливості, які проявляються у Закарпатті.

Метою даної роботи є дослідження динаміки показників максимальної температури повітря у Закарпатті (на прикладі Ужгорода) в умовах змін клімату, що вже відбулись, і які очікуються згідно деяких проєкцій змін клімату (RCP2.6, RCP4.5 і RCP8.5).

Відповідно до поставленої мети було розв'язано такі **задачі:**

- виявлено тенденції змін максимальної добової температури повітря та щорічного максимуму температури;
- проаналізовано статистичний розподіл максимальної температури повітря теплового періоду;
- виконано перевірку емпіричного розподілу щорічного максимуму температури на відповідність нормальному закону та визначено ймовірнісні характеристики;
- встановлено повторюваність кількості днів з високою температурою та проаналізовано її динаміку;
- оцінено відхил від норми сценарних характеристик максимальної температури повітря;
- визначено критерії ВМО для кожного дня року та виявлено хвилі тепла для кожного місяця року, теплового і холодного періодів;
- розраховано основні характеристики хвиль тепла;
- досліджено динаміку хвиль тепла (фактичних і очікуваних) та їх основних характеристик.

Об'єкт дослідження – максимальна добова температура повітря, хвилі тепла.

Предмет дослідження – кліматичні показники режиму максимальної температури повітря, фізико-статистичні характеристики хвиль тепла.

Методи дослідження – фізико-статистичний та кліматологічний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в багатосторонньому статистичному дослідженні часових особливостей показників режиму максимальної температури повітря на заході України та прогнозу їх змін за різними кліматичними сценаріями.

Практичне значення отриманих результатів. Показники режиму максимальної температури повітря та їх динаміка у Закарпатті можуть бути використані для зменшення негативних соціальних наслідків потепління клімату у цьому регіоні при розробці і впровадженні комплексу профілактичних заходів.

Магістерська робота в обсязі 67 сторінок складається з 3 розділів, висновків, переліку посилань з 34 джерел, одного додатку, містить 23 рисунків та 25 таблиць.

Ключові слова: зміни клімату, максимальна температура повітря, хвилі тепла та їх показники, критерії для виявлення хвиль тепла, динаміка хвиль тепла, сценарії змін клімату.

Summary

Theme: «Dynamics of maximum air temperature in Zakarpattya in the conditions of climate changes»

Author: Shydlovska L.I.

Urgency of the issue. In recent decades, the problem of climate change and its consequences is one of the main problems of the world community. It concerns not only scientific but also economic and social aspects of society's development. One of the primary manifestations of regional climate change in the context of global warming is a significant increase in air temperature, which has certain risks to human health. Such changes have not escaped Ukraine, but they are characterized by their regional and local features, which are manifested in Zakarpattya.

Aim of this study is a study of the dynamics of maximum air temperature in Zakarpattya (on the example of Uzhgorod) in the context of climate changes, which has already occurred and is expected according to some projections of climate change (RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5).

According to aim assigned **such tasks** are solved:

- tendencies of changes of the maximum daily air temperature and the annual maximum temperature are revealed;
- the statistical distribution of the maximum air temperature of the warm period is analyzed;
- the empirical distribution of the annual maximum temperature for compliance with the normal law was checked, and the probabilistic characteristics were determined;
- the recurrence of the number of days with high temperature was established, and its dynamics were analyzed;
- deviation from the norm of scenario characteristics of maximum air temperature is estimated;
- WMO criteria for each day of the year are defined and heat waves for each month of the year, warm and cold periods are identified;
- the main characteristics of heat waves are calculated;
- the dynamics of heat waves (actual and expected) and their main characteristics are studied.

Objects of scientific research -maximum daily air temperature, heat waves..

Subject of scientific research - climatic indicators of the maximum air temperature regime, physical and statistical characteristics of heat waves..

Methods of scientific research is statistical and climatic analysis.

Scientific novelty of results obtained results lies in the multifaceted statistical study of the temporal features of the maximum air temperature in western Ukraine and the forecast of their changes in different climatic scenarios.

Practical importance of results obtained. Indicators of maximum air temperature and their dynamics in Zakarpattya can be used to reduce the negative social consequences of global warming in the region in the development and implementation of a set of preventive measures.

Master thesis of 67 pages consists of three chapters, conclusions, bibliography of 34 sources, one annexes, contains 23 figures and 25 tables.

Keywords: *climate change, maximum air temperature, heat waves and their indicators, criteria for detecting heat waves, dynamics of heat waves, climate change scenarios.*

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	7
1	ЗМІНИ КЛІМАТУ В УКРАЇНІ ТА ЇХ НАСЛІДКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ.....	9
	1.1 Загальна характеристика глобальних змін клімату.....	9
	1.2 Динаміка режиму температури повітря на території України.....	12
	1.3 Зміни клімату і здоров'я населення.....	15
2	МАКСИМАЛЬНА ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ З ХХ-го ДО СЕРЕДИНИ ХХІ-го СТОЛІТТЯ.....	21
	2.1 Характеристика вихідних даних.....	21
	2.2 Кількість днів з високою температурою.....	21
	2.3 Часовий розподіл середнього максимуму температури повітря.....	25
	2.4 Абсолютний максимум температури повітря температури повітря та його динаміка.....	28
	2.5 Статистичний розподіл максимальної температури повітря теплого періоду та визначення теоретичних частот.....	31
	2.6 Можливі зміни максимальної температури повітря та кількості днів з високою температурою.....	35
3	ДИНАМІКА ХВИЛЬ ТЕПЛА (ФАКТИЧНИХ І МОЖЛИВИХ).....	40
	3.1 Основні критерії для виявлення хвиль тепла.....	40
	3.2 Методика дослідження.....	43
	3.3 Визначення критеріїв ВМО для виявлення хвиль тепла в Ужгороді.....	44

3.4	Хвилі тепла, які спостерігались з середини ХХ-го сторіччя до 20-их років ХХІ-го сторіччя.....	46
3.5	Тенденція змін основних показників хвиль тепла у часі.....	48
3.6	Очікувані хвилі тепла за різними сценаріями.....	55
	ВИСНОВКИ.....	59
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	62
	ДОДАТОК А.....	66

ВСТУП

Зміни клімату є одною з найактуальніших проблем сучасності. Вивченню минулих, нинішніх і можливих змін клімату останнім часом приділяється велика увага, як в багатьох країнах світу, так і в Україні. При цьому для виявлення та оцінки змін клімату, зазвичай, використовують такі кліматологічні показники, як середні річні, середні місячні, екстремальні значення метеорологічних величин. Наразі провідною в проблемі змін клімату є оцінка динаміки максимальної температури повітря.

Максимальна температура – важлива ознака температурного режиму і характеризується більшою мінливістю у часі, ніж середня. Всебічне дослідження максимальної температури повітря, як складової температурного режиму, в умовах глобальних змін клімату є вкрай необхідною. Це зумовлено тим, що її коливання призводять до змін погодних умов, які мають як несприятливий, так і сприятливий вплив на здоров'я людини, соціально-економічний розвиток країни, довкілля.

У сучасних дослідженнях змін клімату до першорядних відносять і оцінку динаміки хвиль тепла – одного з показників режиму максимальної температури повітря – протягом минулих десятиліть і у майбутньому.

На сьогоднішній день не існує загально прийнятого визначення хвиль тепла. Найчастіше використовується визначення хвилі тепла, запропоноване Всесвітньою метеорологічною організацією на основі максимальної добової температури повітря, і відповідний критерій ВМО.

З точки зору здоров'я людини, хвиля тепла – це період, протягом якого спостерігається надзвичайне напруження терморегуляції організму, підвищений ризик захворюваності та смертності, особливо від захворювань серцево-судинної, дихальної системи.

У роботі досліджено часовий розподіл максимальної температури

повітря протягом року на основі спостережень в Ужгороді (1946-2018 рр.), а також згідно зі сценаріями низького (RCP2.6), середнього (RCP4.5) та високого (RCP8.5) рівнів викидів парникових газів з 2021 по 2050 рр.. Виявлено тенденції змін максимальної добової температури повітря та щорічного максимуму, проаналізовано статистичний розподіл максимальної температури повітря теплого періоду, виконано перевірку емпіричного розподілу щорічного максимуму температури на відповідність теоретичному (нормальному) закону та визначено ймовірнісні характеристики. Крім того, проаналізовано очікувані часові зміни максимальної температури повітря і кількості днів з високою температурою за вказаними сценаріями.

Виявлено хвилі тепла для кожного місяця року, теплого і холодного періодів на основі визначених нами критеріїв ВМО, розраховано основні характеристики хвиль тепла, досліджено динаміку хвиль тепла (фактичних і очікуваних за вказаними сценаріями) та їх основних характеристик, проведено аналіз отриманих результатів.

Проведене дослідження показало, що процеси потепління клімату в Закарпатті активізувались відносно кліматичної норми і у майбутньому вони будуть посилюватись. Зменшити масштаби наслідків цього явища (змін клімату) особливо для здорових людей все ще можна, якщо політичні лідери країни здійснять невідкладні заходи у цьому напрямку.

Робота виконувалась в рамках науково-дослідної теми № 180 «Оцінка впливу змін клімату на поновлювальні та невичерпні природні ресурси України». Реєстраційний номер 0117U002423.

1 ЗМІНИ КЛІМАТУ В УКРАЇНІ ТА ЇХ НАСЛІДКИ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ

1.1 Загальна характеристика глобальних змін клімату

Клімат на нашій планеті змінюється і змінюється достатньо швидко – цього вже не заперечує ні один вчений. Міжурядова група експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) у своїй Четвертій оціночній доповіді підтвердила наявність неспинного потепління клімату практично у всьому світі. А в своїй П'ятій доповіді МГЕЗК зазначає, що глобально усереднені, сукупні дані про температуру поверхні суші та океану за період 1880-2012 рр. (саме за цей період є чисельні, незалежно здобуті, масиви даних), визначені на основі лінійного тренду, свідчать про потепління вже на 0,85 °C (0,65-1,06 °C). Зростання температури відбувається нерівномірно по поверхні Землі. Максимальне підвищення температури відмічається у середніх і субполярних широтах Північної півкулі над континентами, де воно досягає 1,7 і 2,0 °C відповідно за століття. Підвищується рівень моря, тануть льодовики і змінюється характер атмосферних опадів. Екстремальні метеорологічні явища стають більш інтенсивними і частими[1].

Хоча потепління не є рівномірним по всій планеті, тенденція до підвищення середньої глобальної температури повітря біля земної поверхні показує, що більше областей нагріваються, ніж охолоджуються. Так згідно «Глобального кліматичного огляду NOAA» 2019 р., з 1880 року загальна температура суші та океану підвищилась в середньому на 0,07 °C (0,13 °F) за десятиріччя; проте середня швидкість підвищення її з 1981 р. (0,18°C/0,32 °F) зросла, більше, ніж удвічі [2]. На карті NOAAClimate.gov, оснований на даних NCEI, виділено: зони, які нагрілись до 1 °F за останні 30 років, мають

червоний колір, області, що охолодилися 1 °F– сині, а місця, де недостатньо спостережень для розрахунку тенденції, – світло-сірі (рис. 1.1).

Всі 10 найтепліших років за всю історію спостережень припадає на період з 1998 року, а 9 з 10 – з 2005 року. 1998 рік – єдиний рік двадцятого сторіччя, що все ще входить у десятку найтепліших років за всю історію спостережень. Впливає закономірність: за винятком 2011 року, коли кожен новий рік додається до історичних даних, він стає одним з 10 найтепліших за всю історію спостережень у той час, але у підсумку замінюється вікном «першої десятки» зсувається вперед у часі.

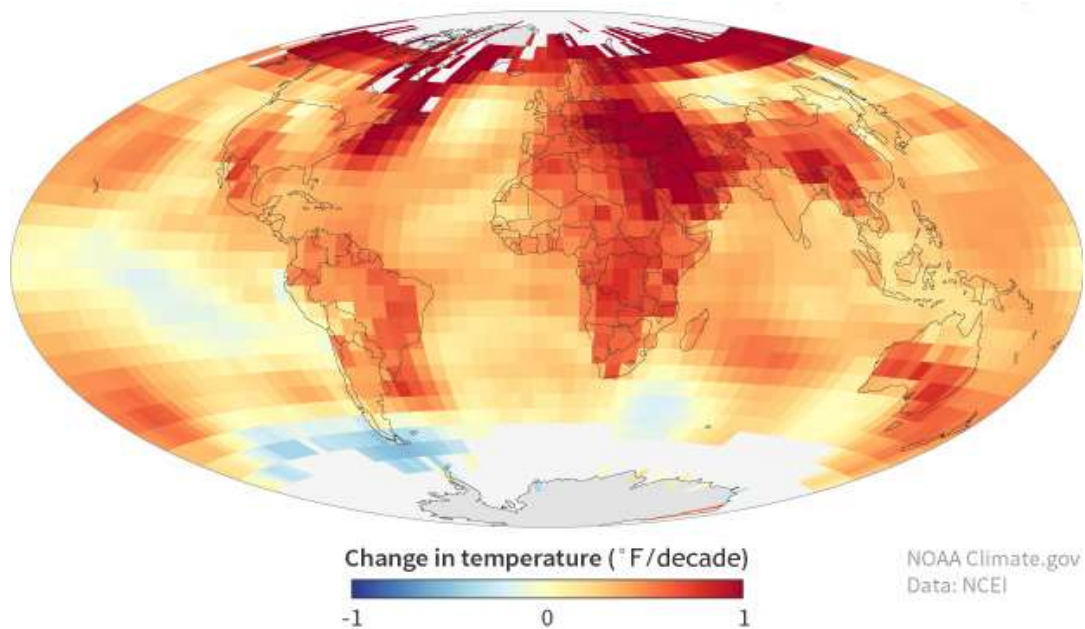


Рисунок 1.1 – Зміни середньої глобальної приземної температури з 1990 по 2019 рр. [2]

Основним висновком у П'ятій доповіді МГЕЗК є ствердження: надзвичайно імовірно (імовірність 95-100%), що антропогенний вплив на кліматичну систему був основною причиною потепління, яке спостерігається з середини ХХ-го століття [1].

На рис. 1.2 показано відхил глобальної середньої річної температури повітря біля поверхні Землі від середньої температури 20-го сторіччя, який свідчить про стале і досить суттєве підвищення температури.

Одним з наслідків потепління клімату є зростання кількості днів з аномально високою температурою. Вплив змін клімату на здоров'я людини різноманітне. Проте, одним з найбільших прямих впливів на здоров'я в результаті потепління клімату, як очікується, буде зростання серцево-судинних захворювань і захворювань дихальної системи та підвищення смертності від них [3].

Хоча зміна клімату є глобальним явищем, її наслідки будуть поширюватись нерівномірно. Вчені згодні у тому, що перший і найпотужніший удар випробовуватимуть країни, які розвиваються, та острівні держави. Таким чином, зміни клімату можуть посилити проблеми в області охорони здоров'я, які вже мають серйозний характер, стосуються переважно саме цих країн і важко переборні.

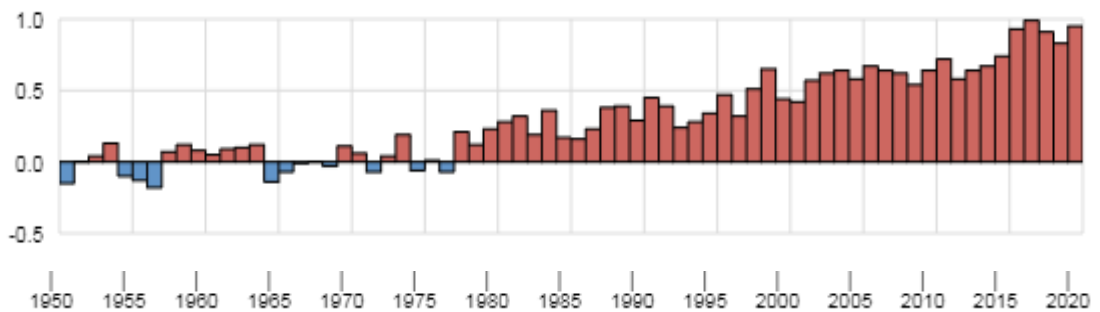


Рисунок 1.2 – Аномалії глобальної середньої температури повітря, °C [2]

Зміни клімату впливають на всі групи населення, але першочергові загрози для здоров'я варіюють у великому діапазоні в залежності від того, де і як живуть люди. Очікується, що найбільш важкими будуть наслідки для здоров'я людей похилого віку, а також для інвалідів і хворих людей. Групами населення, на які, по всій імовірності, ляже основна частина тягаря хвороб, стануть діти і незаможні люди, особливо жінки. Основні хвороби, найбільш чутливі до змін клімату – діарея, трансмісивні хвороби, такі як малярія, та інфекції, пов'язані з нестачею їжі [4].

За висновками МГЕЗК Україна відсутня у переліку найбільш уразливих регіонів нашої планети до глобального потепління. Проте зміни, які очікуються у майбутньому на території країни впродовж двадцять першого сторіччя будуть достатньо істотними та впливатимуть на стан довкілля і всі галузі життєдіяльності людини.

1.2 Динаміка режиму температури повітря над територією України

Динаміка клімату України, як регіонального, значною мірою уособлює характерні риси змін глобального клімату: він чутливий до змін глобального клімату, що підтверджується подібністю багаторічного ходу аномалії глобальної та регіональної температури повітря. Дослідження, проведені вченими країни за фактичними даними метеорологічних спостережень протягом ХХ століття, дозволили встановити ефект сезонно-географічного вирівнювання кліматичного поля приземних температур під впливом глобального потепління. За цей період потепліли, головним чином, північні регіони України в холодне півріччя. При цьому це потепління значно перевищує глобальний рівень, який практично співпадає з середнім для всієї території України. Найбільш інтенсивно збільшилась температура повітря в окремі зимові місяці у Поліссі і Лісостепу. Середня температура місяців теплого періоду або практично не змінилась, або трохи знизилась [5].

Зміна температури повітря на території України має регіональні особливості. І хоча на значній території країни за останні роки середня за рік температура підвищилась на $0,8^{\circ}\text{C}$ порівняно з кліматичною нормою, проте, на північному сході ці зміни більш суттєві $-1,2-1,4^{\circ}\text{C}$, у той час як у південному регіоні та Карпатах вони становлять $0,6^{\circ}\text{C}$, а на Південному березі Криму температура повітря змінилась несуттєво (рис. 1.3) [6].

