

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий
гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота магістра

на тему: «Динаміка кліматичних показників в аспекті впливу їх
на здоров'я людей в Одесі»

Виконала студентка 2 курсу групи МНЗ-22М
Спеціальності 103 «Науки про Землю»
Освітня програма
«Метеорологія і кліматологія»
Кавецька Ірина Богданівна

Керівник канд. геогр. наук, доцент
Катеруша Галина Павлівна

Рецензент канд. геогр. наук, 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.

“ 23 ” жовтня 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

студенту(ці) Кавецькій Ірині Богданівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Динаміка кліматичних показників в аспекті впливу їх на здоров'я людей в Одесі

Керівник роботи Катеруша Галина Павлівна, канд. геогр. наук, доцент

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

затверджені наказом ОДЕКУ від “16” жовтня 2023 року № 215-С

2. Строк подання студентом роботи 29 листопада 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: максимальна добова температура з січня по грудень в Одесі з 1894 по 2020 рр., а також можливі її значення згідно зі сценаріями RCP2.6 (м'який), RCP4.5 (помірний) і RCP8.5 (жорсткий) з 2021 по 2050 рр.. Крім того результати строкових спостережень за температурою повітря, атмосферним тиском і точкою роси протягом року з 2011 по 2020 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Провести статистичне дослідження показників максимальної температури повітря; 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. Оцінити патогенність метеорологічних умов за допомогою деяких біокліматичних показників.

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, визначені 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. Графіки річного ходу повторюваності міждобової

мінливості температури повітря і атмосферного тиску, ефективної температури, а також часових змін екстремальних і середніх значень ефективної температури.


6. Консультанти розділів роботи

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


7. Дата видачі завдання 23 жовтня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання	23.10.2023 р.		
2	Збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи магістра.	24-29.10.2023р.	90	відмінно
3	Визначити критерії ВМО, виявити хвилі тепла та розрахувати основні характеристики їх	30.10-2.11. 2023р.	90	відмінно
4	Дослідити динаміку хвиль тепла (фактичних і очікуваних за вказаними сценаріями) та їх основних характеристик.	3-7.11.2023 р.	90	відмінно
5	Визначення статистичних показників рядів максимальної добової температури та їх аналіз.	8-12.11.2023 р.	90	відмінно
6	Рубіжна атестація	13-17.11.2023 р	90	відмінно
7	Аналіз очікуваних часових змін максимальної температури повітря і кількості днів з високою температурою за вказаними сценаріями у майбутньому.	18-20.11.2013 р.	100	відмінно
8	Оцінка патогенності метеорологічних умов на основі деяких біокліматичних показників	21-24.11.2023р.	100	відмінно
9	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату	25-29.11.2023р.	100	відмінно
10	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	30.11-2.12. 2023р	-	-
11	Підготовка презентаційного матеріалу	-	-	-
12	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	94	відмінно

Студент 
(підпис)

Кавецька І.Б.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи 
(підпис)

Катеруша Г.П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема: «Динаміка кліматичних показників в аспекті впливу їх на здоров'я людей в Одесі»

Автор: Кавецька І.Б.

Актуальність проблеми. Зміна клімату є однією з проблем планетарного масштабу з тривожними прогнозами, що викликає підвищений інтерес протягом останніх десятиліть. Стратегія сталого розвитку України, як основа національної екологічної концепції ХХІ століття, розглядає клімат складовою природно-ресурсного потенціалу практично для всіх галузей економіки та соціальної сфери. В контексті впливу на людину, ключовими є біокліматичні ресурси, що формують окремі метеорологічні величини, а також їх комплекс на певній території.

Метою даної роботи є дослідження динаміки показників режиму максимальної температури повітря та оцінка патогенності метеорологічних умов на основі деяких біокліматичних показників і особливостей їх часових змін на півдні України на прикладі Одеси.

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

- визначено кліматичні показники рядів максимальної добової температури та проведено аналіз їх часових змін, що відбулись;
- досліджено можливі зміни показників режиму максимальної температури повітря згідно сценаріїв та оцінено відхил від норми сценарних характеристик максимальної температури повітря;
- визначено критерії ВМО для кожного дня року та виявлено хвилі тепла для кожного місяця року, теплого і холодного періодів;
- досліджено динаміку хвиль тепла та їх основних фізико-статистичних показників (фактичних і очікуваних).
- досліджено міждобову мінливість температури повітря та атмосферного тиску і надано фізичну інтерпретацію їх;
- виконано аналіз рівня термічної небезпеки на основі ефективної температури за Стедменом.

Об'єкт дослідження – зміни клімату та їх наслідки для здоров'я людей.

Предмет дослідження – динаміка кліматичних показників режиму максимальної температури повітря, зміни деяких біокліматичних показників.

Методи дослідження – фізико-статистичний та кліматологічний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у багатосторонньому статистичному дослідженні часових особливостей показників режиму максимальної температури повітря на півдні України та прогнозу їх змін за різними кліматичними сценаріями до середини ХХІ століття; виявленні патогенності метеорологічних умов за останні 10 років.

Практичне значення отриманих результатів. Здобуті результати можуть бути використані для зменшення негативних соціальних наслідків потепління клімату на півдні України при розробці і впровадженні комплексу профілактичних заходів.

Магістерська робота в обсязі 78 сторінок складається з 4 розділів, висновків, переліку посилань з 41 джерел, одного додатку, містить 30 рисунків та 21 таблиць.

Ключові слова: *регіональні зміни клімату, максимальна температура повітря, кількість днів з високою температурою, хвилі тепла, сценарії змін клімату, міждобова мінливість, ефективна температура.*

SUMMARY

Theme: «Dynamics of climate indicators in terms of their impact on human health in Odesa»

Author: Kavetska I.B.

Urgency of the issue. Climate change is one of the global issues with alarming forecasts that has attracted increased interest in recent decades. The Sustainable Development Strategy of Ukraine, as the basis of the national environmental concept of the 21st century, considers climate as a component of the natural resource potential for almost all sectors of the economy and social sphere. In the context of impact on humans, bioclimatic resources are key that form individual meteorological values and their complex in a certain territory.

Aim of this study is a study of the dynamics indicators of maximum air temperature regime and assess the pathogenicity of meteorological conditions based on some bioclimatic indicators and the peculiarities of their temporal changes in the south of Ukraine on the example of Odesa.

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

- the climatic indicators of the maximum daily temperature series are defined and their temporal changes are analysed;
- possible changes in the maximum air temperature regime according to the scenarios are studied and 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 dynamics of heat waves and their main physical and statistical indicators are studied. (actual and expected);
- the inter-day variability of air temperature and atmospheric pressure are studied and their physical interpretation is given;
- an analysis of the level of thermal danger based on the effective temperature according to Steadman is performed.

Objects of scientific research - climate change and its consequences for human health.

Subject of scientific research - dynamics of climatic indicators of the maximum air temperature regime, changes in some bioclimatic indicators.

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 the south Ukraine and the forecast of their changes in different climatic scenarios until the middle of the twenty-first century; detecting of pathogenicity of meteorological conditions in the last 10 years.

Practical importance of results obtained. The results obtained can be used to reduce the negative social consequences of global warming in southern Ukraine in the development and implementation of a set of preventive measures.

Master thesis of 78 pages consists of four chapters, conclusions, bibliography of 41 sources, one annexes, contains 30 figures and 21 tables.

Keywords: *regional climate change, maximum air temperature, number of days with high temperature, heat waves, climate change scenarios, inter-day variability, effective temperature.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 ПОНЯТТЯ МЕТЕОТРОПНОСТІ	10
1.1 Метеопатичні ознаки, реакції та стани	10
1.2 Метеотропні ефекти деяких окремих метеорологічних величин	13
1.3 Сезонність кліматопатичних ефектів	17
2 ДИНАМІКА РЕЖИМУ МАКСИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ З КІНЦЯ ХІХ-ГО ДО СЕРЕДИНИ ХХІ-ГО СТОЛІТТЯ...	20
2.1 Сучасні та очікувані зміни клімату України	20
2.2 Потепління клімату і здоров'я населення.....	23
2.3 Характеристика вихідних даних повітря.....	24
2.4 Зміни у часі середнього максимуму температури повітря	25
2.5 Абсолютний максимум температури повітря та його динаміка	30
2.6 Кількість днів з високою температурою	34
2.7 Можливі зміни показників режиму максимальної температури повітря до середини ХХІ століття.....	37
3 ХВИЛІ ТЕПЛА ТА ЇХ ЧАСОВІ ЗМІНИ ПРОТЯГОМ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПЕРІОДУ.....	42
3.1 Критерії для виявлення хвиль тепла.....	42
3.2 Методика дослідження.....	44
3.3 Обчислення критеріїв ВМО для виявлення хвиль тепла в Одесі.....	45
3.4 Виявлені хвилі тепла за період 1894-2020 рр. та тенденції змін у часі їх основних фізико-статистичних показників.....	46
3.5 Очікувані хвилі тепла за різними сценаріями.....	53

4	ОЦІНКА ПАТОГЕННОСТІ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ОСНОВІ ДЕЯКИХ БІОКЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.....	59
4.1	Міждобова мінливість температури повітря та атмосферного тиску.....	59
4.2	Ефективна температура.....	64
	ВИСНОВКИ.....	70
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	73
	ДОДАТОК А.....	77

ВСТУП

В останні десятиліття зміни клімату є одною з провідних проблем розвитку світового співтовариства. Такі зміни спостерігаються і на території України, проте мають регіональні та локальні особливості.

Проблеми змін клімату наразі є актуальними та нагальними не лише для наукових досліджень, вони охоплюють усі основні аспекти стійкого розвитку. Сучасні зміни клімату проявляються, перш за все, у зростанні температури повітря і збільшенні кількості екстремальних погодних умов та небезпечних метеорологічних явищ, що мають тісний зв'язок зі здоров'ям населення.

У роботі представлено огляд сучасних наукових досліджень з питань метеотропності, як вагомого фактора впливу на самопочуття та здоров'я людини, розглянуто особливості впливу на організм людини екстремальних температур та інших метеорологічних чинників, сезонний вплив клімату на людину, а також ознаки регіональних змін клімату в Україні на фоні глобального потепління.

Важливою характеристикою температурного режиму є максимальна температура повітря. Грунтовне дослідження її в умовах глобальних змін клімату є вкрай необхідним через те, що коливання максимальної температури зумовлюють зміни погодних умов, які мають як несприятливий, так і сприятливий вплив на здоров'я людини та довкілля. Режим максимальної температури повітря, як відомо, можна характеризувати такими показниками: середній максимум, середній з абсолютних максимумів та абсолютний максимум.

Ще один показник режиму максимальної температури повітря – хвили тепла, виявлення та вивчення яких є надзвичайно важливим у сучасних дослідженнях змін клімату. Наразі немає загально прийнятого визначення хвиль тепла. Найбільш часто використовується визначення хвили тепла, що ґрунтується на максимальній добовій температурі повітря, і яке було

запропоноване Всесвітньою метеорологічною організацією (критерій ВМО).

Хвиля тепла в контексті здоров'я людини – це час, протягом якого відбувається суттєва напруга терморегуляції організму, підвищується ризик захворюваності та смертності.

На тлі збільшення кількості випадків екстремально високих температур виникла необхідність оцінити ризик термічної небезпеки з використанням комплексного біокліматичного показника – ефективної температури, запропонованого Стедменом.

У роботі досліджено часовий розподіл показників режиму максимальної температури повітря на основі метеорологічних спостережень в Одесі (1894-2020 рр.), а також згідно траєкторій RCP8.5 (жорсткий), RCP4.5 (помірний) і RCP2.6 (м'який сценарій) з 2021 по 2050 рр.. Виявлено тенденції змін середнього максимуму та щорічного максимуму, середнього з абсолютних максимумів, аномалії останньої (третьої) кліматичної норми (1991-2020 рр.) відносно попередніх. Визначено повторюваність кількості днів з високою температурою та проаналізовано їх динаміку. Крім того, проаналізовано очікувані часові зміни максимальної температури повітря і кількості днів з високою температурою за вказаними сценаріями.

Досліджено хвилі тепла в контексті змін клімату, при цьому виявлено хвилі тепла, які вже відбулись (фактичні) і очікувані згідно згаданих вище проєкцій змін клімату протягом року в Одесі, проведено оцінку їх фізико-статистичних характеристик та аналіз динаміки.

Проведено оцінку патогенності метеорологічних умов на основі деяких біокліматичних показників (міждобова мінливість температури повітря та атмосферного тиску, ефективна температура), а також особливостей їх часових змін в Одесі.

Опрацьовані результати досліджень дають розуміння взаємозв'язку між людиною та кліматом. Використавши їх, можна розробити комплекс профілактичних та захисних заходів, щоб мінімізувати негативний вплив клімату на здоров'я людини.

1 ПОНЯТТЯ МЕТЕОТРОПНОСТІ

1.1 Метеопатичні ознаки, реакції та стани

Властивість живих організмів реагувати на зміни погодних умов називають метеотропністю. Здорова людина, яка постійно проживає в одній місцевості, як правило, не реагує на зміни погодно-кліматичних умов, але якщо адаптаційні механізми її організму виконують свої функції неефективно, то і у неї можуть спостерігатися метеотропні реакції такі як легкий дискомфорт, погіршення самопочуття. Також у людей з певними захворюваннями при зміні погодних умов виникають психоемоційні реакції, що викликають зміни у фізіологічних процесах організму, погіршення самопочуття, прояв клінічних розладів, загострення хронічних захворювань і навіть летальний результат [1].

Окремі метеорологічні умови такі як, духота, жара, штормовий вітер, перепади тиску та температури, грози, магнітні бурі, низька хмарність є вагомими причинами розсіяної концентрації уваги, зниження працездатності та емоційної врівноваженості людей. Підвищену чутливість людей до погодних змін вважають метеолабільністю, а хворобливі відчуття, що виникають під їх впливом – метеотропними (метеопатичними) реакціями. Метеопатичні ознаки можна класифікувати як: 1) передчуття зміни погоди (суб'єктивне); 2) скарги людей на погане самопочуття під час змін погодних умов за відсутності інших причин; 3) неодноразове повторення метеореакцій; 4) одночасні скарги груп хворих; 5) прояв симптомів інтоксикації; 6) різке погіршення працездатності, активності, здоров'я.

При виявленні трьох і більше ознак з перерахованих вище пацієнт відноситься до категорії підвищеної метеочутливості (метеолабільні). Для оцінки метеопатичних реакцій використовуються кількісні клінічні тести.

Індекс Керде I_k використовується характеристики реакцій вегетативної нервової системи:

$$I_k = \left(1 - \frac{AD_{мин}}{ЧСС}\right) \cdot 100, \quad (1.1)$$

де I_k – діастолічний (нижній) артеріальний тиск; ЧСС – число серцевих скорочень. Якщо $I_k > 0$, то це означає, що переважає тонус симпатичеського відділу вегетативної нервової системи, від’ємні значення цього індексу характерні для нестабільного стану судин (ваготонії).

Для клінічної оцінки метеочутливості пацієнтів при виявленні сезонності захворювань (у тому числі смертності) використовують індекси Руддера:

1) тест-індекс метеочутливості

$$G_M = N K_n / n K_N, \quad (1.2)$$

де K_n – число зареєстрованих клінічних «погіршень від погоди», K_N – загальна кількість клініко-функціональних порушень, n – число днів з несприятливою погодою, N – число днів спостережень;

2) індекс сезонної захворюваності і смертності

$$G_C = (d_i / m_i \cdot 365) / N, \quad (1.3)$$

де d_i – число смертних випадків у i -тому місяці року, m_i – число днів у місяці, N – чисельність населення [2].

Метеочутливість за ступенем виразності можна поділити на чотири типи:

- M_0 – немає помітної чутливості до змін погодного режиму.
- M_1 – метеочутливість виражена слабо. За несприятливої погоди з’являються слабовиражені реакції, переважно скарги загального характеру (зниження настрою, головний біль, млявість, розбитість, біль у м’язах, незначне порушення сну).

- M_2 – метеочутливість виражена помірно, за несприятливої погоди виникають об’єктивні порушення (підвищення артеріального тиску, поява ангіни та інших застудних захворювань. У хворих на серцево-судинні захворювання – негативні зрушення на ЕКГ, помітне зниження працездатності, поява болів у ділянці серця).

• M_3 – висока метеочутливість. Метеопатичні реакції виявляються різко (гіпертонічний криз, порушення дихання, напади задухи, напади стенокардії, загострення хронічної пневмонії). Люди, які відносяться до цієї групи метеочутливості, відрізняються дуже низькими адаптаційними можливостями, тому їм потрібний постійний медичний контроль [1].

Взагалі кажучи, експерти Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) ще у 80-их роках минулого століття визначили орієнтовне співвідношення різних факторів забезпечення здоров'я сучасної людини, виділивши в якості основних чотири похідні (рис. 1.1). У подальшому ці висновки були принципово підтверджені у багатьох країнах світу.

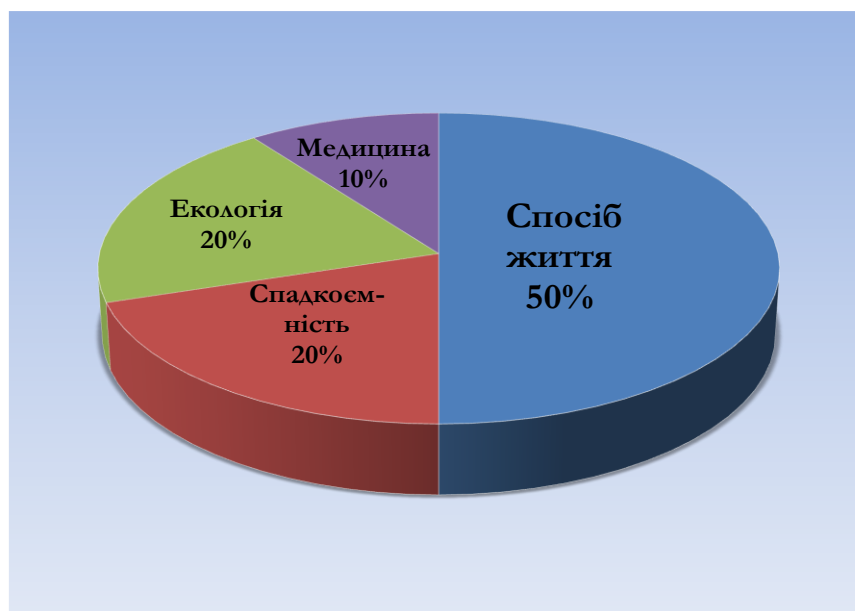


Рисунок 1.1 – Чинники, які формують здоров'я людини [3]

Зрозуміло, що до екологічних факторів належать і метеорологічні умови, про які мова йшла вище.

Прийнято оптимальні значення метеорологічних параметрів, що забезпечують максимальний комфорт (дані наведені для середніх широт): температура повітря – 16-18 °С; відносна вологість 50%; швидкість вітру 0 м/с; хмарність 0 балів; мінливість тиску 0 гПа/добу.

Поволоцька Н.П. та Скляр А.П. запропонували медичну класифікацію

погоди. Ними виділено три варіанти метеотропного впливу, зумовленого синоптичними процесами, динамічними змінами погоди та тенденціями метеорологічних величин [4,5].

Так, варіант погоди «А» характеризується значними перепадами внутрішньодобової температури, зниженням вологості, збільшенням напруженості електричного поля атмосфери, зростанням парціального тиску кисню. Така погода викликає у метеочутливих хворих головні болі, болі в області серця та інших органів, порушення сну, перебої в роботі серця, запаморочення, дратівливість.

У варіант «Б» спостерігається зниження атмосферного тиску, а температура утримується щодо високої. Метеочутливі хворі в цій ситуації скаржаться на задишку, стомлюваність, пітливість, серцебиття, млявість, головний біль.

Варіант «В» супроводжується вираженими міждбовими змінами температури та тиску повітря, парціальної щільності кисню. У хворих з'являються: схильність до парадоксальних реакцій, зниження рівня компенсаторно-приспосувальних механізмів, скарги на болі в серці, запаморочення, шум у вухах, стомлюваність, набряклість.

Отже, для нормального самопочуття оптимальними є такі погодні умови, за яких: температура повітря становить 16-18 °С; відносна вологість 50%; швидкість вітру 0 м/с; хмарність 0 балів; мінливість тиску 0 гПа/добу; імпульси електромагнітного поля не перевищують 10 В/м за добу; варіації геомагнітного поля Землі становлять від 0 до 5 гам/добу [4,5].

1.2 Метеотропні ефекти деяких окремих метеорологічних величин

Температура повітря є найбільш біологічно активним метеорологічним фактором (тобто явним метеопатичним фактором). Сталість температури організму людини – основа її життя.

Основне біокліматичне значення температури повітря полягає у її впливі на тепловий обмін організму з навколишнім середовищем: висока температура утрудняє віддачу тепла, низька, навпаки, збільшує її. В обох випадках організм людини намагається пристосуватись до умов зовнішнього середовища завдяки складним терморегуляторним механізмам.

Відомо, що в основі фізичної терморегуляції теплового балансу організму лежать різні механізми тепловіддачі. Основні з них: випромінювання тепла з поверхні тіла; конвекція – нагрівання повітря, яке прилягає до поверхні тіла людини; випаровування вологи зі шкіри і слизових оболонок дихальних шляхів. У стані спокою і теплового комфорту теплові втрати конвекцією становлять в середньому 15,3%, випромінюванням – 55,6% і випаровуванням – 29,1%. В умовах високих або низьких температур повітря, або під час інтенсивної фізичної роботи ці величини значно змінюються [6].

Коли людина тривалий час перебуває в умовах високої температури повітря, то підвищується температура її тіла, кількість серцевих скорочень змінюється, підвищується або знижується артеріальний тиск, порушуються обмінні процеси, особливо водно-сольовий, порушується функціональний стан органів шлунково-кишкового тракту. Одночасно знижується розумова і фізична працездатність. Наприклад, працездатність людини при температурі 24 °С знижується на 15% порівняно з її рівнем у комфортних умовах, а при температурі 28 °С – вже на 30%. Значний перегрів організму (за температури повітря 35-40 °С і відносній вологості більше 75%) може призвести до теплового удару.

Тривалий вплив відносно низьких температур повітря (або короточасні впливи особливо низьких температур) викликає значне порушення функціонального стану людини. У таких умовах часто виникають різні простудні захворювання або загострення хронічних захворювань (м'язів і зв'язково-суглобового апарату; ревматизму; радикуліту тощо). Також залежно від тривалості перебування на морозі і у вогкості можуть наступити більш-менш небезпечні явища – почервоніння, обмороження шкіри.

Вологість повітря як біокліматичний фактор впливає на організм людини по різному. По перше, від неї істотно залежить парціальна густина кисню у повітрі (при зменшенні парціального тиску водяної пари e зростає парціальна густина кисню за інших рівних умов); по-друге, вологість повітря впливає на радіаційні умови (через утворення хмарності); по-третє, від неї залежить втрата рідини в організмі.

