

ДИНАМІКА КЛІМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІСТА МЕЛІТОПОЛЯ ЯК СКЛАДОВА ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН

Воровка В.П.¹, Марченко О.А.¹, Гришко С.В.¹, Яцентюк Ю.В.²

¹Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького
вул. Гетьманська, 20, 72312, м. Мелітополь

²Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського
вул. Острозького, 32, 21001, м. Вінниця

geofak_mgpu@ukr.net, marchenkokseniya@ukr.net, gryshko245@gmail.com, yatsentyuk@gmail.com

У статті проаналізовано кліматичні характеристики міста Мелітополь за основними кліматичними показниками, узагальненими по метеостанції Мелітополь за два періоди: 1961-1990 та 1991-2020 роки. Зроблений порівняльний аналіз змін кліматичних характеристик упродовж вказаних двох періодів. Виявлені суттєві відмінності у кліматичних показниках вказаних двох періодів, які характеризують чітку спрямованість кліматичних змін у бік потепління. Зокрема, проаналізовано і виявлено різну кількість циклонів зі збільшенням їх числа у другий період з 41-43 до 45 в середньому за рік. Виявлено також суттєве зниження середньої багаторічної швидкості вітру з 2,5 м/с упродовж першого періоду до 1,7 м/с у другому, що спричинює підвищення дії радіаційного фактору та нагрівання земної поверхні і повітря. Радіаційний та циркуляційний фактори спричинюють зміни у температурному режимі території: якщо середньорічна температура повітря за період 1961-1990 рр. становила близько 9,8°C, то за період 1991-2020 рр. – зросла до 11,9 °C. Виявлено, що сума температур повітря вище +15°C наблизилася упродовж другого періоду до 3400°, тоді як упродовж першого періоду становила у середньому 2800°. Змінилися і показники абсолютного мінімуму та абсолютного максимуму температур: упродовж першого періоду – відповідно -33°C та +40 °C, а упродовж другого -26,3 °C (23.01.2006) та +41°C (08.2022 р.) відповідно. Тривалість безморозного періоду у повітрі зросла до 200 днів порівняно з 190-192 у попередній період. Середньорічна кількість опадів між періодами зросла з 455 до 490 мм, а за 2021 рік їх випало 658 мм. Відбувся перерозподіл у бік збільшення кількості рідких та зменшення твердих опадів, а також зміщення опадів у бік холодного періоду. Тривалість снігового покриву між періодами скоротилася на тиждень і упродовж другого періоду він встановлювався не щороку на відміну від першого. Тривалість крижаного покриву на узбережжі Азовського моря скоротилася на понад два тижні і він став нестабільним. Подані кліматичні дані за 2021 рік. *Ключові слова:* зміни клімату, циркуляція атмосфери, кліматичні характеристики, Мелітополь.

Dynamics of climate characteristics Melitopol city as a component of global changes. Vorovka V., Marchenko O., Gryshko S., Yatsentyuk Yu.

The article analyzes the climatic characteristics of the city of Melitopol based on the main climatic indicators summarized by the Melitopol weather station for two periods: 1961-1990 and 1991-2020. A comparative analysis of changes in climatic characteristics during the specified two periods was made. Significant differences in the climatic indicators of the specified two periods were revealed, which characterize the clear direction of climatic changes towards warming. In particular, a different number of cyclones was analyzed and revealed, with an increase in their number in the second period from 41-43 to 45 on average per year. A significant decrease in the average long-term wind speed from 2.5 m/s during the first period to 1.7 m/s in the second was also revealed, which causes an increase in the effect of the radiation factor and heating of the earth's surface and air. Radiation and circulation factors cause changes in the temperature regime of the territory: if the average annual air temperature for the period 1961-1990 was about 9.8°C, then for the period 1991-2020 it increased to 11.9°C. It was found that the sum of air temperatures above +15°C approached 3400° during the second period, while it averaged 2800° during the first period. The absolute minimum and absolute maximum temperatures also changed: during the first period -33°C and +40°C, respectively, and during the second -26.3°C (01.2006) and +41°C (08.2022), respectively. The duration of the frost-free period in the air increased to 200 days compared to 190-192 in the previous period. The average annual rainfall between the periods increased from 455 to 490 mm, and in 2021 it fell to 658 mm. There was a redistribution in the direction of an increase in the amount of liquid precipitation and a decrease in solid precipitation, as well as a shift of precipitation toward the cold period. The duration of the snow cover between periods was reduced by a week, and during the second period it was not established every year, unlike the first. The duration of the ice cover on the coast of the Sea of Azov decreased by more than two weeks and it became unstable. Climatic data for 2021 are provided. *Key words:* climate change, atmospheric circulation, climatic characteristics, Melitopol.

