

УДК 502.175:[551.58:53.096](477)

**Andrii Mats**, PhD student

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1226-5343> **e-mail:** andrejmac3@gmail.com

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

## **STUDY OF THE FEATURE OF THE TEMPERATURE REGIME OF THE MYKOLAIV AND REGION IN THE CONTEXT OF THE ISSUE OF CLIMATE CHANGE**

**Abstract.** *Climate change is one of the most important and acute environmental problems of our time. It includes a complex of changes, such as rising ambient temperatures, changes in precipitation patterns, rising sea levels, and more frequent extreme weather events. According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the average global temperature has risen by about 1.1°C since the late nineteenth century. Projections point to a possible increase of 1.5°C by the middle of this century unless significant measures are taken to reduce greenhouse gas emissions. On the basis of the above, the paper analyzes trends in changes in atmospheric air temperature on the territory of risky agriculture in the South of Ukraine in the Mykolaiv region.*

*The purpose of the study: to determine and substantiate the regularities of changes in the temperature regime of Mykolaiv and Mykolaiv region in the context of climate change.*

*Research results. The values of temperature characteristics for the year and season in Mykolaiv and Mykolaiv region during 1991–2023 are analyzed. In Mykolaiv, about 60-67 days with a negative average daily air temperature and about 32 days with a negative maximum daily air temperature are recorded. The duration of the period with a negative minimum air temperature can be an average of 93 days per year: 64 in winter, 16 in spring and 14 in autumn. At the same time, on a large territory of the Mykolaiv region, autumn is warmer than spring. The average seasonal air temperature is 10.6°C, the average maximum temperature is 15.4°C, and the average minimum temperature is 6.4°C. In the Northern Black Sea region, both maximum and minimum temperatures in autumn are higher than in spring. The dynamics of changes in average annual temperatures in the city of Mykolaiv in the period from 1980 to 2023 are analyzed. A stable linear trend towards a gradual increase in average annual temperatures has been determined. The warmest year for this observation period is 2023, the coldest are 1985 and 1987. It is determined that the rate of increase in average temperature is 0.61°C for every ten years. Maximum temperatures are increasing at a rate of 0.0884°C per year and minimum temperatures are decreasing at a rate of 0.0136°C per year. Every year, the average annual temperature increases by approximately 0.021°C. The largest number of days accompanied by heat stress (up to 90%) is observed in July – August. Thus, changes in air temperature indicate a significant change in the temperature regime of the entire climate system of the region, and the consequences of climate change may be predominantly negative and will intensify in the future.*

**Keywords:** *air temperature, temperature regime of atmospheric air, climate change.*

А.Д. Мац

Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ МІСТА МИКОЛАЄВА І ОБЛАСТІ В КОНТЕКСТІ ПИТАННЯ ЗМІНИ КЛІМАТУ

**Анотація.** Зміна клімату є однією з найважливіших і найгостріших екологічних проблем сучасності. Вона охоплює комплекс змін, таких як підвищення температури атмосферного повітря, зміни режиму опадів, підвищення рівня моря і частішання екстремальних погодних явищ. Згідно з даними Міжурядової групи експертів зі змін клімату (IPCC), середня глобальна температура підвищилася приблизно на  $1,1^{\circ}\text{C}$  з кінця XIX століття. Прогнози вказують на можливе підвищення на  $1,5^{\circ}\text{C}$  вже до середини цього століття, якщо не буде вжито відповідних заходів. На підставі вищезазначеної проблеми, у роботі проаналізовано тенденції щодо змін температури атмосферного повітря на території ризикованого землеробства Півдня України Миколаївської області.

**Мета дослідження:** визначити та обґрунтувати закономірності змін температурного режиму Миколаєва і Миколаївської області в контексті питання змін клімату.

**Результати дослідження.** Проаналізовано значення температурних характеристик за рік та сезон у Миколаєві і Миколаївській області упродовж 1991–2023 років. У Миколаєві фіксується близько 60–67 днів із від'ємною середньою за добу температурою повітря і близько 32 дні з від'ємною максимальною за добу температурою повітря. Тривалість періоду з від'ємною мінімальною температурою повітря може бути у середньому 93 дні за рік: 64 – взимку, 16 – навесні і 14 – восени. Разом з тим, на значній території Миколаївської області осінь тепліша за весну. Середня за сезон температура повітря становить  $10,6^{\circ}\text{C}$ , середня максимальна –  $15,4^{\circ}\text{C}$ , а середня мінімальна –  $6,4^{\circ}\text{C}$ . У Північному Причорномор'ї як максимальна, так і мінімальна температури восени вищі, ніж навесні. Проаналізовано динаміку змін середніх річних температур у місті Миколаєві у період з 1980 по 2023 роки. Визначено стійкий лінійний тренд у напрямку поступового збільшення середніх річних температур. Найтепліший рік за даний період спостережень є 2023, найхолодніші – 1985 і 1987 роки. Визначено, що швидкість зростання середньої температури становить  $0,61^{\circ}\text{C}$  за кожні десять років. Максимальні температури зростають зі швидкістю  $0,0884^{\circ}\text{C}$  на рік, а мінімальні температури зменшуються зі швидкістю  $0,0136^{\circ}\text{C}$  на рік. Щороку середня річна температура збільшується приблизно на  $0,021^{\circ}\text{C}$ . Найбільша кількість днів, що супроводжується тепловим стресом (до 90%), спостерігається у липні – серпні. В середньому кількість спекотних днів збільшується на 1,9353 дні щороку. Отже, зміни температури повітря свідчать про суттєву зміну температурного режиму всієї кліматичної системи регіону, а наслідки кліматичних змін можуть мати переважно негативний характер і будуть посилюватись у майбутньому.