У метеорологічних зведеннях, зазвичай, вказується відносна вологість, бо її зміна може безпосередньо відчуватися людиною. Зона комфорту по вологості повітря для практично здорових людей коливається від 30 до 60%. Повітря вважається сухим при вологості до 30%, помірно-вологим – при 71-85%, дуже вологим (сирим) – вище 85%.

За умов посухи, коли вологість повітря не перевищує 30%, різко збільшується вологовіддача з боку організму. У цьому випадку практично всі здорові люди починають відчувати сонливість, неуважність, сухість шкіри, подразнення слизових оболонок носу, глотки і роту. При відносній вологості $> 80\%$, випаровування утруднено, відчуття жару і холоду більш неприємне. Вплив підвищеної вологості може супроводжуватись головним болем, сонливістю, погіршенням настрою, болями у кінцівках, частішанням серцебиття. Інтенсивність болю знаходиться у прямій залежності від вмісту вологи у повітрі [6].

Висока температура переноситься людиною легше, ніж сухе повітря. При поєднанні високої температури і високої вологості ($>90\%$) випаровування поту практично не відбувається, поверхня шкіри не охолоджується, настає перегрів організму. При високих температурах повітря низька і помірна відносна вологість (до 70%) сприяє посиленому випаровуванню поту, що виключає перегрів організму.

Вітер є чинником, здатним істотно змінити швидкість тепловіддачі організму. Вітер переносить прилеглий до шкіри шар більш теплого і насиченого вологою повітря і замінює його більш холодним і сухим навколишнім повітрям, створює умови для посилення тепловіддачі зі шкіри як

шляхом конвекції, так і шляхом випаровування. Тим самим вітер посилює охолоджувальну силу повітряного середовища.

За температур більш низьких, ніж температура шкіри, вітер, збільшуючи конвекційну тепловіддачу, сприяє охолодженню тіла і виникненню холодового стресу. За температури повітря більш високій, ніж температура поверхні тіла, вітер посилює випаровувальну спроможність повітряного середовища і тим самим сприяє збільшенню віддачі тепла організмом.

Іншою важливою особливістю впливу вітру на організм людини є його механічна дія. Вітровий вплив може бути як негативним, так і дратуючим, який заважає виконувати якісь дії.

У цілому різкі метеопатологічні стани, що викликані вітром, називаються анемопатіями. Частіш за все анемопатія зумовлюється місцевими вітрами (фьон, містраль, бора тощо). Місцеві вітри призводять іноді до того, що у хворих спостерігаються кровотечі, які важко зупинити.

Дослідження Е. Хантингтона показали, що в холодну пору року вітряна погода призводить до підвищеної смертності, а в теплу пору року вітер, навпаки, знижує смертність [6].

Як відомо, нормальний атмосферний тиск дорівнює 1013 гПа. Одже, на всю поверхню тіла людини (площа 1,6-1,8 м²) тисне майже 16-18 тонн атмосферного повітря. Зазвичай людина цього не відчуває, оскільки під таким же тиском газу розчинені у рідинах і тканинах організму та зсередини врівноважують зовнішній тиск на поверхню тіла. Проте, при зміні зовнішнього атмосферного тиску внаслідок погодних умов для врівноваження його зсередини знадобиться деякий час. Протягом цього часу людина може відчувати деякий дискомфорт, оскільки при зміні атмосферного тиску всього на декілька гПа загальний тиск на поверхню тіла змінюється на десятки кілограмів. Особливо виразно відчують ці зміни люди, які страждають на хронічні захворювання кістковом'язового апарату, серцево-судинної системи тощо.

Зі зростанням висоти атмосферний тиск поступово зменшується,

одночасно знижується парціальний тиск кисню, що призводить до погіршення постачання організму киснем. На невеликих висотах (1-2 км) киснева недостатність компенсується посиленням легеневої вентиляції, серцевою діяльністю, підвищенням кількості еритроцитів. На висоті >2 км ця компенсація стає недостатньою і розвивається гіпоксія. Дія зниженого тиску проявляється у вигляді так званої гірської хвороби, ознаками якої є задишка, серцебиття, посиніння і блідість шкірних покривів і слизових оболонок, м'язова слабкість, запаморочення, нудота, блювота.

Підвищений тиск призводить до виникнення почуття здавлення, болю у вухах, утруднення видиху, зростання кількості серцевих скорочень. Зростання парціального тиску кисню і вмісту азоту, який спостерігається за підвищеного атмосферного тиску, може і отруйно впливати на організм людини. При різкому і дуже швидкому підвищенні атмосферного тиску можливий розрив легеневих [6].

Багато дослідників показали, що на самопочуття хворих, які страждають на серцево-судинні захворювання (гіпертонія, стенокардія, інфаркт міокарда й інсульт), на земній поверхні більше впливає не абсолютна величина тиску, а його неперіодичні коливання, пов'язані зі зміною погоди. В якості біокліматичного індексу прийнято міждобову мінливість атмосферного тиску.

1.3 Сезонність кліматопатичних ефектів

Сезонність є провідним екологічним фактором зовнішнього середовища. Їхній вплив на людину порівняно з тваринами виражений у меншій мірі. Це зумовлено тим, що людина частково ізолюється від природних погодних і кліматичних умов завдяки одязі і упорядкованому помешканню. Проте, взаємні впливи факторів і компонентів екологічної системи настільки великі, що організм не може бути ізольованим від впливу різних сезонів року [2].

Сезонний вплив клімату на людину зумовлений річним ходом метеорологічних величин, їх амплітудами, накопиченням тепла по календарних

періодах тощо.

Відомо, що одним з показників інтенсивності обміну речовин та енергії в організмі є основний обмін, який виражається кількістю енергії, необхідної для підтримки життя у стані повного фізичного і психічного спокою, натщесерце, в умовах теплового комфорту.

Дослідження показали, що основний обмін протягом року помітно змінюється, особливо у помірних широтах, і має територіальні особливості. Зазвичай, підвищення його спостерігається навесні і на початку літа, а зниження – пізньої осені і взимку [2].

Навесні у людини спостерігається зростання маси циркулюючої крові, об'єму легеневої вентиляції, споживання кисню.

Влітку у здорових людей загалом знижується нижній артеріальний тиск, зменшується кількість еритроцитів (червоних кров'яних тілець – клітин крові людини) і лейкоцитів крові. Так, у Криму мінімум лейкоцитів виявлено у березні і квітні, а максимум – восени і взимку. Це зумовлено з особливостями річного ходу метеорологічних величин тут.

Як відомо, левову частку смертності вносять серцево-судинні захворювання. Відносним показником потенціальної смертності від цих захворювань є вміст холестерину у крові, який також має сезонний характер розподілу.

Прояви сезонності особливо властиві хворобам, які іноді мають епідемічний характер і розповсюджуються повітряно-крапельним шляхом. До них належать грип, запалення легенів, скарлатина, дифтерія, менінгіт.

У холодний період року різкі зміни погоди, низька температура, висока вологість і вітер стають серйозним випробуванням для імунітету та провокують загострення різних хронічних захворювань. До захворювань цієї пори відносять і ревматичні та інші болі у кістковій системі. Вони зумовлені тим, що суглоби, які хоч раз постраждали від травм або запалення, стають пористими і починають пропускати вологу [2].

Слід згадати й про весняний максимум захворюваності на туберкульоз.

Влітку у всіх країнах зростає кількість захворювань шкіри (які частково пов'язані з посиленням потовиділення і збільшенням інтенсивності сонячної радіації у цю пору року), катарів (тобто запалення слизової оболонки) кишкового і дитячого спінального паралічу (поліомеліту). Слід відмітити, що саме в цю пору року збільшується кількість променевих уражень, пов'язаних з інтенсивним впливом ультрафіолетової радіації.

Алергічні хвороби та їх загострення у помірних широтах найчастіше спостерігаються у весняно-літній період. Максимуми кишкових захворювань (черевний тиф, холера, дизентерія) і поліомеліт, зазвичай, спостерігаються у середині літа, коли через накопичення певних теплових ресурсів відбувається масове розмноження мух (переносників збудників захворювання) і створюються умови для розмноження мікробів у продуктах, питній воді та водоймах, які використовуються для купання [2].

2 ДИНАМІКА РЕЖИМУ МАКСИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ З КІНЦЯ ХІХ-ГО ДО СЕРЕДИНИ ХХІ-ГО СТОЛІТТЯ

2.1 Сучасні та очікувані зміни клімату України

Проблема зміни клімату наразі є актуальною як у глобальному, так і регіональному масштабах. З 2010 року Україна пережила низку пов'язаних зі зміною клімату наслідків, такі як сильні посухи, великі повені та руйнівні пожежі, що призвели до загибелі людей, втрати засобів існування та спричинили негативний вплив на Валовий внутрішній продукт [7].

Дослідження, проведені вченими країни за фактичними даними метеорологічних спостережень протягом двадцятого століття, дозволили встановити ефект сезонно-географічного вирівнювання кліматичного поля приземних температур під впливом глобального потепління. За цей період потепіли, 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 місячна температура місяців теплого періоду або практично не змінилась, або трохи знизилась. Через це зменшилась річна амплітуда температури повітря, що в свою чергу, могло сприяти зменшенню континентальності клімату України [8].

Зміна клімату призвела до змін, що спостерігаються на сході Центральної Європи, включаючи Україну, де річна температура повітря за останні 30 років зросла майже на $1,5^{\circ}\text{C}$. А 2020 рік став найспекотнішим роком в Україні, перевищивши на $2,8^{\circ}\text{C}$ середній показник 1961-1990 рр. (рис. 2.1) [7].

Через зміни клімату на тлі зростання середньорічних температур і зміни просторового розподілу опадів, збільшується частота екстремально високих температур на сході Центральної Європи, включаючи Україну, а частота

екстремальних холодів зменшується [9]. Це призводить до збільшення тривалості періодів спеки.

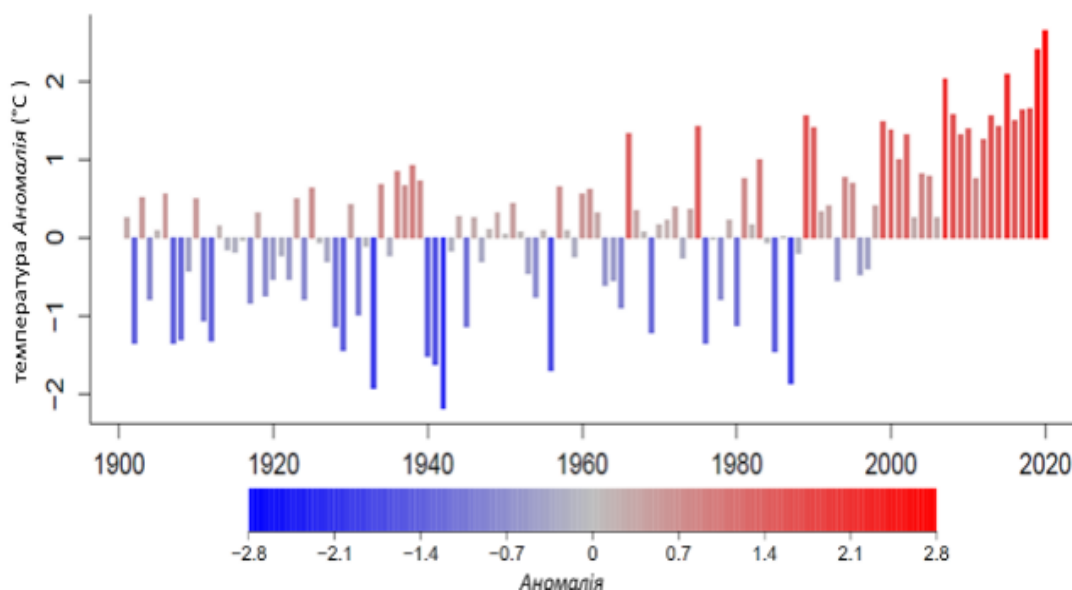


Рисунок 2.1 – Зміна річної температури в Україні [7]

Водночас підвищення поінформованості та рівня знань про характер очікуваних змін надає Україні можливість адаптуватися, підвищивши продуктивність сільського господарства і трансформувавши енергетичний сектор, з покращенням результатів для довкілля та здоров'я і добробуту людей.

На цей час є вагома доказова база для розуміння майбутніх змін клімату в Україні, розроблена за допомогою послідовних етапів досліджень із застосуванням моделювання, включених до звітів про оцінку Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC), останній із яких – Шостий оцінювальний звіт (AR6) 2021 року [10]. Проекції зміни температури та кількості опадів для України взято переважно з кліматичних моделей, використаних у П'ятому звіті про оцінку зміни клімату IPCC (AR5) та результати доповнено новими висновками, зробленими на основі оцінок проєкцій кліматичних моделей, використаних у IPCC AR6. Ці дослідження розглядають реакцію кліматичної системи, представлену у складних кліматичних моделях, на різні темпи зміни концентрацій парникових газів (ПГ) в атмосфері, які зазвичай називають сценаріями концентрації.

Проекції зміни подано для середини XXI століття (2050-і роки, 30-річний період із 2041 до 2070 року) і кінця XXI століття (2080-ті роки, 30-річний період із 2071 до 2100 року) за сценаріями помірної (RCP4.5) і високої концентрації ПГ (RCP8.5) порівняно з 30-річною базовою лінією 1981-2010 років (табл. 2.1). Незважаючи на те що точний рівень потепління залежить як від кількості викидів ПГ, так і від швидкості скорочення викидів протягом століття, сценарій високої концентрації ПГ загалом відповідає глобальному потеплінню наприкінці XXI століття на 3-5°C, а сценарій помірної концентрації ПГ із глобальним потеплінням від 2,5°C до 3°C. Додатковий сценарій концентрації ПГ (RCP2.6) передбачає значне пом'якшення наслідків завдяки скороченню викидів, у результаті якого показник глобального потепління наприкінці століття становитиме 1,7-1,8°C, що відповідає намірам щодо стримування глобального потепління на позначці значно нижчій за 2°C [7].

Таблиця 2.1 – Проекції річних і сезонних змін температури приземного повітря для України [7]

Зміни температури (°C)				
Сезон	2050-ті, RCP4.5	2050-ті, RCP8.5	2080-ті, RCP4.5	2080-ті, RCP8.5
Груд.-лют.	+0.7 до +3.3	+1.6 до +4.2	+1.6 до +4.3	+3.5 до +7.3
Берез.-трав.	+0.8 до +2.9	+1.5 до +3.8	+1.3 до +3.3	+2.7 до +5.7
Черв.-серп.	+1.3 до +3.5	+1.7 до +4.9	+1.4 до +4.5	+3.3 до +7.7
Верес.-листоп.	+1.1 до +2.8	+1.8 до +3.9	+1.6 до +3.4	+3.4 до +6.2
Річні	+1.2 до +3.0	+1.7 до +4.1	+1.6 до +3.5	+3.4 до +6.2

Очікується, що до 2050-х років середня температура по Україні може зрости порівняно з кінцем XX століття на 1,2-3,0°C за сценарієм помірної концентрації ПГ (RCP4.5) і 1,7-4,1°C – за сценарієм високої концентрації ПГ (RCP8.5) (табл. 2.1). Водночас до 2080-х років середня температура може зрости порівняно з кінцем XX століття на 1,6-3,5°C за сценарієм помірної

концентрації ПГ (RCP4.5) та 3,4-6,2°C – за сценарієм високої концентрації ПГ (RCP8.5) (табл. 2.1) [7].

Очікується також, що за всіма сценаріями концентрації ПГ частота та інтенсивність екстремальних температур протягом XXI століття зростатимуть, зі збільшенням кількості дуже спекотних днів і теплих ночей, а також теплих періодів. За прогнозами, протягом найближчих десятиліть потепління призведе до зменшення кількості днів із від'ємною температурою, а в деяких областях їх не буде взагалі. Строки досягнення цих порогових значень залежать від швидкості потепління, причому за сценаріїв високої концентрації ПГ це станеться раніше. Зменшення днів із від'ємною температурою відбудеться швидше у понад 1,5 рази до 2080-х років за сценарієм високої концентрації ПГ, ніж за сценарієм помірної концентрації ПГ [7].

Наразі одним з найважливіших питань в проблемі змін клімату є оцінка варіації екстремальних кліматичних параметрів на фоні зміни їх середніх значень.

2.2 Потепління клімату і здоров'я населення

Зміна клімату вже створює додатковий стрес для систем охорони здоров'я. З глобальним потеплінням зростатимуть випадки втрат життя, хвороб та зменшення продуктивності, пов'язані з тепловими хвилями та похолоданнями, пожежами, посухою і повенями. Є чітка залежність між екстремальними спекотними та холодними температурами і смертністю. Екстремальні температури значно більше впливають на людей похилого віку та осіб із низькими доходами, які проживають у поганих житлових умовах та не можуть використовувати дорогу енергію для охолодження [11]. Хвороби, які зазвичай асоціюються з тропічними регіонами, як-от малярія, що передається через укуси комарів, і лихоманка Денге, можуть переміститися в інші регіони, оскільки з підвищенням температури змінюються і кліматичні зони [12], створюючи нові загрози для здоров'я людей в Україні.

З глобальним потеплінням зростатиме кількість людей, що зазнають впливу екстремальної спеки й вологості у дні, коли температура змоченого термометра перевищує 33°C, коли висока вологість зменшує можливості людей охолоджуватися та призводить до теплового стресу [13].

Зростання міського населення призведе до того, що дедалі більше людей страждатиме від погіршення якості повітря та постане перед необхідністю адаптувати опалення й охолодження будівель, які на цей час погано пристосовані до очікуваних майбутніх умов. В Україні погана якість повітря, яка справляє на здоров'я людей значний вплив. Смертність, пов'язана із забрудненням повітря, становить ~6% від загальної смертності (~27 000 смертельних випадків на рік) , при цьому Україна посідає 4-те місце в Європі за рейтингом смертності від усіх видів забруднення, серед яких переважає забруднення повітря [14].

Очікується, що зміна клімату вплине на здоров'я людей безпосередньо через збільшення дрібних частинок і забруднювачів, а також опосередковано – через виробництво вторинних забруднювачів, включаючи озон, що може мати згубний вплив на врожайність сільськогосподарських культур . Погана якість повітря в Україні пов'язана із забрудненням від виробництва електроенергії, старінням промислової інфраструктури та видобутком вугілля, а також димом від лісових пожеж, що підвищує рівень забруднення повітря в літній сезон пожеж [15].

2.3 Характеристика вихідних даних

Для проведення дослідження використано величезну базу даних, що включала інформацію про максимальну добову температуру повітря з січня по грудень з 1894 по 2020 роки (фактичні дані) на станції Одеса, яка розташована у південному регіоні країни. Ці вихідні дані отримано з сайту [16], що містить кліматичну інформацію для території Європи. Застосовані також можливі значення максимальної добової температури повітря за всі місяці прийдешніх

років (2021-2050 рр.) за результатами моделювання згідно траєкторій RCP 8.5 (жорсткий сценарій), RCP 4.5 (помірний сценарій) і RCP2.6 (низького рівня викидів парникових газів).

Крім того, була залучена кліматологічна інформація про режим максимальної температури повітря, наведена у «Справочнике по климату СССР» вип. 10, ч. 2 [17] та двох кліматичних кадастрах України, в яких представлено показники цього режиму за періоди 1961-1990 рр. та 1991-2020рр. [18, 19].

2.4 Зміни у часі середнього максимуму температури повітря

Максимальну температуру повітря визначають, головним чином, синоптичні процеси. Так, у холодну пору року значне потепління зумовлюється адвекцією теплих повітряних мас, особливо з боку Середземного моря. У теплу пору року висока температура повітря формується у стаціонарних антициклонах, що розташовані над півднем Європейської частини Росії та України, а також Чорним морем [20].

Режим максимальної температури повітря, як відомо, можна характеризувати такими показниками: середній максимум, середній з абсолютних максимумів та абсолютний максимум. Середній максимум визначається як середнє із щоденних найвищих значень максимальної температури повітря. Він показує найбільш спекотну частину доби. Саме у цей час має місце найінтенсивніший турбулентний теплообмін, через що мікрокліматичні умови позначаються на максимальній температурі менше, ніж на мінімальній.

У табл. 2.2 представлено середній максимум для всіх місяців року за три періоди: 1894-1960 рр. – перша кліматична норма (перший період) [17]; 1961-1990 рр. – друга кліматична норма (другий період) – до речі, згідно з Технічним регламентом у визначеннях, що стосуються кліматичних норм, який схвалив Сімнадцятий Всесвітній метеорологічний конгрес (ВМО, 2015), саме цей період

був збережений як стандартний опорний період для довгострокової оцінки змін клімату [18]; 1991-2020 рр. – третя кліматична норма (третій період) або кліматична стандартна норма [19] згідно з Технічним регламентом – останній 30-річний період, який завершується роком, що закінчується цифрою 0 [21]. Крім того, у цій таблиці наведено різниці між значеннями середнього максимуму температури у всі місяці за вказані періоди.

З наведеної таблиці видно, що найвищі значення найбільш імовірних денних температур повітря за останні тридцять років спостерігаються у липні (28,0 °C), а найнижчі – у січні (2,2 °C). Для наочності на рис. 2.2 зображено річний хід середнього максимуму температури.

Таблиця 2.2 – Середній максимум температури повітря (°C) за певні періоди та різниці між ними

Період	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1894-1960 (I)	0,2	0,8	5,2	11,9	19,1	23,6	26,9	25,9	21,0	14,9	8,1	2,8
1961-1990 (II)	1,1	1,8	5,5	12,6	18,7	23,2	25,5	25,3	20,9	14,6	8,7	4,0
1991-2020 (III)	2,2	3,4	7,8	13,7	20,3	25,1	28,0	27,7	21,8	15,3	9,1	4,2
Аномалія (II-I)	0,9	1,0	0,3	0,7	-0,4	-0,4	-1,4	-0,6	-0,1	-0,3	0,6	1,2
Аномалія (III-I)	2,0	2,6	2,6	1,8	1,2	1,5	1,1	1,8	0,8	0,4	1,0	1,4
Аномалія (III-II)	1,1	1,6	2,3	1,1	1,6	1,9	2,5	2,4	0,9	0,7	0,4	0,2

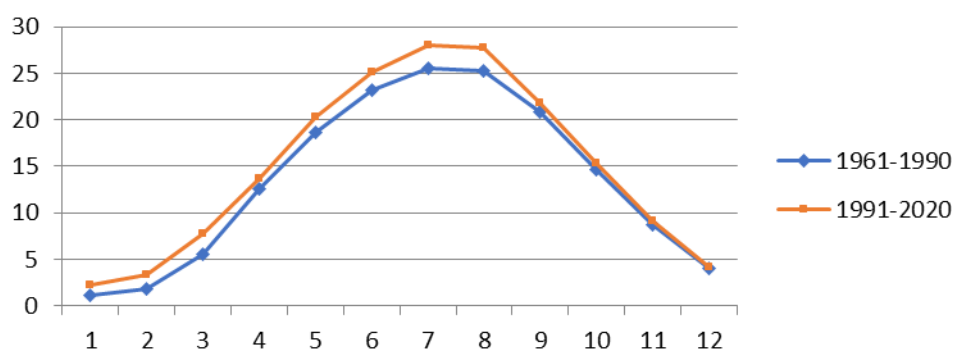


Рисунок 2.2 – Річний хід середнього максимуму температури повітря за різні періоди

На рис. 2.3 для наочності представлено різниці між середнім максимумом температури за останні тридцять років та другою кліматичною нормою для

кожного місяця. За період 1991-2020 рр. в Одесі середній максимум у всі місяці року перевищує норму від 0,2 °С (грудень) до 2,5 °С (липень). При цьому найбільше він зріс у літній сезон (в середньому на 2,3 °С), а найменше – восени (на 0,7 °С).