Слід зазначити, що швидкість потепління зростає. Якщо за період 1960-2010 рр. швидкість зміни середньої, мінімальної та максимальної температури за рік становила приблизно $0,3^{\circ}\text{C}/10$ років, то протягом 1981-2010 рр. вона прискорилась і дорівнювала вже в середньому $0,5^{\circ}\text{C}$ за 10 років. При цьому середня річна температура повітря відносно кліматичної норми (1961-1990 рр.) стала вищою на $0,8^{\circ}\text{C}$ з 1991 по 2014рр.. Найбільший вплив на зміни річної температури України мали літній та зимовий сезони: їх середня температура за останній період зросла на $1,3$ та $0,9^{\circ}\text{C}$ відповідно. При цьому суттєвіше підвищилась температура повітря у січні ($2,3^{\circ}\text{C}$) та липні ($1,4^{\circ}\text{C}$) [6].



Рисунок 1.3 – Просторові особливості відхилення ($^{\circ}\text{C}$) середньої за рік температури (1991-2013рр.) від кліматичної норми [6]

Зростання середньої за рік та місяць температури повітря зумовлено збільшенням мінімальної та максимальної температури впродовж року. При цьому у холодний період відмічається суттєве зростання мінімальної температури, а в теплий – максимальної [7]. Значне зростання максимальної і мінімальної температури зумовило скорочення тривалості холодного

періоду (5-28 днів), кількості морозних днів та пом'якшення суворості зими. Зменшується тривалість стійкого снігового покриву, а в останнє десятиріччя у деяких регіонах він не утворюється зовсім.

В Україні відмічається тенденція до подовження тривалості теплого періоду, який починається навесні на 15-20 днів раніше і закінчується восени на 1-6 днів пізніше. Збільшилась тривалість літнього періоду. Підвищення максимальної температури зумовило збільшення кількості спекотних днів, тривалості періодів з такою температурою та кількості їх. У багатьох регіонах збільшення кількості спекотних днів супроводжується підвищенням відносної вологості, тобто зростає кількість днів із задухою, яка несприятливо впливає на самопочуття та здоров'я людини [8].

Результати спостережень гідрометслужби країни свідчать, що середня річна температура повітря на більшій частині країни (за винятком півдня) протягом періоду з кінця XIX ст. до 2014 року підвищилася щонайменше на 1,5 °C. У змінах температури можна виділити три періоди. Протягом першого (від початку спостережень приблизно до 1940 р.) температура зростала. У наступні чотири десятиліття (до 1980 р.) помітні зміни не спостерігалися. Упродовж третього періоду, що розпочався в 1981 р., відбувається стрімке підвищення температури [8].

Дослідження МГЕЗК, показали, що зміна клімату України відбувається синхронно зі змінами глобального клімату, але з власними специфічними особливостями: у всі пори року, спостерігаються різкі перепади добової температури повітря у межах 10-15 °C протягом доби [8].

Зміни у циркуляційних процесах стали результатом змін глобального клімату, а це в свою чергу призводить до помітних змін клімату окремих регіонів. Так на Закарпатті (Рахівський район) протягом останніх десятиліть в цілому спостерігається стійке зростання температури повітря у всі місяці року. Найбільші зміни в регіоні відмічаються влітку, у той час як в інших областях України температура максимально підвищилася взимку. При цьому

у холодний сезон відмічається суттєве зростання мінімальної температури (на 1,0 °С), а теплий – максимальної (до 1,7 °С), як видно на рис. 1.4 [9].

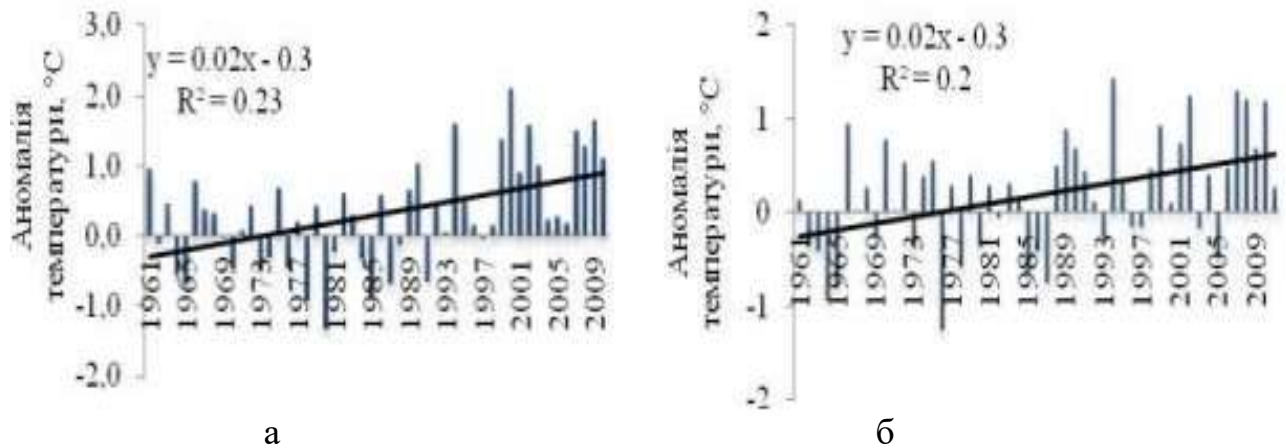


Рисунок 1.4 – Зміна щорічних екстремальних значень (а – максимальної та б – мінімальної) температури повітря (1991-2011 рр.) відносно кліматичної норми [9]

До середини ХХІ ст. зміни клімату, які спостерігались в Україні та на Закарпатті протягом останніх двадцяти років будуть продовжуватись. При збалансованому розвитку суспільства (сценарій А1В) у регіоні можна очікувати подальше підвищення як середньої, так і максимальної та мінімальної температури протягом усього року [9].

Своєчасне передбачення змін клімату наразі допоможе оцінити їх вплив на людину і природні системи, що буде сприяти розробці та прийняттю превентивних заходів, спрямованих на адаптацію та пом'якшення негативного впливу таких змін.

1.3 Зміни клімату і здоров'я населення

Всесвітня організація охорони здоров'я упродовж останніх років підкреслює, що ризики для здоров'я людей, які зумовлені змінами клімату, є

вагомими та розповсюдженими у всьому світі. Очікується, що за період 2030-2050 рр. зміни клімату призведуть до приблизно 250000 додаткових смертей за рік лише від недоїдання, малярії, діареї та теплового стресу. За оцінками, до 2030 року прямі збитки здоров'ю становитимуть від 2 до 4 мільярдів доларів США на рік. Отже, кліматичні зміни – найсерйозніша загроза для здоров'я людства. Через це спеціалісти охорони здоров'я у всьому світі вже проводять заходи щодо усунення шкоди, завданої здоров'ю [4].

Вплив змін клімату на здоров'я людини здійснюється різними шляхами. Прямий вплив пов'язаний в основному з посиленням екстремальності клімату – збільшенням кількості днів з дуже високими і низькими температурами, частоти та інтенсивності повеней, штормів, тайфунів тощо. Непрямий, опосередкований, вплив відбувається через дію екологічних і соціально-економічних чинників. Він пов'язаний в основному зі зменшенням об'ємів доступної доброякісної питної води, зростанням площ посушливих земель, збільшенням частоти рівнів забруднення повітря за несприятливих метеорологічних умов, появою «нових» хвороб і зміною ареалів клімато-залежних хвороб людини тощо [1].

Потепління клімату призводить до змін умов поширення інфекційних хвороб людини, зокрема трансмісивних. При цьому змінюються умови існування популяцій переносників трансмісивних хвороб та умови розвитку збудників у переноснику, що спричиняє зміну можливостей передачі багатьох хвороб людини [1].

На рис.1.5 схематично надано можливий вплив (прямий і непрямий) кліматичних змін на здоров'я населення, що відбувається на фоні дії інших факторів не кліматичної природи [10].

Глобальні зміни клімату проявляються також в тому, що інтервал добових температур у багатьох районах Земної кулі зменшується. Мінімальна температура в середньому зростає майже у 2 рази швидше, ніж

максимальна. Кількість жарких днів підвищується, а холодних днів – зменшується.

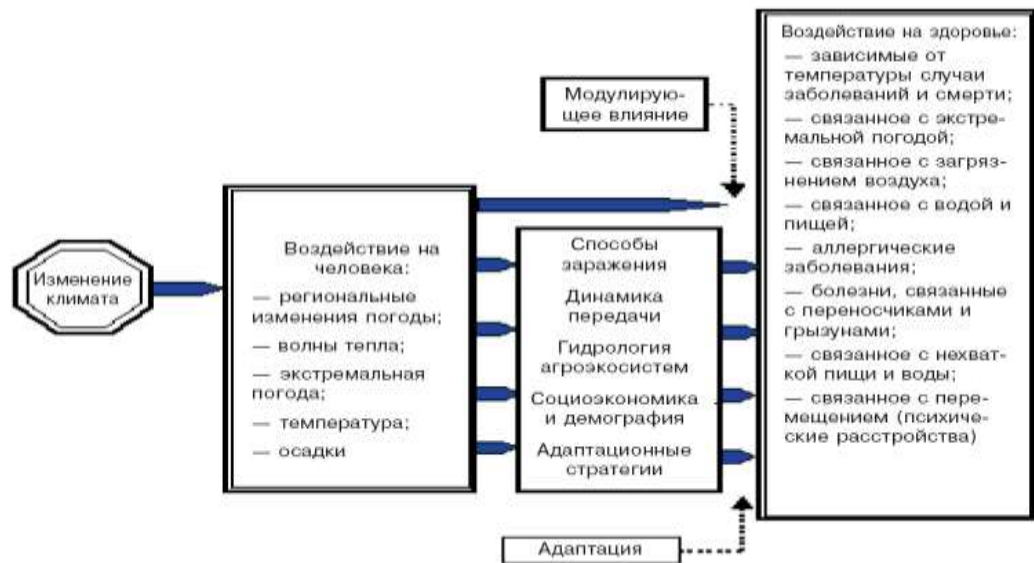


Рисунок 1.5 – Шляхи впливу змін клімату на здоров'я людини [10]

Очікується, що і у XXI столітті вплив діяльності людини буде продовжуватись через викиди парникових газів в атмосферу. Завдяки цьому буде змінюватись склад атмосфери і клімат.

У рамках сценаріїв, представлених МГЕЗК, глобальна середня температура підвищиться. Так, за період 1990-2100 рр. вона зросте на 1,4-5,8°C, що може стати катаклізмом для людей, що мешкають на нашій планеті.

Результати останніх досліджень з глобальною моделлю свідчать про те, що найпомітнішим потепління очікується на півночі Америки та у північних регіонах Центральної Азії, де за прогнозами, зростання температури перевищуватиме її глобальну середню величину на більше, ніж 40% [1].

Наслідки змін клімату будуть як негативними, так і позитивними для екосистеми, економіки і здоров'я населення. Зрозуміло, що основну увагу слід приділяти саме оцінці несприятливих наслідків змін клімату.

Так вже тепер, за оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я у Європі щорічно кліматичні зміни є причиною від 1 до 10% смертей серед старших вікових груп, а у світі – більше 150 тис. додаткових смертей і 55 млн

людино-років непрацездатності у рік. Це становить 0,3% загальної світової кількості смертельних випадків і 0,4% загальної світової кількості років непрацездатності [1].

До 2050 року очікується подальше збільшення кількості смертельних випадків, зумовлених потеплінням клімату, ще приблизно на 1-1,5%. Економічні збитки від додаткової смертності через кліматичні зміни у світі коливаються у великому інтервалі: від 6 до 88 млрд доларів за рік. Потепління відбувається нерівномірно по земній кулі, тому й уразливість до змін клімату в різних регіонах світу неоднакова (рис. 1.6)[1].

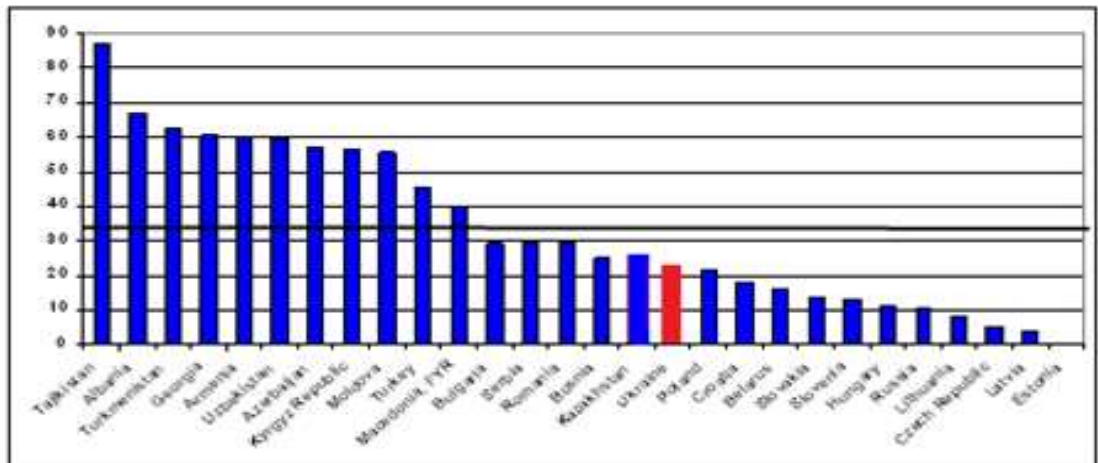


Рисунок 1.6 – Оцінка вразливості до змін клімату країн Східної Європи і Середньої Азії [1]

Найжаркішим літом за останні п'ятсот років в Європі визнано літо 2003 року. Аномально високі температури були зареєстровані у липні-серпні: в Англії – 38,1 °С, північних регіонах Італії – 40 °С, а у горах Австрії – 52 °С. У деяких містах за останні роки влітку різко зросла амплітуда коливань температури. Протягом 1-20 серпня 2003 року у Франції максимальна температура повітря була вищою за 35 °С і саме тоді кількість додаткових смертей збільшилась на 60% порівняно з таким показником у 1999-2002

роках за такий же період часу. Причому, найчастіше (у 70% випадків) вмирили люди похилого віку (старше 75 років) [11].

У жаркі дні загострювались різні хвороби серцево-судинної системи, наприклад, стенокардія, з появою болю у грудній клітці, головного болю, запаморочення, нудоти, відчуття втоми тощо [11].

Аналіз залежності смертності населення у п'ятидесяти містах США за 1998-2000 рр. від максимальної і мінімальної температури, кількості днів з високою і дуже низькою температурою виявив тісні зв'язки між екстремальними значеннями температури і смертністю від діабету. Смертність від серцево-судинних захворювань у цій країні більше залежала від екстремально низьких, ніж екстремально високих температур [12].

Надзвичайно жарка погода, особливо в областях з помірним кліматом, призводить до зростання захворюваності і летальних наслідків, оскільки населення таких регіонів часто дезадаптивоване до різких змін метеорологічних умов.

Слід зазначити, що наслідки потепління клімату для населення можуть бути різними у північних і південних регіонах, через те що мешканці півдня краще адаптовані до жару [13].

Вплив екстремальної літньої жару на здоров'я людини може посилюватися підвищенням вологості повітря. Періоди сильної жару зазвичай настають у синоптичних ситуаціях, які характеризуються чітко вираженим уповільненим розвитком і рухом повітряних мас, що веде до інтенсивного і затяжного теплового стресу. Проте навіть короточасні або помірні епізоди жару негативно впливають на здоров'я людини.

За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я річний показник додаткової смертності у літній період, яка може бути віднесена на рахунок змін клімату, до 2050 року зросте у декілька разів.

За даних експертів ВООЗ, в Україні щорічно кількість смертей, зумовлених впливом навколишнього середовища та екологічних чинників,

яким можна було б запобігти, становить 155 тис. або 19 % від показника загальної смертності [1].

У майбутньому населення України також може зіткнутися з такими явищами, як періоди екстремальної жари (холоду), повені, погіршення якості і безпеки харчових продуктів і води, поширення інфекційних захворювань, хвороб органів дихання, нирок, серцево-судинної та нервової систем, психічних розладів тощо. Тому вже тепер треба думати про створення систем попереджень про настання сильної спеки [1].

2 МАКСИМАЛЬНА ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ З ХХ-го ДО СЕРЕДИНИ ХХІ-го СТОЛІТТЯ

2.1 Характеристика вихідних даних

База даних, що використовувалась для дослідження, містила інформацію про максимальну добову температуру повітря з січня по грудень з 1946 по 2018 роки для станції Ужгород, яка розташована в західному регіоні країни. Ці вихідні дані отримано з сайту, що містить кліматичну інформацію для території Європи [14]. Крім того, було використано можливі значення максимальної добової температури повітря за всі місяці року з 2021 по 2050рр. за результатами моделювання згідно траєкторій RCP2.6 (низького рівнів викидів парникових газів), RCP 4.5 (помірний сценарій) і RCP 8.5 (жорсткий сценарій).

2.2 Кількість днів з високою температурою

Дослідження високих температур здійснюється, зазвичай, на основі аналізу перевищення температури певних заданих меж. Якщо температура повітря $\geq 25^{\circ}\text{C}$, то її прийнято вважати високою (дні з максимальною температурою в інтервалі значень $25,0\text{-}29,9^{\circ}\text{C}$ називають жаркими), а температуру $\geq 30^{\circ}\text{C}$ – дуже високою (дні з такою температурою – аномально жаркі або тропічні) [3, 15]. У цьому дослідженні будемо дотримуватись саме таких формулювань.

Зазначимо, що у визначенні цих понять досі не існує єдиної думки. Так, деякі російські дослідники, високими вважають максимальні добові температури повітря зі значеннями ≥ 30 °С абиякої тривалості. Аномально жарка погода означається максимальною за добу температурою ≥ 30 °С протягом п'яти діб і більше. Сильна жара має такі характеристики: значення максимальної за добу температури сягають ≥ 35 °С і вище протягом 3 діб і більше [16].

На теренах України максимальна за добу температура повітря, що досягає в південних, південно-східних та східних областях ≥ 35 °С, вважається небезпечною, а температура 40°С і вище – особливо небезпечною. У західних, північно-східних і північних областях країни небезпечною є температура ≥ 30 °С, а особливо небезпечною – температура ≥ 35 °С [17].

Саме перехід через зазначені межі найчастіше вивчається дослідниками в Україні [18,19, 20, 21, 22]. Аналізується тривалість періодів (у днях та годинах) перевищення вказаних порогів, розраховується їх ймовірність, крім того визначають і класифікують синоптичні ситуації, під час яких вони спостерігаються.