**Ключові слова:** температура атмосферного повітря, температурний режим атмосферного повітря, зміни клімату.

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.3.59-71>

## Вступ

Упродовж ХХ століття, а також у першій чверті ХХІ століття мають місце суттєві зміни температурного режиму. За даними Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату [11–13], спостерігаються аномально високі температури у багатьох регіонах планети. Так, перші два десятиліття ХХІ століття на  $0,99^{\circ}\text{C}$  є теплішими за середню температуру доіндустріального періоду (1850–1900 роки), а упродовж 2011–2023 років – на  $1,09^{\circ}$ . Спостерігається аномалія середніх значень глобальної температури упродовж 2013–2023 років, а саме –  $1,14$  [ $1,02$  до  $1,27$ ] $^{\circ}\text{C}$ , що свідчить про продовження періоду потепління [8]. Такі аномально високі температури на планеті спостерігались 125 000 років тому, коли глобальна температура була на  $0,5$ – $1,5^{\circ}\text{C}$  вищою за температуру, порівняно з доіндустріальним періодом. Цей час відомий як Емський міжльодовиковий період, коли зміни у кліматі призвели до підвищення рівня моря та більш теплих умов на значній частині Землі.

Сучасні зміни клімату, на думку багатьох дослідників, викликані антропогенними чинниками, демонструють схожі тенденції підвищення температури. Починаючи з 1970 року, глобальна температура була найвищою за останні 2000 років, а останнє десятиріччя є найтеплішим за 6500 років. До того, останнє десятиліття дійсно було найтеплішим за останні 6500 років. Це підкреслює серйозність сучасних змін клімату та необхідність вжиття заходів для зменшення викидів парникових газів і уповільнення глобального потепління [11].

Відомо, що температурний режим регіону залежить від географічної широти, яка, у власну чергу, визначає значення сонячної радіації, особливості підстильної поверхні, а також специфіку атмосферної циркуляції, на що значною мірою впливає близька відстань від Чорного моря. Температурний режим атмосферного повітря також залежить від змін клімату, тобто довготривалих тенденцій у зміні температури, що викликані природними та антропогенними чинниками, а також від впливу людської діяльності, а саме: урбанізації, промислових викидів, змін в землекористуванні.

Зміна температури повітря свідчить про суттєву зміну температурного режиму всієї кліматичної системи планети. На думку учених, наслідки кліматичних змін мають переважно негативний характер і, за прогнозами, будуть посилюватись у майбутньому.

В Україні метеорологічні спостереження проводяться з 1881 року. Упродовж останніх десятиліть в Україні також визначено суттєві зміни кліматичної системи, індикатором яких є температурний режим атмосферного повітря [6; 8].

У дослідженні [7] подано аналіз змін річної температури в Україні, починаючи з 1901 року. Обґрунтовано тезу, що стійкість сучасної маловодної фази річки Південний Буг викликана стійким підвищенням річної температури в Україні, яке спостерігається з 2000 року по теперішній час.

Вважаємо за необхідне акцентувати увагу на той факт, що упродовж 1991–2024 років спостерігались найвищі темпи зміни середньої за рік температури атмосферного повітря, порівняно з 1961 роком. Вони майже втричі перевищували темпи зміни середньої за рік глобальної температури ( $0,21^{\circ}\text{C}/10$  років) у цей період. Як наслідок, за оцінкою NOAA, Україна потрапила до регіонів нашої планети, за винятком полярних широт, де зростання температури відбувалось найвищими темпами.

За даними аналізу Copernicus Climate Change Service, глобальна середня температура повітря на поверхні у квітні 2024 року була вищою, ніж у будь-якому попередньому квітні в наборі даних повторного аналізу, починаючи з 1940 року (рис. 1) [8].

Квітень 2024 року є одинадцятим місяцем поспіль, який є найтеплішим за відповідний місяць року. Визначено, що квітень і липень 2024 року були на 1,58°C теплішими, ніж середнє значення для доіндустріального базового періоду (1850–1900). Так, наприклад, глобальна приземна температура повітря в квітні 2024 року становила 15,03°C, що на 0,67°C вище середнього значення для квітня 1991–2023 рр. і на 0,14°C вище попереднього максимуму, встановленого в квітні 2016 року. Це місяць, у якому встановлюються температурні рекорди для відповідного періоду. Загалом, у всьому світі період упродовж 12 місяців (з травня 2023 року по квітень 2024 року) був теплішим, ніж будь-який попередній 12-місячний період, на 0,73°C вище середнього за 1991–2023 рр. і на 1,61°C вище середнього доіндустріального періоду [8].