Постановка проблеми. Зміни клімату у бік потепління носять як глобальний, так і регіональний характер. В одних регіонах земної поверхні ці зміни носять більш виражений і стрімкий характер, в інших – проявляються з меншою інтенсивністю.

Клімат Мелітополя є частиною глобальної кліматичної системи, яка закономірно реагує на глобальні кліматичні зміни. Наскільки чітко і виражено проявляються ці зміни на рівні Мелітополя – є проблемою, яку можна вирішити шляхом порівняльного аналізу

кліматичних показників за два рівні проміжки часу – 1961-1990 та 1991-2020 роки з наведенням основних кліматичних характеристик і за 2021 рік.

Актуальність дослідження. Міжурядова група експертів зі змін клімату (МГЕЗК) довела, що країни Східної Європи менш вразливі до глобальних змін клімату порівняно з острівними чи високогірними державами. Тим не менш суттєві зміни у температурному режимі та кількості опадів, а також інтенсивність прояву стихійних лих за останні десятиліття свідчать про те, що проблема актуальна і для європейського регіону, в тому числі України.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Моніторинг кліматичних змін у Запорізькій області здійснює Запорізький обласний центр з гідрометеорології. Усі результати обчислених нами даних узгоджені та уточнені з фахівцями Запорізького обласного центру з гідрометеорології під час чергового засідання басейнної ради річок Приазов'я. Важливість авторського доробку та зв'язок з практичними завданнями полягає у можливості застосування виявлених трендів в прогнозуванні подальших кліматичних змін та адаптації господарського природокористування до таких змін.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Публікацій, присвячених дослідженню галузі кліматичних змін на глобальному чи регіональному рівнях, налічується дуже багато як у світі, так і в Україні. Серед найбільш цитованих і популярних можна назвати «Атлас глобального вуглецю» [1], дослідження Браяна Фейгена [2]. В 2019 в Україні почалась реалізація міжнародного проєкту по Полісся «Екосистемна адаптація до кліматичних змін і сталий регіональний розвиток шляхом розширення можливостей українських біосферних резерватів». Моніторингові дослідження у галузі змін клімату здійснює Український гідрометеорологічний центр [3] та його філії, зокрема Запорізький обласний центр з гідрометеорології. Складання Кліматичного кадастру України здійснює відділ кліматології Центральної геофізичної обсерваторія імені Бориса Срезневського [4].

Індивідуальні наукові дослідження змін клімату у південно-східному регіоні України, зокрема у Мелітополі, здійснювали у різний час Н.С. Сорокіна, М.Д. Торбунова, Х.І. Черченко, В.П. Воровка. Безпосередньо зміни кліматичних характеристик у Мелітополі досліджували Х.І. Черченко [5], В.П. Воровка [6].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Означена стаття присвячується дослідженню змін кліматичних характеристик міста Мелітополь через порівняльний аналіз кліматичних показників за два кліматичних періоди – 1961-1990 та 1991-2020 роки та наведенням характеристик за 2021 рік. До цього такий порів-

няльний аналіз вченими на рівні міста Мелітополь не здійснювався.

Новизна. У статті зроблений порівняльний аналіз двох кліматичних періодів – з 1961 по 1990 та з 1991 по 2020 роки з метою виявлення певних закономірностей змін клімату і динаміки кліматичних показників.

Методологічне або загальнонаукове значення. Проведене дослідження має загальнонаукове значення як таке, що здійснене з використанням кліматичних даних по одній з метеостанцій півдня України – м. Мелітополь. Для порівняльного аналізу використані метеорологічні дані метеорологічної станції Мелітополь. Метеостанція розміщена на 33,0 м абсолютної висоти і має такі географічні координати: 46°50' пн.ш., 35°22' сх.д. Територія характеризується слабопохилим характером поверхні на південь. Тут відбувається вільне проходження повітряних мас у будь-якому напрямі. Водночас навколо території метеостанції виросли дерева і показники вітру, очевидно, можуть бути заниженими. Південне географічне положення визначає порівняно високі показники сумарної сонячної радіації, а висока прозорість атмосфери спричинює домінування прямої радіації над розсіяною.