Нами досліджено динаміку повторюваності максимальної температури повітря в період з 1946 по 2018 рік на ст. Ужгород. У табл. 2.1 представлено ймовірність високої температури у місяці року, коли вона була зареєстрована, за весь доступний період спостереження (1946-2018 рр.), за період, прийнятий для визначення кліматичної норми (1961-1990 рр.), та решти років – 1991-2018 рр.

Результати розрахунків показують, що жаркі дні з 1961 по 1990 рр. в Ужгороді спостерігались кожного року з травня по вересень, а починаючи з 1991 року – з квітня по вересень. Якщо у першому періоді найчастіше вони виявлялись у липні і серпні (в середньому 13,1 дні на рік), то в другому – у серпні (14,3 дні) і кількість їх в основному зростає (крім липня і березня).

Аномально жаркі дні спостерігались з травня по серпень з найбільшою повторюваністю у липні (причому у другий період вона майже вдвічі більша, ніж у перший).

Таблиця 2.1 – Повторюваність (кількість днів) високої температури.
Фактичні дані за певні періоди

Градації,°С	Місяць							
	3	4	5	6	7	8	9	10
1961-1990								
25,0-29,9	0,07	0,8	5,9	10,4	13,1	13,1	5,8	0,3
30,0-34,9	-	-	0,4	2,6	4,4	3,8	0,2	-
35,0-39,9	-	-	-	-	0,03	-	-	-
1991-2018								
25,0-29,9	-	1,6	8,2	12,1	12,9	14,3	6,1	0,5
30,0-34,9	-	-	1,0	4,0	8,4	7,4	1,0	-
35,0-39,9	-	-	-	0,1	0,8	1,1	0,04	-
1946-2018								
25,0-29,9	0,03	1,2	6,9	11,6	13,1	13,6	6,3	0,3
30,0-34,9	-	-	0,6	2,9	6,1	5,1	0,7	-
35,0-39,9	-	-	-	0,03	0,3	0,5	0,01	-

Слід зазначити, що у серпні другого періоду можливі значення максимальної за добу температури повітря вище 35 °С кожного року, у червні та липні – 1 і 8 дні на 10 років відповідно, а жовтні – 4 дні на 100 років, тобто кількість їх порівняно з першим періодом зростає.

На рис. 2.1 для наочності наведено порівняння середньої кількості днів з досліджуваними температурами у два періоди. На рисунку добре видно переважання всіх градацій високої температури в останні роки відносно кліматичної норми.

На рис. 2.2 представлено графік, на якому наведено загальну кількість днів з температурою вище 30 і 35 °С, визначену в межах десятиріч.

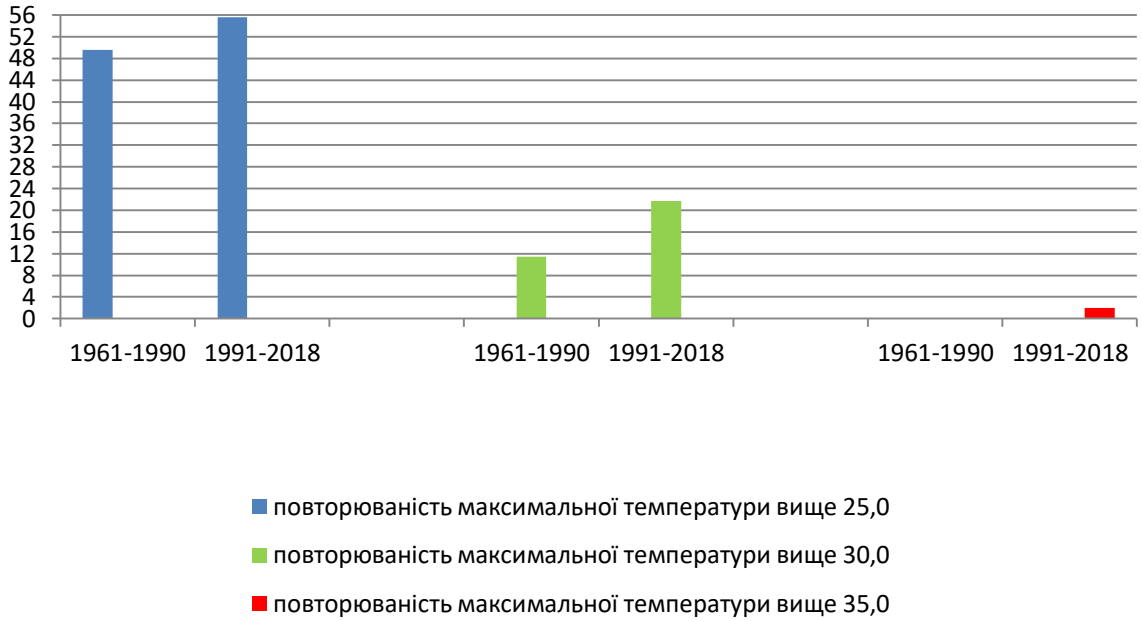


Рисунок 2.1 – Середня кількість днів з високою температурою

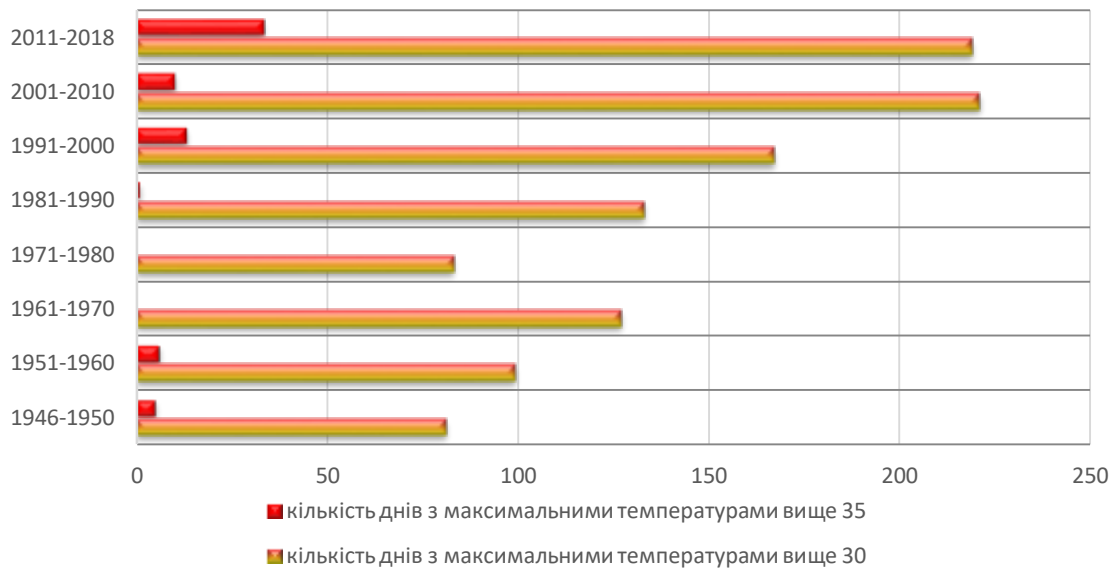


Рисунок 2.2 – Кількість днів з температурою вище 30 та 35°C

Отже, за останні три десятиліття простежується зростання кількості жарких і аномально жарких днів.

2.3 Зміни у часі середнього максимуму температури повітря

Максимальну температуру повітря визначають, головним чином, синоптичні процеси. Так, у теплу пору року висока температура повітря формується у стаціонарних антициклонах, які розташовані над півднем Європейської частини Росії та України, а також Чорним морем. У холодну пору року значне потепління зумовлюється адвекцією теплих повітряних мас, особливо з боку Середземного моря.

Режим максимальної температури, як відомо, можна характеризувати середнім максимумом, середнім з абсолютних максимумів та абсолютним максимумом. Середній максимум температура повітря означає найспекотнішу частину доби. У цей час відбувається найінтенсивніший турбулентний теплообмін, тому мікрокліматичні умови впливають на максимальну температуру менше ніж на мінімальну. Розраховується цей показник як середнє зі щоденних максимальних значень температури повітря.

У табл. 2.2 представлено середній максимум для всіх місяців року за стандартний кліматичний період (1961-1990 рр.) і останні майже три десятиріччя (1991-2018 рр.) та різниці між ними. З наведеної таблиці випливає, що найвищі значення найбільш імовірних денних температур повітря останнім часом спостерігаються у серпні (27,5 °C), а найнижчі – у січні (1,7 °C). І майже у всі місяці року середній максимум температури повітря відносно кліматичної норми підвищився.

Таблиця 2.2 – Середній максимум температури повітря (°C) за різні періоди та відхил його відносно норми

Період	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1961-1990 (I)	0,5	3,6	9,4	16,1	21,2	23,9	25,6	25,2	21,2	15,5	7,9	2,5
1991-2018 (II)	1,7	4,0	10,1	17,2	22,3	25,3	27,4	27,5	21,7	15,4	9,0	2,7
Аномалія (II-I)	1,2	0,4	0,7	1,1	1,1	1,4	1,8	2,3	0,5	-0,1	1,1	0,2

Для наочності на рис. 2.3 представлено різниці між середнім максимумом температури за останні майже тридцять років і стандартною кліматичною нормою протягом року. За період 1991-2018 рр. в Ужгороді середній максимум у всі місяці року (крім жовтня) перевищує норму від 0,2 °C (грудень) до 2,3 °C (серпень).

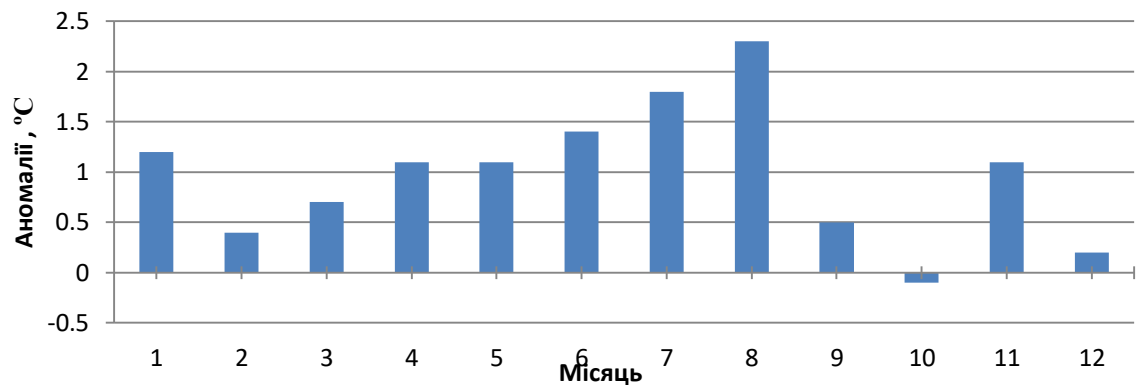


Рисунок 2.3 – Аномалії середнього максимуму температури повітря (°C) за 1991-2018 рр.

На рис. 2.4 показано зміну у часі максимальної добової температури повітря, осередненої по десятиріччях (середнього максимуму) на станції за доступний період спостережень та визначено лінійний тренд і його рівняння.

Аналіз представленого рисунку дозволяє зробити такі висновки. Взимку від одного десятиліття до другого чітко простежується тенденція на зростання середнього максимуму температури з середньою швидкістю 0,31 °C/10 років. Влітку в Ужгороді спостерігається загальна тенденція на зростання середнього максимуму температури, особливо, починаючи з 70-их років минулого століття і до сьогоднішнього часу (з 25,0 °C до 27,9 °C) зі швидкістю 0,26 °C/10 років. У перехідні сезони підвищення уповільнюється до 0,21 °C/10 років.

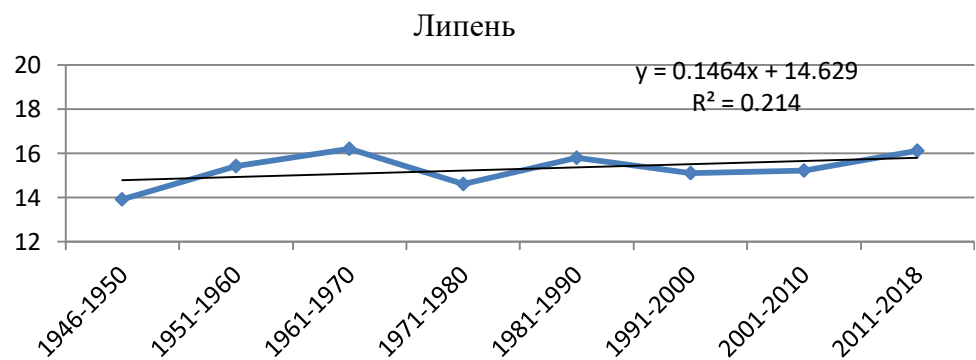
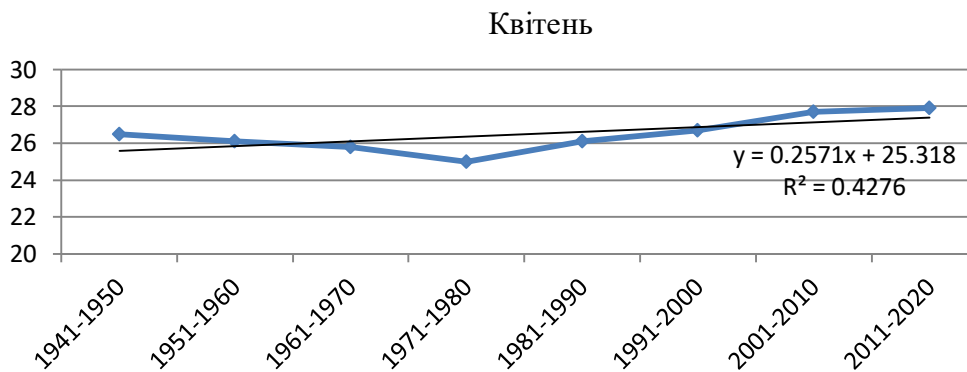
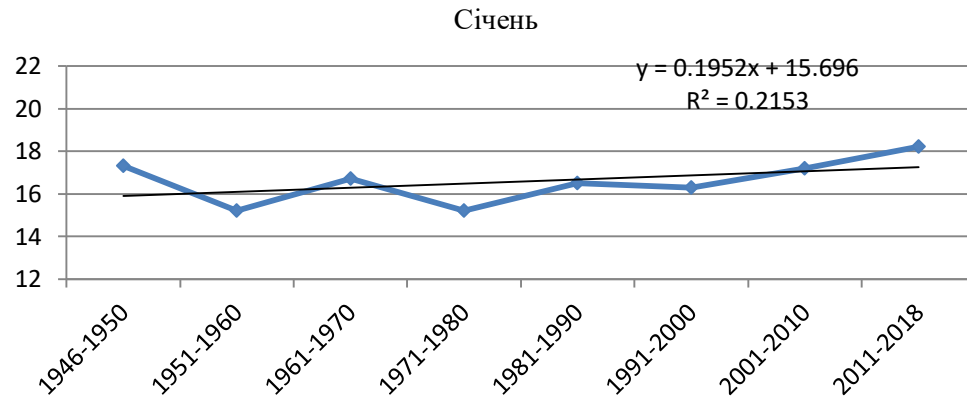
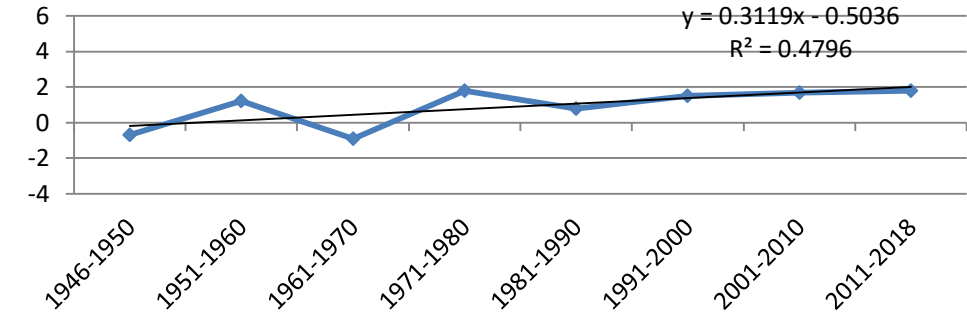


Рисунок 2.4 – Часовий хід максимальної добової температури повітря (°C), осередненої по десятиріччях

Отже, з кінця ХХ ст. і початку ХХІ ст. в Ужгороді чітко простежується зростання середнього максимуму температури повітря, причому найбільшим воно є у літні місяці, хоча в цілому по території країни багато досліджень свідчать про більше зростання її взимку.

2.4 Абсолютний максимум температури повітря та його динаміка

Найвища температура повітря, зафіксована за весь період спостережень на станції, або якийсь певний період, є абсолютним максимумом температури повітря.

Зазначимо, що абсолютний максимум і значення температури, наближені до нього, спостерігаються рідко. Протягом досліджуваного нами періоду в Ужгороді найвища максимальна температура повітря, була зареєстрована у липні 1952 року і становила 38,6 °С.

Найбільші значення максимальної температури повітря (35-40 °С) на території країни протягом року, зазвичай, спостерігається у літні місяці (червень-серпень), в окремі роки внаслідок аномального розвитку синоптичних процесів – у травні, вересні.

У табл. 2.3 представлено найвищі значення максимальної добової температури повітря $t_{доб}$ у кожному місяці року, які спостерігались під час досліджуваного періоду, і вказано коли це відбулось.

Таблиця 2.3 – Найвищі значення максимальної добової температури повітря (°С) протягом року. 1946-2018 рр.