Отже, відкриті дані моніторингових спостережень Copernicus Climate Change Service показують, що рекорди глобальних температур спостерігаються упродовж останніх місяців 2023 і 2024 років в різних регіонах Світового океану. 21 липня 2024 року є найжаркішим днем за історію спостережень. Середня температура на планеті в цей день склала 17,09°C. Це найвища температура, яку було зафіксовано з 1940 року. Попередній рекорд було встановлено у 2023 році, і він склав 17,08°C [12].

**Мета дослідження:** визначити та обґрунтувати закономірності змін температурного режиму Миколаєва і Миколаївської області в контексті питання зміни клімату.

#### Anomalies and extremes in sea surface temperature in April 2024

Data: ERA5 1979-2024 • Reference period: 1991-2020 • Credit: C3S/ECMWF

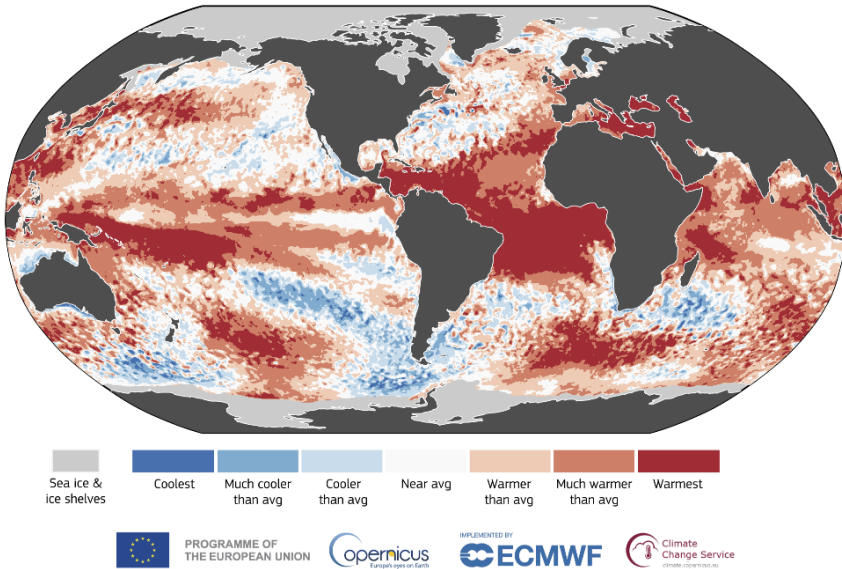


Рис. 1. Аномальні температури морської води в квітні 2024 року за даними Copernicus Climate Change Service [8]

**Матеріали та методи.** З метою оцінювання параметрів атмосферного повітря було використано бази даних стратегічних та програмних документів, а саме: екологічні паспорти Миколаївської області упродовж 2005–2023 років; регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища Миколаївської області упродовж 2005–2023 років тощо.

Під час дослідження було використано методи: збір та попередня обробка даних; побудова графіків із додаванням ліній тренду для візуалізації загальних тенденцій за допомогою лінійної регресії. Регресійний аналіз для визначення статистичної значущості. Визначення екстремальних значень, а саме років з найвищою та найнижчою кількістю спекотних днів. Аналіз аномальних років та можливих причин цих аномалій, а саме: кліматичних явищ, антропогенних чинників. Для обробки та аналізу даних було використано статистичні програми Excel.

## **Результати дослідження**

Температурний режим атмосферного повітря – це сукупність характеристик температури повітря в певному регіоні або місцевості упродовж певного періоду часу. Він охоплює середні, максимальні та мінімальні значення температури, а також їх сезонні та добові коливання. Температурний режим є одним з основних показників клімату регіону і впливає на екосистеми, сільське господарство, здоров'я людей та економічну діяльність.

Основними характеристиками температури атмосферного повітря є середньомісячні, середньосезонні показники, що відображають розподіл температури упродовж року. Середньомісячна температура – показник середньої температури за певний місяць, що дозволяє зрозуміти температурні тенденції впродовж кожного місяця року. Середньосезонна температура – показник середньої температури за певний сезон (зима, весна, літо, осінь), що відображає більш тривалі тенденції температурних змін протягом року. Ці показники є важливими для аналізу кліматичних змін, прогнозування погоди, сільського господарства та багатьох інших галузей. Вони допомагають зрозуміти розподіл температури упродовж року і виявити довгострокові тенденції кліматичних змін.

Відзначимо, що досліджуваний регіон належить до помірнього клімату, який має такі особливості:

- чітко виражена сезонність через виділення чотирьох пор року – зима, весна, літо та осінь, кожна з яких має свої характерні температурні та погодні умови;
- помірні температури, які не досягають екстремальних значень. Зими можуть бути холодними, але не надто суворими, а літа – теплими, але не надто спекотними;
- різноманітність опадів може бути різною залежно від географічного розташування, але загалом помірний клімат характеризується достатньою кількістю опадів, які розподіляються протягом року. Оподи можуть бути у вигляді дощу, снігу, туману тощо;
- м'які перехідні сезони через те, що весна і осінь у помірному кліматі зазвичай характеризуються помірними температурами і поступовим переходом від холодної зими до теплого літа і навпаки;

- спостерігаються значні зміни у тривалості дня упродовж року. Влітку дні довгі, а ночі короткі, тоді як взимку – навпаки;
- різноманіття ландшафтів може включати різні ландшафти, такі як ліси, степи, гори та узбережжя, що створює різноманітні екосистеми.