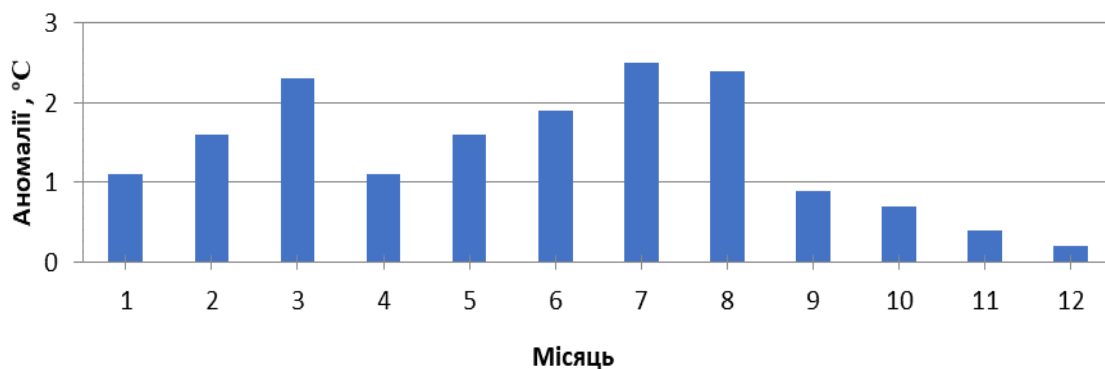


Рисунок 2.3 – Аномалії середнього максимуму температури повітря (°С)

Відносно першого періоду зростання цього показника відбулось також з січня по грудень: від 0,4 °С у жовтні до 2,6 °С у лютому і березні.

Цікаво, що середній максимум температури від першого до другого періоду з листопада по квітень підвищився від 0,3 °С (березень) до 1,2 °С (грудень), а з травня по жовтень – зменшився на 0,1 (вересень)-1,4 °С (липень).

На рис. 2.4 показано зміну у часі середнього максимуму, тобто максимальної добової температури повітря, осередненої за рік, у центральні місяці сезонів за доступний період спостережень та визначено лінійний тренд і його рівняння.

Аналіз представленого рисунку дає право зробити наступні висновки. В усі сезони року простежується загальна тенденція на зростання середнього максимуму температури повітря з середньою швидкістю: у січні – 1,9 °С/100 років, квітні – 1,4 °С/100 років, липні – 1,3 °С/100 років (хоча, починаючи з 70-их років минулого століття, швидкість зростання збільшилась), жовтні – 0,5 °С/100 років.

У Технічному регламенті (ВМО, 2016b) наводиться таке визначення середнього за період – це середні кліматологічні дані, розраховані для будь-якого періоду тривалістю не менше 10 років, що починається з 1 січня календарного року, який закінчується цифрою 1 [21].

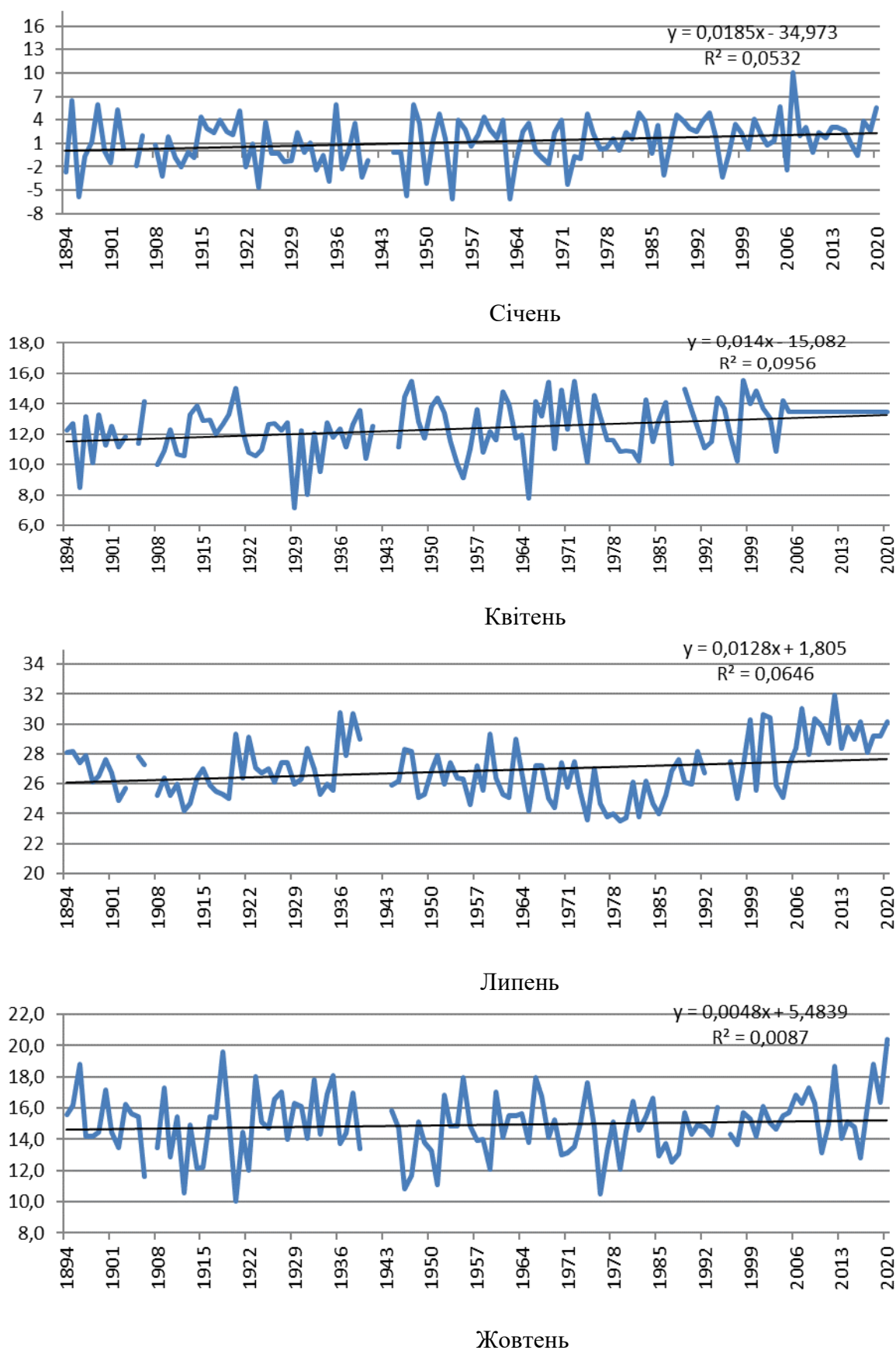


Рисунок 2.4 – Зміна середньої максимальної добової температури повітря (°C), осередненої по роках

На рис. 2.5 відображено зміну у часі середнього максимуму, тобто максимальної добової температури повітря, осередненої за 10 років, у центральні місяці зимового і літнього сезонів за весь період дослідження та визначено лінійний тренд і його рівняння.

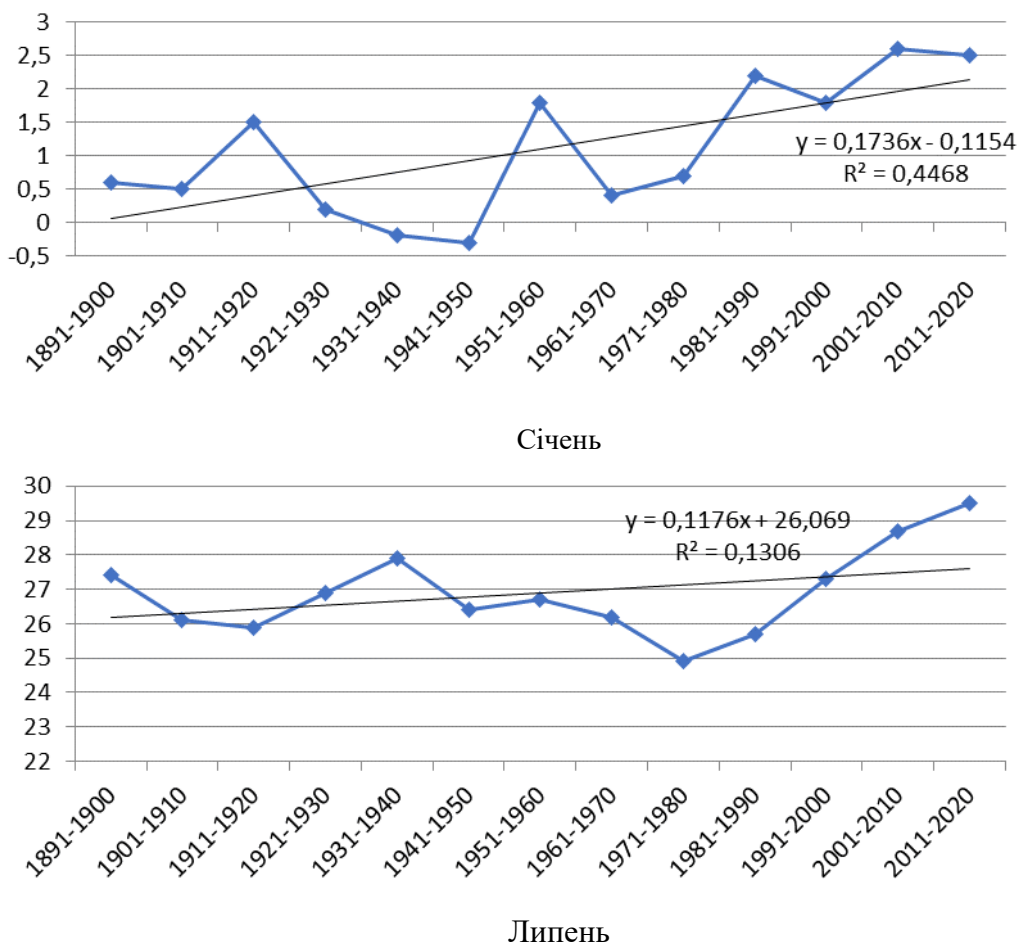


Рисунок 2.5 – Зміна максимальної добової температури повітря (°C), осередненої по десятиріччях

З наведеного рисунку видно, що і у січні, і у липні простежується чітка тенденція на зростання найбільш імовірної денної температури повітря з середньою швидкістю: у січні – 1,7 °C/100 років (коефіцієнт кореляції становить 0,67), у липні – 1,2 °C/100 років (коефіцієнт кореляції – 0,36). Можна також зазначити, що з кінця 70-х років минулого століття темпи потепління клімату підвищились.

Отже, за весь опрацьований період в Одесі простежується зростання середнього максимуму температури повітря, осередненого по десятиріччях, причому найбільшим воно є у зимові місяці.

2.5 Абсолютний максимум температури повітря та його динаміка

Відомо, що абсолютний максимум температури повітря – це найвища температура повітря, яка була зафіксована на станції за весь період спостережень або будь-який період. Так в Одесі найвища температура повітря, яка зареєстрована за весь період спостережень, становила 39,2 °C у липні 2007 року. Абсолютний максимум температури і значення температури, наближені до нього, спостерігаються рідко.

На території нашої країни протягом року найбільші значення максимальної температури повітря, спостерігаються влітку (червень-серпень), але через аномальний розвиток синоптичних процесів в окремі роки можуть бути і у травні або вересні.

У табл. 2.3 представлено найбільші значення максимальної за добу температури повітря $t_{доб}$ для кожного місяця року, що спостерігались під час всього періоду спостереження, та вказано час, коли це відбулось.

Таблиця 2.3 – Найвищі значення максимальної добової температури повітря (°C). 1894-2020 рр. [19]

Показник	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_{доб}$	15,1	19,2	25,0	30,1	34,8	38,3	39,3	38,1	35,4	29,8	26,2	16,9
Рік	2005	2016	1947	1909	1950	1926	2007	2010	2018	1928	1926	2015

З наведеної таблиці випливає наступне. Абсолютний максимум температури повітря в усі зимові місяці та з липня по вересень зафіксовано у XXI-ому столітті, а це свідчить про те, що потепління в останні два десятиліття саме у даний час відбувається з більшою інтенсивністю, ніж у попередні роки. У решту місяців найвищі значення максимальної температури спостерігалась у першу половину XX-го століття.

Щорічна максимальна температура повітря є наступним показником екстремальної температури. На рис. 2.6 відображено динаміку найвищої річної температури повітря в Одесі за весь досліджуваний період і визначено лінійний тренд та його рівняння. Отже, часовий режим щорічного максимуму має

додатний тренд, що характеризує підвищення максимальної температури з часом (приблизно на $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ років).

Побудованому ступеневому тренду щорічного максимуму властива достатньо суттєва зміна: температура зросла на $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

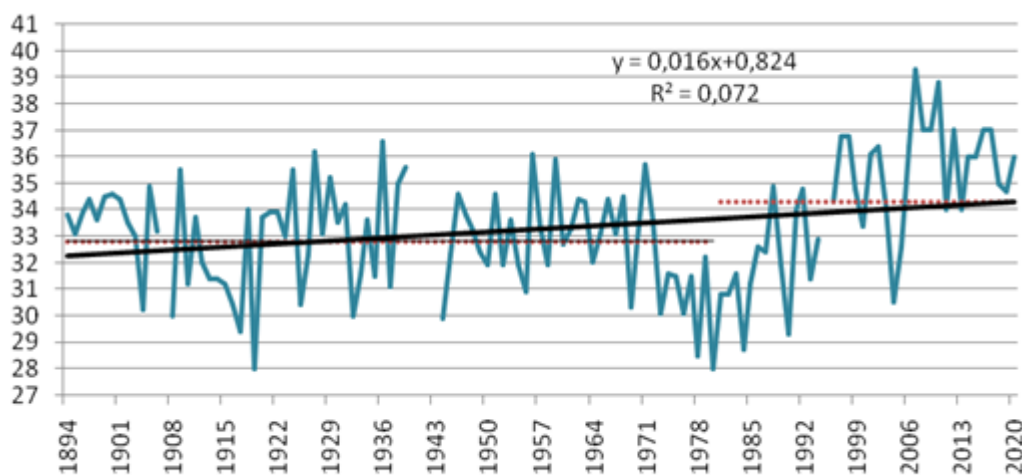


Рисунок 2.6 – Часовий хід щорічного максимуму температури повітря, $^{\circ}\text{C}$

Найпоказовішим показником режиму максимальної температури повітря прийнято вважати середній з абсолютних максимумів температури, який характеризує максимальну температуру повітря, що може спостерігатись щорічно. Визначається він шляхом осереднення найвищих за кожен рік значень максимальної температури. У табл. 2.4 представлено середній з абсолютних максимумів температури для всіх місяців року за перший кліматичний період (1894-1960 рр.), другий кліматичний період (1961-1990рр.) та останні три десятиріччя (1991-2020 рр.), тобто стандартний кліматичний період і різниці значень цього показника у зазначені періоди.

З табл. 2.4 видно, що найвище значення середнього з абсолютних максимумів температури повітря, який можна очікувати щорічно, за останні тридцять років спостерігався у серпні ($34,0\text{ }^{\circ}\text{C}$), а найнижче – у січні ($9,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). На рис. 2.7 для наочності представлено різниці між середнім з абсолютних максимумів за останні тридцять років та першою кліматичною нормою для кожного місяця. Значення середнього з абсолютних максимумів температури з

1991 по 2020 рр. відносно другої кліматичної норми у всі місяці року зросли: від 0,3 (січень) до 3,1 °С (серпень). Більше підвищення відбулось у весняно-літню пору (в середньому на 1,9 і 2,4 °С відповідно), менше – у зимово-осінню (в середньому на 0,9 і 1,0 °С).

Таблиця 2.4 – Середній з абсолютних максимумів температури повітря (°С) за різні періоди та різниці між ними

Період	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1894-1960 (I)	8,0	9,0	15,0	20,0	26,0	30,0	32,0	32,0	28,0	22,0	16,0	11,0
1961-1990 (II)	9,4	9,8	14,5	20,5	25,5	29,3	31,0	30,9	27,0	21,0	16,0	11,3
1991-2020 (III)	9,7	11,6	17,2	21,7	27,3	31,2	33,3	34,0	27,5	22,7	16,7	11,9
Різниці (II-I)	1,4	0,8	-0,5	-0,5	-0,5	-0,7	-1,0	-1,1	-1,0	-1,0	0,0	0,3
Різниці (III-I)	1,7	2,6	2,2	1,7	1,3	1,2	1,3	2,0	-0,5	0,7	0,7	0,9
Різниці (III-II)	0,3	1,8	2,7	1,2	1,8	1,9	2,3	3,1	0,5	1,7	0,7	0,6

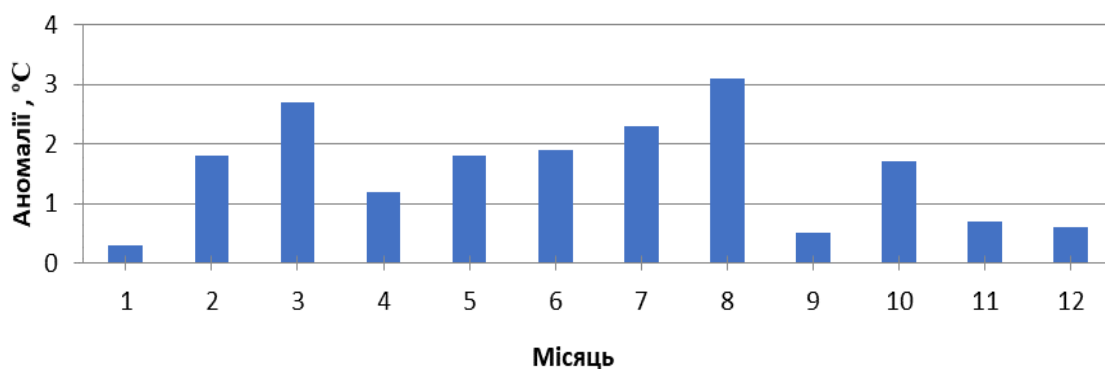


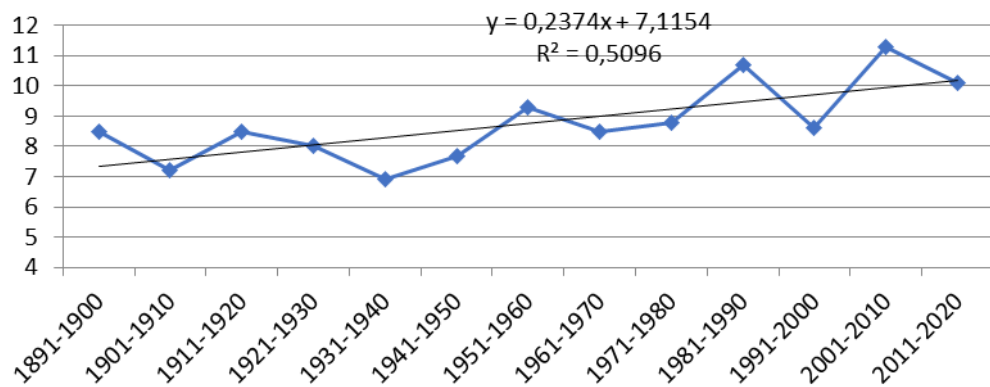
Рисунок 2.7 – Аномалії середнього з абсолютних максимумів

Відносно першого періоду даний показник також побільшав майже в усі місяці року: від 0,7 °С у жовтні і листопаді до 2,6 °С у лютому (винятком став лише вересень, коли він зменшився на 0,5 °С).

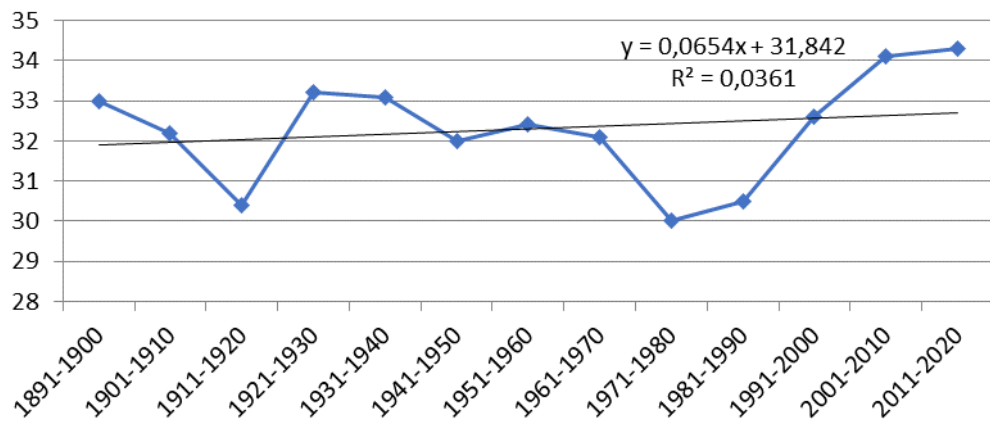
Середній з абсолютних максимумів від першого до другого періоду підвищився лише у зимові місяці (від 0,3 до 1,4 °С), у решту місяців (крім листопада, коли він залишився незмінним) – зменшився (від 0,5 до 1,1 °С).

На рис. 2.8 представлено зміну у часі абсолютного максимуму температури повітря, можливого на станції щорічно, осередненого за 10 років,

у центральні місяці зимового і літнього сезонів за весь досліджуваний період спостережень та визначено лінійний тренд і його рівняння.



Січень



Липень

Рисунок 2.8 – Зміна середнього з абсолютних максимумів температури повітря (°C)

Таким чином, для зміни максимальної температури повітря, що може спостерігатись щорічно, характерним є зростання з середньою швидкістю: у січні – на 2,4 °C/100 років (коефіцієнт кореляції становить 0,71), у липні – 0,7 °C/100 років (коефіцієнт кореляції – 0,19).

Результати досліджень сучасного клімату України до 2010 року, наведені в [22], теж свідчать про те, що в останні роки XX століття та на початку XXI століття тенденція зростання температури повітря до екстремальних значень посилилась.

2.6 Кількість днів з високою температурою

На основі аналізу перевищення температури певних заданих меж здійснюється, зазвичай, дослідження високих температур. Якщо температура повітря $\geq 25^{\circ}\text{C}$, то її прийнято вважати високою (дні з максимальною температурою в інтервалі значень $25,0-29,9^{\circ}\text{C}$ називають жаркими), а температуру $\geq 30^{\circ}\text{C}$ – дуже високою (дні з такою температурою – аномально жаркі або тропічні) [23, 24]. У цьому дослідженні будемо дотримуватись саме таких формулювань.