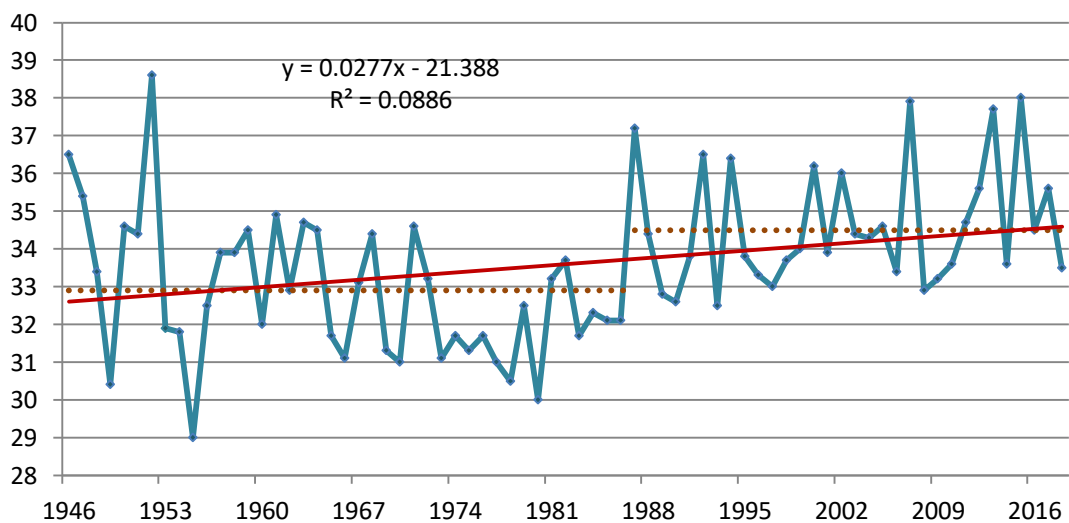
Показник	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_{доб}$	13,3	17,2	25,4	29,7	33,4	35,0	38,6	38,4	36,0	26,1	23,4	15,6
Рік	1975	1989	1974	2013	2003	2002	1952	1952	2015	2010	2018	1989

Цікаво, що абсолютний максимум температури в окремі місяці відзначався, починаючи з 1974 року, тобто приблизно з середини сімдесятих років, саме з цього часу у Північній півкулі потепління стало відбуватись з більшою інтенсивністю, ніж у попередні роки і триває до теперішнього часу [21]. Винятком стали лише два літні місяці – липень і серпень 1952 року.

Ще одним показником екстремальної температури повітря є щорічна максимальна температура. На рис. 2.5 показано зміну найвищої річної температури повітря в Ужгороді за досліджуваний період спостережень та визначено лінійний тренд і його рівняння. Отже, часовий режим щорічного максимуму має додатний тренд, що характеризує підвищення максимальної температури з часом (приблизно на 0,3 °C/10 років).

Побудованому ступеневому тренду щорічного максимуму притаманна достатньо суттєва зміна: температура зросла на 1,6 °C.

Зазначимо, що згідно досліджень, проведених авторами в [23], підкреслюється, що максимальна температура у західних областях та на крайньому північному сході знижується у 1961-2000 рр. порівняно з періодом 1961-1990 рр., і пояснюється це зміною циркуляційних умов, а саме: більш частим надходження морського вологого повітря з Атлантичного океану та холодних повітряних мас з північних районів.



Рисуюнок 2.5 – Часовий хід щорічного максимуму температури повітря, °C

Найпоказовішою характеристикою максимальної температури повітря вважається середній із абсолютних максимумів температури, що характеризує максимальну температуру повітря, яка може спостерігатися щорічно. І визначається він шляхом осереднення щорічних найвищих значень максимальної температури. У табл. 2.4 представлено середній із абсолютних максимумів температури для всіх місяців року за весь досліджуваний період (1946-2018 рр.), за стандартний кліматичний період (1961-1990 рр.) і останні майже три десятиріччя (1991-2018 рр.) та різниці значень цього показника у другому і першому періодах.

Таблиця 2.4– Середній із абсолютних максимумів температури повітря (°C) за різні періоди та відхил його відносно норми

Період	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1946-2018	8,0	10,8	18,3	24,4	28,4	31,0	32,8	32,4	28,5	23,2	16,5	10,2
1961-1990 (I)	7,7	10,6	18,2	24,0	27,9	30,4	32,1	31,1	28,0	23,2	15,9	9,7
1991-2018 (II)	8,6	11,4	18,7	25,2	29,3	32,0	33,8	33,7	28,7	23,7	17,2	10,1
Різниці (II-I)	0,9	0,8	0,5	1,2	1,4	1,6	1,7	2,6	0,7	0,5	1,3	0,4

З табл. 2.4 випливає, що з 1991 по 2018 рр. значення середнього з абсолютних максимумів температури відносно кліматичної норми у всі місяці року зросли: від 0,4 (грудень) до 2,6 °C (серпень), причому найбільше у літній сезон. Найвище значення абсолютного максимуму температури, можливе в Ужгороді щорічно, становить 33,8 °C у липні.

Результати досліджень сучасного клімату України до 2010 року, наведені в [24], теж свідчать про те, що в останні роки ХХ століття та на початку ХХІ століття тенденція зростання температури повітря до екстремальних значень посилилась.

2.5 Статистичний розподіл максимальної температури повітря теплого періоду та визначення теоретичних частот

Для більш детального аналізу зміни максимальної за добу температури повітря з часом у теплий період (травень-вересень) нами побудовано графіки, які характеризують емпіричний розподіл цієї температури в першій (1946) та останній (2018) роки обраного ряду спостережень в Ужгороді (рис. 2.6).

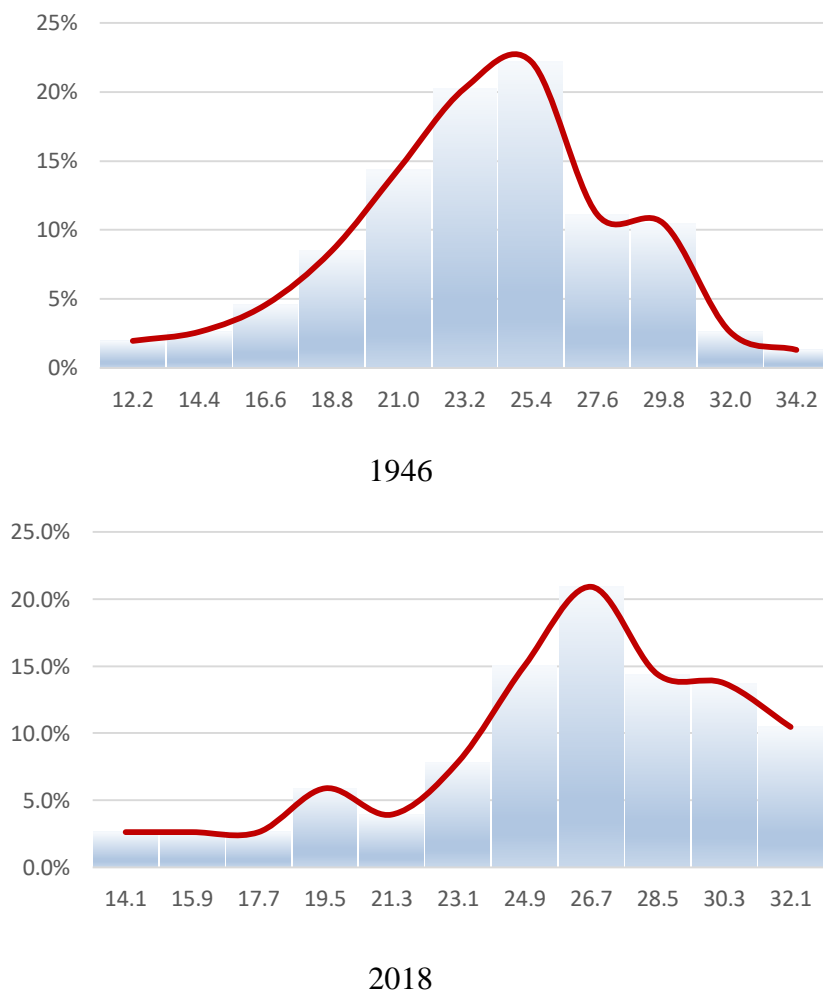


Рисунок 2.6 – Емпіричний розподіл максимальної добової температури у теплий період в початковому (1946) та кінцевому (2018) роках вибірки

Зазначимо, що емпіричний розподіл добової максимальної температури повітря змінився впродовж досліджуваного періоду (рис. 2.6). Відбувся зсув

лівої (нижньої) межі емпіричного розподілу в бік більш високих значень, а правої (верхньої) межі – в бік нижчих значень, причому друге модальне значення в області більш високих значень температури перевищує аналогічне у першому році. Цікаво, що у 2018 році 95% всіх значень максимальної добової температури протягом теплого періоду мали значення нижче 32,6 °С, а у 1946 – нижче 31,4 °С; медіана зросла з 25,2 до 27,6 °С.

Важливе значення мають імовірнісні характеристики, які широко використовуються в практиці обслуговування різних напрямів діяльності людини. Ці характеристики можна дістати на основі дослідження законів розподілу окремих метеорологічних величин або комплексних показників, що враховують їх вплив. Правильно підібрана теоретична функція розподілу дозволяє розв'язувати велику кількість задач, пов'язаних з діагнозом і прогнозом стану метеорологічних величин.

Виходячи з цього нами спочатку виконано перевірку на відповідність емпіричного розподілу щорічного максимуму температури повітря нормальному закону, щільність ймовірності якого має вигляд

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_x} \exp\left\{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}\right\},$$

де m_x і σ_x – параметри нормального закону: власне математичне сподівання і середній квадратичний відхил [25].

Перевірка нульової гіпотези проводилась за допомогою критерію Пірсона:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - \tilde{m}_i)^2}{m_i},$$

де m_i та \tilde{m}_i – емпірична та теоретична частоти відповідно, k – кількість часткових інтервалів (градацій).

При використанні критерію χ^2 необхідно, щоб частота у кожній градації була не менше 5. Градації, які мають частоту менше 5, об'єднуються з сусідніми. Далі χ^2 порівнюють з $\chi_{кр}^2$, яке залежить від числа ступенів волі ν і рівня значущості α . Число ступенів волі ν розраховують за формулою $\nu = k' - S - 1$, де k' – кількість градацій після об'єднання, S – кількість параметрів, яким задається даний розподіл.

Для того, щоб зробити висновок про відхилення або прийняття нульової гіпотези, по довідкових таблицях необхідно визначити $\chi_{кр}^2(\alpha, \nu)$ [25].

У табл. 2.5 наведено алгоритм проведення перевірки відповідності емпіричного розподілу щорічної максимальної температури повітря нормальному закону. Рівень значущості α задавався таким, що дорівнює 0,05, $\nu = k' - 3$. Таким чином, $\chi^2 = 2,55$, $\chi_{кр}^2 = 5,99$ (при $\nu = 2$).

Порівняння розрахункових значень χ^2 з відповідними критичними значеннями його показало, що $\chi^2 < \chi_{кр}^2$. Через це нульова гіпотеза приймається, тобто емпіричний розподіл щорічної максимальної температури повітря можна апроксимувати нормальним законом розподілу

На основі визначених теоретичних частостей нормального закону розподілу розраховані інтегральні повторюваності та побудовано криву інтегрального розподілу щорічної максимальної температури повітря вище заданої межі (рис. 2.7).

А на основі побудованого графіка можна визначити імовірнісні характеристики. Найбільш важливими є значення щорічної максимальної температури повітря 5%-ної і 10%-ної забезпеченості (95-ий і 90-ий процентиль відповідно). Так, з імовірністю 5% (тобто 1 раз у 20 років) може спостерігатись максимальна річна температура вище 37,4 °С, а з імовірністю 10% (1 раз у 10 років) – вище 36,4 °С.

Таблиця 2.5 – Перевірка на відповідність емпіричного розподілу щорічної максимальної температури повітря нормальному закону розподілу та визначення інтегральної повторюваності

i	Вихідні границі		\tilde{x}_i	m_i	Нові границі		t_i	$f(t_i)$	\tilde{m}_i	$\frac{(m_i - \tilde{m}_i)^2}{\tilde{m}_i}$	p_i %	$P(X < x)$
	x_{i-1}	x_{i+1}			t_{i-1}	t_{i+1}						
1	29,0	30,0	29,5	1	-2,30	-1,80	-2,05	0,0488	1,8	0,13	2,5	100,0
2	30,0	31,0	30,5	3	-1,80	-1,30	-1,55	0,1200	4,4		6,1	97,5
3	31,0	32,0	31,5	12	-1,30	-0,80	-1,05	0,2299	8,4		11,7	91,4
4	32,0	33,0	32,5	11	-0,80	-0,30	-0,55	0,3429	12,5	0,18	17,3	79,8
5	33,0	34,0	33,5	19	-0,30	0,20	-0,05	0,3984	14,5	0,40	20,1	62,4
6	34,0	35,0	34,5	14	0,20	0,70	0,45	0,3605	13,2	1,34	18,3	42,3
7	35,0	36,0	35,5	3	0,70	1,20	0,95	0,2541	9,3		12,9	24,0
8	36,0	37,0	36,5	5	1,20	1,70	1,45	0,1394	5,1	0,50	7,1	11,1
9	37,0	38,0	37,5	3	1,70	2,20	1,95	0,0596	2,2		3,1	4,0
10	38,0	39,0	38,5	2	2,20	2,70	2,45	0,0198	0,7		1,0	1,0

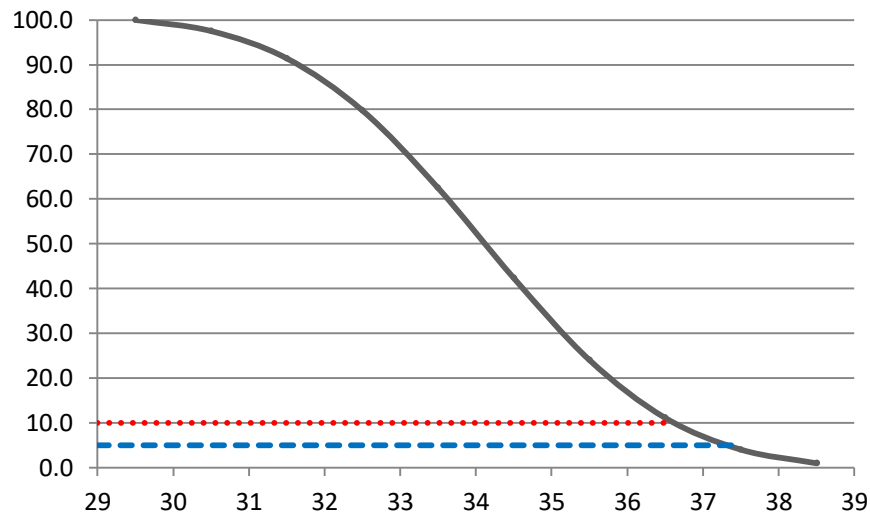


Рисунок 2.7 – Крива інтегрального розподілу щорічної максимальної температури повітря

Проведене нами дослідження дозволяє зробити висновок, що динаміка максимальної температури повітря в Закарпатті значною мірою уособлює характерні риси змін глобального клімату.

2.6 Можливі зміни максимальної температури повітря та кількості днів з високою температурою

Як вже згадувалось, на фоні глобальних процесів потепління одним з головних проявів регіональних змін клімату в Україні, є суттєве підвищення температури повітря, збільшення кількості стихійних метеорологічних явищ і екстремальних погодних умов. Тому наразі є актуальною оцінка можливих екстремальних проявів температурного режиму у часі в нашій країні.

Для передбачення змін кліматичної системи застосовуються кліматичні моделі різних рівнів складності. Ці моделі дозволяють визначити зміни на основі набору сценаріїв антропогенних впливів. У П'ятій доповіді МГЕЗК використовувався набір сценаріїв: Репрезентативні траєкторії концентрацій

(РТК або Representative concentration path– RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 і RCP8.5). Вони відповідають різним майбутнім антропогенним емісіям парникових газів протягом XXI-го століття. Відмінності в емісіях пов'язані з різноманітними можливими шляхами соціально-економічного розвитку світу. У стислому вигляді результати розрахунків, виконані в рамках 5-ої фази Проекту порівняння спільних моделей (ППСМ5) Всесвітньої програми досліджень клімату, надано в табл. 2.6 [26]. Наведені тут показники є глобальними. Фактично очікується значна диференціація їх для різних регіонів.

Таблиця 2.6 – Зміна середньої глобальної приземної температури (°C) по ансамблю моделей ППСМ5 відносно періоду 1986-2005 рр. [26]

Сценарій	2046-2065 рр.		2081-2100 рр.	
	Середня	Імовірний діапазон	Середня	Імовірний діапазон
RCP 2.6	1,0	0,4-1,6	1,0	0,3-1,7
RCP 4.5	1,4	0,9-2,0	1,8	1,1-2,6
RCP 6.0	1,3	0,8-1,8	2,2	1,4-3,1
RCP 8.5	2,0	1,4-2,6	3,7	2,6-4,8

У табл. 2.7 представлено очікувані значення середньої максимальної температури повітря T_{\max} за сценаріями RCP2.6, RCP4.5 і RCP8.5 та результати їх порівнянь з кліматичною нормою в Ужгороді.

Таблиця 2.7 – Порівняння середнього максимуму температури повітря для різних сценаріїв з кліматичною нормою, °C

Показник	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T_{\max} (норма)	0,5	3,6	9,4	16,1	21,2	23,9	25,6	25,2	21,2	15,5	7,9	2,5
T_{\max} (RCP2.6)	1,0	3,9	10,3	17,5	21,8	24,8	27,6	26,5	22,3	16,7	9,3	2,8
Аномалія	0,5	0,3	0,9	1,4	0,6	0,9	2,0	1,3	1,1	1,2	1,4	0,3
T_{\max} (RCP4.5)	1,6	4,0	9,1	15,1	19,7	24,0	26,3	25,9	21,7	14,8	8,4	3,1
Аномалія	1,1	0,4	-0,3	-1,0	-1,5	0,1	0,7	0,7	0,5	-0,7	0,5	0,6
T_{\max} (RCP8.5)	-0,4	1,0	6,9	14,8	18,3	20,7	24,4	23,2	19,9	13,9	7,3	1,5
Аномалія	-0,9	-2,6	-2,5	-1,3	-2,9	-3,2	-1,2	-2,0	-1,3	-1,6	-0,6	-1,0

В Ужгороді за сценарієм RCP2.6 середній максимум температури повітря зростає у всі місяці року (у липні – до 2,0°C), сценарієм RCP4.5 – з червня по лютий (крім березня), сценарієм RCP8.5 – вона зменшиться (найбільше у червні – на 3,2°C).

Для наочності на рис. 2.8 представлено аномалії середнього максимуму температури повітря для всіх згаданих сценаріїв.

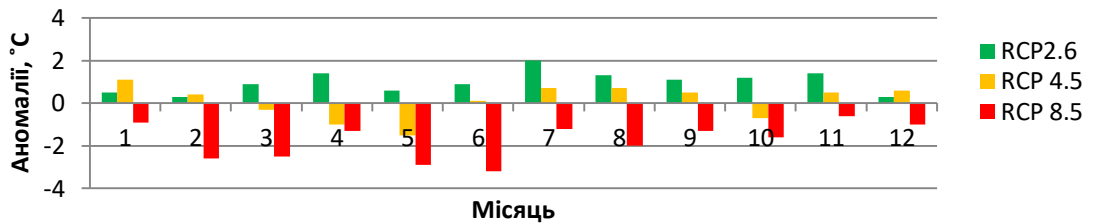


Рисунок 2.8 – Аномалії середнього максимуму температури повітря (°C) для різних сценаріїв відносно норми

На рис. 2.9 в якості прикладу наведено очікувану динаміку найвищої максимальної добової температури повітря у січні та липні з 2021 по 2050 рр. за сценарієм RCP2.6.