Головною ж особливістю помірного клімату є наявність чотирьох сезонів: двох основних, зима та літо, і двох проміжних – весна та осінь. Така особливість клімату характерна також для Миколаєва і області (табл. 1).

Спостереження за погодою та кліматом у місті проводить метеорологічна станція, розташована у Миколаєві. Миколаїв знаходиться у степовій агрокліматичній зоні України, у басейні нижніх течій річок Південний Буг і Інгул [6].

Таблиця 1. Значення температурних характеристик за рік та сезон у Миколаєві і Миколаївській області упродовж 1991–2023 років

Показник	Сезон, рік	Миколаїв	Миколаївська область
Середня температура, °С	Зима	-0,9	-1,1
	Весна	10,4	10,3
	Літо	22,7	22,3
	Осінь	10,9	10,6
	Рік	10,1	10,5
Максимальна середня температура, °С	Зима	2,2	2,0
	Весна	15,7	15,9
	Літо	29,0	28,6
	Осінь	15,0	15,5
	Рік	15,7	15,4
Мінімальна середня температура, °С	Зима	-3,7	-3,9
	Весна	5,6	5,3
	Літо	16,9	16,3
	Осінь	6,8	6,4
	Рік	6,4	6,0

За багаторічними даними метеорологічних спостережень, визначено, що упродовж 1991–2023 рр. клімат міста належав до помірного континентального, посушливого. Так, у Миколаєві фіксується близько 60–67 днів із від’ємною середньою за добу температурою повітря, яка є характерною ознакою зимового періоду, близько 32 дні з від’ємною максимальною за добу температурою повітря. Тривалість періоду з від’ємною мінімальною температурою повітря може бути втричі більшою – у середньому 93 дні за рік: 64 – взимку, 16 – навесні і 14 – восени.

Для оцінки відчутної температури (або «реальної» температури), яку відчуває людина, використовується Індекс вітрового охолодження Сайпла та Пассела (Siple-Passel Wind Chill Index) [9]. Цей індекс враховує комбінований ефект температури повітря та швидкості вітру, щоб визначити, наскільки холодніше відчувається температура через вітер.

Індекс вітрового охолодження у ккал/м<sup>2</sup>/год використовується для оцінки рівня тепловтрат тіла за умов холодної погоди. Чим вищий індекс (визначається за формулою 1), тим швидше людина втрачає тепло і тим холодніше відчувається температура:

$$WCI=(10V-V+10.5)\times(33-T_a), \quad (1)$$

де WCI – індекс вітрового охолодження в ккал/м<sup>2</sup>/год,

$T_a$  – температура повітря в градусах Цельсія,

$v$  – швидкість вітру в метрах за секунду.

Цей індекс є важливим інструментом для розуміння, як холод і вітер впливають на відчуття температури і тепловтрати, забезпечуючи необхідну інформацію для запобігання небезпечним для здоров'я ситуаціям. Визначено значення індексу вітрового охолодження Сайпла та Пассела, які доводять, що величина втрат тепла людським організмом на території Миколаївської області коливається в межах 850–900 ккал/м<sup>2</sup> год і загалом збігається із дослідженнями [1], відповідає категорії «холодно» і належить до помірною ризику щодо обмороження.

Температурний режим з лютого починає змінюватись. Так, спостерігається збільшення притоку сонячної радіації, що призводить до інтенсивного зростання температури повітря, тому березень тепліший за лютий практично на 5,1°C, а квітень за березень – на 7,0°C.

Теплий період у Миколаївській області триває близько 300 днів. У травні переважають літні температури, а середня місячна температура становить близько 17,01°C, а середня максимальна – 23,6°C.

Отже, у Миколаївській області весна досить тепла, про що свідчить середня за сезон температура повітря 10,3°C (табл. 1), що, загалом, вище за температуру вегетаційного періоду. Так, навесні 2024 року цвітіння багатьох рослин по Миколаївській області почалось на три тижні раніше середнього терміну. Тоді, як вважається, що середньою датою початку активної вегетації у Миколаївській області є середина квітня, а закінчення вегетаційного періоду – 15 жовтня. Період активної вегетації триває близько 187 днів.

Середня літня температура – +22,3°C (табл. 1). Найвища температура спостерігається переважно (58%) у серпні, середня температура якого становить +24,3°C, середня максимальна – +29,6°C, а середня мінімальна – +17,2°C. Значно рідше (43%) найвища температура буває у липні.

За кількістю опадів та температурними умовами північна частина області належить до зони недостатнього зволоження, центральна і південна – до посушливої. Середня за рік температура повітря в області становить +10,5°C, а річна амплітуда температури (різниця між середньою температурою найтеплішого і найхолоднішого місяця) – +25,4°C. За рік випадає у середньому 470 мм опадів. Їхня річна кількість змінюється від 407 мм на півдні (Очаків) до 553 мм на півночі (Первомайськ).