Зазначимо, що досі не існує єдиної думки у визначенні цих понять. Так, деякі російські дослідники, високими вважають максимальні добові температури повітря зі значеннями $\geq 30^{\circ}\text{C}$ будь-якої тривалості. Аномально жарка погода визначається максимальною за добу температурою $\geq 30^{\circ}\text{C}$ протягом п'яти діб і більше. Сильна жара характеризується значеннями максимальної за добу температури $\geq 35^{\circ}\text{C}$ протягом 3 діб і більше [25].

На території нашої країни максимальна за добу температура повітря, що досягає у південних, південно-східних та східних областях $\geq 35^{\circ}\text{C}$, вважається небезпечною, а температура 40°C і вище – особливо небезпечною. У західних, північно-східних і північних областях України небезпечною є температура $\geq 30^{\circ}\text{C}$, а особливо небезпечною – температура $\geq 35^{\circ}\text{C}$ [26].

Саме перевищення зазначених меж найчастіше вивчається українськими дослідниками [20, 27-30]. Аналізується тривалість у днях та годинах перевищення цих меж, розраховується їх ймовірність. Крім того визначаються і класифікуються синоптичні процеси, під час яких вони спостерігаються.

Нами вивчено динаміку повторюваності максимальної температури повітря за період з 1894 по 2020 рік на ст. Одеса. У табл. 2.5 наведено ймовірність високої температури з квітня по листопад, тобто у ті місяці року, коли вона спостерігалась, протягом трьох періодів (1894-1960, 1961-1990 та 1991-2020 рр.).

Аналіз розрахунків показує наступне. Жаркі дні протягом всіх трьох

досліджуваних періодів в Одесі спостерігались кожного року з травня по вересень. Найбільше їх виявлено у липні і серпні першого періоду (в середньому 18,1 і 16,2 дні відповідно).

Таблиця 2.5 – Повторюваність кількості днів з високою температурою.

Фактичні дані за певні періоди

Градації, °C	Місяць							
	4	5	6	7	8	9	10	11
1894-1960								
25,0-29,9	0,03	2,5	8,9	18,1	16,2	4,0	0,2	0,02
30,0-34,9	-	0,1	1,2	4,4	3,0	0,2	0,02	-
35,0-39,9	-	-	-	0,1	0,05	-	-	--
1961-1990								
25,0-29,9	0,1	1,6	8,3	15,5	14,1	3,0	0,03	-
30,0-34,9	-	0,03	0,7	2,5	2,7	1,4	-	-
35,0-39,9	-	-	0,03	0,03	0,03	-	-	-
1991-2020								
25,0-29,9	0,3	5,3	12,4	15,1	14,7	6,4	0,2	-
30,0-34,9	0,03	0,6	4,7	9,9	8,6	1,2	-	-
35,0-39,9	-	0,03	0,07	1,0	1,7	0,03	-	-

Аномально жаркі дні спостерігались з квітня по жовтень з найбільшою повторюваністю також у липні і серпні, а кожного року – у всі літні місяці (перший період), з липня по вересень (другий період) і з червня по вересень (третій період). Причому кількість таких днів у третій період більше, ніж у два-три рази перевищувала цей показник для першого і більше, ніж у три-чотири рази для другого періоду у липні і серпні.

Слід зазначити, що у липні та серпні третього періоду можливі значення максимальної за добу температури повітря вище 35 °C вже кожного року, у травні і вересні – 3 дні, а у червні 7 днів на 100 років, тобто кількість їх порівняно з першим і другим періодами зростає.

Отже, найбільша кількість днів з температурою ≥ 25 °C визначена в останні 30 років і становить 26 і 25 днів у зазначені місяці. Відносно першого періоду вона зростає на 15 і 30% у липні та серпні відповідно, а відносно другого періоду – на 43 і 49% відповідно.

На рис. 2.9 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 стандартного опорного періоду.

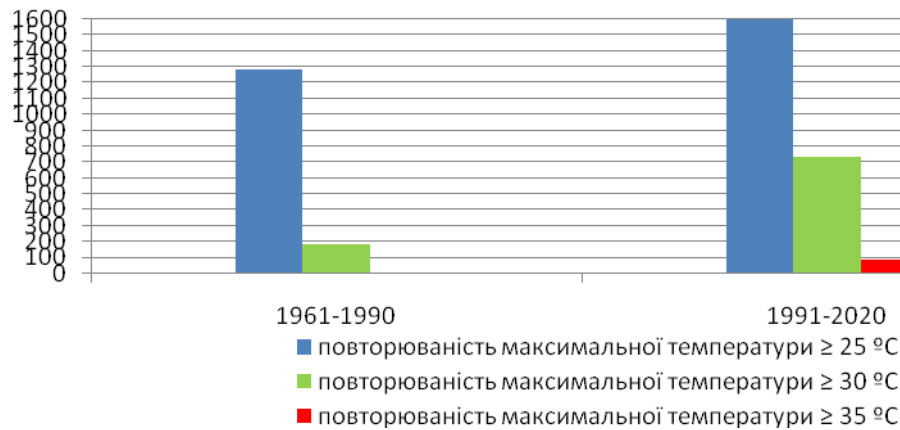


Рисунок 2.9 – Середня кількість днів з високою температурою. Одеса

На рис. 2.10 представлено графік, на якому наведено загальну кількість днів з температурою вище 30 і 35°C, визначену в межах десятиріч.

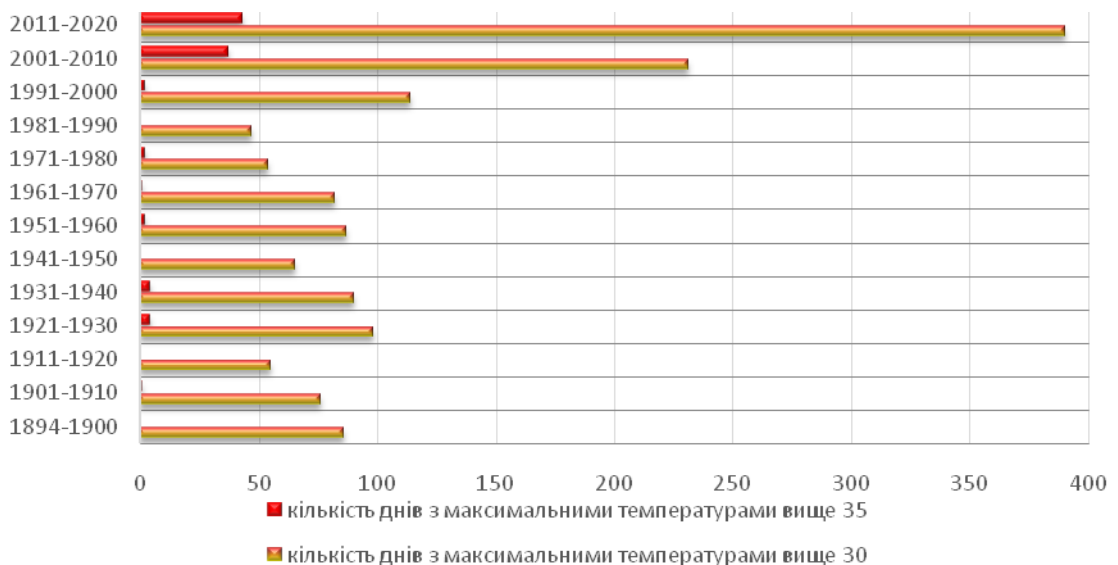


Рисунок 2.10 – Кількість днів з температурою вище 30 та 35°C

Таким чином, за останні три десятиліття простежується суттєве зростання кількості жарких та аномально жарких днів.

2.7 Можливі зміни показників режиму максимальної температури повітря до середини XXI століття

Для прогнозування перемін кліматичної системи, як зазначалось вище (п. 2.3), застосовуються кліматичні моделі різних щаблів складності. Ці моделі дозволяють розрахувати зміни на основі низки сценаріїв антропогенних впливів. У даній роботі використовувалась така низка сценаріїв: Репрезентативні траєкторії концентрацій (РТК або Representative concentration path – RCP2.6, RCP 4.5 і RCP 8.5). Вони відповідають різним прийдешнім антропогенним емісіям парникових газів у XXI-ому сторіччя.

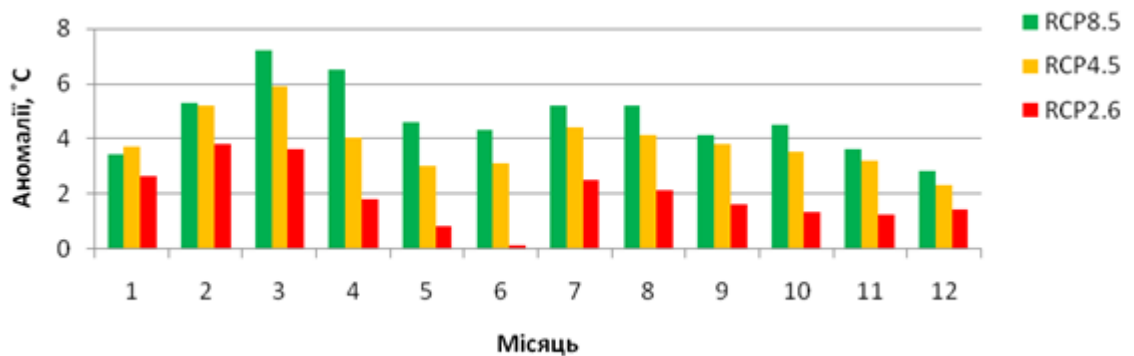
У табл. 2.6 наведено очікувані значення середньої максимальної температури повітря за сценаріями RCP2.6, RCP4.5 і RCP8.5 та результати їх порівнянь з другою і третьою кліматичними нормами. Для наочності на рис. 2.11 показано ці аномалії

Таблиця 2.6 – Порівняння середнього максимуму температури повітря для різних сценаріїв з кліматичною нормою

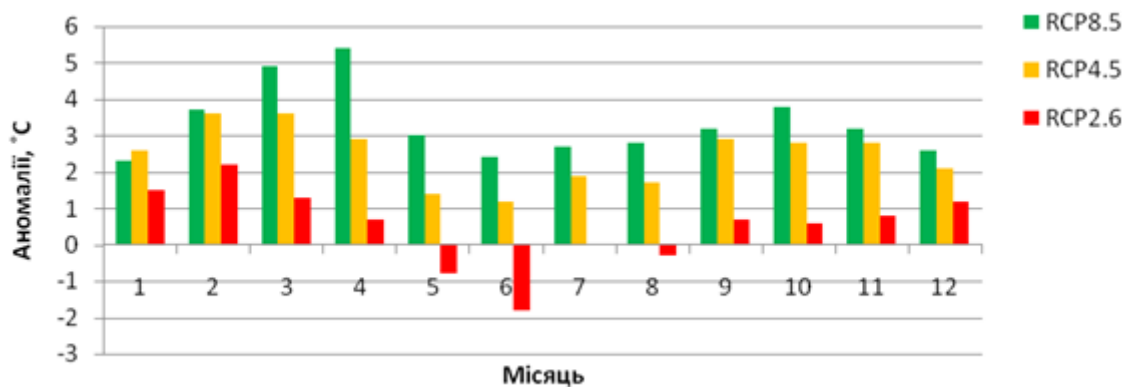
Сценарій	Місяць											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Середній максимум											
RCP8.5	4,5	7,1	12,7	19,1	23,3	27,5	30,7	30,5	25,0	19,1	12,3	6,8
RCP4.5	4,8	7,0	11,4	16,6	21,7	26,3	29,9	29,4	24,7	18,1	11,9	6,3
RCP2.6	3,7	5,6	9,1	14,4	19,5	23,3	28,0	27,4	22,5	15,9	9,9	5,4
	Аномалії відносно другої кліматичної норми											
RCP8.5	3,4	5,3	7,2	6,5	4,6	4,3	5,2	5,2	4,1	4,5	3,6	2,8
RCP4.5	3,7	5,2	5,9	4,0	3,0	3,1	4,4	4,1	3,8	3,5	3,2	2,3
RCP2.6	2,6	3,8	3,6	1,8	0,8	0,1	2,5	2,1	1,6	1,3	1,2	1,4
	Аномалії відносно третьої кліматичної норми											
RCP8.5	2,3	3,7	4,9	5,4	3,0	2,4	2,7	2,8	3,2	3,8	3,2	2,6
RCP4.5	2,6	3,6	3,6	2,9	1,4	1,2	1,9	1,7	2,9	2,8	2,8	2,1
RCP2.6	1,5	2,2	1,3	0,7	-0,8	-1,8	0,0	-0,3	0,7	0,6	0,8	1,2

Аналіз аномалій відносно другої кліматичної норми дозволяє зробити наступні висновки. В Одесі середній максимум температури повітря буде зростати в усі місяці року за всіма сценаріями. Найбільше зростання його очікується за сценарієм RCP8.5: з лютого по квітень, у липні та серпні, саме у ці

місяці аномалія може перевищувати 5 °С, досягаючи 7,2 °С (у березні). Для сценарію RCP4.5 межа 5 °С буде подолана лише у лютому і березні, у решту місяців аномалія коливатиметься від 2,3 °С (грудень) до 4,4 °С (липень). Для сценарію RCP2.6 відхилення від норми знаходитиметься в межах 0,1 °С (червень)-3,8 °С (лютий). Для перших двох сценаріїв максимальне підвищення найбільш імовірної денної температури повітря очікується навесні і влітку, за останнім – взимку і навесні. В середньому за рік цей показник має зрости на 4,7 °С (RCP8.5), 3,9 °С (RCP4.5) і 1,9 °С (RCP2.6).



а)



б)

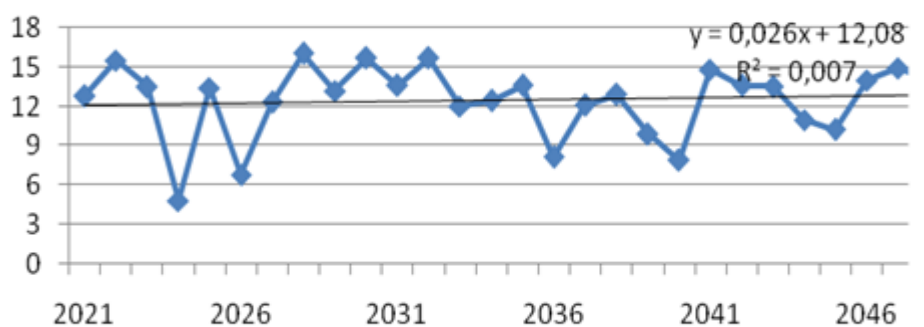
а) відносно другої кліматичної норми; б) відносно третьої кліматичної норми

Рисунок 2.11 – Аномалії середнього максимуму температури повітря (°С) для різних сценаріїв

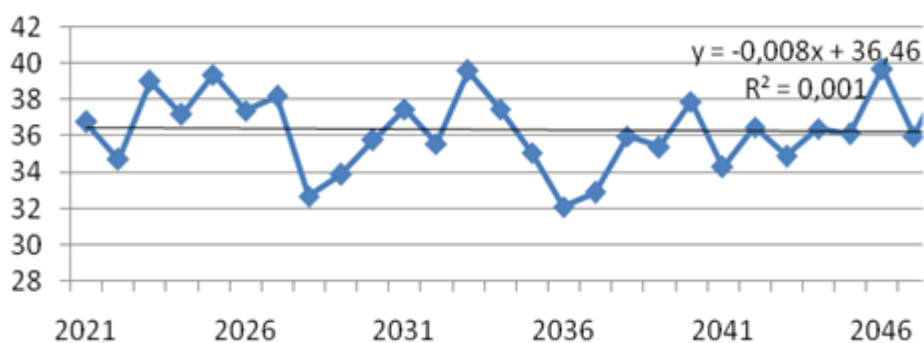
Аномалії відносно третьої кліматичної норми по своїй величині суттєво зменшаться, хоча тенденція на зростання середнього максимуму у всі місяці

року збережеться (для сценаріїв RCP8.5 і RCP4.5). Причому максимальне відхилення можливе у квітні і березні (RCP8.5) та лютому і березні (RCP4.5). Для сценарію RCP2.6 підвищення цього показника відносно норми очікується з вересня по квітень (з максимумом взимку), а з травня по серпень кліматична норма вже перевищує сценарні дані. Хоча в середньому за рік найбільш імовірні денні температури мають зрости на 3,3 °C (RCP8.5), 2,5 °C (RCP4.5) і 0,5 °C (RCP2.6).

Виходячи з того, що найвищі значення максимальної температури можливі за сценарієм RCP 8.5, наведемо в якості прикладу очікувану динаміку найвищої максимальної добової температури повітря у січні та липні з 2021 по 2050 рр. саме за вказаним сценарієм на рис. 2.12.



Січень



Липень

Рисунок 2.12 – Динаміка абсолютного максимуму температури повітря для певного року. 2021-2050 рр. (RCP 8.5)

Визначений лінійний тренд, який характеризує загальну тенденцію зміни цієї температури за тридцять років, показує наступне. В Одесі абсолютний максимум добової температура за рік у січні зростатиме (на 0,26 °C/10 років), у липні – знизиться (на 0,08 °C/10 років).

Можлива повторюваність кількості днів з високою температурою за всіма застосованими сценаріями за майбутні роки з 2021 по 2050 рр. наведена у табл. 2.7. З цієї таблиці випливає, що жаркі дні за сценарієм RCP8.5 очікуються кожного року з квітня по жовтень, за RCP 4.5 – з травня по жовтень, за RCP2.6 – з квітня по серпень, з максимумом у липні. В окремі роки вони можуть спостерігатись навіть у березні та листопаді, правда, всього по 1-2 випадки за 30 років. Найбільша кількість їх в середньому припадає на липень – до 29 днів (RCP8.5).

Таблиця 2.7 – Повторюваність кількості днів з високою температурою за різними сценаріями. 2021-2050 рр.

Градації, °C	Місяць									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
RCP2.6										
25,0-29,9	0,4	1,1	8,2	16,8	16,2	7,1	0,2	-	-	
30,0-34,9	-	-	0,6	7,8	6,5	0,5	-	-	-	
35,0-39,9	-	-	0,03	0,7	0,8	-	-	-	-	
40,0-44,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
RCP4.5										
25,0-29,9	0,07	0,7	5,7	13,9	13,5	12,7	11,3	2,1	0,08	
30,0-34,9	-	-	0,5	4,9	12,4	11,8	3,2	0,1	-	
35,0-39,9	-	-	-	0,3	2,6	2,3	0,1	-	-	
40,0-44,9	-	-	-	-	0,07	0,03	-	-	-	
RCP8.5										
25,0-29,9	-	2,6	9,3	15,7	9,6	10,6	11,4	2,6	-	
30,0-34,9	-	0,03	1,3	7,2	16,8	13,9	3,9	0,07	-	
35,0-39,9	-	-	-	0,4	2,9	3,9	0,4	-	-	
40,0-44,9	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-	

Аномально жаркі дні можливі кожного дня у травні-вересні (RCP8.5), червні-вересні (RCP4.5) та червні-липні (RCP2.6). Крім того, за двома першими сценаріями кожного року у липні та серпні припустимі аномально жаркі дні з

температурою $\geq 35,0$ °C. За сценарієм RCP2.6 такі дні можливі 7-8 раз за 10 років у червні та липні і 3 рази за 100 років у травні.

На рис. 2.13 представлено загальну кількість днів з високою температурою за різними сценаріями та за два періоди (1961-1990 рр. і 1991-2020 рр.) для виявлення особливостей їх зміни у часі.

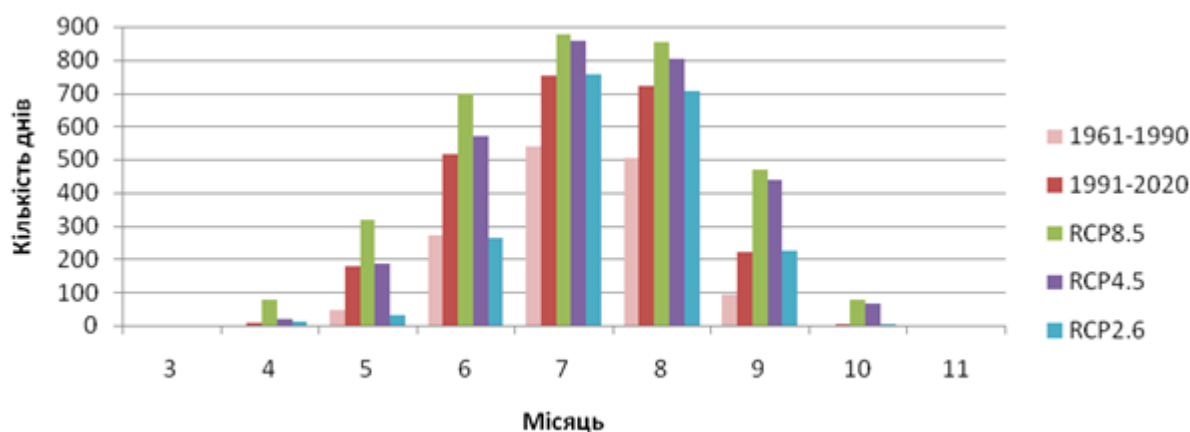


Рисунок 2.13 – Кількість днів з температурою вище 25 °C (фактична і за різними сценаріями)

Отже, характер розподілу загальної кількості днів з високою температурою протягом року за всі досліджувані 30-річні періоди зберігається: максимум їх у липні. За період 2021-2050 рр. кількість таких днів має зрости у всі місяці за сценаріями RCP8.5 і RCP4.5. Не все так однозначно зі сценарієм RCP2.6. Загальна тенденція даного показника і за цим сценарієм є на підвищення. Проте, у травні і квітні загальна кількість днів з високою температурою у два попередні періоди вже перевищила очікувані, а у серпні – суму їх за перший період (стандартний опорний період).

3 ХВИЛІ ТЕПЛА ТА ЇХ ЧАСОВІ ЗМІНИ ПРОТЯГОМ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПЕРІОДУ

3.1 Критерії для виявлення хвиль тепла

Наразі не існує єдиного універсального визначення хвиль тепла. Проте, загальні характерні ознаки для всіх територій за якими виділяється хвиля тепла – це середня максимальна температура і кількість послідовних днів, протягом яких утримується аномально жарка погода [31].

Хвилею тепла зазвичай вважають період у кілька діб, температура під час якого перевищує заданий поріг, але специфічні особливості цього поняття варіюються залежно від фізико-географічного розташування району дослідження та ін. Найчастіше використовується визначення, рекомендоване Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО): хвиля тепла – явище, коли денний максимум температури (в період 6 або більше послідовних днів) перевищує середній максимум денної температури для того ж календарного дня в період 1961-1990 роки щонайменше на 5 °C [32].

Проте в різних країнах та регіонах застосовуються різні граничні значення та періоди тривалості (табл. 3.1) [33]. Наприклад, у Данії хвиля тепла позначається як період, в якому щонайменше три дні підряд реєструється середня добова максимальна температура > 28 °C на площі більше, ніж 50% всієї території країни. У Швеції хвиля тепла визначається як період у п'ять послідовних днів з середньою добовою максимальною температурою, що перевищує 25°C.