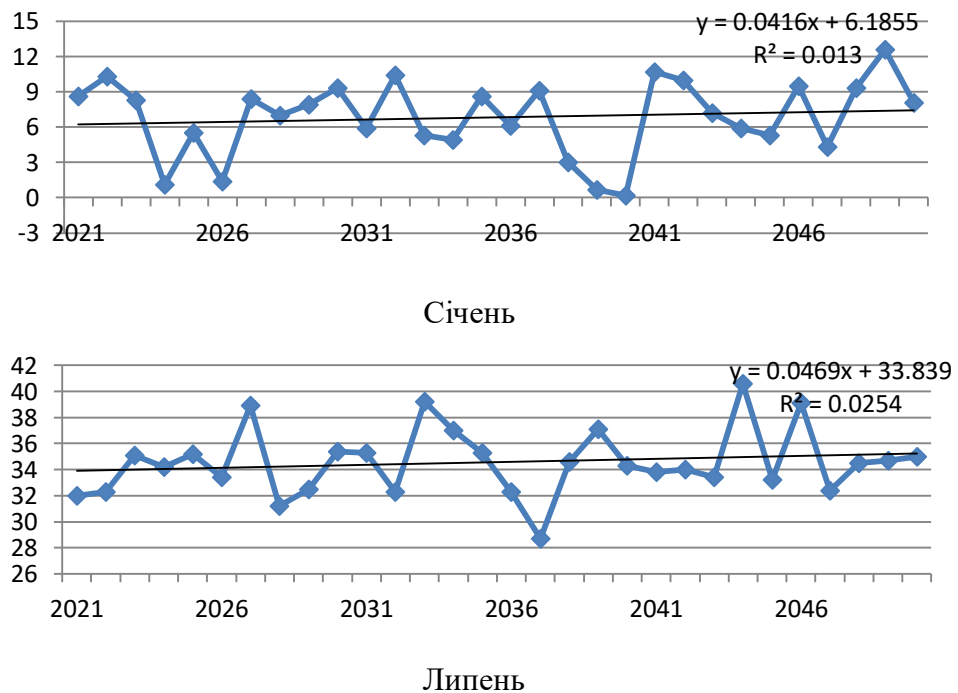


Рисунок 2.9 – Динаміка абсолютного максимуму температури повітря 2021-2050 рр. RCP2.6

Згідно з визначеним лінійним трендом, який характеризує динаміку цієї температури за тридцять років, очікується підвищення максимальної добової температури і взимку, і влітку зі швидкістю 0,41 і 0,46 °C/10 років відповідно.

Аналіз результатів проведених розрахунків за всіма згаданими сценаріями показав, що дні з температурою > 25 °C на заході країни очікуються щорічно з квітня по жовтень, але в окремі роки за сценарієм RCP2.6 вони можуть спостерігатись і у березні (рис. 2.10, табл. 2.8-2.10). Найбільша кількість їх в середньому за 30 років припадає на липень: 13-22 дні.

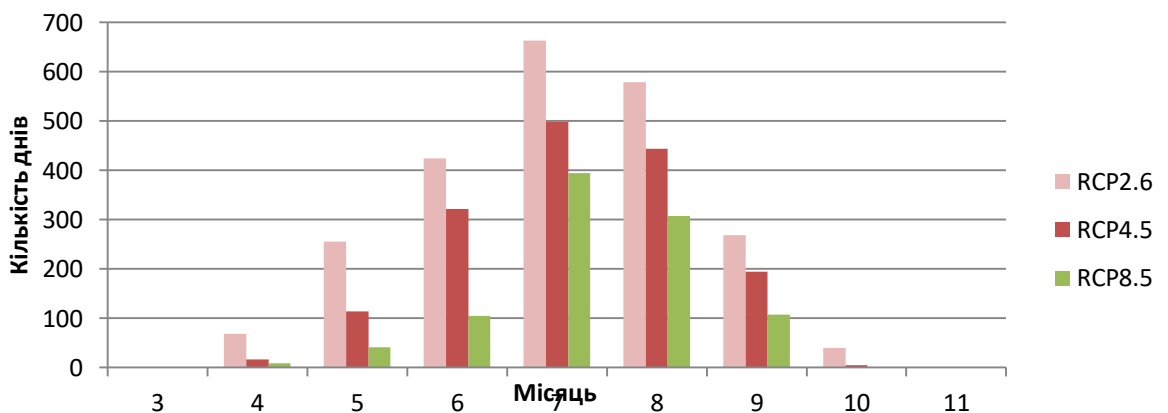


Рисунок 2.10 – Можлива кількість днів з температурою ≥ 25 °C за різними сценаріями

Таблиця 2.8 – Повторюваність кількості днів з високою температурою за сценарієм RCP2.6

Градації, °C	Місяць							
	3	4	5	6	7	8	9	10
25,0-29,9	0,03	2,3	7,6	9,7	12,0	11,5	6,9	1,3
30,0-34,9	-	0,03	0,9	4,3	8,0	6,6	1,8	-
35,0-39,9	-	-	-	0,2	1,2	1,1	0,2	-

Таблиця 2.9 – Повторюваність кількості днів з високою температурою за сценарієм RCP4.5

Градації, °C	Місяць						
	4	5	6	7	8	9	10
25,0-29,9	0,4	3,3	9,3	11,0	9,9	6	0,2
30,0-34,9	-	0,2	2,7	5,6	5,8	1,8	0,03
35,0-39,9	-	-	0,2	1,2	1,3	0,1	-
40,0-44,9	-	-	-	0,1	0,07	-	-

Таблиця 2.10–Повторюваність кількості днів з високою температурою за сценарієм RCP8.5

Градації, °C	Місяць						
	4	5	6	7	8	9	10
25,0-29,9	0,3	1,3	3,4	10,7	8,6	3,6	0,03
30,0-34,9	-	0,03	0,1	2,5	1,6	-	-
35,0-39,9	-	-	-	-	-	-	-

Якщо порівняти очікувані показники (табл. 2.8-2.10) з фактичними (табл. 2.1), то можна зазначити наступне. В Ужгороді за сценарієм RCP2.6, зазвичай, кількість днів з високою температурою за різними градаціями є вищою, за сценарієм RCP8.5 – нижчою, за сценарієм RCP4.5 – не так все однозначно. Таким чином, результати розрахунків за трьома сценаріями найчастіше суттєво різняться.

Слід зазначити, що основні результати проведеного дослідження режиму максимальної температури повітря було викладено на двох конференціях, за матеріалами яких опубліковано тези [27, 28].

3 ДИНАМІКА ХВИЛЬ ТЕПЛА (ФАКТИЧНИХ І МОЖЛИВИХ)

3.1 Основні критерії для виявлення хвиль тепла

Проблемі хвиль тепла наразі приділяється значна увага практично в усіх європейських країнах, а також у Сполучених Штатах Америки. Окремі дослідження присвячені вивченню повторюваності хвиль тепла за тривалий час на певних територіях, в багатьох працях висвітлюється вплив цього явища на живі організми, простежують взаємозв'язки між ступенем забруднення атмосферного повітря та хвилями тепла.

На сьогодні не існує лише одного універсального визначення хвиль тепла, яке б використовувалося як критерій для вияву такої аномалії у всіх дослідженнях. Пояснюється це тим, що в залежності від задач наукового дослідження або прикладного обслуговування господарської діяльності найбільше зацікавлення можуть викликати хвилі тепла певної тривалості або інтенсивності.

Хвилею тепла, зазвичай, вважають період тривалістю кілька діб, під час якого температура перевищує задану межу, але специфічні особливості цього поняття змінюються в залежності від фізико-географічного положення району дослідження тощо. Найчастіше використовується визначення, яке було рекомендоване Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО): хвиля тепла – це період, коли максимальна добова температура повітря більше 5 послідовних днів перевищує середню максимальну температуру для даного календарного дня за основний період (1961-1990 рр.) більше, ніж на 5°C або на 9° F [29].

Проте в різних регіонах і країнах використовують різні порогові значення температури та періоди їх тривалості (табл. 3.1). Так, у Данії під хвилею тепла розуміють період, протягом якого, хоча б три дні поспіль,

середня добова максимальна температура перевищувала 28°C більше, ніж на 50% всієї території країни. Хвиля тепла у Швеції визначається як період у 5 послідовних днів із середньою максимальною за добу температурою, що перевищує 25°C.

Таблиця 3.1–Найбільш поширені методики визначення хвиль тепла у світі [30]

Країна/автор/організація	Мінімальна тривалість, діб	Порогове значення температури, °C
Велика Британія (Global Platform)	5	Перевищення середньої максимальної температури на 5°C
Велика Британія (Holt and Palutikof, 2004)	кілька	30°C
ВМО	6	Перевищення середнього максимуму денної температури за період 1961-1990 роки щонайменше на 5°C
Данія	3	25°C (50% та більше території країни)
	3	28°C (50% та більше території країни)
Швеція	5	25°C
КНР	1	35°C
Нідерланди (Метеорологічне бюро)	5	25°C, за умови, що під час не менше 3-х діб спостерігається 30°C
США (Національна служба погоди)	2–3	32.2–37.8°C
Угорщина (Revesz A.)	3	26.6°C
Україна (Мартазінова та Остапчук, 2004)	2	Перевищення середньодобової температури повітря на 6–10°C на 80% території

Приземні хвилями тепла досліджували К.А. Васюков і Н.І. Зверев [31]. Вони визначали хвилі тепла, як підвищення середньої добової температури на $\geq 5^\circ\text{C}$.

При вивченні потеплінь в Україні у теплий період року хвилі тепла визначались як різке підвищення середньої добової температури повітря на

6-10°C одночасно на території більше 80%. Вони поділялись на короткочасні (тривалість 2-4 доби) та тривалі, які продовжувались більше тижня [32].

У метеорологічному словнику С.П. Хромова і Л.І. Мамонтової під хвилею тепла розуміють «значне потепління, яке поширюється у певному напрямку, пов'язане з адвекцією теплої повітряної маси».

Наведені вище критерії, які використовуються в різних країнах світу, для визначення хвиль тепла, є абсолютними порогами (або межами) температури.

У сприйманні людиною жаркої погоди соціальний фактор (культурні та соціальні звички) також відіграють суттєву роль. У містинах, де температури влітку найчастіше перевищують психологічний поріг, зазвичай складаються можливості для уникнення активних дій, зумовлені культурними звичками. Також може бути змінений і рівень соціально прийнятної активності. Отже, критичний поріг може перевищувати той, що отримано з врахування фізіологічного комфорту людини. У цьому випадку критичні значення вірогідно мають залежати від розподілу граничних (порогових) значень для типової теплої пори року [22].

Для визначення хвиль тепла за такими критеріями нерідко використовують крім абсолютних порогів (меж) температури, ще й відносні пороги її, що представляють собою процентилі. Найчастіше використовують наступні критерії: 1) 95-й процентилю, який описує інтенсивні хвилі тепла (розраховується по середніх добових значеннях максимальної температури повітря за період тривалістю п'ять днів, центральним днем його є кожен календарний день);

2) 90-й процентилю позначає такий комплекс погодних умов, за яких досить вірогідною є поява хвилі тепла (розраховується по середніх добових значеннях максимальної температури за період тривалістю також п'ять днів, причому центральним днем такого періоду є кожен календарний день) [30].

Хвиля тепла характеризується такими показниками, як тривалість (дні) та інтенсивність (кумулятивна температура). Кумулятивна температура – це сума різниць між максимальною добовою температурою повітря під час хвилі тепла і визначеним значенням середньої максимальної температури за цей період, тобто це сумарна максимальна температура (T_{MAX}) під час окремо взятої хвилі тепла [29].

Хвилі тепла підрозділяють за тривалістю, інтенсивністю та часом настання. За тривалістю вони поділені з врахуванням специфічних для певного міста середніх їх значень (кількості послідовних днів з явищем) на: короткотривалі хвилі тепла, коли тривалість коротша, ніж середня; довготривалі, коли тривалість однакова чи довша за середню.

Для дослідження хвиль тепла в Україні найзручнішим є визначення запропоноване ВМО, адже в ньому фіксованим є лише перевищення температури у 5°C , а значення середньої максимальної температури для кожної станції розраховуються окремо. Тобто саме ця методика враховує особливості температурного режиму кожного пункту, який досліджується, і не несе великого розрахункового навантаження, що сприяє отриманню однозначних результатів та усуває можливість помилки [29].

3.2 Методика досліджень

Для виявлення хвиль тепла використано метод, запропонований ВМО (див. п. 3.1), згідно з яким нами спочатку визначались критерії (значення середньої максимальної температури) для кожного дня року за період з 1961 по 1990 роки. Потім, виходячи, з визначення хвилі тепла і розрахованих критеріїв, виявлено хвилі тепла та обчислено їх основні фізико-статистичні показники.

Кожен рік поділено на два періоди: холодний (з жовтня по квітень) і

теплий (з травня по вересень). Саме з травня по вересень абсолютний максимум температури повітря $25,0^{\circ}\text{C}$ та вище спостерігається у 90% випадків, тому їх, зазвичай, і відносять до теплого періоду, а решту місяців – до холодного.

Для вивчення динаміки хвиль тепла з середини ХХ-го сторіччя до 20-их років ХХІ-го сторіччя (фактичних) і з 2021 по 2050 роки (можливих) в роботі використовувався статистичний аналіз найвищих добових температур в період з січня по грудень.

Всі розрахунки виконано за допомогою універсальної програми Excel.

3.3 Визначення критеріїв ВМО для виявлення хвиль тепла в Ужгороді

Критерії ВМО для виявлення хвиль тепла, як вже зазначалось вище, визначались на основі бази даних, що містила інформацію про максимальну добову температуру повітря з січня по грудень за період 1961-1990 рр. для станції Ужгород, яка знаходиться в Закарпатській низовині. Виявлення хвиль тепла проведено з врахуванням здобутого нами критерію, значення якого представлено у табл. 2.2.

Таблиця 3.2 – Значення критеріїв ВМО ($^{\circ}\text{C}$)

Число	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	7,2	7,3	9,8	19,1	23,4	27,3	29,9	32,3	28,3	23,4	15,1	9,7
2	6,4	7,4	10,1	18,7	23,3	27,2	29,6	31,8	28,5	23,0	15,7	9,8
3	6,9	8,0	10,2	19,6	23,3	27,7	30,1	31,8	29,2	23,0	15,8	8,7
4	7,3	8,1	10,8	19,9	24,3	28,3	30,2	31,3	28,6	22,6	16,4	8,1
5	5,7	7,6	12,4	21,2	25,7	28,1	29,9	31,5	28,5	23,1	15,5	7,7
6	5,4	7,3	12,4	21,8	25,9	28,0	30,3	31,6	28,6	22,5	15,8	7,7
7	4,7	7,2	12,5	21,3	25,3	28,0	29,9	32,2	28,1	22,6	15,4	7,6
8	3,6	6,9	12,7	20,9	24,8	29,4	30,2	32,2	27,1	23,2	14,0	7,4
9	2,8	7,5	13,1	21,1	24,7	28,8	29,9	31,0	27,1	22,9	14,4	7,6
10	2,9	7,7	13,2	20,2	24,3	28,7	29,5	30,9	26,6	22,5	14,4	7,2
11	3,6	8,4	12,1	20,2	25,8	27,5	30,2	30,5	26,2	21,9	14,1	7,1

Продовження таблиці 3.2												
12	4,0	8,5	12,3	20,4	26,3	28,3	30,7	30,4	26,4	23,1	13,6	7,1
13	4,3	8,7	12,6	20,4	26,5	28,8	31,2	30,4	25,9	22,3	13,2	6,4
14	3,9	9,0	13,4	19,6	27,0	28,6	31,9	30,6	25,8	21,3	13,3	6,1
15	5,0	9,4	14,0	19,9	26,8	28,5	31,5	31,2	26,4	20,8	12,2	5,8
16	5,5	8,9	14,6	20,8	27,0	28,8	31,1	31,4	26,5	20,7	12,4	7,0
17	5,0	9,1	15,1	21,5	27,0	28,1	31,5	31,1	26,4	21,2	12,4	7,7
18	4,9	8,8	14,5	20,6	27,2	28,8	31,0	30,6	25,5	20,0	12,5	7,1
19	5,7	8,6	14,9	20,5	28,0	29,6	30,4	29,2	25,3	19,4	12,1	8,0
20	5,7	9,4	15,2	21,2	27,9	29,5	30,9	29,3	25,7	19,6	11,4	8,3
21	5,5	9,3	15,5	22,3	27,1	29,1	30,6	29,6	25,7	19,1	11,4	7,2
22	5,5	9,3	15,9	22,2	26,4	29,6	30,1	29,2	25,8	18,2	11,0	7,3
23	6,3	9,9	16,4	22,2	26,3	30,5	31,3	28,4	24,9	18,3	11,6	7,7
24	6,9	10,4	15,6	22,3	26,3	30,1	31,6	28,6	24,6	18,2	11,4	6,8
25	6,3	10,4	16,4	22,3	28,2	31,5	32,6	27,9	24,8	18,0	11,3	7,0
26	5,8	10,4	17,0	22,2	27,3	30,2	30,5	28,3	23,9	18,2	10,6	6,5
27	6,2	9,5	17,7	22,1	27,6	30,7	30,8	28,3	23,6	18,1	10,3	6,7
28	6,9	8,6	18,4	22,0	27,4	30,7	30,5	28,9	23,5	17,9	10,9	6,8
29	7,3	10,4	18,3	22,5	27,5	29,8	31,2	29,0	23,8	17,2	9,6	7,7
30	6,7		18,7	23,7	27,4	29,0	30,8	28,3	23,7	16,6	9,6	8,7
31	7,8		19,3		27,1		31,6	28,3		15,9		7,7

З наведеної таблиці видно, що з 12 липня по 11 серпня (винятком є 16 та 28 липня) значення критерію були найвищі, протягом січня – вони найнижчі.

Визначені критерії для виявлення хвиль тепла зумовлюються максимальною температурою повітря, яка залежить від радіаційного режиму, процесів атмосферної циркуляції, а також фізико-географічних чинників

Отже, застосовуючи обчислені значення критерію ВМО в подальшому дослідженні виділялись хвилі тепла для кожного місяця року та для теплого і холодного періодів.