Аналіз зимових температур засвідчив, що середня температура зими становить близько -1,01°C і має діапазон коливань від -0,27°C до -1,71°C. Визначено, що на півдні Миколаївської області середня температура нижче 0°C спостерігається лише у січні і лютому. Найхолодніший місяць Миколаївської області – січень. Середній температурний режим січня –2,02°C, проте середня мінімальна – -4,75°C, а середня максимальна – +0,91°C.

На значній території Миколаївської області осінь тепліша за весну, про що свідчать дані табл. 1. Так, середня за сезон температура повітря становить  $10,6^{\circ}\text{C}$ , середня максимальна –  $15,4^{\circ}\text{C}$ , а середня мінімальна –  $6,4^{\circ}\text{C}$ . У Північному Причорномор'ї як максимальна, так і мінімальна температури восени вищі, ніж навесні.

Проаналізовано динаміку змін середніх річних температур у м. Миколаїв у період з 1980 по 2023 роки за даними спостережень авіаметеорологічної станції міста. Так, графік рис. 2 свідчить про наявність стійкого лінійного тренду у напрямку поступового збільшення середніх річних температур. Найтепліший рік за даний період спостережень є 2023, найхолодніші – 1985 і 1987 роки. Важливо відмітити, що швидкість зростання середньої температури становить  $0,61^{\circ}\text{C}$  за кожні десять років.

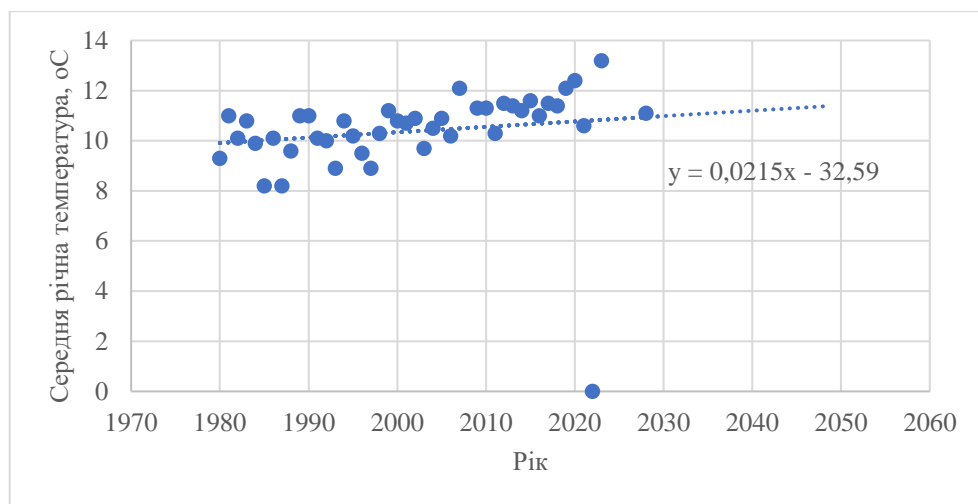


Рис. 2. Динаміка зміни середньої річної температури з 1980 по 2023 роки

Рівняння тренду  $y = 0,0215x - 32,59$  означає, що щороку середня річна температура збільшується приблизно на  $0,021^{\circ}\text{C}$ . Константа ( $-32,59$ ) має значення у контексті конкретного діапазону років. З рис. 2. видно, що є певні коливання температури навколо лінії тренду, що є звичайним для кліматичних даних. Якщо продовжити цей тренд, можна передбачити, що середня річна температура продовжить зростати і в майбутньому. На основі лінії тренду у 2050 році середня річна температура може становити приблизно:  $0,0215 \times 2050 - 32,59 = 10,7175 - 32,59 = +13,68^{\circ}\text{C}$ .

Отже, графік рис. 2 демонструє довгострокове зростання середньої річної температури, що може бути ознакою глобального потепління або інших кліматичних змін. Це важливий показник для екологічних досліджень та планування заходів з адаптації до зміни клімату.

На графіку рис. 3. зображено річні максимальні та мінімальні температури повітря з 1970 по 2023 роки. Зеленими точками відмічені максимальні температури, а синіми – мінімальні. Трендові лінії показують тенденції змін для обох температурних рядів. Згідно з трендовими лініями, максимальні температури зростають зі швидкістю  $0,0884^{\circ}\text{C}$  на рік; мінімальні температури зменшуються зі швидкістю  $0,0136^{\circ}\text{C}$  на рік. Обидва тренди вказують на зміну



температурних екстремумів з часом, що може бути пов'язано з глобальними кліматичними змінами. Також визначено, що у Миколаївській області упродовж 1991–2023 років не зафіксовано жодного випадку, коли б відмічалась найвища температура у червні. Аналізуючи тенденції щодо змін максимальних річних температур, що подано на рис. 3, можна відмітити також поступову стійку залежність до збільшення максимальних річних температур.