К.А Васюков та Н.І. Зверєв [34] визначали хвилі тепла та хвилі холоду, як підвищення (зниження) середньої добової температури на 5°C і більше.

Усі наведені вище критерії для визначення хвиль тепла, що використовуються в різних країнах світу, є абсолютними порогами температури. Проте, у США досить часто використовується термін «індекс тепла» замість поняття «хвиля тепла».

Таблиця 3.1–Найбільш поширені методики визначення хвиль тепла у світі [33]

Країна/автор/організація	Мінімальна тривалість, діб	Порогове значення температури, °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 3	25°C (50% та більше території країни) 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

У сприйнятті людиною жаркої погоди значну роль відіграє також і соціальний фактор. У місцях, де погодні умови влітку такі, що температура повітря найчастіше перевищує психологічну межу, культурні звичаї, як правило, зумовлюють уникнення активних дій. Рівні соціально допустимої активності також можуть бути зміненими. Таким чином, зазвичай критична межа може бути вищою за ту, яка отримана з врахування фізіологічного комфорту людини і може відображати соціальний феномен. У цьому випадку критичні значення, ймовірно, повинні залежати від розподілу порогових значень для типового теплого сезону [35].

Для виявлення хвиль тепла за такими критеріями доволі зручно застосовувати не лише абсолютні пороги температури, але й відносні пороги температури, що являють собою процентилі. Найбільш часто застосовують процентилі такі:

1) 95-а процентиля, розраховується по значеннях середніх добових максимальних температур за період тривалістю 5 днів, чільним (або центральним) днем якого є кожен календарний день. Цей критерій характеризує

інтенсивні хвилі тепла;

2) 90-а центиль, розраховується по значеннях середніх добових максимальних температур за період тривалістю 5 днів, центральним днем якого є кожен календарний день. Він характеризує такий комплекс погодних умов, за яких досить ймовірним є поява хвилі тепла.

Для дослідження хвиль тепла в Україні найбільш пристосованим для використання є визначення запропоноване ВМО, адже в ньому сталим є лише перевищення температури у 5°C , а значення середньої максимальної температури за добу для кожної станції обчислюються окремо. Тобто саме ця методика враховує особливості температурного режиму кожного пункту, що досліджується, і не несе великого розрахункового навантаження, а це сприяє отриманню однозначних результатів та усуває можливість помилки [36].

3.2 Методика дослідження

Для виявлення хвиль тепла використано метод, запропонований ВМО (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 кінця XIX-го сторіччя до початку XXI-го сторіччя (фактичних), а саме з 1894 по 2020 рр., і з 2021 по 2050 рр. (можливих) в роботі використовувався статистичний аналіз найвищих добових температур в період з січня по грудень. Вихідні дані за прийдешні роки сформовані за результатами моделювання згідно траєкторій RCP2.6 (м'який сценарій), RCP4.5 (помірний сценарій) і RCP8.5 (жорсткий сценарій).

3.3 Обчислення критеріїв ВМО для виявлення хвиль тепла в Одесі

Критерій ВМО являє собою середні добові значення максимальної температури повітря для кожного календарного дня за період 1961-1990 рр.

Значення зазначеного критерію розраховані і представлені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Значення критеріїв ВМО (°С)

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

Обчислені значення критерію ВМО були застосовані у подальшому

дослідженні для виділення хвиль тепла протягом кожного місяця року, а також для теплого і холодного періодів. Зазначимо, що обчислений температурний критерій (поріг) ідентифікує хвилю тепла як «екстремальне» явище для адаптації фізіологічної, соціальної і культурної.

3.4 Виявлені хвилі тепла за період 1894-2020 рр. та тенденції змін у часі їх основних фізико-статистичних показників

На основі критерію ВМО за період з 1894 по 2020 рр. виявлено спочатку хвилі тепла (фактичні) та дуже важливу характеристику цієї метеорологічної аномалії – їх тривалість, причому окремо для холодного (листопад-квітень) і теплого (травень-жовтень) періодів (табл. 3.3 і 3.4). З них випливає, що в Одесі кількість хвиль тепла за 121 рік становила – 155 випадків (з них 89 у ХП, 66 у ТП). Максимальна тривалість хвилі тепла у холодний період становила 26 днів (1.01-26.01.2007 р.), у теплий – 20 днів (26.04- 15.05.2012 р.). У холодний період хвиля тепла в середньому тривала 8,2 дні, у теплий – 8,6 дні, в середньому за рік – 8,4 дні.

Таблиця 3.3 – Хвилі тепла та їх тривалість. Холодний період

№ п/п	Інтервал часу	Тривалість, дні	№ п/п	Інтервал часу	Тривалість, дні
1	08.02-13.02.1894	6	46	25.02-02.03.1995	6
2	16.01-24.01.1895	9	47	10.02-15.02.1997	6
3	20.10-25.10.1896	6	48	27.02-04.03.1997	6
4	11.02-17.02.1899	7	49	02.03-09.03.1998	8
5	05.02-10.02.1913	6	50	23.02-07.03.1999	13
6	20.02-25.02.1914	6	51	26.12-31.12.2000	6
7	23.01-30.01.1915	8	52	06.01-11.01.2001	6
8	08.01-17.01.1917	10	53	25.01-04.02.2002	7
9	15.04-21.04.1920	7	54	09.02-14.02.2002	6
10	10.01-16.01.1921	7	55	16.02-22.02.2002	7
11	08.11-25.11.1923	18	56	28.02-09.03.2002	10
12	30.11-08.12.1923	8	57	09.01-14.01.2005	6
13	19.03-24.03.1927	6	58	13.12.-18.12.2006	6
14	07.11-13.11.1927	7	59	1.01-26.01.2007	26
15	24.10-02.11.1932	10	60	11.03-21.03.2007	11
16	12.03-17.03.1934	6	61	29.09-4.10.2007	6
17	18.01-25.01.1936	8	62	20.02-28.02.2008	9
18	13.12-20.12.1937	8	63	30.11-7.12.2008	8

Продовження табл. 3.3					
19	14.01-20.01.1939	7	64	4.11-21.11.2010	18
20	06.01-11.01.1948	6	65	25.04-1.05.2011	7
21	18.01-23.01.1948	6	66	18.03-25.03.2012	8
22	01.02-08.02.1948	8	67	30.09-7.10.2012	8
23	13.02-20.02.1950	8	68	27.11-3.12.2012	7
24	16.01-21.01.1952	6	69	3.02-9.02.2013	7
25	14.12-19.12.1952	6	70	6.01-13.01.2014	8
26	08.01-15.01.1955	8	71	11.03-16.03.2014	6
27	16.01-25.01.1956	10	72	20.12-28.12.2015	9
28	12.02-18.02.1958	7	73	12.04-19.04.2016	8
29	02.12-12.12.1960	11	74	27.02-10.03.2017	12
30	19.12-24.12.1960	6	75	24.12-29.12.2017	6
31	03.01-11.01.1961	9	76	5.01-10.01.2018	6
32	16.11-21.11.1963	6	77	29.01-4.02.2018	7
33	23.02-03.03.1966	9	78	17.04-23.04.2018	7
34	24.10-30.10.1966	7	79	14.10-21.10.2018	8
35	21.11-28.11.1969	8	80	4.03-11.03.2019	8
36	14.01-19.01.1975	6	81	16.03-22.03.2019	7
37	12.11-17.11.1977	6	82	4.11-11.11.2019	8
38	17.12-24.12.1982	8	83	14.12-25.12.2019	12
39	27.01-02.02.1983	7	84	29.01-5.02.2020	8
40	08.02-13.02.1983	6	85	11.02-28.02.2020	18
41	14.12-24.12.1989	11	86	3.03-14.03.2020	12
42	22.02-03.03.1990	10	87	3.10-8.10.2020	6
43	05.03-10.03.1990	6	88	10.10-17.10.2020	8
44	17.03-25.03.1990	9	89	22.10-27.10.2020	6
45	12.01-26.01.1993	15			

Таблиця 3.4 – Хвилі тепла та їх тривалість. Теплий період

№ п/п	Інтервал часу	Тривалість, дні	№ п/п	Інтервал часу	Тривалість, дні
1	09.05-16.05.1921	8	34	9.06-16.06.2010	8
2	01.06-06.06.1921	6	35	17.07-23.07.2010	7
3	10.07-17.07.1922	8	36	31.07-18.08.2010	19
4	27.05-02.06.1924	7	37	19.05-25.05.2011	7
5	24.09-01.10.1924	8	38	14.07-20.07.2011	7
6	13.08-22.08.1929	10	39	26.04-15.05.2012	20
7	22.07-27.07.1931	6	40	13.06-23.06.2012	11
8	22.07-31.07.1936	10	41	22.07-1.08.2012	11
9	20.05-26.05.1937	7	42	3.08-9.08.2012	7
10	30.07-04.08.1938	6	43	30.04-13.05.2013	14
11	06.09-11.09.1944	6	44	21.05-29.05.2014	9
12	21.06-26.06.1946	6	45	5.06-10.06.2014	6
13	17.08-22.08.1946	6	46	30.07-16.08.2014	18
14	06.07-12.07.1947	7	47	23.07-28.07.2015	6
15	12.07-18.07.1951	7	48	9.08-14.08.2015	6
16	16.06-25.06.1954	10	49	27.08-6.09.2015	11

Продовження табл. 3.4					
17	08.05-15.05.1968	8	50	18.09-28.09.2015	11
18	11.05-17.05.1997	7	51	19.06-28.06.2016	10
19	21.07-26.07.1998	6	52	24.07-2.08.2016	10
20	31.07-05.08.1998	6	53	6.09-14.09.2016	9
21	06.06-14.06.1999	9	54	30.04-6.05.2017	7
22	24.07-29.07.1999	6	55	1.08-7.08.2017	7
23	25.09-02.10.1999	8	56	15.08-21.08.2017	7
24	14.07-22.07.2001	9	57	15.09-21.09.2017	7
25	06.07-15.07.2002	10	58	1.05-7.05.2018	7
26	11.05-16.05.2003	6	59	30.07-4.08.2018	6
27	21.05-30.05.2005	10	60	13.08-19.08.2018	7
28	23.06-29.06.2006	7	61	25.08-4.09.2018	11
29	18.05-27.05.2007	10	62	22.05-27.05.2019	6
30	15.06-20.06.2007	6	63	7.06-27.06.2019	11
31	17.07-25.07.2007	9	64	21.08-29.08.2019	9
32	16.08-25.08.2007	10	65	27.06-7.07.2020	11
33	12.08-24.08.2008	13	66	11.09-16.09.2020	6

Слід зазначити, що іншими авторами [37] за період з 1911 по 2010 рр. влітку в Одесі, також виділено хвилі тепла за критерієм ВМО: всього їх 16 з середньою тривалістю 8,4 доби.

На рис. 3.1 представлено розподіл повторюваності випадків з хвилями тепла по десятиріччях для холодного і теплого періодів. Отже, якщо в Одесі раніше хвилі тепла спостерігались навіть не кожного десятиліття, то в останні досліджувані десять років (2011-2020 рр.) вони були виявлені кожного року обох періодів. А це свідчить про те, що стає тепліше і частішають прояви хвиль тепла. За ті ж роки відбулось и стрімке зростання кількості ХТ.

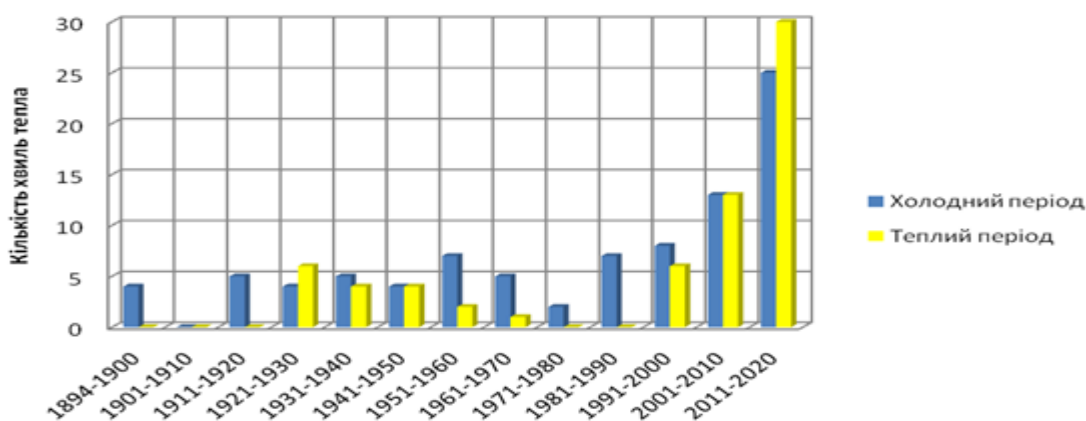


Рисунок 3.1 – Динаміка кількості хвиль тепла по десятиріччях для теплого і холодного періодів

Розподіл тривалості хвиль тепла по десятиліттях для холодного і теплого періодів представлено на рис. 3.2. Аналіз його дозволяє зазначити наступне. Зміни тривалості хвиль тепла по десятиріччях за досліджуваний інтервал часу в цілому мають такі ж особливості змін, як і кількість хвиль тепла.

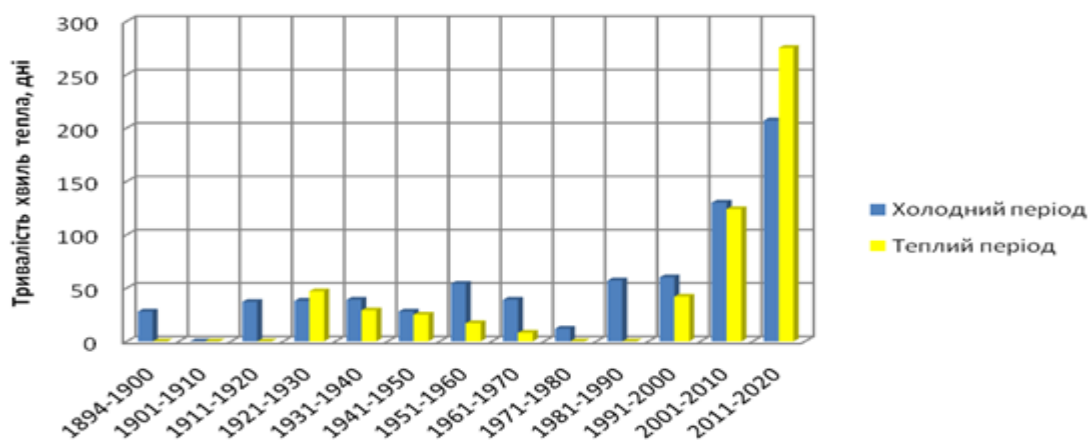


Рисунок 3.2 – Динаміка тривалості хвиль тепла по десятиріччях для теплого і холодного періодів

Отже, якщо найчастіше по десятиріччях до 2010-го року кількість хвиль тепла та їх тривалість у холодний період переважали над відповідними показниками теплого періоду, то за останні десять років співвідношення змінилось на протилежне, при цьому відбулось максимальне зростання їх.

На рис. 3.3 і 3.4 представлено кількість хвиль тепла та їх тривалість у кожному місяці року за два інтервали років: 1961-1990 і 1991-2020 рр. для аналізу їх динаміки. Цікаво, що у другому інтервалі хвилі тепла виявлено у всі місяці року, причому максимум їх у теплий період, саме тоді, коли у перший інтервал – хвилі тепла взагалі не були зафіксовані (крім травня – 1 випадок). Отже, з 1961 по 1990 рр. у квітні та з червня по вересень випадків прояву цієї метеорологічної аномалії не виявлено. В окремі місяці холодного періоду від першого інтервалу років до другого кількість хвиль тепла та їх тривалість зросла у 4-10 разів (крім листопада).

Отже, кількість хвиль тепла та їх тривалість зросла відносно кліматичної

норми в усі пори року: влітку – від нуля до 13, весною – приблизно у 8 разів, взимку – 5 разів, восени – 4 рази.

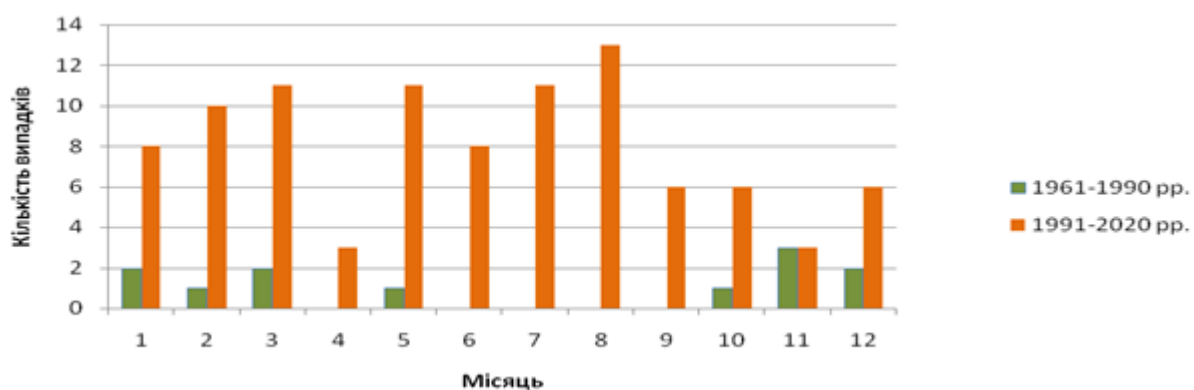


Рисунок 3.3 – Кількість хвиль тепла

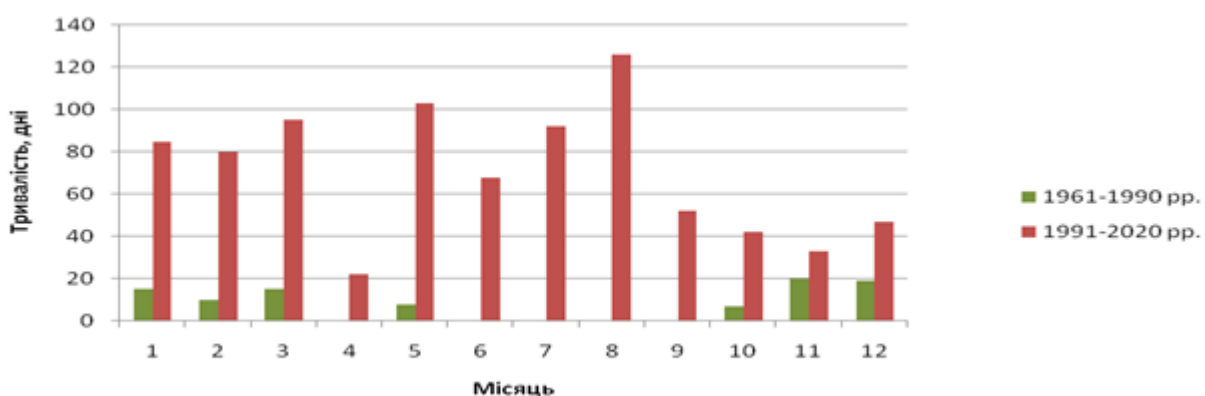
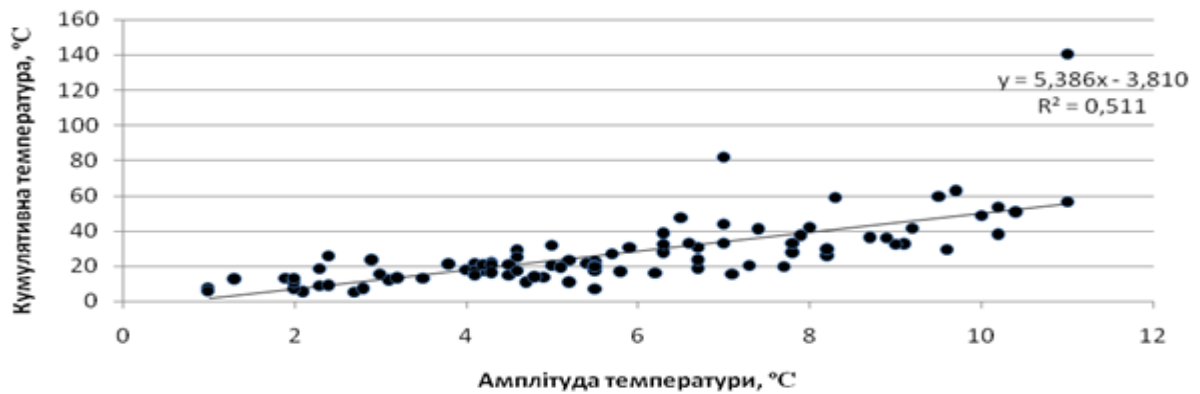


Рисунок 3.4 – Тривалість хвиль тепла

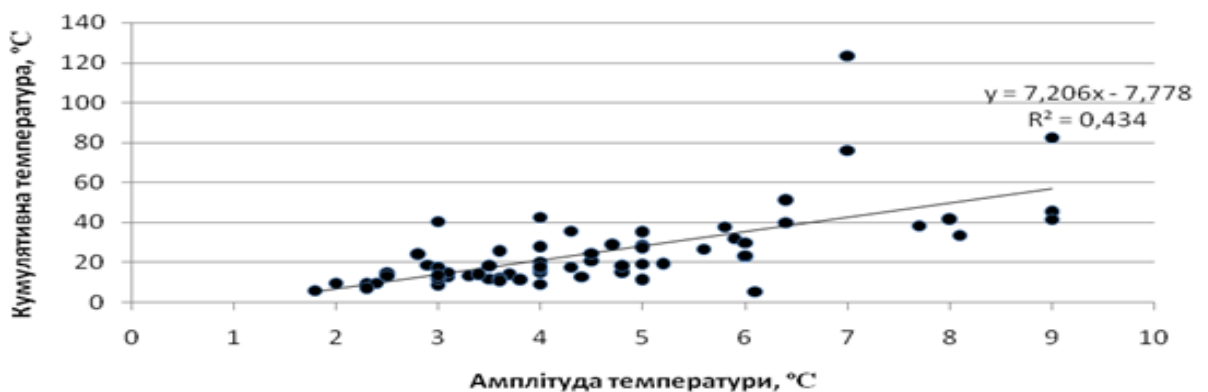
Важливими показниками хвиль тепла є також кумулятивна температура і амплітуда хвилі тепла. Кумулятивна температура T_{MAX} – це сума різниць між максимальною добовою температурою повітря під час хвилі тепла і визначеним значенням середньої максимальної температури за цей період, тобто це сумарна максимальна температура (T_{MAX}) під час окремо взятої хвилі тепла і вона характеризує, по суті, інтенсивність хвилі тепла.

Амплітуда хвилі тепла визначається, як різниця між найвищим та найнижчим значенням середньої добової максимальної температури в період реєстрації хвилі тепла, і також характеризує інтенсивність хвилі тепла.

Деякі фізико-статистичні характеристики фактичних 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 представлено на рис. 3.5.