Слід зазначити, що розрахований температурний поріг (критерій) ідентифікує таке явище, як хвиля тепла, «екстремальне» для фізіологічної, соціальної і культурної адаптації.

3.4 Хвилі тепла, які спостерігались з середини ХХ-го сторіччя до 20-их років ХХІ-го сторіччя

Останнім часом через підвищення глобальної температури повітря, як зазначалось, і збільшенням мінливості клімату все більше уваги приділяється дослідженню повторюваності періодів з високою температурою. Проблемі хвиль тепла приділяється велика увага в багатьох країнах Європи та Сполучених Штатах Америки. Нами проведено дослідження хвиль тепла у Закарпатті. Виявлення хвиль тепла проведено з використанням критерію ВМО (табл. 3.2). Для проведення цієї частини дослідження використано значення максимальної добової температури повітря з січня по грудень для станції Ужгород, за період з 1946 по 2018 рр..

У табл. 3.3 і 3.4 наведено всі випадки хвиль тепла, які було виявлено за досліджувані роки для холодного періоду (листопад-квітень) і теплого (травень-жовтень), а також їх тривалість.

З цих таблиць видно, що в Ужгороді за 73 роки спостерігалось всього 149 хвиль тепла, причому у холодний період 86, а теплий – 63. Максимальна тривалість хвилі тепла була зафіксована 22.07-09.08.1994 р. і становила 19 днів, а у холодний період найтривалішою (18 днів) стала хвиля тепла з 08.04 по 25.04.2018 р..

Виявлено, що протягом року хвилі тепла тривалістю 6-8 днів мали найбільшу повторюваність. Причому, їх сумарна повторюваність у холодний період з 1946 по 2018 рік становить 66%, а теплий – 75% від загальної кількості хвиль. При цьому на хвилі тривалістю 6 днів припадає 29 і 33% відповідно у холодний і теплий періоди, 7 днів – по 22%, 8днів – по 15% в обидва періоди.

А от на хвилі тривалістю ≥ 10 днів припадає 21 і 13% відповідно в холодному і теплому періодах (табл. 3.4).

Таблиця 3.3 – Хвилі тепла та їх тривалість. Холодний період

№ п/п	Інтервал часу	Тривалість, дні	№ п/п	Інтервал часу	Тривалість, дні
1	29.11-06.12.1947	8	44	16.03-24.03.1990	9
2	25.01-02.02.1948	9	45	23.11-28.11.1990	6
3	02.03-08.03.1948	7	46	07.01-14.01.1991	8
4	16.04-21.04.1948	6	47	12.03-17.03.1991	6
5	20.11-29.11.1949	10	48	23.04-29.04.1993	7
6	08.12-19.12.1950	12	49	05.01-15.01.1994	11
7	09.01-15.01.1951	7	50	01.03-06.03.1995	6
8	21.04-26.04.1952	6	51	10.10-15.10.1995	6
9	10.12-16.12.1954	7	52	08.01-14.01.1996	7
10	04.11-11.11.1957	8	53	19.04-24.04.1996	6
11	14.12-26.12.1958	13	54	12.11-20.11.1996	9
12	30.11-06.12.1959	7	55	12.01-18.01.1998	7
13	05.12-14.12.1960	10	56	20.02-25.02.1998	6
14	04.04-09.04.1961	6	57	17.04-24.04.2000	8
15	02.12-07.12.1961	6	58	13.10-18.10.2000	6
16	19.04-26.04.1962	8	59	14.11-26.11.2000	13
17	18.04-26.04.1963	9	60	06.01-11.01.2001	6
18	26.02-04.03.1966	7	61	07.02-12.02.2001	6
19	19.04-27.04.1968	9	62	11.03-16.03.2002	6
20	12.11-17.11.1969	6	63	15.11-23.11.2002	9
21	11.01-17.01.1970	7	64	22.11-03.12.2003	12
22	21.01-28.01.1971	8	65	27.10-03.11.2004	8
23	15.03-23.03.1972	9	66	23.04-28.04.2006	6
24	27.02-03.03.1972	6	67	06.12-11.12.2006	6
25	12.04-17.04.1972	6	68	07.01-22.01.2007	16
26	24.03-30.03.1973	7	69	23.02-28.02.2008	6
27	11.02-20.02.1974	10	70	29.10-08.11.2008	11
28	19.03-25.03.1974	7	71	13.12-18.12.2008	6
29	13.01-20.01.1975	8	72	20.01-25.01.2009	6
30	08.03-15.03.1975	8	73	02.04-10.04.2009	9
31	11.01-16.01.1977	6	74	23.04-03.05.2013	11
32	20.02-26.02.1977	7	75	23.10-29.10.2013	7
33	25.02-06.03.1978	10	76	24.12-31.12.2013	8
34	05.12-13.12.1985	9	77	04.01-12.01.2014	9
35	03.04-10.04.1986	8	78	08.03-14.03.2014	7
36	24.04-01.05.1986	8	79	18.03-24.03.2014	7
37	24.11-01.12.1987	8	80	05.11-16.11.2014	12
38	04.01-12.01.1988	9	81	09.01-14.01.2016	6
39	10.04-16.04.1989	7	82	27.02-05.03.2017	7
40	14.12-24.12.1989	11	83	06.01-12.01.2018	7
41	24.01-02.02.1990	10	84	08.04-25.04.2018	18
42	06.02-11.02.1990	6	85	07.10-19.10.2018	13
43	21.02-27.02.1990	7	86	28.10-06.11.2018	11

Таблиця 3.4 – Хвилі тепла та їх тривалість. Теплий період

№ п/п	Інтервал часу	Тривалість, дні	№ п/п	Інтервал часу	Тривалість, дні
1	08.06-13.06.1946	6	33	29.04-04.05.2001	6
2	10.08-15.08.1946	6	34	09.07-16.07.2002	8
3	28.06-05.07.1947	8	35	05.05-13.05.2003	9
4	13.09-21.09.1947	9	36	03.06-13.06.2003	11
5	30.06-07.07.1950	8	37	26.05-31.05.2005	6
6	24.08-29.08.1950	6	38	19.07-29.07.2006	11
7	05.09-10.09.1951	6	39	21.05-26.05.2007	6
8	12.08-17.08.1952	6	40	05.06-10.06.2007	6
9	17.06-22.06.1954	6	41	15.07-24.07.2007	10
10	04.09-09.09.1954	6	42	19.08-27.08.2007	9
11	02.08-08.08.1963	7	43	15.07-21.07.2010	7
12	16.09-23.09.1963	8	44	19.05-24.05.2011	6
13	11.06-20.06.1964	10	45	30.05-07.06.2011	9
14	01.05-07.05.1969	7	46	23.08-30.08.2011	8
15	16.08-21.08.1974	6	47	27.04-04.05.2012	8
16	29.04-05.05.1977	7	48	30.06-11.07.2012	12
17	18.05-24.05.1979	7	49	20.08-26.08.2012	7
18	30.05-05.06.1979	7	50	30.08-05.09.2012	7
19	26.09-01.10.1981	6	51	06.05-11.05.2013	6
20	31.05-06.06.1982	7	52	15.06-22.06.2013	8
21	06.09-14.09.1982	9	53	03.08-10.08.2013	8
22	12.06-20.06.1986	9	54	07.06-12.06.2014	6
23	18.07-24.07.1987	7	55	06.06-14.06.2015	9
24	16.08-22.08.1989	7	56	05.08-16.08.2015	12
25	08.07-13.07.1991	6	57	25.08-02.09.2015	9
26	25.08-01.09.1992	8	58	14.09-19.09.2015	6
27	22.07-09.08.1994	19	59	07.09-17.09.2016	11
28	27.05-01.06.1995	6	60	31.07-06.08.2017	7
29	18.08-25.08.1995	8	61	28.04-05.05.2018	8
30	06.06-12.06.1996	7	62	26.05-01.06.2018	7
31	10.06-15.06.2000	6	63	18.08-25.08.2018	8
32	17.08-22.08.2000	6			

Області великих аномалій тепла, які тривалий час спостерігаються в одному регіоні, зазвичай пов'язують з малорухомими антициклонами, блокуючими західний перенос повітряних мас [33].

3.5 Тенденція змін основних показників хвиль тепла у часі

До показників хвиль тепла, як вже зазначалось, належать: їх повторюваність, тривалість, інтенсивність, амплітуда температури впродовж окремої хвилі тепла. Нами проведено аналіз тенденції змін цих характеристик в умовах сучасних змін клімату відносно кліматичної норми.

На рис. 3.1 і 3.2 для наочності представлено розподіл кількості хвиль тепла та їх тривалості в окремі місяці та сезони за стандартний період (кліматична норма) і останні 28 років. Отже, найбільше підвищення випадків хвиль тепла відносно норми відбулось у серпні (на 8), в цілому за сезон – влітку (на 16). Слід зазначити, що у всі сезони року спостерігалось зростання кількості хвиль тепла, в окремі місяці (лютий, квітень) вона декілька зменшилась, а в грудні залишилась незмінною.

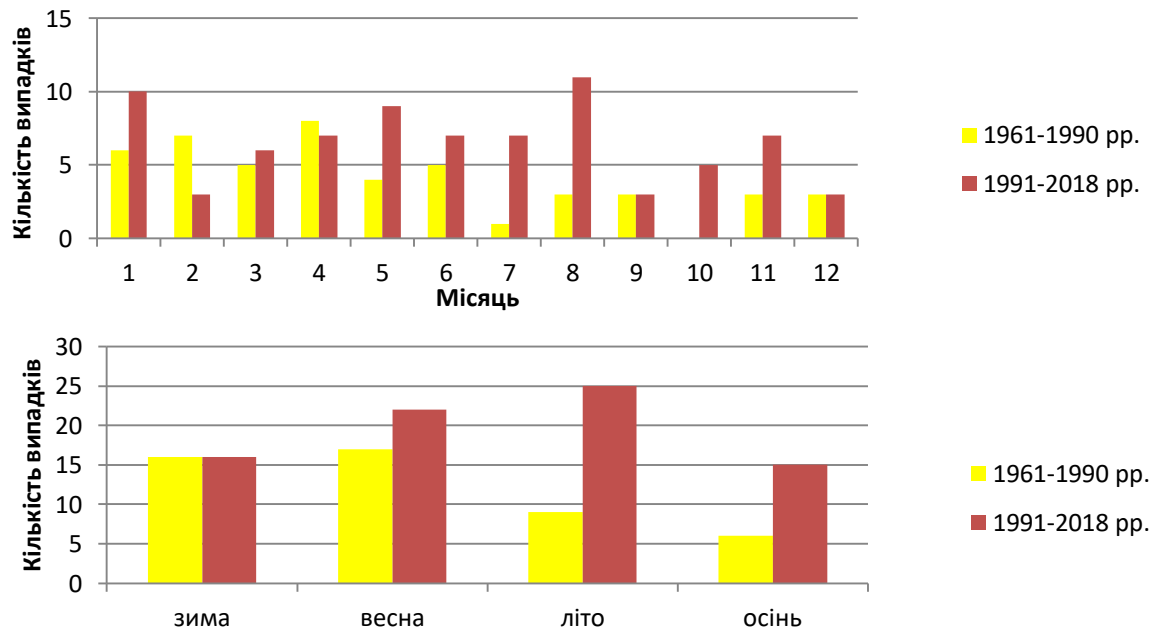


Рисунок 3.1 – Кількість хвиль тепла

Саме кількість днів з хвилями тепла (тривалість) виявляє тенденцію краще, ніж кількість хвиль тепла. Їх аналіз показує, що цей показник підвищився відносно норми у більшості місяців, причому максимально у

липні і серпні (на 66 і 70 днів відповідно), в цілому за сезон – влітку (на 148 днів, тобто більше ніж втричі). Підкреслимо, що у всі сезони року відбулось зростання тривалості хвиль тепла, крім зими (зменшення на 6 днів). У лютому, березні та грудні тривалість хвиль тепла зменшилась на 1-35 дні.

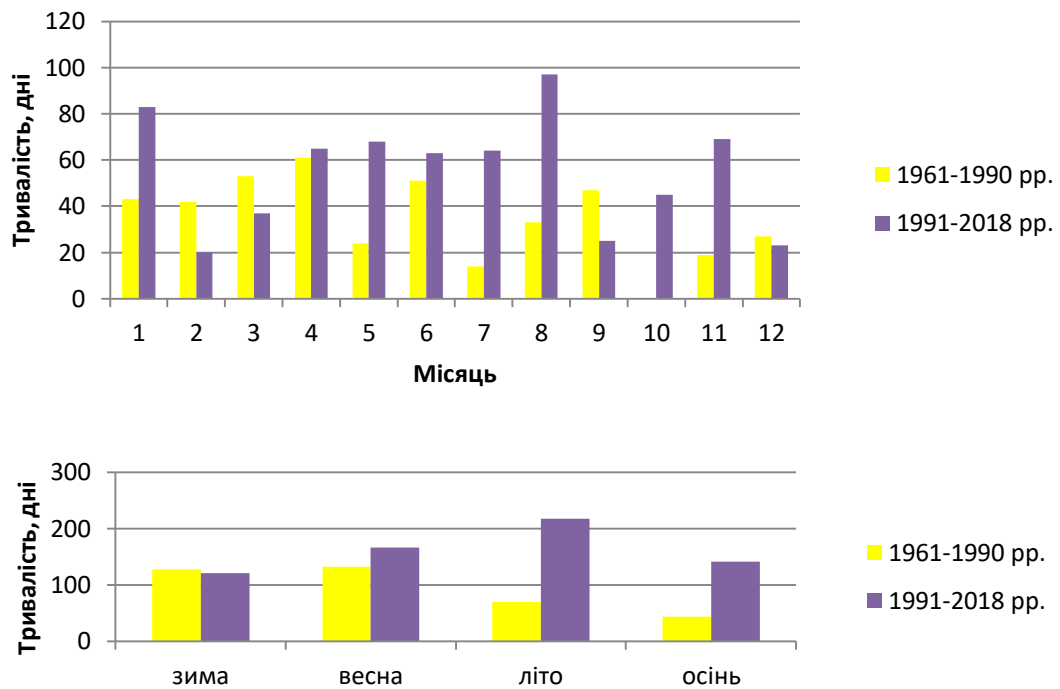


Рисунок 3.2 – Тривалість хвиль тепла

Цікаво, що з 1946 по 1960 рр. хвилі тепла у лютому, травні і жовтні, а з 1961 по 1991 рр. у жовтні, взагалі не спостерігались.

У підсумковій табл. 3.5 наведено деякі характеристики хвиль тепла для трьох проміжків часу (1946-1960 рр., 1961-1990 рр. і 1991-2018рр.) і всіх досліджуваних років в цілому з жовтня по квітень (холодний період) та з травня по вересень (теплий період). З цієї таблиці добре видно, що за весь досліджуваний період в цілому і певні інтервали років середня тривалість хвиль тепла переважає у холодний період. За останні досліджувані 28 років відносно кліматичної норми зросли кількість хвиль (в 1,3 та 2,8 рази відповідно у холодний і теплий періоди), тривалість їх (в 1,4 та 3,1 рази). Отже, кількість хвиль та їх тривалість зросли трохи менше, ніж у півтори рази у холодний період і приблизно у 3 рази у теплий.

У табл. 3.6 представлено повторюваність хвиль тепла по градаціях їх тривалості. Порівняння зміни кількості хвиль тепла у холодний і теплий періоди за останні роки відносно кліматичної норми дозволяє зробити наступні висновки. У холодний період зросла повторюваність хвиль тепла тривалістю 6, 7 і ≥ 10 днів, у теплий – майже всіх градацій тривалості (за винятком 7 днів).

Таблиця 3.5 – Кількість та тривалість (дні) хвиль тепла

Роки	Холодний період			Теплий період		
	Кількість	Тривалість (загальна)	Тривалість (середня)	Кількість	Тривалість (загальна)	Тривалість (середня)
1946-1960	13	110	8,5	10	65	6,5
1961-1990	32	248	7,8	14	104	7,4
1991-2018	41	342	8,3	39	318	8,2
1946-2018	86	700	8,1	63	487	7,7

Таблиця 3.6 – Повторюваність хвиль тепла (кількість випадків) по градаціях тривалості

Роки	Холодний період					Теплий період				
	6	7	8	9	≥ 10	6	7	8	9	≥ 10
1946-1960	2	4	2	1	4	7	-	2	1	-
1961-1990	8	7	7	6	4	2	8	1	2	1
1991-2018	15	8	4	4	10	12	6	9	5	7
1946-2018	25	19	13	11	18	21	14	12	8	8

Слід зазначити, що більше зростання повторюваності відносно кліматичної норми відбулось у теплий період. Але найчастіше стали спостерігатись хвилі тепла тривалістю 6 і ≥ 10 днів, як у теплий період, так і холодний.

На рис. 3.3-3.4 представлено деякі фізико-статистичні характеристики хвиль тепла, а саме: розподіл хвиль тепла в площині «кумулятивна

температура – амплітуда хвилі тепла» та «кумулятивна температура – тривалість хвилі тепла» у холодний і теплий періоди.

Найбільша кількість хвиль тепла має місце за кумулятивних температур 10-50 °С з амплітудами 3-8 °С у холодний період, у теплий період – таке явище характеризується амплітудою 2-6 °С та значеннями кумулятивної температури 10-30 °С. Амплітуда температури повітря впродовж фактичних хвиль тепла протягом року майже не змінюється (1,1-9,2 °С у ХП і 1,0-9,9 °С у ТП).