Викладення основного матеріалу. Провідними факторами, які формують клімат конкретної території, виступають: радіаційний, циркуляційний, позиційний. Перший визначає величину сонячної радіації та її співвідношення. Другий – особливості циркуляції атмосфери. Третій визначається географічним положенням, висотою над рівнем моря, близькістю до океанічних поверхонь. Усі вони обумовлюються географічними факторами: величина сонячної радіації – географічною широтою, циркуляція атмосфери – особливостями рельєфу поверхні, близькістю до морських акваторій та підстильною поверхнею, висота над рівнем моря – рельєфом поверхні, географічним положенням.

Радіаційний фактор визначається розташуванням території на південній периферії помірних широт і відіграє ключову роль. Річна кількість сумарної радіації становить близько 4980 МДж/м² [7], або близько 118 ккал/см². Вона складається з прямої та розсіяної. Пряма сонячна радіація є основним джерелом тепла. Її інтенсивність становить 59,8 ккал/см². Найбільша величина прямої сонячної радіації реєструється у липні (10,6 ккал/см²) і залежить від висоти Сонця над горизонтом, від тривалості дня, від хмарності та висоти місцевості над рівнем моря. Величина розсіяної сонячної радіації становить 50,3 ккал/см², її кількість обумовлена широтою місця і прозорістю атмосфери. Показник поглиненої сонячної радіації становить 89 ккал/см², відбитої – близько 22 ккал/см². Річна сума радіаційного балансу становить 51,1 ккал/см². Кількість годин сонячного світла, від чого залежить кількість тепла, змінюється від 2200 до 2300 год. Річний хід сумарної радіації має макси-

мум у липні та мінімум у грудні. Радіаційний баланс в цілому за рік додатний і лише у осінньо-зимовий період (листопад-лютий) набуває від'ємних значень. Тепловий баланс в цілому за рік додатний і лише в зимові місяці – від'ємний.

Циркуляційний фактор формується переважно під впливом морських повітряних мас Атлантичного та Північного Льодовитого океанів, які трансформуються у континентальне помірне повітря, а за деякими джерелами останніх років – різко континентальне повітря. Континентальні повітряні маси, які приходять на територію з півночі і північного сходу, приносять похолодання. Тропічні повітряні маси, що надходять у теплий період року з півдня, приносять посушливу погоду. Характерною особливістю атмосферної циркуляції у період 1961-1990 роки, було послаблення циклонічної та посилення антициклонічної активності при загальному зниженні інтенсивності атмосферних процесів [7]. Натомість у період 1991-2020 рр. – навпаки.

Сезонні особливості циркуляції атмосфери. Східні і північно-східні вітри переважають з жовтня по квітень (сумарна повторюваність – 41–54%). Весною та восени повторюваність східних та північно-східних вітрів нижча (40–45%), у жовтні – 39-51%. При активізації азорського антициклону та послабленні відрогу сибірського антициклону (червень-серпень) переважають північно-західні, західні вітри (32-38% у липні). Вітровий режим теплового періоду більш однорідний – домінуючі вітри проявляються менш різко порівняно з періодом жовтень-квітень. Південно-східний і південний напрями повторюються 4-7% кожне в усі сезони року [9].

Траєкторія руху циклонів має дугоподібний напрям з північного заходу на південний схід зі зміною траєкторії на північний схід приблизно у центральній частині України. Кількість циклонів для широти Мелітополя у середньому за рік складає 45 за період 1990–2020 рр., тоді як у попередній період їх налічувалося в середньому 41–43. Причому за проміжок часу 1990–2020 рр. у зимовий період вони проявляються все частіше. Цьому сприяє і зміна циркуляційного режиму у бік зростання західної та північно-західної складових.