Холодний період



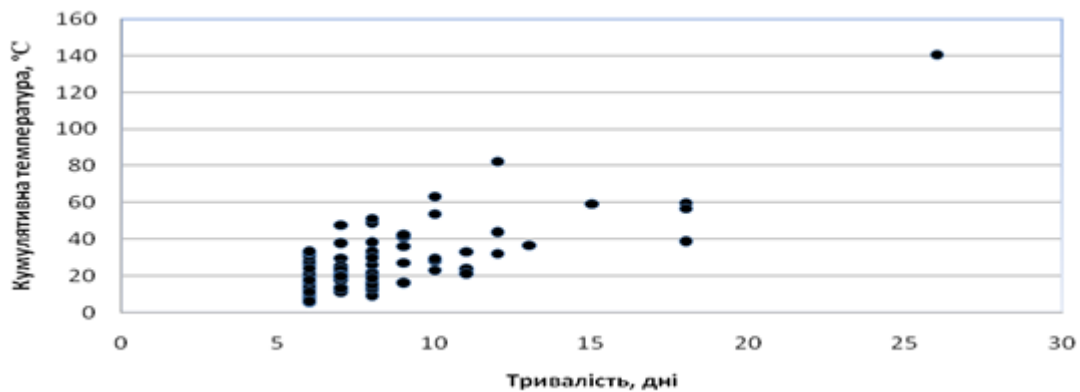
Теплий період

Рисунок 3.5 – Співвідношення між кумулятивною температурою і амплітудою температури під час хвиль тепла. 1894-2020 рр.

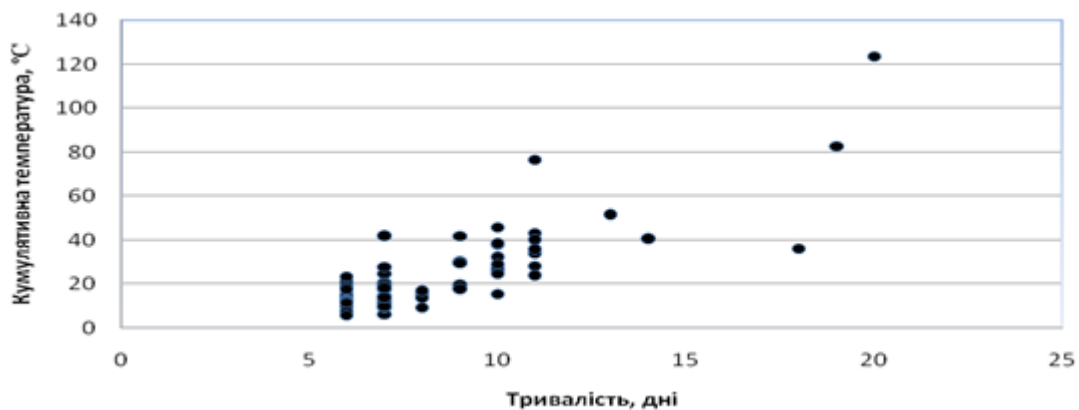
Слід зазначити, що спостерігається досить значна повторюваність хвиль тепла в залежності від кумулятивної температури та амплітуди хвилі тепла, найбільша кількість випадків з хвилями тепла має місце при кумулятивних температурах 10-60 °C та амплітудах 2-10 °C у холодний період. У теплий період – така ситуація спостерігається за амплітуди 2-8 °C і значень кумулятивної температури 10-50 °C. Амплітуда температури повітря під час хвиль тепла у холодний період коливається в ширшому інтервалі (від 0,7 до 15,7 °C), ніж у теплий (1,8-9,0 °C).

Можна також відзначити досить тісну залежність між кумулятивною температурою та амплітудою хвилі тепла, що особливо виявляється для випадків інтенсивних хвиль тепла. Причому коефіцієнт кореляції має трохи більше значення ($r = 0,71$) у холодний період, ніж у теплий, коли він дорівнює $r = 0,66$ (рис. 3.5).

Проте, між кумулятивною температурою та тривалістю хвилі тепла такого зв'язку не виявлено (рис. 3.6). Це свідчить про те, що хвилі тепла однакової тривалості можуть мати досить різну інтенсивність. Але можна виявити область з найбільшою повторюваністю хвиль тепла за певних кумулятивних температур. Для інтенсивних хвиль тепла залежність між інтенсивністю та тривалістю є помітнішою, а це вказує на те, що найбільш інтенсивні хвилі тепла є тривалішими.



Холодний період



Теплий період

Рисунок 3.6 – Розподіл хвиль тепла в площині кумулятивна температура – тривалість хвилі тепла. Одеса. 1894-2020 рр.

Кумулятивна температура коливалась в інтервалі 5,4-140,3 °С (85% знаходилась в межах від 10 до 60°C) у холодний період і від 5,6 до 123,3 °С – у теплий (82% – в межах від 10 до 50°C). Слід зазначити, що екстремальні значення (мінімум і максимум) кумулятивної температури у холодний період зафіксовано у 1914 році (20.02-25.02) і у 2007 (1.01-26.01), а теплий період – у 2019 році (22.05-27.05) і у 2012 (26.04-15.05) відповідно.

Отже, інтенсивність хвиль тепла, яка виражена кумулятивною температурою, у холодний період перевищує цей показник у теплий період на півдні країни. Зауважимо, що хвилі тепла однакової тривалості можуть мати доволі різну інтенсивність.

3.5 Очікувані хвилі тепла за різними сценаріями

Для проведення дослідження було використано величезну базу даних: значення максимальної з для станції Одеса з січня по грудень з 2021 по 2050 рр. за результатами моделювання згідно траєкторій RCP 8.5, RCP 4.5 і RCP 2.6. На рис. 3.7 і 3.8 представлено розподіл кількості хвиль тепла та їх тривалості в окремі місяці року з 1961 по 1990, 1991-2020 рр. та за трьома згаданими сценаріями за 2021-2050 рр..

Отже, хвилі тепла можуть спостерігатись з січня по грудень, як видно з рисунків. Винятком є перший інтервал часу, як вже згадувалось, коли у квітні та з червня по серпень хвилі тепла не було виявлено взагалі. Протягом року кількість хвиль тепла становила 12 і 96 за перший та другий проміжки часу відповідно. Очікується, що найбільша кількість хвиль тепла за досліджуваний інтервал часу буде за сценарієм RCP8.5 і становитиме 290 випадків, з них максимум – 92 випадки – припадає на весну. За сценарієм RCP4.5 за рік кількість хвиль буде становити 242 випадки; за сценарієм RCP2.6 – 141 випадок.

Таким чином, очікувана кількість хвиль тепла за всіма сценаріями поки перевищує їхню кількість за перші тридцять років у 12 (RCP2.6) -24 (RCP8.5)

рази і у 1,5 (RCP2.6)-3 (RCP8.5, RCP4.5) рази за останні тридцять років, хоча в окремі місяці (травень, червень, серпень) цього періоду кількість випадків хвиль тепла вже перевищує очікувану за сценарієм RCP2.6.

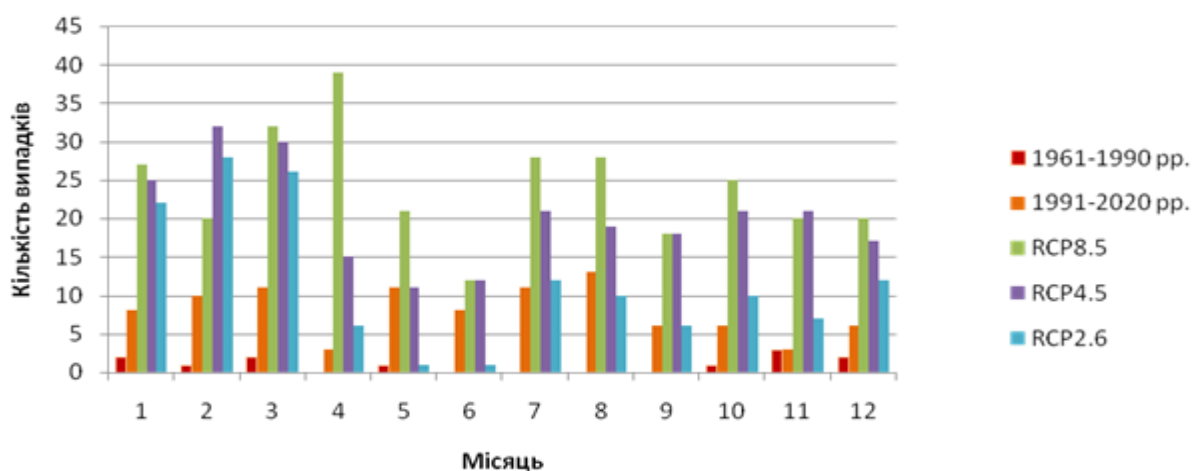


Рисунок 3.7 – Кількість хвиль тепла

Саме кількість днів з хвилями тепла виявляє тенденцію краще, ніж кількість хвиль тепла. Розподіл протягом року тривалості хвиль тепла фактичної і здобутої на основі модельних рядів зображено на рис. 3.8. Аналіз його показує, що цей показник за майбутні 30 років також перевищить фактичну тривалість хвиль тепла, особливо за сценарієм RCP 8.5. Якщо загальна тривалість хвиль тепла у першому періоді була 94 дні (середня 7,8 дні), а другому – 845 днів (середня 9,8), то можлива за сценарієм RCP 8.5 – 3220 дні (середня 11,1), RCP 4.5 – 2370 (середня 9,8), RCP 2.6 – 1304 дні (середня 9,2).

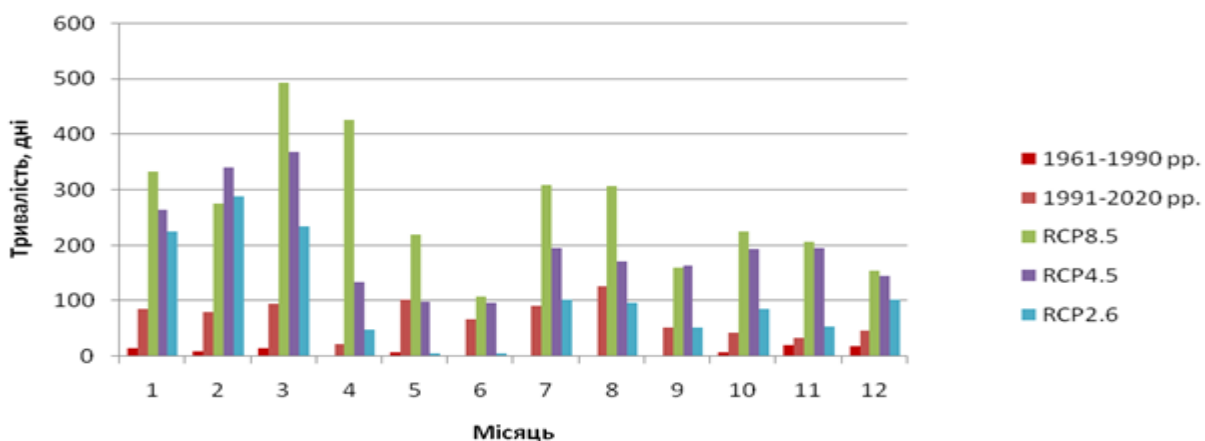


Рисунок 3.8 – Тривалість хвиль тепла

Отже, очікувана тривалість хвиль тепла за всіма сценаріями перевищує їхню тривалість за перші тридцять років у 14 (за сценарієм RCP2.6)-34 (за сценарієм RCP8.5) рази і у 2-4 рази (сценаріями RCP2.6 і RCP8.5 відповідно) – за останні тридцять років, хоча в окремі місяці цього періоду, які згадувались вище, кількість випадків хвиль тепла вже перевищує цей показник за сценарієм RCP2.6.

У табл. 3.5 для порівняння представлено кількість хвиль тепла та їх тривалість, визначені на основі наявних останніх 30 років для Одеси – 1991-2020 рр., і здобуті за різними сценаріями. З таблиць випливає, що очікувані показники в 1,5-4 рази будуть перевищувати фактичні.

Таблиця 3.5 – Кількість хвиль тепла та їх тривалість за 30-річні періоди

Характеристики хвиль тепла	Фактичні (1991-2020 рр.)	Можливі (2021-2050 рр.)		
		RCP 8.5	RCP 4.5	RCP 2.6
Кількість	96	290	242	141
Тривалість	845	3220	2370	1304

На рис. 3.9 представлено розподіл повторюваності випадків з хвилями тепла по десятиріччях. Отже, якщо в Одесі раніше хвилі тепла спостерігались навіть не кожного десятиліття, то з 2021 по 2050 рр. такої особливості розподілу їх вже нема, хоча в окремі роки, звичайно, вони не виявлені. Збільшення кількості хвиль тепла найчастіше призводить до зростання їх тривалості.

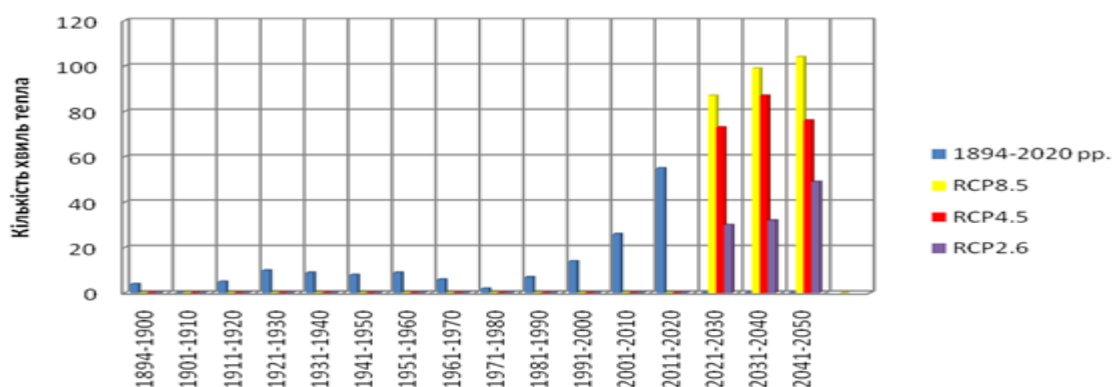


Рисунок 3.9 – Динаміка кількості хвиль тепла (фактичних і за різними сценаріями) по десятиріччях

Розподіл тривалості хвиль тепла по десятиліттях представлено на рис. 3.10. Збільшення кількості хвиль тепла найчастіше призводить до зростання їх тривалості.

Проте, кількість хвиль тепла та їх тривалість в останнє десятиліття вже перевищили відповідні показники, очікувані за сценарієм RCP2.6.

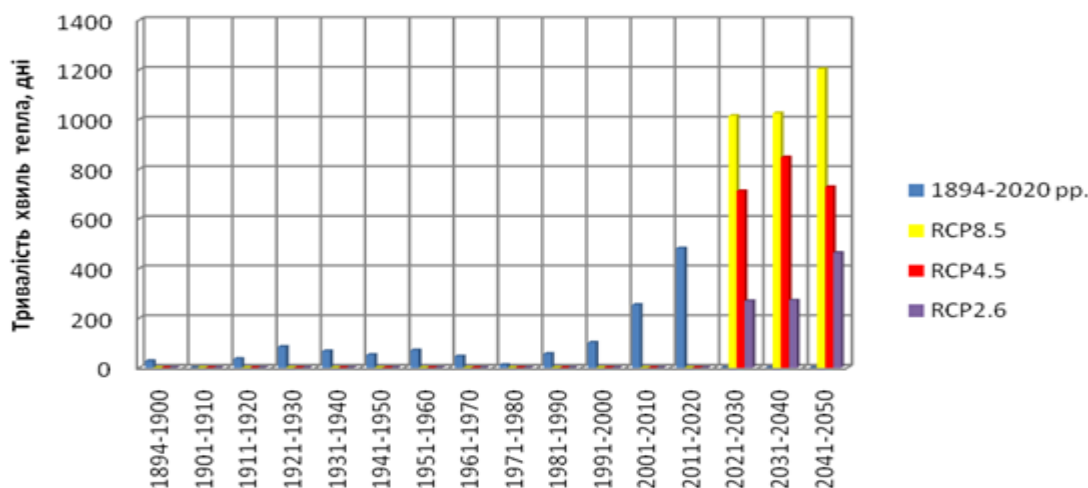
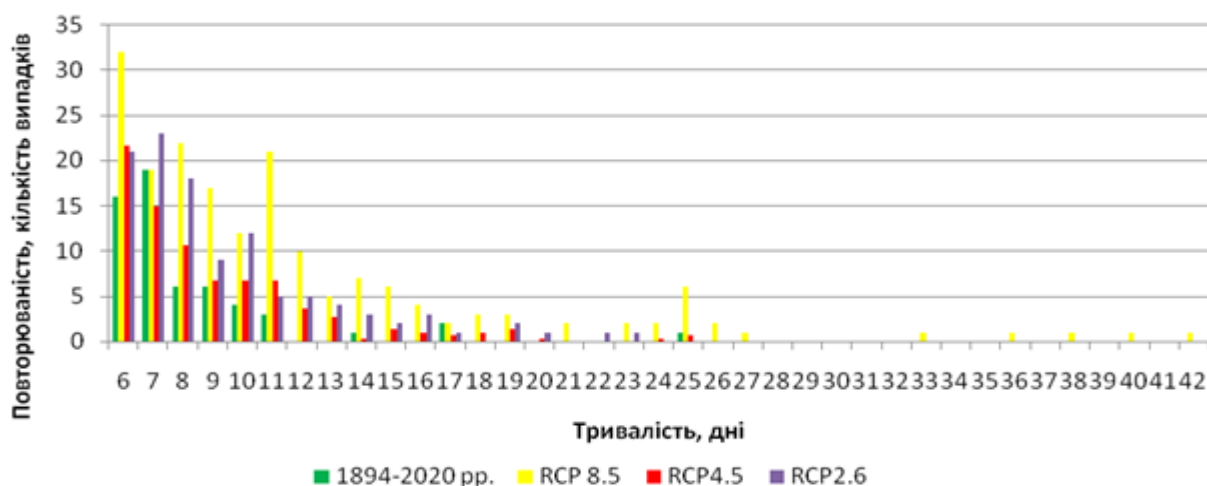


Рисунок 3.10 – Динаміка тривалості хвиль тепла (фактичних і за різними сценаріями) по десятиріччях

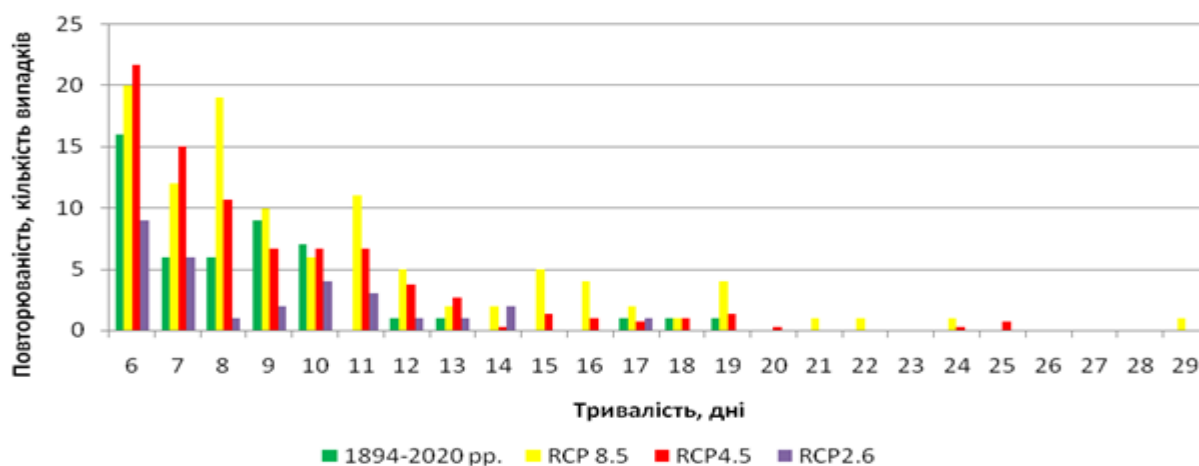
На рис. 3.11 показано повторюваність тривалості хвиль тепла для холодного і теплого періодів. Отже, найбільша кількість хвиль тепла, виявлених до 2020 року у холодний період мала тривалість 7 днів, у теплий – 6 днів. За сценаріями RCP8.5 і RCP4.5 очікуються найчастіше хвилі тепла тривалістю 6 днів в обидва періоди, а за сценарієм RCP2.6 – 7 днів у холодний період і 6 днів – у теплий. Найтриваліші хвилі тепла (42 дні) очікуються в Одесі за сценарієм RCP 8.5 у холодний період, у теплий період – 29 днів, за сценарієм RCP4.5 – 39 і 25 днів, за сценарієм RCP2.6 – 23 і 18 днів відповідно.

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

За досліджуваний інтервал років, як вже зазначалось, найвищу (140,3 °C) фактичну кумулятивну температуру T_{MAX} у холодний період було зафіксовано у січні 2007 р., у теплий період – 123,3 °C – у квітні-травні 2012 року (табл. 3.6).



ХП



ТП

Рисунок 3.11 – Повторюваність тривалості хвиль тепла (фактичних і за різними сценаріям)

Таблиця 3.6 – Показники інтенсивності найпотужніших хвиль тепла

Роки	Т _{МАХ} , °С		Тривалість, дні		Амплітуда, °С	
	ХП	ТП	ХП	ТП	ХП	ТП
1894-2020	140,3	123,3	26	20	11,0	7,0
2021-2050 (RCP8.5)	305,3	120,6	42	29	13,7	6,7
2021-2050 (RCP4.5)	151,4	125,5	32,3	24,7	10,9	10,1
2021-2050 (RCP2.6)	106,4	64,1	23	14	8,2	8,7

У табл. 3.7 наведено очікувані характеристики хвиль тепла за різними сценаріями для порівнянні з фактичними.

Таблиця 3.7 – Показники хвиль тепла

Роки	Кількість хвиль тепла		Кумулятивна температура, °С		Амплітуда, °С	
	ХП	ТП	ХП	ТП	ХП	ТП
1894-2020	89	66	5,4-140,3	5,6-123,3	0,7-15,7	1,8-9,0
2021-2050 (RCP8.5)	183	107	2,0-305,3	4,6-120,6	1,7-17,6	0,8-11,6
2021-2050 (RCP4.5)	162	81	6,6-151,4	6,6-125,5	1,4-13,9	1,3-11,8
2021-2050 (RCP2.6)	111	30	3,8-106,4	4,6-64,1	1,2-11,2	1,1-9,8

Аналіз останньої таблиці показує: кількість хвиль тепла у холодний період буде суттєво домінувати порівняно з теплим періодом. Їх кількість за прийдешні тридцять років більше, ніж у 2 рази може перевищити наявні за період дослідження, який перевищує 120 років, в обидва періоди.

З жовтня по квітень хвилі тепла будуть інтенсивнішими, ніж з травня по вересень, про що свідчать і значення кумулятивної температури та амплітуди температури.