Лінія тренду щодо мінімальних температур засвідчує сталість. Коефіцієнт кореляції дорівнює 0,7 і є позитивним, що вказує на те, що коли одна змінна зростає, інша також має тенденцію зростати. Коефіцієнт кореляції 0,7 свідчить про сильний зв'язок між змінними, але не абсолютний. Це означає, що змінні мають тенденцію змінюватися разом, але з деяким розкидом. Мова йде про кореляцію між роком та середньою температурою.

Проте, визначена кореляція не означає причинно-наслідковий зв'язок, тобто кореляція 0,7 вказує на лінійний зв'язок, але не враховує нелінійних зв'язків.

Температурний максимум на території міста упродовж 1980–2023 років зафіксовано у 1998 році (+40,1°C); температурний мінімум – у 2006 році (–25,9°C).

Разом з тим, визначено, що по області упродовж періоду з 1991 по 2023 роки лютий у 37,0% років був холоднішим за січень. Упродовж зимового періоду в Миколаївській області спостерігається до 10 днів з мінімальною температурою повітря нижче –10,0°C, з них – до 3 днів із сильними морозами, коли температура повітря спостерігалась нижче –20,0°C. Динаміку зміни максимальної і мінімальної річних температур з 1980 по 2023 роки наведено на рис. 3.

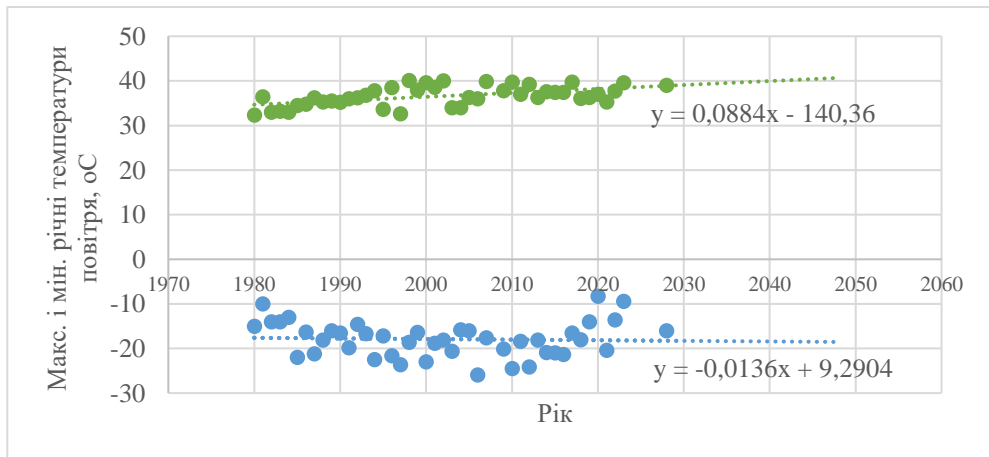


Рис. 3. Динаміка зміни максимальної і мінімальної річних температур з 1980 по 2023 роки

Зростання максимальних температур може свідчити про загальне потепління клімату. Зменшення мінімальних температур вказує на можливі більш холодні зими або ночі. Збільшення максимальних температур може призвести до підвищення частоти теплових хвиль, що може вплинути на здоров'я людей, сільське господарство та енергетичні потреби.

Використовуючи отримані рівняння трендових ліній, можна зробити прогноз щодо майбутніх максимальних та мінімальних температур.

Наприклад, для 2030 року:

Максимальна температура:  $y = 0,0884 \times 2030 - 140,36 = +39,09$ .

Мінімальна температура:  $y = -0,0136 \times 2030 + 9,2904 = -18,32$ .

Упродовж досліджуваного періоду в області спостерігалось близько 98 днів із спекотною погодою, коли максимальна температура повітря перевищує  $25,0^{\circ}\text{C}$ . Температурні умови, за яких мінімальна температура повітря перевищує  $20,0^{\circ}\text{C}$ , характерні для тропічних широт («тропічні ночі»), що є характерним для Миколаївської області. У середньому за рік спостерігається близько 20 тропічних ночей. Такі екстремальні температурні умови найбільшу повторюваність мають упродовж липня – серпня, що викликає тепловий стрес та теплове навантаження на живі організми. До того, збільшенню цього навантаження сприяє зростання відносної вологості, зменшення швидкості вітру, а також збільшення притоку сонячної радіації.

Відомо, що за однакових температур, вологості повітря та швидкості вітру теплове навантаження на організм людини буде більшим при безхмарній погоді, порівняно з такими ж метеорологічними умовами за похмурої погоди. Найбільша кількість днів, що супроводжується тепловим стресом (до 90%), спостерігається у липні – серпні.

Вважаємо за необхідне зазначити, що важливою характеристикою температурного режиму є відхилення щоденних значень мінімальної та максимальної температури від їхніх середніх багаторічних значень. Такі стрибки температурного режиму обумовлюють інтенсивність та тривалість періодів потеплінь і похолодань, що створюють певні екологічні ризики для водних ресурсів, які є фокусом нашої уваги під час подальшого дослідження.

Значення 5 перцентилів мінімальної температури повітря характеризують дуже сильні похолодання. Влітку при дуже сильному похолоданні у Миколаївській області можуть спостерігатись такі ж температури повітря, як і взимку, при дуже сильному потеплінні. Визначено, що за сезон триматиметься до 5 днів з такими екстремальними температурами.