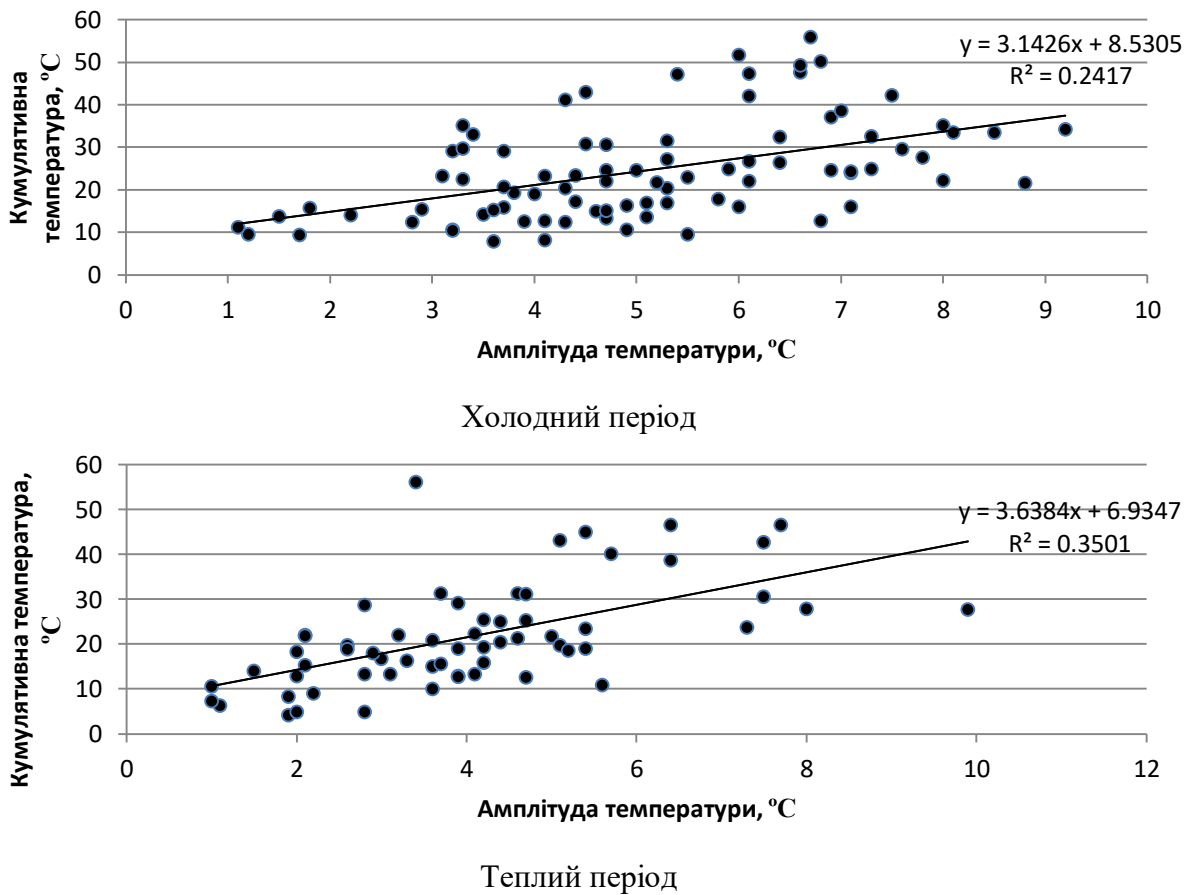


Рисунок 3.3 – Співвідношення між кумулятивною температурою і амплітудою температури упродовж хвиль тепла. 1946-2018 рр.

Можна також відзначити наявність досить тісної лінійної кореляційної залежності між кумулятивною температурою та амплітудою хвилі тепла,

причому коефіцієнт кореляції має більше значення ($r = 0,59$) в теплий період (рис. 3.3).

Подібного зв'язку не знайдено між кумулятивною температурою та тривалістю хвилі тепла (рис. 3.4), а це вказує на те, що хвилі тепла однакової тривалості можуть мати досить різну інтенсивність. Проте, можна виявити ще й область з найбільшою повторюваністю хвиль тепла за певних кумулятивних температур. Для інтенсивних хвиль тепла залежність між інтенсивністю та тривалістю є помітнішою, а це свідчить про те, що найбільш інтенсивні хвилі тепла є тривалішими.

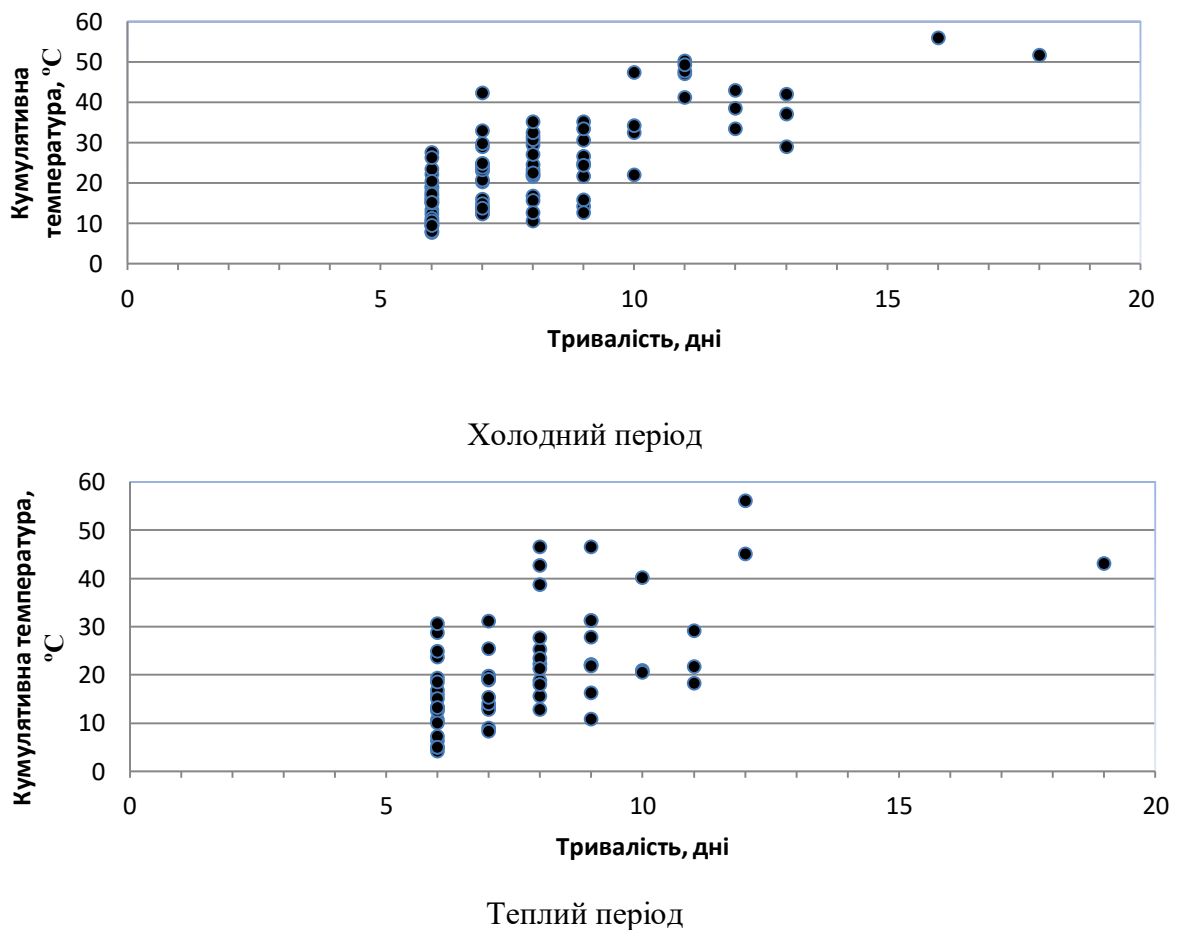


Рисунок 3.4 – Розподіл хвиль тепла в площині кумулятивна температура – тривалість хвилі тепла.

Впродовж хвиль тепла кумулятивна температура коливалась в межах 7,9-56,0 °C у холодний період та змінювалась від 4,2 до 56,2 °C у теплий. При

цьому у 91% від всіх випадків коливання її відбувались в межах 10-50 °С з тривалістю 6-14 днів у холодний і у 87% – з тривалістю 6-12 днів у теплий період.

У табл. 3.7 і 3.8 наведено середні багаторічні значення кумулятивної температури та амплітуди температури під час хвиль тепла для кожного місяця року для декількох інтервалів років. Отже, за останні роки інтенсивність хвиль тепла порівняно з кліматичною нормою зросла у більшості місяців року (винятком стали березень, червень та грудень). Найбільше підвищення її відбулось з серпня по листопад (табл. 3.6).

Відносно норми характер змін середньої багаторічної амплітуди температури під час хвиль в останні роки не був однозначним, хоча у більшості місяців року амплітуда зросла. Найбільше зростання цього показника відбулось у серпні та жовтні. Проте, максимальне середнє значення амплітуди під час хвиль (6,7 °С) в останні роки відзначено у листопаді.

Таблиця 3.7 – Середня багаторічна кумулятивна температура, °С

Роки	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1946-1960	20,3	-	13,6	10,5	-	8,4	14,3	20,6	16,4	-	16,4	34,5
1961-1990	20,5	22,1	29,0	18,7	18,4	20,8	19,8	9,2	13,0	-	17,3	26,1
1991-2018	28,8	23,5	19,5	26,3	23,9	16,5	26,9	30,6	26,3	20,6	39,0	22,1
1946-2018	25,1	22,5	23,0	20,9	22,2	16,9	23,7	25,1	18,6	20,6	29,8	29,3

Таблиця 3.8 – Середня багаторічна амплітуда температури під час хвиль тепла, °С

Роки	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1946-1960	5,3	-	5,1	3,3	-	3,3	3,8	4,7	4,2	-	4,7	5,6
1961-1990	6,0	4,2	6,6	4,4	3,6	3,9	2,6	1,8	4,0	-	5,5	5,0
1991-2018	5,3	5,4	5,3	4,0	4,0	3,1	3,7	5,5	5,1	3,7	6,7	5,6
1946-2018	5,5	4,4	5,8	4,1	3,9	3,4	3,6	4,8	4,4	3,7	6,1	5,4

Амплітуда під час хвиль тепла змінювалась в межах 1,2-9,2 °С у холодний період і від 1,0 до 9,9 °С – у теплий. При цьому вона коливалась від 10 до 50 °С у 91% за тривалості їх 6-14 днів у холодний період, у 87% – за тривалості 6-12 днів у теплий.

Отже, на заході країни інтенсивність хвиль тепла (кумулятивна температура) холодного періоду перевищує цей показник теплого періоду. А хвилі тепла різної інтенсивності можуть характеризуватись однаковою тривалістю.

3.6 Очікувані хвилі тепла за різними сценаріями

Для проведення дослідження було використано величезну базу даних: значення максимальної добової температури повітря для станції Ужгород з січня по грудень з 2021 по 2050 рр. за результатами моделювання згідно траєкторій RCP 2.6, RCP 4.5 (помірний сценарій) і RCP 8.5 (жорсткий сценарій).

У табл. 3.9 для порівняння представлено кількість хвиль тепла та їх тривалість, визначені на основі останніх 30 років для Ужгорода за період 1989-2018 рр., і здобуті за різними сценаріями. З таблиці випливає, що кількість хвиль тепла та їх тривалість, здобуті на основі сценарію RCP2.6 перевищать свої фактичні значення (на 13 і 18% відповідно), за сценарієм RCP4.5 – будуть нижчими (на 25 і 24% відповідно), а за сценарієм RCP8.5 – суттєво нижчими.

Таблиця 3.9 – Кількість хвиль тепла фактичних (за наявні останні 30 років) і очікуваних

Показник	Фактичні	Можливі згідно зі сценарієм		
		RCP2.6	RCP4.	RCP8.5
Кількість хвиль	87	98	65	12
Тривалість	716	847	541	77

На рис. 3.5 наведено розподіл повторюваності хвиль тепла по десятиліттях. Отже, починаючи з 1951-1960 рр. і по 2011-2018 рр., відбулось поступове зростання кількості хвиль тепла (з 10 до 33). Лише у друге майбутнє десятиліття і тільки за сценарієм RCP2.6 цей показник може бути перевищеним.

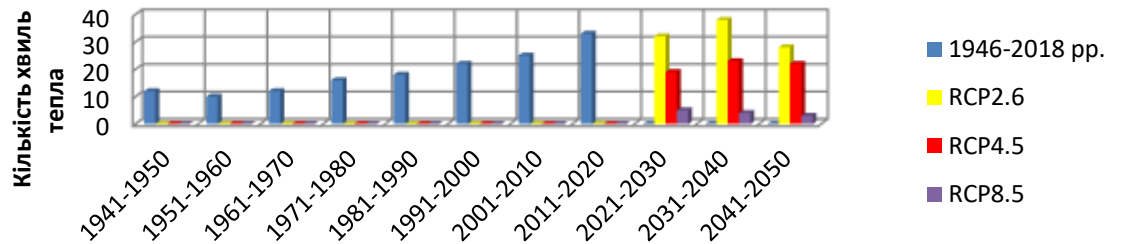


Рисунок 3.5 – Часові зміни кількості хвиль тепла по десятиліттях

Розподіл тривалості хвиль тепла по десятиліттях представлено на рис. 3.6. Збільшення кількості хвиль тепла найчастіше призводить до зростання їх тривалості.

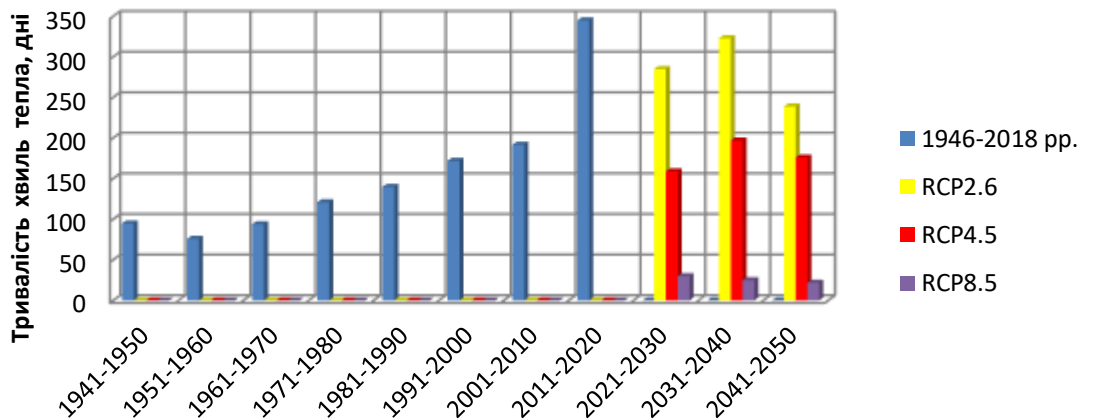
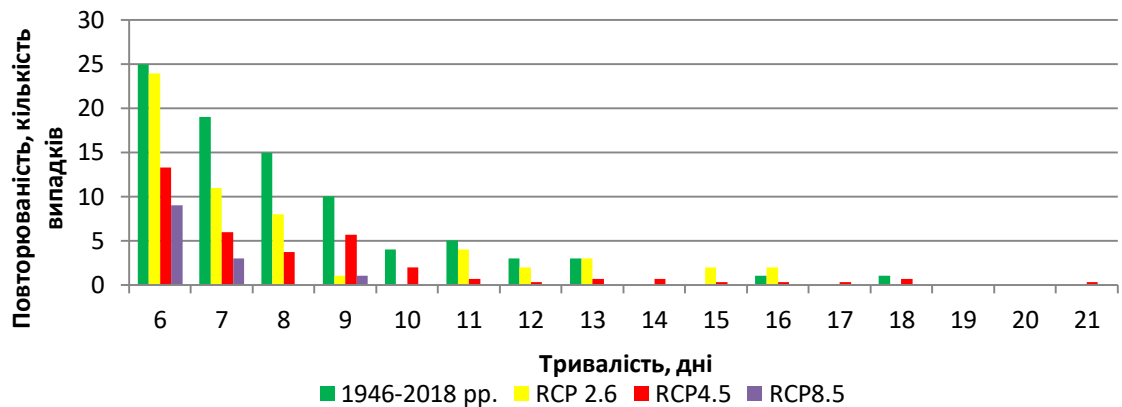


Рисунок 3.6 – Часові зміни тривалості хвиль тепла по десятиліттях

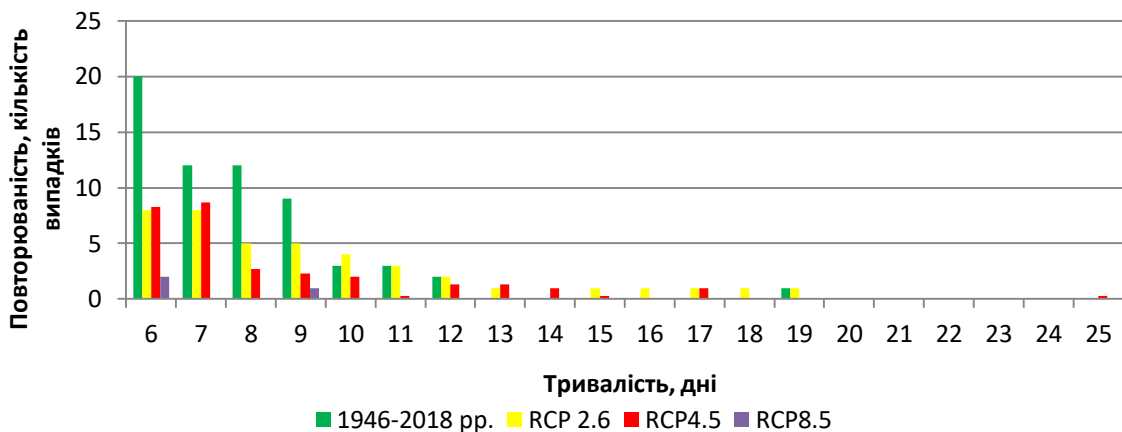
На рис. 3.7 показано повторюваність тривалості хвиль тепла. З них видно, що за досліджуваний період і за сценарієм RCP2.6 найдовша хвиля тепла тривала 19 днів у теплий період, за сценарієм RCP4.5-усереднений – 25 днів у цей же період, за сценарієм RCP8.5 – 9 днів (у холодний і теплий періоди).

Хвиля тепла, як вже зазначалось раніше, характеризується інтенсивністю або кумулятивною температурою впродовж окремої хвилі

тепла.



XII



XIII

Рисунок 3.7 – Повторюваність тривалості хвиль тепла (фактичних і можливих)

Найвищу кумулятивну температуру фактичну (T_{MAX}) у холодний період за досліджувані роки було зафіксовано у січні 2007 р., яка становила $56,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, у теплий період – у серпні 2015 р. ($56,2^{\circ}\text{C}$) (табл. 3.10).

Кумулятивна температура найпотужніших хвиль тепла, яка можлива за сценаріями RCP2.6 і RCP4.5 буде вищою у теплий період (причому, суттєво більшою за фактичну T_{MAX}), за сценарієм RCP8.5 – у холодний період, а по величині менше фактичної T_{MAX} . Тривалість цих хвиль тепла очікується приблизно однаковою для теплого і холодного періодів за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5, а за сценарієм RCP2.6 – більшою у теплий період. Амплітуда температури впродовж досліджуваних найпотужніших хвиль тепла в основному переважає у холодний період.