4 ОЦІНКА ПАТОГЕННОСТІ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ОСНОВІ ДЕЯКИХ БІОКЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

4.1 Міждобова мінливість температури повітря та атмосферного тиску

Найважливішим аспектом проблеми змін клімату є здоров'я людини. Як вказувалось вище (п.1.2) метеорологічні чинники суттєво впливають на розвиток та можливі наслідки перш за все серцево-судинних захворювань, хоча вони не є першопричиною їх виникнення, а також діють на інші хвороби та можуть позначатись на самопочутті людини.

Один з таких чинників є температура повітря, яка визначається переважно сонячною енергією, яка надходить до підстильної поверхні, що зумовлює періодичні (добові і сезонні) коливання температури. Для визначення температурних змін використовують величину, яка називається міждобовою мінливістю температури (різниця між середніми добовими температурами двох сусідніх днів).

Міждобові коливання температури повітря в межах 0-2 °С для людини є нейтральними чи індиферентними. Якщо мінливість температури від доби до доби коливається від 2 до 4 °С, то організм людини пристосовується до неї. Міждобова мінливість 4-6 °С вже помітна, а більше 6-8 °С – відчутна. Для людини чуттєвими є значення міждобової мінливості температури 8-12 °С, а більше 12 °С – дратівними (за даними В.Г. Шелейховського) [6].

Помітний вплив на захворюваність і смертність спричиняють різкі коливання температури. Встановлено, що міждобова мінливість температури на 6 °С і більше сприяє негативним відчуттям у людини [38].

Кількість смертельних випадків в результаті серцево-судинних захворювань зросла за від'ємної температури (міждобова мінливість становила -4°С) у Центральній Європі взимку [39].

Виявлено значущий статистичний зв'язок кількості госпіталізацій хворих і міждобовими стрибками температури повітря, як у бік її підвищення, так і у бік зниження влітку. Максимальна кількість випадків відповідає підвищенню і зниженню протягом одного дня середньої добової температури влітку на 4-6°C [40].

Атмосферний тиск і його коливання впливають на організм двояко: по-перше, сприяють зміні насичення крові киснем і зміні кровообігу, по-друге, механічно подразнюють нервові закінчення (рецептори) тіла (плеври, очеревини), а також рецептори судин. Коливання атмосферного тиску відображаються на вмісті еритроцитів, рівні артеріального тиску, частоті пульсу. У сучасному суспільстві, як відомо, серцево-судинні захворювання є найбільш поширеними. А саме серцево-судинна система суттєво визначає життєві функції організму.

Слабкою зміною тиску вважається зниження або підвищення його середнього добового значення на 1-4 гПа, помірним – на 5-8 гПа, різким – більш 8гПа. Межею між відчутними і не відчутними організмом людини між добовими змінами тиску є величина їх ≥ 8 гПа. Випадки з такою міждобовою мінливістю атмосферного тиску добре узгоджуються з піками викликів швидкої допомоги з приводу серцево-судинних захворювань [6].

Більше 90% серцево-судинних кризів (інфаркт, інсульт, напади стенокардії, гіпертонічний криз) трапляються саме у дні з різким перепадами атмосферного тиску. Через це такі дні можна вважати несприятливими для проведення оздоровчих рекреаційних занять [38].

Виходячи з викладеної важливості даного питання, нами проведено дослідження міждобових змін температури повітря і атмосферного тиску в Одесі за період 2011-2020 рр. Для цього використано результати строкових спостережень в Одесі (ГМЦ Чорного та Азовського морів). У табл. 4.1 наведено середні місячні значення міждобової мінливості температури повітря за десять досліджуваних років. Отже, найбільша міждодова мінливість спостерігається взимку (2,2 °C), найменша – влітку (1,2 °C), що зумовлено різною інтенсивністю циркуляційних процесів в атмосфері у ці пори року.

Таблиця 4.1 – Міждобова мінливість температури повітря, °С

Рік	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2011	2,0	1,9	1,9	1,6	1,4	1,4	1,1	0,9	1,7	2,2	1,6	2,0
2012	1,8	2,0	1,7	1,5	1,8	1,2	1,3	1,6	1,2	2,0	1,8	2,5
2013	2,4	1,1	2,4	1,6	0,8	1,1	1,1	1,2	1,2	1,4	1,6	1,8
2014	2,1	1,7	1,6	1,5	1,2	1,1	0,7	1,1	1,3	2,1	1,4	1,9
2015	2,3	1,5	1,3	1,9	1,0	1,0	1,4	1,1	1,2	1,2	2,0	2,2
2016	2,5	2,0	1,6	1,8	1,1	1,2	1,2	1,5	1,6	1,4	2,6	2,4
2017	2,6	2,5	1,2	1,5	1,1	1,3	1,3	1,6	1,4	1,9	1,5	2,1
2018	2,1	1,3	2,1	1,7	1,5	1,6	0,9	0,9	1,7	1,6	1,9	1,7
2019	2,5	2,0	2,1	1,6	1,1	0,9	1,0	1,4	1,5	1,8	2,1	2,0
2020	1,4	2,1	1,9	1,6	1,7	1,4	1,8	1,2	1,4	1,4	1,4	1,7
Середнє	2,2	1,8	1,8	1,6	1,3	1,2	1,2	1,3	1,4	1,7	1,8	2,0
Норма	2,5	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,6	1,9	2,1	2,2

Для того, щоб з'ясувати динаміку міждобової мінливості температури повітря у табл. 4.1 наведено також і середнє значення цього показника, представленого у довіднику [17] за період 1894-1960 рр..Таким чином, майже в усі місяці року міждобова мінливість температури повітря за останні десять років зменшилась (за винятком серпня) порівняно з першою кліматичною нормою.

У табл. 4.2 надано найвищі за абсолютною величиною додатні та від'ємні значення міждобової мінливості температури повітря, а на рис. 4.1 – їх повторюваність у згаданих вище межах.

Таблиця 4.2 – Екстремальна міждобова мінливість температури ΔT , °С

ΔT	Роки									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
$\Delta T > 0$	5,9	7,4	7,8	7,0	8,2	7,4	6,5	7,8	7,9	5,3
$\Delta T < 0$	6,9	8,8	9,3	10,7	9,5	9,7	8,3	12,0	7,4	9,5

З наведеного рисунку видно, що протягом всього року в Одесі переважає (з повторюваністю від 58% взимку до 84% влітку) міждобова мінливість температури в межах 0-2 °С, яка є індуферентною для людини. Несприятливі для здоров'я людини величини міждобової мінливості температури (більше 6 °С) спостерігались найчастіше у січні (4%), взагалі були відсутні з травня по липень, у решту місяців року їх повторюваність становила 1-3%. Таким чином

теплий період року (з квітня по вересень) характеризується оптимальними значеннями міждодової мінливості температури повітря, за яких виникає мінімум метеопатичних реакцій.

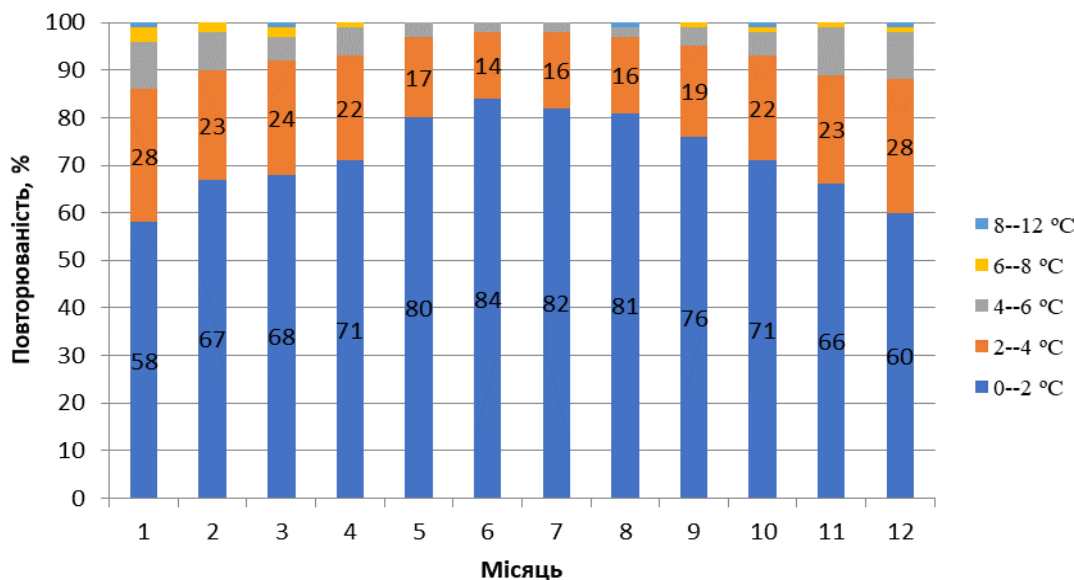


Рисунок 4.1 – Повторюваність (%) міждодової мінливості температури повітря

У табл. 4.3 наведено середні місячні значення міждодової мінливості атмосферного тиску за досліджувані роки. З цієї таблиці видно, що міждодова мінливість атмосферного тиску має простий річний хід: з максимумом у холодний період (грудень-березень), причому у січні вона сягає 3,8 гПа, а мінімумом – у літні місяці (< 2 гПа).

Таблиця 4.3 – Міждодова мінливість атмосферного тиску, гПа

Рік	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2011	2,4	2,5	3,4	3,0	1,5	2,1	1,5	1,6	2,2	2,3	3,2	3,9
2012	3,9	3,3	3,2	3,0	1,9	1,9	1,3	1,6	2,4	2,6	2,4	3,9
2013	3,9	2,6	5,0	2,0	2,1	1,5	1,5	1,1	2,3	3,1	3,5	3,5
2014	3,9	2,6	3,7	2,6	2,1	2,5	1,3	1,6	2,2	2,8	1,4	2,8
2015	4,4	3,3	3,3	2,6	1,7	1,8	1,6	1,8	1,5	2,4	4,3	2,5
2016	4,7	4,5	3,1	3,4	2,3	1,9	1,3	1,5	2,4	3,3	3,8	4,7
2017	3,4	3,6	3,2	3,0	2,2	1,5	1,9	2,0	2,4	3,3	2,8	2,7
2018	4,5	3,0	4,3	2,7	1,8	2,5	1,3	1,3	2,6	3,0	3,5	2,5
2019	3,4	3,8	3,9	2,0	1,9	1,4	1,6	1,4	1,9	2,1	2,3	3,8
2020	3,1	5,1	3,7	3,5	2,1	1,6	1,6	1,3	2,6	2,3	2,1	1,7
Середнє	3,8	3,4	3,7	2,8	2,0	1,9	1,5	1,5	2,3	2,7	2,9	3,2

Найвищі за абсолютною величиною додатні та від’ємні значення міждодової мінливості атмосферного тиску надано у табл. 4.4, а на рис. 4.2 – їх повторюваність у названих вище межах.

Таблиця 4.4 – Екстремальна міждодова мінливість атмосферного тиску ΔP , гПа

ΔP	Роки									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
$\Delta P > 0$	10,9	11,1	13,4	12,0	14,6	13,6	11,3	11,9	13,7	11,7
$\Delta P < 0$	11,7	15,7	12,9	8,7	12,7	13,0	8,9	14,2	11,1	13,5

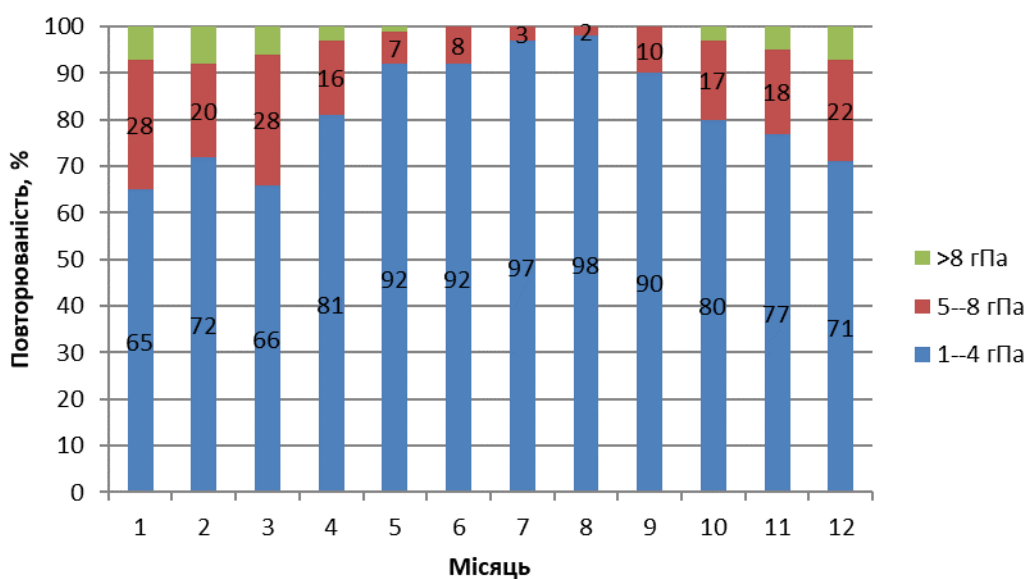


Рисунок 4.2 – Повторюваність (%) міждодової мінливості атмосферного тиску

З рис. 4.2 випливає, що протягом року має перевагу міждодова мінливість атмосферного тиску в межах 1-4 гПа (з повторюваністю від 65% взимку до 98% влітку), яка є слабкою, а через це – нейтральною для людини.

Зниження атмосферного тиску на 5-6 гПа від одної доби до іншої може спричинити порушення дихальних процесів, зниження легеневого і тканинного газообміну, збіднення крові та тканин киснем, що підвищує імовірність серцево-судинних захворювань. Зміни цього метеорологічного показника в межах 5-8 гПа в Одесі можливі в усі місяці року, але найчастіше (з повторюваністю 20-28%) вони спостерігаються з грудня по березень, з квітня по серпень їх повторюваність 2-8%.

Різкі зміни атмосферного тиску (≥ 8 гПа), які є відчутними для організму людини, відбуваються у період активної циклонічної діяльності в холодний період року. Такі зміни зареєстровано у всі досліджувані роки, причому максимум припадає на 2012 рік і становить 15,7 гПа (табл. 4.4). З грудня по лютий повторюваність їх найбільша (8%), а з червня по вересень вони взагалі не відмічались (рис. 4.2).

4.2 Ефективна температура

Серед комплексних біокліматичних показників широке застосування мають різні версії ефективних температур, які враховують вплив на організм людини низки метеорологічних величин: температури повітря, характеристик вологості, швидкості вітру.

Ефективна температура є важливою для точного визначення рівня комфортності атмосферних умов, як непрямий індикатор для оцінки взаємодії між середовищем та людським організмом, характеризуючи у фізичному відношенні особливості його теплової структури [41].

Ефективна температура – температура насиченого вологою повітря, яка спричиняє однакове відчуття комфорту (дискомфорту), як і реальна температура навколишнього повітря з відповідним рівнем вологості .

Вперше формула для визначення ефективної температури була запропонована Міссенардом у 1937 році для оцінки впливу високих температур та повторюваності жаркої погоди на людський організм

$$ET = T - 0,4(T - 10)(1 - f/100), \quad (4.1)$$

де T – температура повітря, °С; f – відносна вологість повітря, %.

Згідно з формулою (4.1), при температурі повітря нижче 10 °С сухе повітря вважається теплішим, ніж вологе, тоді як при температурі вище 10 °С відчувається як холодне.

Найбільш повний та оптимальний алгоритм для визначення ефективної температури було розроблено американським науковцем Стедменом у 1994 році. До цього висновку дійшла група американських науковців, яка провела порівняльний аналіз найбільш широко використовуваних алгоритмів розрахунку. Для розробки цієї моделі були проведено лабораторні дослідження з використанням широкого ряду біометричних вимірювань, розраховано швидкість охолодження або нагрівання шкіри людини внаслідок конвективного теплообміну: ця модель ефективної температури поєднує різні фактори, такі як фізіологічні аспекти тіла і шкіри, фізичні характеристики одягу та повітряного шару, що контактують з тілом, а також метеорологічні умови навколишнього середовища. Застосування даної моделі можливе на дорослій людині, середньої комплекції, одягненої за погодою, що йде в тіні зі швидкістю 4,8 км/год. Формула Стедмена набула вигляду:

$$ET = 2,719 + 0,994 T + 0,016(T_d)^2, \quad (4.2)$$

де T_d – температура точки роси, °C.

Ризик термічної небезпеки за значеннями ET визначається таким чином: <18 °C – мінімальна небезпека, 18-22 °C – середня, 23-28 °C – висока, >28 °C – екстремальна.

Обчислення ефективних температур за Стедменом виконано також на основі строкових спостережень в Одесі за період 2011-2020 рр., з використанням формули (3.2) для кожного дня року.

На рис. 4.3 зображено річний хід ефективної температури для кожного досліджуваного року. Від року до року можливі коливання середніх місячних значень ефективної температури, але зазвичай, максимум ET спостерігається у липні-серпні, а мінімум – у січні-лютому, причому приблизно з однаковою повторюваністю. Найвище значення її (33,4 °C) визначено у липні 2012 року, а найнижче (-0,6 °C) – також у 2012 році у лютому. Аналіз осереднених за 10 років значень ефективної температури (тобто середніх з абсолютних максимумів) показав наступне: максимум (35,9 °C) у липні, мінімум (9,7 °C) у січні (табл. 4.5).

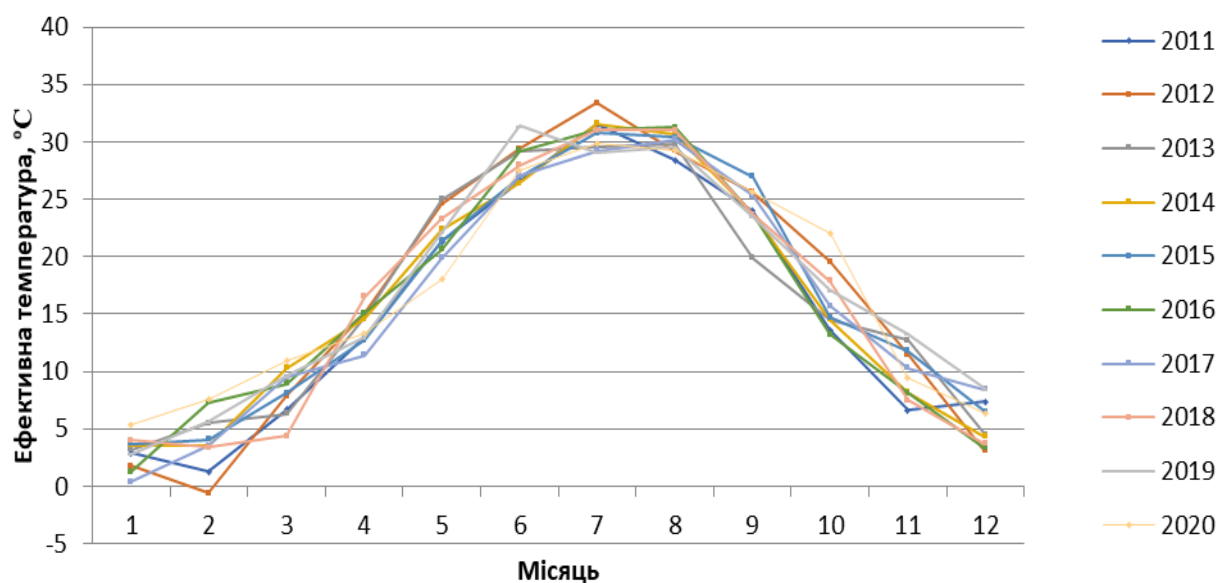


Рисунок 4.3 – Річний хід ефективної температури у окремі роки

Таблиця 4.5 – Максимальна добова ефективної температури, °C

Місяць	Роки										Середнє за рік
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
1	8,9	9,9	11,9	10,3	10	9,5	6,6	11	9,4	9	9,7
2	11,2	8,1	9,7	9,9	10	15,5	13,5	9,8	11	13,7	11,2
3	14,9	17,1	11,9	15,1	11,4	12,9	16,2	12,3	14,5	15,5	14,2
4	19,3	29,4	25,1	20,1	19,1	24,6	17,6	23,5	20,5	18,1	21,7
5	28,4	30,5	27,7	30,4	27,2	27,8	28,7	28,7	30	21,4	28,1
6	31,6	36	34,9	32,3	30,5	38,2	34,6	32,5	35,2	33,3	33,9
7	36,8	36,7	34,3	34,2	37,4	37	34,9	36,3	34,9	36,1	35,9
8	32,5	37,2	34,5	38,8	34,5	36,4	37,9	34,1	33,9	34,2	35,4
9	29,6	29,9	26,6	30,7	34,4	30,2	30,9	32,2	30,4	31,2	30,6
10	25,6	27,3	19,5	24,4	23,7	24,8	21,4	23,4	25,2	28,8	24,4
11	11,3	20,1	20,3	17	20,4	18,3	15,9	16,2	22,4	15	17,7
12	13,4	11,7	9,9	13,8	13,7	12,8	14,6	8,3	14,5	12,5	12,5

У табл. 4.6 представлено максимальні ET_{max} та мінімальні ET_{min} значення добової ефективної температури за кожен рік досліджуваного періоду, а на рис. 4.4 – їх повторюваність у наведених вище межах.

Отже, абсолютний максимум ET_{max} (38,8 °C) визначено у серпні 2014 року, а абсолютний мінімум ET_{min} (-9,1 °C) – у січні 2012 року. Слід зазначити, що у 2020 році вперше за десять років ET_{min} має додатне значення (0,6 °C).

Таблиця 4.6 – Екстремальні значення добової ефективної температури, °С

ЕТ	Роки									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
ET_{max}	36,8	37,2	34,9	38,8	37,4	38,2	37,9	36,3	35,2	36,1
ET_{min}	-3,7	-9,1	-2,2	-6,7	-6,2	-6,4	-6,8	-5,0	-3,4	0,6

Найвище значення середнього з абсолютних мінімумів ефективної температури становить 24,5 °С (липень), а найнижче – 4,5 °С (січень) (табл. 4.7).