Екстремальними є потепління, за яких максимальна за добу температура повітря більше 95 перцентилів її середніх багаторічних значень за цей день, та похолодання, при яких мінімальна за добу температура повітря нижче 5 перцентилів для цього дня. Такі хвилі тепла спостерігаються у літній період, становлять у середньому за сезон  $35,6^{\circ}\text{C}$  і характеризують дуже сильну спеку в регіоні.

Разом з тим, упродовж зимового періоду мають місце від 3-х днів з дуже високою температурою повітря, коли її максимальні значення перевищують величину 95%, а середнє максимальне перевищення становить  $2,6^{\circ}\text{C}$ . Сильне потепління навесні спостерігається частіше, ніж восени (4,08 та 3,06 відповідно). У середньому, у Миколаївській області спостерігається близько 15 днів з дуже високою для даного сезону максимальною температурою повітря. Динаміку зміни кількості спекотних днів ( $T_{\text{макс}} \geq 25^{\circ}\text{C}$ ) з 1981 по 2023 роки подано на рис. 4, з якого простежується стійке поступове зростання кількості спекотних днів щороку. Коефіцієнт нахилу 1,9353 показує, що в середньому кількість спекотних днів збільшується на 1,9353 дні щороку. Перехоплення 226,18 вказує на початкове значення кількості спекотних днів у році, коли  $x = 0$ . Найвища кількість спекотних днів спостерігається ближче до 2024 року, що підтверджує тренд до підвищення температур.

Отже, аналіз свідчить про стабільне збільшення кількості днів з температурою вище 25°C упродовж досліджуваного періоду. Це може бути результатом глобального потепління та змін клімату. Проте, в окремі роки кількість спекотних днів може бути нижчою або вищою за трендові значення, що свідчить про природні коливання або можливий вплив інших кліматичних чинників. Загалом, графік демонструє явну тенденцію до збільшення кількості спекотних днів, що є важливим показником змін клімату в регіоні.

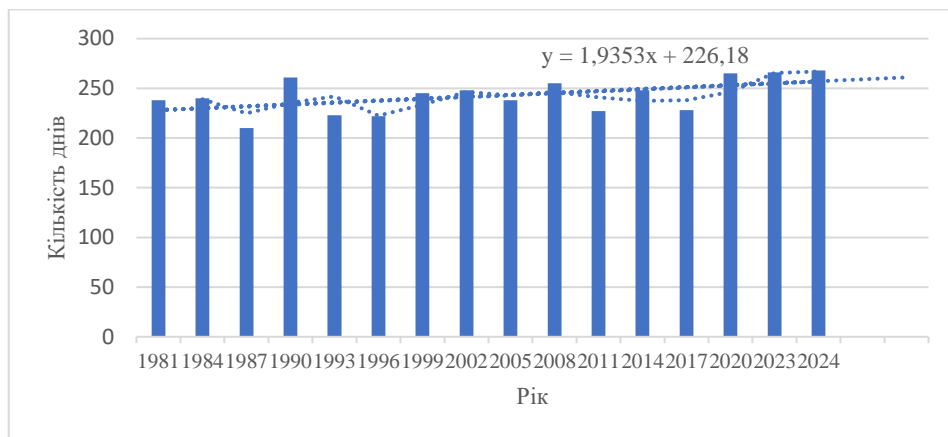


Рис. 4. Динаміка зміни кількості спекотних днів ( $T_{\max} \geq 25^{\circ}\text{C}$ ) з 1981 по 2023 роки

## Висновки

Проаналізовано значення температурних характеристик за рік та сезон у Миколаєві і Миколаївській області упродовж 1991–2023 років. У Миколаєві фіксується близько 60–67 днів із від’ємною середньою за добу температурою повітря і близько 32 дні з від’ємною максимальною за добу температурою повітря. Тривалість періоду з від’ємною мінімальною температурою повітря може бути у середньому 93 дні за рік: 64 – взимку, 16 – навесні і 14 – восени. Разом з тим, на значній території Миколаївської області осінь тепліша за весну. Середня за сезон температура повітря становить  $10,6^{\circ}\text{C}$ , середня максимальна –  $15,4^{\circ}\text{C}$ , а середня мінімальна –  $6,4^{\circ}\text{C}$ . У Північному Причорномор’ї як максимальна, так і мінімальна температури восени вищі, ніж навесні.

Проаналізовано динаміку змін середніх річних температур у місті Миколаєві у період з 1980 по 2023 роки. Визначено стійкий лінійний тренд у напрямку поступового збільшення середніх річних температур. Найтепліший рік за даний період спостережень є 2023, найхолодніші – 1985 і 1987 роки.

Визначено, що швидкість зростання середньої температури становить  $0,61^{\circ}\text{C}$  за кожні десять років. Максимальні температури зростають зі швидкістю  $0,0884^{\circ}\text{C}$  на рік, а мінімальні температури зменшуються зі швидкістю  $0,0136^{\circ}\text{C}$  на рік. Найбільша кількість днів, що супроводжується тепловим стресом (до 90%), спостерігається у липні – серпні. В середньому кількість спекотних днів збільшується на 1,9353 дні щороку.