Таблиця 3.10 – Показники інтенсивності найпотужніших хвиль тепла впродовж досліджуваних періодів

Роки	T _{MAX} , °C		Тривалість, дні		Амплітуда, °C	
	ХП	ТП	ХП	ТП	ХП	ТП
1946-2018	56,0	56,2	16	12	6,7	3,4
2021-2050 (RCP2.6)	74,2	77,4	11	15	8,0	7,0
2021-2050 (RCP4.5)	63,5	68,1	17	16	6,8	7,5
2021-2050 (RCP8.5)	35,6	29,2	9	9	7,9	4,0

Аналіз можливих характеристик хвиль тепла за різними сценаріями (табл. 3.11) дозволяє зазначити наступне. Кількість випадків хвиль тепла у холодний період буде суттєво домінувати порівняно з теплим (за всіма сценаріями). Не так однозначна ситуація з інтенсивністю хвиль тепла. Але інтервал коливань кумулятивної температури за сценаріями RCP2.6 і RCP4.5 у теплий період перевищує цей показник у зимовий, а згідно з RCP8.5 – навпаки. Причому, максимальних значень він досягне за сценарієм RCP2.6: 68,0°C і 75,2 °C відповідно у холодний та теплий періоди. Амплітуда температури впродовж хвиль тепла за сценарієм RCP2.6 близька до фактичної (і взимку, і влітку), за сценарієм RCP8.5 вона найменша.

Таблиця 3.11 – Показники хвиль тепла

Роки	Кількість хвиль тепла		Кумулятивна температура, °C		Амплітуда, °C	
	ХП	ТП	ХП	ТП	ХП	ТП
1946-2018	86	62	7,9-56,0	4,2-56,2	1,1-9,2	1,0-9,9
2021-2050 (RCP2.6)	57	41	6,2-74,2	2,2-77,4	1,4-9,7	1,2-9,7
2021-2050 (RCP4.5)	35	30	6,7-63,5	7,7-68,1	1,7-8,4	1,8-9,8
2021-2050 (RCP8.5)	13	3	3,3-35,6	9,8-29,2	1,8-7,9	1,9-4,1

Основні результати дослідження хвиль тепла викладено на Всеукраїнській конференції, за матеріалами якої опубліковано тези [34].

Здобуті результати можуть бути використані для зменшення негативних соціальних наслідків потепління клімату при розробці і впровадженні комплексу профілактичних заходів.

ВИСНОВКИ

1. За останні майже три десятиліття простежується зростання кількості жарких і аномально жарких днів відносно кліматичної норми. Жаркі дні протягом цього періоду спостерігались кожного року з квітня по вересень, аномально жаркі – з травня по серпень. У серпні зафіксовано найбільшу повторюваність днів з високою температурою.

2. Найвищі значення найбільш імовірних денних температур повітря останнім часом зареєстровано у серпні (27,5 °C), а найнижчі – у січні (1,7 °C). І майже у всі місяці року середній максимум температури повітря відносно кліматичної норми підвищився.

3. Влітку і взимку від одного десятиріччя до іншого протягом досліджуваного періоду простежується тенденція на зростання середнього максимуму температури з середньою швидкістю від 0,26 до 0,31 °C/10 років.

4. Абсолютний максимум температури в окремі місяці відзначався, починаючи з 1974 року, тобто приблизно з середини сімдесятих років, саме з цього часу у Північній півкулі потепління стало відбуватись з більшою інтенсивністю, ніж у попередні роки і триває до теперішнього часу. Винятком стали лише два літні місяці – липень і серпень 1952 року.

5. Часовий режим щорічного максимуму характеризується додатним трендом з підвищенням цього показника з часом (приблизно на 0,3 °C/10 років). Побудований ступеневий тренд характеризується доволі великою зміною щорічного максимуму: температура зросла на 1,6 °C.

6. За останні роки значення середнього з абсолютних максимумів температури відносно кліматичної норми у всі місяці року зросли: від 0,4 (у грудні) до 2,6 °C (у серпні), причому найбільше у літній сезон. Найвище значення абсолютного максимуму температури, можливе в Ужгороді щорічно, становить 33,8 °C і спостерігається воно у липні.

7. Емпіричний розподіл щорічної максимальної температури повітря підпорядковується нормальному закону розподілу. З імовірністю 5% (тобто 1

раз у 20 років) може спостерігатись максимальна річна температура вище 37,4 °С, а з імовірністю 10% (1 раз у 10 років) – вище 36,4 °С.

8. Емпіричний розподіл максимальної температури (фактичної) теплого періоду у перший і останній досліджувані роки засвідчив зміщення модального значення і нижньої межі розподілу в бік більш високих значень.

9. Відхил очікуваного середнього максимуму температури повітря за 2021-2050 рр. відносно норми на заході країни за сценарієм RCP2.6 зросте у всі місяці року (у липні – до 2,0 °С), RCP4.5 – з червня по лютий (крім березня), RCP8.5 – зменшиться (найбільше у червні – на 3,2 °С).

10. За сценарієм RCP2.6 на заході країни максимальна кількість днів з високою температурою можлива в усі місяці. Результати розрахунків за трьома сценаріями найчастіше суттєво різняться.

11. В Ужгороді кількість хвиль тепла за 73 роки становила 149 (86 – у холодний період і 63 – у теплий). Максимальна тривалість хвилі тепла (19 днів) була зафіксована у серпні 1994 р., а у холодний період найтривалішою (18 днів) стала хвиля тепла у квітні 2018 р..

12. З 1991 року хвилі тепла виявлено у всі місяці року. З 1946 по 1960 рр. хвилі тепла у лютому, травні і жовтні, а з 1961 по 1991 рр. у жовтні, взагалі не спостерігались. В цілому, у досліджувані інтервали років середня тривалість хвиль тепла переважає у холодний період порівняно з теплим.

13. За останні 28 років відносно кліматичної норми зросли кількість хвиль трохи менше, ніж у півтори рази у холодний період і приблизно у 3 рази в теплий. Найбільше підвищення епізодів хвиль тепла відносно норми відбулось у серпні (на 8), в цілому за сезон – влітку (на 16). У всі сезони року спостерігалось зростання кількості хвиль тепла, в окремі місяці (лютий, квітень) вона декілька зменшилась, а у грудні залишилась незмінною. За всіма сценаріями кількість хвиль тепла у холодний період буде суттєво домінувати порівняно з теплим періодом.

14. Тривалість хвиль тепла підвищилась відносно норми у більшості місяців року, причому максимально у липні і серпні (на 66 і 70 днів відповідно), в цілому за сезон – влітку (більше, ніж втричі). У всі сезони року відбулось зростання тривалості хвиль тепла, крім зими. У лютому, березні та грудні тривалість хвиль тепла зменшилась на 1-35 дні.

15. У холодний період відносно норми зросла повторюваність хвиль тепла (фактичних) тривалістю 6, 7 і ≥ 10 днів, у теплий – майже всіх градацій тривалості (за винятком 7 днів). Таке зростання виявилось значно більшим у теплий період, але в обидва періоди найбільше підвищилась повторюваність хвиль тепла 6 і ≥ 10 днів.

16. Найчастіше, як за фактичними даними, так і за всіма використаними сценаріями RCP, хвилі тепла будуть тривати 6 днів. Найтриваліші хвилі тепла (17 днів) очікуються за сценарієм RCP 4.5 у холодний період, у теплий період – 16 днів, за сценарієм RCP2.6 – 11 і 15 днів відповідно, за сценарієм RCP8.5 – по 9 днів в обидва періоди.

17. Найбільша кількість хвиль тепла має місце за кумулятивних температур 10-50 °C та амплітудах 3-8 °C у холодний період, у теплий – за амплітуди 2-6 °C і значень кумулятивної температури 10-30 °C.

18. Амплітуда температури повітря під час хвиль тепла (фактичних) протягом року майже не змінюється (1,1-9,2 °C у ХП і 1,0-9,9 °C у ТП). За сценарієм RCP2.6 амплітуда температури близька до фактичної (і взимку, і влітку), за сценарієм RCP8.5 вона найменша і коливатиметься в межах 1,8-7,9 °C та 1,9-4,1 °C відповідно.

19. В Ужгороді під час фактичних хвиль тепла кумулятивна температура змінювалась в межах 7,9-56,0 °C у холодний період і від 4,2 до 56,2 °C – у теплий. При цьому вона коливалась від 10 до 50 °C у 91% за тривалості їх 6-14 днів у холодний період, у 87% – за тривалості 6-12 днів у теплий.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Катеруша Г.П., Катеруша О.В., Шаблій Т.П. Вплив очікуваних екстремальних умов клімату на біокліматичний режим України. *Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія*/ ред. Степаненка С.М., Польового А.М. Одеса: ТЕС, 2018. Розд. 5. С. 220-258.
2. Lindsey R., Dahlman L. ClimateChange: GlobalTemperatur/ «ClimateWatch». URL:<https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature> (дата звернення 28.10.2021).
3. Рудишина С. Ф., Бабиченко В.Н. Высокие температуры воздуха на Украине. *Труды УкрНИГМИ*. 1971. Вып. 98. С. 53-61.
4. Climate change and health. URL:https://www.who.int/health-topics/climate-change#tab=tab_1 (дата звернення 29.10.2021).
5. Врублевська О.О., Катеруша Г.П. Клімат України та прикладні аспекти його використання: навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2012. 180с.
6. Балабух В.О., Лавриненко О.М., Малицька Л.В. Особливості термічного режиму 2013 року в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2014. №14. С. 79-94.
7. Бабиченко В. Н., Адаменко Т. И., Бондаренко З. С., Николаева Н. В., Рудишина С. Ф., Гущина Л. М. Экстремальная температура воздуха на территории Украины в условиях современного климата. URL:https://uhmi.org.ua/conf/climate_changes/presentation_pdf/oral_1/Babichenko_et_al.pdf (дата звернення 29.10.2021).
8. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. Київ: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОР Грінв Д.С. 2016. 350 с.
9. Балабух В. О. Поточна та очікувана зміна клімату, її впливи та наслідки на території України, Закарпаття та Рахівського району. Резюме/Проект LOC-CLIM-ACT: Місцеві дії щодо впливу кліматичних змін. 2013. URL:
https://ucn.org.ua/wp-content/uploads/2013/07/resume_climatechange_ukr.pdf.
(дата звернення 30.10.2021).

10. Хайнес А., Коватс Р.С., Кемпбелл-Лендрум Д., Корвалан К. Изменение климата и здоровье человека – воздействия, уязвимость и адаптация. *Труды Всемирной конференции по изменению климата.* (Москва, 29 сентября – 3 октября 2003 г., Москва:Новости, 2004. С. 307-322
11. INVS (Impact sanitaire de la vague de chaleur d'aout 2003 en France. Bilan et perspectives), 2003. Health impact of the heat wave in August 2003 in France. Institut de Veille Sanitaire, Saint-Maurice, 120 p. URL: [file:///C:/Users/Admin/Downloads/32072_1413-d189%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Admin/Downloads/32072_1413-d189%20(1).pdf) (дата звернення 30.10.2021).
12. Medina-Ramon M., Zannobetti A., Cavanagh Dp., and Schwartz J. Modifiers of the effect of extreme temperatures on mortality: A multi-city case-only analysis. Conf. on Environmental Epidemiology and Exposure. ISEE/ISEA (Paris, Sept. 2-6, 2006). Paris, 2006. P. 34-39.
13. Kalkstein L. S., Smoyer K. E. The impact of climate change on human health: Some international implications// *Experiencia*. 1993. № 49. P. 469-479.
14. ECAD European Climate Assessment. URL: <http://www.ecad.eu/> (дата звернення 31.10.2021).
15. Балабух В. О. Поточна та очікувана зміна клімату, її впливи та наслідки на території України, Закарпаття та Рахівського району. Резюме/Проект LOC-CLIM-ACT: Місцеві дії щодо впливу кліматичних змін. 2013. 5 с. URL: <https://ucn.org.ua/wp> (дата звернення 31.10.2021).
16. Бабіченко В. М., Ніколаєва Н.В., Рудішина С.Ф., Гущина Л. М. Максимальна температура повітря на території України в умовах сучасного клімату. *Український географічний журнал*. 2010. №3. С. 6-15.
17. Волкова М.А., Черedyкo O.A., Ивашкова O.A. Особенности формирования и социально-экономические последствия температурных рисков в Томской области. *Вестник Томского университета*. 2013. № 374. С. 180-187.
18. Бабіченко В. Н., Рудышина С.Ф. Основные закономерности распределения температуры воздуха $\geq 30^\circ$ на Украине. *Труды УкрНИГМИ*. 1972. Вып. 113. С. 51-58.
19. Катеруша Г. П., Сафранов Т.А., Катеруша О.В. Тенденції змін максимальної температури повітря в Україні як фактор впливу на здоров'я населення. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2020. Вип. 33. С. 8-21.

20. Сафранов Т.А., Катеруша Г.П., Катеруша О.В. Можливий вплив змін температурного режиму на соціально-економічні умови в регіонах України. *Вісник ХНУ імені В.Н.Каразіна. Серія «Екологія»*. 2018. Вип. 19. С. 19-29.

21. Клімат України: моногр. / за редакцією В.М. Ліпинського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.

22. Звіт про науково-дослідну роботу «Оцінка впливу змін клімату на поновлювальні та невичерпні природні ресурси України». 2019. URL: http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/8782/1/Zvit_MON_%20Stepanenko_0117U002423_2019.pdf (дата звернення 1.11.2021).

23. Осадчий В.І., Бабіченко В.М., Набиванець Ю.Б.,Скриник О.Я. Динаміка температури повітря в Україні за період інструментальних метеорологічних спостережень. Київ. 2013. 308 с.

24. Осадчий В.І., Бабіченко В.М. Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату. *Український географічний журнал*. 2013. № 4. С. 32-39.

25. Шкільний Є.П., Гончарова Л.Д., Миротворська Н.К. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації. Одеса. 2000. 419 с.

26. Изменение климата, 2013 г.: Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый оценочный докладМежправительственной группы экспертов по изменению климата” / под. ред. Стоккер Т.Ф., Д. Цинь, Дж. К. Платтнер, М. Тигнор, С. К. Аллен, Дж. Бошунг, А. Науэлс, Ю. Ся, В.Бекс и П. М. Мидглей. МГЭИК. Кембридж: Университи Пресс, Кембридж, Соединенное Королевство и Нью-Йорк, США. 2013 г. 204 с. URL:<https://www.ipcc.ch/report/ar5/>. (дата звернення 4.11.2021).

27. Шидловська Л.І.Динаміка показників режиму максимальної температури повітря у Закарпатті.МатеріалиXX наукової конференціїмолодихвченихОДЕКУ.(Одеса, 26-30 квітня2021р.).Одеса:ОДЕКУ.2021.С. 196-197.

28. Шидловська Л.І. Максимальна температура повітря у Закарпатті в умовах змін клімату (фактичних і очікуваних.Матеріали наук.-практ.конф. за результатами II туру Всеукраїнського конкурсу студентськихнауковихробітзі спеціальності,„Науки про землю (гідрометеорологія)”.(Одеса, 23-24 березня). Одеса, 2021 р..

29. Шевченко О. Г., Сніжко С. І. Хвилі тепла та основні методологічні проблеми, що виникають при їх дослідженні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2012. № 10. С.57-63.

30. Слизька К. П. Дефініція поняття “хвиля тепла”. *Географія та туризм*. 2012. № 22. С.332-339.

31. Васюков К.А., Зверев Н. И. О возможности прогноза волн холода и тепла при предсказании погоды на месяц. *Тр.ГМЦ*. 1989. Вып. 303. С. 121-126.

32. Мартазинова В. Ф., Остапчук В. В. Взаимосвязь процессов циркуляции в тропосфере и стратосфере при кратковременных и длительных потеплениях и похолоданиях в Украине. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2004. Вып. 253. С. 28-36.

33. Шакина Н.П., Иванова А.Р. Блокирующие антициклоны: современное состояние исследований и прогнозирования. *Метеорология и гидрология*. 2010. № 11. С. 5-18.

34. Шидловська Л.І., Катеруша О.В., Катеруша Г.П. Дослідження хвиль тепла у Закарпатті: Тези доповідей Другого Всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду, присвяченого 100-річному Ювілею Гідрометеорологічної Служби України. (Одеса, 7-9 жовтня 2021 р.) Одеса: ОДЕКУ. 2021. С. 190-191.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Список конференцій та публікацій

Вид наукової роботи (теми робіт, автор, керівник работ)	Кількість кредитів
Призове друге місце у I етапі Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт зі спеціальності «Науки про Землю (гідрометеорологія)» 2019-2020 н.р.	0,75
Призове перше місце у II етапі Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт зі спеціальності «Науки про Землю (гідрометеорологія)» 2019-2020 н.р.	2,0
Участь у I етапі Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт зі спеціальності «Науки про Землю (гідрометеорологія)» 2020-2021 н.р.	0,25
Університетські конференції, семінари, гуртки (інші):	
Конференція молодих вчених ОДЕКУ, 26-30 квітня 2021 р., м. Одеса. Доповідь на тему: «Динаміка показників режиму максимальної температури повітря у Закарпатті».	0,25
Всеукраїнські конференції	
Науково-практична конференція за результатами Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт зі спеціальності «Науки про Землю (гідрометеорологія). – 23-24 квітня 2021 р., Одеський державний екологічний університет, м. Одеса Тема доповіді: «Максимальна температура повітря у Закарпатті в умовах змін клімату (фактичних і очікуваних)».	0,50
Другий Всеукраїнський гідрометеорологічний з'їзд, присвячений 100-річному Ювілею Гідрометеорологічної Служби України. 7-9 жовтня 2021 р. Одеський державний екологічний університет, м. Одеса. Тема доповіді: «Дослідження хвиль тепла у Закарпатті».	0,50

Опубліковані тези конференцій:	
Шидловська Л.І. Динаміка показників режиму максимальної температури повітря у Закарпатті. Матеріали XX наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. 26-30 квітня 2021 р. Одеса: ОДЕКУ. 2021. С. 196-197.	0,25
Шидловська Л.І., Катеруша Г.П. Максимальна температура повітря у Закарпатті в умовах змін клімату (фактичних і очікуваних). Матеріали науково-практичної конференції за результатами II туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт зі спеціальності „Науки про землю (гідрометеорологія)”. 23-24 березня 2021 р..	0,25
Шидловська Л.І., Катеруша О.В., Катеруша Г.П. Дослідження хвиль тепла у Закарпатті. Тези доповідей Другого Всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду, присвяченого 100-річному Ювілею Гідрометеорологічної Служби України. 7-9 жовтня 2021 р. Одеса: ОДЕКУ. 2021. С. 190-191.	0,25