Таблиця 4.7 – Мінімальна добова ефективна температура, °С

Місяць	Роки										Середнє за рік
	2011	2012	2013	014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
1	-3,7	-9,1	-2,2	-6,7	-6,2	-6,4	-6,8	-2,5	-3,4	1,8	-4,5
2	-3,1	-7,5	2,0	-4,4	0,0	3,2	-3,4	-5,0	-1,3	0,6	-1,9
3	-0,1	1,1	1,1	4,8	5,3	5,4	6,5	-3,9	3,7	5,4	2,9
4	7,3	7,8	7,8	7,5	6,7	10,5	5,5	10,3	9,4	6,3	7,9
5	12,4	19,4	22,0	13,6	16,0	16,4	13,0	17,8	13,0	12,2	15,6
6	19,1	25,2	23,0	21,9	22,1	18,0	21,8	21,8	24,6	16,7	21,4
7	23,0	26,8	24,7	26,8	23,9	25,3	23,1	24,3	23,9	22,7	24,5
8	25,3	23,4	22,4	23,3	24,1	22,5	21,1	28,0	24,3	25,3	24,0
9	16,6	20,0	13,0	12,9	18,1	13,8	15,2	12,3	14,1	18,8	15,5
10	6,3	10,9	7,7	5,2	9,5	5,8	8,0	9,3	9,0	13,2	8,5
11	3,2	3,6	3,3	0,7	6,8	0,3	3,5	-0,7	2,2	4,5	2,7
12	-0,1	-5,5	0,2	-5,6	-1,6	-1,1	2,4	-0,3	2,5	1,3	-0,8

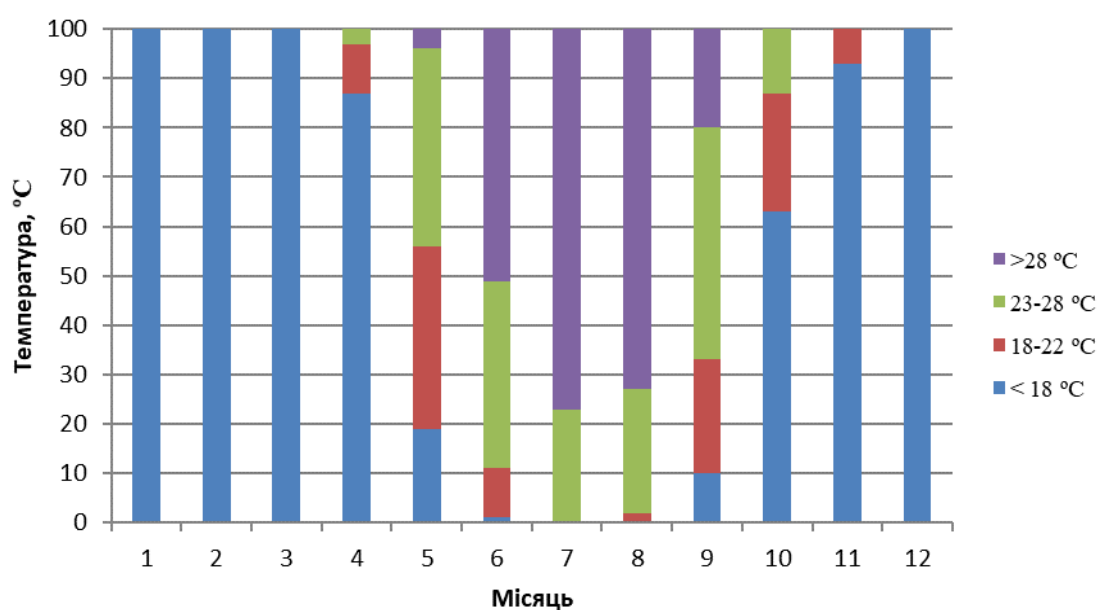
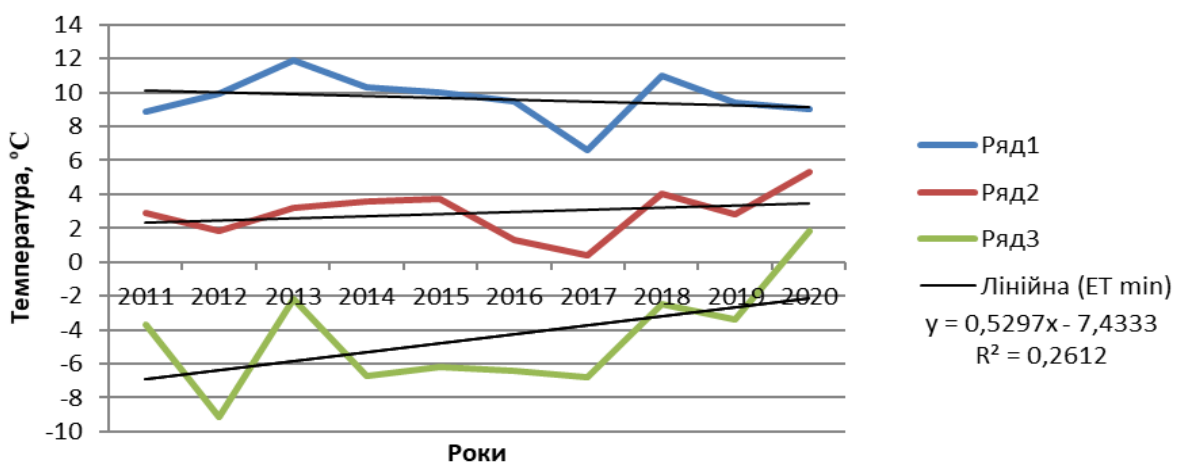


Рисунок 4.4 – Повторюваність (%) ефективної температури. 2011-2020 рр.

З рис. 4.4 видно, що мінімальний ризик термічної небезпеки ($ET < 18\text{ }^{\circ}\text{C}$) з повторюваністю 63-100% переважає з жовтня по квітень. Середня термічна небезпека ($ET = 18-22\text{ }^{\circ}\text{C}$) може бути з квітня по червень (повторюваність її коливається в межах 10-37%), а потім з серпня по листопад (2-24%). Висока термічна небезпека ($ET = 23-28\text{ }^{\circ}\text{C}$) виявлена з квітня по жовтень (3-47%, максимум у вересні). Категорія термічної небезпеки, що визначає ситуацію як екстремальну, тобто коли ефективна температура перевищувала $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, спостерігалась з травня по вересень з повторюваністю 4-77%, з максимумом у липні.

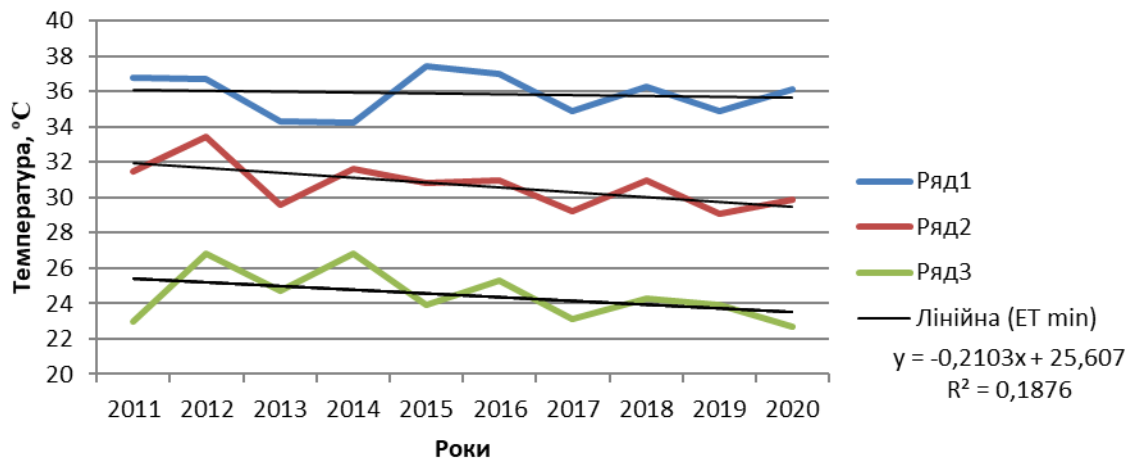
Отже, повторюваність загальної кількості днів з високою і екстремальною термічною небезпекою найбільшою є у літні місяці. Так у липні вона триває 31 день, у серпні – 30 днів, у червні – 27 днів.

Динаміка максимальних ET_{max} , мінімальних ET_{min} ; і середніх місячних $ET_{сер}$ значень ефективної температури у січні та липні для кожного досліджуваного року представлена на рис. 4.5. У зміні вказаних показників влітку виявлено тенденцію на зниження, яка особливо помітною є для середніх і мінімальних значень. Взимку більш чітко прослідковується тенденція на зростання ET_{min} , менше – $ET_{сер}$. Максимальні значення цього біокліматичного індексу зазнають несуттєвих коливань, як у липні, так і січні.



а)

Продовження рис. 4.5



б)

а) липень; б) січень

Ряд 1 – ET_{max} ; Ряд 2 – $ET_{сер}$; Ряд 3 – ET_{min} ;

Рисунок 4.5 – Динаміка екстремальних і середніх місячних значень ефективної температури

Здобуті результати дослідження варто враховувати для профілактики метеопатичних реакцій людини, яка полягає у підвищенні загальної резистентності організму та лікуванні основних захворювань.

Врахування впливу змін метеорологічних чинників та проведення відповідної профілактичної роботи у медичних закладах при обслуговування населення, дозволить у значній мірі послабити негативну дію несприятливих погодних умов на їх здоров'я.

ВИСНОВКИ

1. Середній максимум за 1991-2020 рр. в усі місяці року перевищує норму за стандартний опорний період від 0,2 °С (грудень) до 2,5 °С (липень). При цьому в цілому за сезон найбільше він зріс влітку (в середньому на 2,3 °С), а найменше – восени (на 0,7 °С).

Відносно першого періоду зростання цього показника відбулось також з січня по грудень: від 0,4 °С у жовтні до 2,6 °С у лютому і березні.

2. У січні і липні простежується чітка тенденція на зростання найбільш імовірної денної температури повітря з середньою швидкістю: 1,7 °С/100 років (коефіцієнт кореляції становить 0,67) і 1,2 °С/100 років (коефіцієнт кореляції – 0,36) відповідно.

3. Часовий режим щорічного максимуму має додатний тренд, що характеризує підвищення максимальної температури з часом (приблизно на 1,6 °С/100 років). З кінця 70-х років минулого століття темпи потепління клімату збільшились. Побудованому ступеневому тренду щорічного максимуму властива достатньо суттєва зміна: температура зросла на 1,5 °С.

4. Значення середнього з абсолютних максимумів температури за останні 30 років відносно норми за стандартний опорний період у всі місяці року зросли: від 0,3 (січень) до 3,1 °С (серпень). Більше підвищення відбулось у весняно-літню пору, менше – у зимово-осінню.

5. Для зміни максимальної температури повітря, що може спостерігатись щорічно, характерним є зростання з середньою швидкістю: у січні – на 2,4 °С/100 років, у липні – 0,7 °С/100 років.

6. Жаркі дні протягом всіх трьох досліджуваних періодів спостерігались кожного року з травня по вересень. Найбільше їх виявлено у липні-серпні першого періоду (в середньому 18,1 і 16,2 дні відповідно). Аномально жаркі дні можливі у квітні-листопаді з найбільшою повторюваністю також у липні-серпні, а кожного року – в усі літні місяці (перший кліматичний період), з липня по вересень (другий період) і з червня по вересень (третій період).

У липні та серпні третього періоду значення максимальної за добу температури повітря вище 35 °С можливі вже кожного року, у травні і вересні –

3 дні, а у червні 7 днів на 100 років, тобто кількість їх порівняно з першим і другим періодами зростає.

7. Найбільша кількість днів з температурою ≥ 25 °C в останні 30 років спостерігається у липні та серпні і становить 26 і 25 днів відповідно. Відносно першого кліматичного періоду вона зростає на 15 і 30% у ці місяці, а відносно другого – на 43 і 49% відповідно.

8. За сценаріями RCP4.5 і RCP8.5 максимальне підвищення найбільш імовірної денної температури повітря очікується навесні і влітку, за RCP2.6 – взимку і навесні. В середньому за рік цей показник має зрости на 4,7 °C (RCP8.5), 3,9 °C (RCP4.5) і 1,9 °C (RCP2.6).

9. Тенденція на зростання середнього максимуму відносно кліматичної стандартної норми в усі місяці року збережеться (для сценаріїв RCP8.5 і RCP4.5). Причому максимальне збільшення можливе у квітні і березні (RCP8.5) та лютому і березні (RCP4.5). Для сценарію RCP2.6 підвищення цього показника відносно норми очікується з вересня по квітень (з максимумом взимку), а з травня по серпень кліматична норма вже перевищує сценарні дані.

10. Максимум загального числа днів з високою температурою очікується у липні. За період 2021-2050 рр. кількість їх має зрости в усі місяці за сценаріями RCP8.5 і RCP4.5. За сценарієм RCP2.6 загальна тенденція зміни даного показника є також на підвищення. Проте, у травні і квітні загальна кількість днів з високою температурою у два попередні часові періоди вже перевищила очікувані, а у серпні – суму їх за перший період (стандартний опорний період).

11. Хвилі тепла можуть спостерігатись з січня по грудень. Кількість хвиль тепла за досліджуваний період становила 155 випадків (з них 89 у ХП, 66 у ТП). Максимальна тривалість хвилі тепла у ХП 26 днів, ТП – 20 днів. У ХП хвиля тепла в середньому тривала 8,2 дні, у ТП – 8,6 дні.

12. Під час фактичних хвиль тепла кумулятивна температура змінювалась в межах 5,4-140,3 °C (85% з них від 10 до 60°C) у холодний період та від 5,6 до 123,3 °C – у теплий (82% з них від 10 до 50°C).

Амплітуда температури повітря під час хвиль тепла у холодний період коливалась в ширшому інтервалі (1,0-11,0 °C), ніж у теплий (1,8-9,0 °C).

13. З 1961 по 1990 рр. у квітні та з червня по вересень випадки хвиль тепла не спостерігались, а з 1991 по 2020 рр. вони зафіксовані кожного місяця.

Кількість хвиль тепла та їх тривалість зросли відносно другої кліматичної норми в усі пори року: влітку – від нуля до 13, весною – приблизно у 8 разів, взимку – 5 разів, восени – 4 рази.

14. За всіма використаними траєкторіями кліматичних змін найбільша кількість хвиль тепла за рік з 2021 по 2050 рр. очікується у холодну пору року. Їх кількість більше, ніж у 2 рази може перевищити наявні в обидва попередні 30-річні періоди. З жовтня по квітень хвилі тепла будуть більш інтенсивними, ніж з травня по вересень, про що свідчать і значення кумулятивної температури і амплітуди температури повітря.

15. Кількість хвиль тепла та їх тривалість в останнє десятиліття вже перевищили відповідні показники, очікувані за сценарієм RCP2.6.

16. Найтриваліші хвилі тепла (42 дні) очікуються за сценарієм RCP 8.5 у холодний період, у теплий період – 29 днів, за сценарієм RCP4.5 – 39 і 25 днів, за сценарієм RCP2.6 – 23 і 18 днів відповідно. Найчастіше, за всіма використаними сценаріями RCP, хвилі тепла будуть тривати 6-7 днів.

17. Несприятливі для здоров'я людини величини міждодової мінливості температури (більше 6 °C) спостерігались найчастіше у січні (4%), взагалі були відсутні з травня по липень, у решту місяців року їх повторюваність становила 1-3%. Таким чином теплий період року (з квітня по вересень) характеризується оптимальними значеннями міждодової мінливості температури повітря, за яких виникає мінімум метеопатичних реакцій.

18. Різкі зміни атмосферного тиску (≥ 8 гПа), які є відчутними організмом людини, відбуваються у період активної циклонічної діяльності в холодний період року. Такі зміни зареєстровано у всі досліджувані роки, причому максимум припадає на 2012 рік і становить 15,7 гПа. З грудня по лютий повторюваність їх найбільша (8%), а з червня по вересень вони взагалі не відмічались.

19. Повторюваність загальної кількості днів з високою і екстремальною термічною небезпекою найбільшою є у літні місяці. Так у липні вона триває 31 день, у серпні – 30 днів, у червні – 27 днів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Андреев С.С. Интегральная оценка климатической комфортности на примере территории Южного Федерального округа России: монография. – СПб: РГГМУ, 2011. – 304 с.
2. Исаев А.А. Экологическая климатология.–М.: Научный мир, 2003. – 472с.
3. <http://www.myshared.ru/slide/97944/> (дата звернення 30.11.22).
4. Поволоцкая Н.П. Биоклиматические условия района Кавказских Минеральных Вод. Дисс. на степень к. геогр. н.: 11.00.36.–Л.,1975.– 154 с.
5. Поволоцкая Н.П., Скляр А.П. Погода и наше самочувствие. – Пятигорск, 1991.
6. Врублевська О.О., Катеруша Г.П. Прикладна кліматологія. Конспект лекцій. – Дніпропетровськ: Вид-во «Економіка», 2005. – 131 с.
7. Wilson, L., New, S., Daron, J., Golding, N. (2021). Climate Change Impacts for Ukraine. Met Office.
8. Врублевська О.О., Катеруша Г.П. Клімат України та прикладні аспекти його використання. Навчальний посібник. Одеса: Вид. ТЕС, 2012. – 180с.
9. WMO. State of the Global Climate 2020.
URL:https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21880#.YJfRi3VKiHt
(дата звернення 15.11.22).
10. IPCC. Summary for Policymakers. in Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (eds. Masson-Delmotte, V. et al.) (2021).
11. Гнатюк Н.В.Проекції температури повітря та кількості опадів в Україні в ХХІ столітті. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук Київ – 2017. – 22 с.

12. Carleton, T. A. et al. Valuing the Global Mortality Consequences of Climate Change Accounting for Adaptation Costs and Benefits. Natl. Bur. Econ. Res. Work. Pap. Ser. No. 27599, (2020).

13. Tjaden, N. B., Caminade, C., Beierkuhnlein, C. & Thomas, S. M. Mosquito-Borne Diseases: Advances in Modelling Climate-Change Impacts. Trends Parasitol. 34, 227-245 (2018).

14. Strukova, E., Golub, A. & Markandya, A. Air Pollution Costs in Ukraine. Environ. Econ. 2, (2011).

15. Orru, H., Ebi, K. L. & Forsberg, B. The Interplay of Climate Change and Air Pollution on Health. Curr. Environ. Heal. Reports 2017 44 4, 504–513 (2017). 81-IAMAT. Ukraine: Air Pollution. International Association for Medical Assistance to Travellers

URL:<https://www.iamat.org/country/ukraine/risk/air-pollution#> (дата звернення 17.11.22)

16. URL<http://www.ecad.eu/> (дата звернення 17.11.22).

17. Справочник по климату СССР» вып. 10, ч. 2. Л: Гидрометеоиздат, 1967. – 611 с.

18. Кліматичний Кадастр України (електронна версія) Державна гідрометеорологічна служба УкрНДГМІ. Центральна Геофізична Обсерваторія. К., 2006.

19. Кліматичний Кадастр України (електронна версія) Державна гідрометеорологічна служба УкрНДГМІ. Центральна Геофізична Обсерваторія. К., 2021.

20. Клімат України: моногр. /за ред. В.М.Ліпінського, В.А.Дячука, В.М.Бабіченко. – Київ: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.

21. Руководящие указания ВМО по расчёту климатических норм// ВМО № 1203. 2017. – 32 с.

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

23. Бабиченко В. Н., Рудышина С.Ф. Основные закономерности распределения температуры воздуха $\geq 30^\circ$ на Украине // *Труды УкрНИГМИ*. 1972. Вып. 113. С. 51-58.

24. Бабіченко В. М., Ніколаєва Н.В., Рудишина С.Ф., Гущина Л. М. Максимальна температура повітря на території України в умовах сучасного клімату// *Український географічний журнал*. 2010. №3. С. 6-15.

25. Волкова М.А., Чередыко О.А., Ивашкова О.А. Особенности формирования и социально-экономические последствия температурных рисков в Томской области. *Вестник Томского университета*. 2013. № 374. С. 180-187.

26. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии. Климатическое пособие/под ред. В.Н. Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 224с.

27. 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.

28. 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.

29. Звіт про науково-дослідну роботу «Оцінка впливу змін клімату на поновлювальні та невичерпні природні ресурси України». 2019. URL:http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/8782/1/Zvit_MON_%20Stepanenko_0117U002423_2019.pdf (дата звернення 1.11.2023).

30. Shevchenko O., Lee H., Snizhko S., Mayer H. Long-term analysis of heat waves in Ukraine // *International Journal of Climatology*, Vol. 33, Issue 15. – P. 104-115.

31. Клещенко Л.К. Волны тепла и холода на территории России // *Труды ВНИИГМИ-МЦД* 2010 №175 Анализ изменений климата и их последствий. С. 76-90.

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

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

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

35. Robinson, P.J., On the Definition of a Heat Wave// *Journal of Applied Meteorology*. – vol.40. – 2001. – p. 762-775 .

36. Рудишина С. Ф. Высокие температуры воздуха на Украине/ С.Ф. Рудишина, В. Н. Бабиченко//*Труды УкрНИГМИ*. – 1971. – Вып. 98. – С. 53-61.

37. Shevchenko O., Lee H., Snizhko S., Mayer H. Long-term analysis of heat waves in Ukraine// *International Journal of Climatology*, Vol. 33, Issue 15. – P. 104-115.

38. Второе национальное сообщение Минск, 2006 – С.141.

39. Kysely J, Pokorna L, Kyncl J, Kriz B. Excess cardiovascular mortality associated with cold spells in the Czech Republic. *BMC Public Health*. 2009.

40. Влияние погодно-климатических и социальных факторов на смертность населения от болезней системы кровообращения на территории России. Золотокрилин А.Н., Титкова Т.Б., Бокучава Д.Д./*Терапевтический архив* 3, 2018. С. 53-59.

41. Переведенцев Ю.П., Занди Р., Аухадеев Т.Р., Шанталинский К.М. Оценка влияния климата на человека в засушливых условиях юго-западного Ирана // *Вестник Удмуртского университета*. Серия: Биология. Науки о Земле, 2015, Т. 25, вып. 1, с. 104-113.

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 – Список конференцій та публікацій

Вид наукової роботи (теми робіт, автор, керівник робіт)	Кількість кредитів
Участь у I етапі Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт зі спеціальності «Науки про Землю (гідрометеорологія)» 2022-2023 н.р.	0,25
Участь у I етапі Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт зі спеціальності «Науки про Землю (гідрометеорологія)» 2023-2024 н.р.	0,25
Призове перше місце у I етапі Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт зі спеціальності «Науки про Землю (гідрометеорологія)» 2023-2024 н.р.	0,75
Університетські конференції, семінари, гуртки (інші):	
Конференція молодих вчених ОДЕКУ, 23-31 травня 2023 р., м. Одеса. Доповідь на тему: «Динаміка хвиль тепла в Одесі в умовах змін клімату».	0,25
Міжнародні конференції в Україні	
I Міжнародна науково-практична конференція «Achievements of 21st Century Scientific Community». Наукове товариство студентів, аспірантів і молодих вчених Дніпровської академії неперервної освіти та редакція Міжнародного електронного науково-практичного журналу «WayScience». 14-15 вересня 2023 р.. Дніпро (Україна). Тема доповіді: «Динаміка режиму максимальної температури повітря з кінця XIX до середини XXI століття в Одесі».	0,50
Опубліковані тези конференцій:	
Кавецька І.Б. Л.І. Динаміка хвиль тепла в Одесі в умовах змін клімату. Матеріали XX наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ. 23-31 травня 2023 р. Одеса: ОДЕКУ, 2023. С. 256-257.	0,25
Кавецька І.Б., Катеруша Г.П. Динаміка режиму максимальної температури повітря з кінця XIX до середини XXI століття в Одесі». I Міжнародна	0,25

<p>науково-практична конференція «Achievements of 21 st Century Scientific Community». Наукове товариство студентів, аспірантів і молодих вчених Дніпровської академії неперервної освіти та редакція Міжнародного електронного науково-практичного журналу «WayScience». 14-15 вересня 2023 р.. Дніпро (Україна). С. 193-196</p>	
---	--