Отже, зміни температури повітря свідчать про суттєву зміну температурного режиму всієї кліматичної системи регіону, а наслідки кліматичних змін можуть мати переважно негативний характер і будуть посилюватись у майбутньому.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Малицька Л.В. Дискомфорт погодних умов зимового періоду в Україні. Український гідрометеорологічний журнал. 2017, 20, С. 26–36.
2. Мітрасова О.П., Смирнов В.М., Марійчук Р.Т., Чвир В.А. Європейські зелені виміри: навч. посібник / за редакцією проф. Олени Мітрасової. Миколаїв : ЧНУ імені Петра Могили, 2024. 471 с.
3. Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року (затв. Законом України від 28 лютого 2019 року № 2697-VIII). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>. (дата звернення 20.07.2024).
4. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-seredovyssha-v-ukrayini/> (дата звернення 28.07.2024).
5. Туз Р.В. Глобальні зміни клімату та їх вплив на стан водних ресурсів Миколаївської області. Збережемо для нащадків : матеріали XV Миколаївських міських екологічних читань, м. Миколаїв, 30 листопада 2022 р., Управління екології департаменту ЖКГ Миколаївської міської ради, Миколаївський міський центр екологічної інформації та культури [та ін.]. Миколаїв, 2023, С. 88–91.
6. Український гідрометеорологічний центр. URL: <https://www.meteo.gov.ua/> (дата звернення 28.07.2024).
7. Шевченко О. та ін. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. Київ, 2014. 74 с. URL: [https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine\\_cc\\_vulnerability.pdf](https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf) (дата звернення: 10.07.2024).
8. April 2024 – 11th consecutive warmest month globally. URL: <http://surl.li/tsbdm> (date of access 16.05.2024).
9. Siple P.A., Passel C.F. Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. *Proceedings of the American Philosophical Society*. 1945, 89 (1), P. 177–199.
10. WMO Provisional State of the Global Climate 2024, WMO, 2024. – URL: [https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=22156#.Y4csiHbP02z](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=22156#.Y4csiHbP02z) (дата звернення 29.12.2024).
11. IPCC WGI Interactive Atlas: Regional information (Advanced). URL: <http://surl.li/rrfvj> (date of access 18.03.2024).
12. IPCC Glossary. URL: <https://www.ipcc.ch/apps/glossary/> (date of access 18.03.2024).
13. IPCC, 2021: Climate Change 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (дата звернення 19.04.2024).

*Стаття надійшла до редакції 24.07.2024 і прийнята до друку після рецензування 05.09.2024*

## REFERENCES

1. Malytska, L.V. (2017). The discomfort of the weather conditions of the winter period in Ukraine. *Ukrainian hydrometeorological journal*, 20, 26–36 [in Ukrainian].
2. Mitryasova, O.P., Smirnov, V.M., Mariychuk, R.T., & Chvyr, V.A. (2024). European green dimensions. (O.P. Mitryasova, Ed.). Mykolaiv: Petro Mohyla National University [in Ukrainian].
3. Basic principles (strategy) of the state environmental policy of Ukraine for the period until 2030 (approved by the Law of Ukraine dated February 28, 2019 No. 2697-VIII). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> [in Ukrainian].
4. Regional reports on the state of the natural environment in Ukraine. Retrieved from <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/regionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-seredovyssha-v-ukrayini/> [in Ukrainian].

5. Tuz, R.V. (2022). Global climate changes and their impact on the state of water resources of the Mykolaiv region. In *Let's save for posterity: materials of the XV Mykolaiv City Ecological Readings, Mykolaiv, November 30, 2022* (pp. 88–91) [in Ukrainian].
6. Ukrainian hydrometeorological center. Retrieved from <https://www.meteo.gov.ua/> [in Ukrainian].
7. Shevchenko, O. et al. (2014). Climate change vulnerability assessment: Ukraine. Kyiv. Retrieved from [https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine\\_cc\\_vulnerability.pdf](https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf) [in Ukrainian].
8. April 2024 – 11th consecutive warmest month globally. Retrieved from <http://surl.li/tsbdm>
9. Siple, P.A., & Passel, C.F. (1945). Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. In *Proceedings of the American Philosophical Society*, 89 (1), 177–199.
10. WMO Provisional State of the Global Climate (2024). Retrieved from [https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=22156#.Y4csiHbP02z](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=22156#.Y4csiHbP02z)
11. IPCC WGI Interactive Atlas: Regional information (Advanced). Retrieved from <http://surl.li/rrfvj>
12. IPCC Glossary. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/apps/glossary/>
13. IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Retrieved from <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

*The article was received 24.07.2024 and was accepted after revision 05.09.2024*

**Мац Андрій Дмитрович**

аспірант кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили

**Адреса робоча:** вул. 68 Десантників, 10, м. Миколаїв, 54003, Україна

**ORCID ID:** <https://orcid.org/0000-0002-1226-5343> **e-mail:** [andrejmac3@gmail.com](mailto:andrejmac3@gmail.com)