З циркуляцією атмосфери тісно пов'язані показники вітру. Територія міста розміщена на південь від смуги підвищеного тиску Воєйкова, у зв'язку з чим переважаючими вітрами у зимовий період є східні і північно-східні, а влітку частішають західні і північно-західні (1990–2020 рр.). У попередній же період домінування східних та північно-східних вітрів було більшим навіть у літній період. Сезонний хід швидкості вітру пов'язаний з ослабленням циклонічної діяльності у теплий період та її посиленням у холодний. Мінімальні швидкості вітру спостерігаються найчастіше у липні-серпні, а максимальні – у грудні-березні. В теплий період, починаючи вже з березня, у приморській смузі розвивається

бризова циркуляція. Метеостанція Мелітополь розташована у межах впливу бризових вітрів (40–70 км від берега) [10].

Середня швидкість вітру за період 1990–2020 рр. становить 1,7 м/с, тоді як за період 1961–1990 рр. середня швидкість вітру становила близько 2,5 м/с [6]. Очевидно, на середньорічну швидкість вітру впливає і деревна рослинність, яка навколо метеомайданчика є досить високою і щільною.

Спільна дія радіаційних факторів і переносу теплих та холодних повітряних мас відбивається на температурному режимі території. Середньорічна температура повітря за період 1991–2020 рр. становить 11,9°C, тоді як за 1961–1990 рр. – близько 9,8°C. Зима коротка, м'яка, з частими потепліннями. У зимові місяці часто температура піднімається до + 15°C. Середня температура січня –1,6°C, липня +24,3°C.

Температурний режим нестабільний, особливо у весняні та осінні періоди. Середня дата останнього морозу весною – 14–20 квітня. Першого – 12–15 вересня. Але в деякі роки спостерігаються значні відхилення від середньої норми. Літо сухе, жарке, з великою кількістю сонячних днів. Перехід середньої добової температури повітря через 0°C відбувається навесні 12 березня, а взимку – 5 грудня. Кількість днів з середньодобовою температурою вище 0°C становить понад 270 днів. Перехід середньої добової температури повітря через 10°C відбувається весною 20 квітня, а восени – 17 жовтня, при цьому число днів з температурою вище 10°C становить 180 днів. Сума активних температур повітря вище +15°C наблизився упродовж другого періоду до 3400°, тоді як упродовж першого періоду становив у середньому 2800°. Абсолютний мінімум температур по метеостанції Мелітополь за період 1961-1990 рр. зафіксований на рівні -33°C, а абсолютний максимум +40°C. У той же час за період 1991-2020 рр. вони стали більш «м'якими»: мінімальна -26,3°C (23.01.2006), а максимальна +41°C (08.2022 р.).

Тривалість безморозного періоду у повітрі за період 1991-2020 рр. становив у середньому близько 200 днів, тоді як у попередній період 1961–1991 рр. – близько 190-192.

Хід відносної вологості характеризується тим, що найвищі її значення спостерігаються у зимові місяці (86%). Повітря найбільш близьке до насичення вологою у період з грудня по квітень. З квітня її значення знижуються до мінімальних величин у липні (50%). Загалом низька відносна вологість проявляється з червня по серпень включно.

Для території міста характерний континентальний тип річного ходу опадів з максимумом навесні і влітку та мінімумом взимку. Середньорічна кількість опадів становила упродовж другого періоду близько 490 мм, тоді як у перший період становила 455 мм. Слід зазначити, що тренд кількості опадів

зростає, про що свідчить кількість зареєстрованих опадів за 2021 рік – 658 мм. Найменша кількість опадів спостерігається у березні-квітні (від 25 до 30 мм). Потім починається поступове збільшення опадів, яке триває до червня. Опади фронтальні, випадають у вигляді дощу і снігу. Варто наголосити на тому, що упродовж періоду 1961-1990 рр. частка опадів твердого характеру (сніг) була на понад у два рази більшою за період 1991-2020 рр. Це вплинуло на перерозподіл поверхневого стоку і його зміщення у бік зимових місяців. Випадання опадів відрізняється нерівномірністю та значними коливаннями показників, що призводить до нерівномірного зволоження ґрунтів. У літні місяці опади можуть носити зливовий характер, що провокує інтенсивність як процесів підтоплення, так і ерозійних. Випаровування на території значно перевищує величину опадів, у зв'язку з чим коефіцієнт зволоження набагато менший за одиницю. За цим показником територія належить до регіонів з недостатнім зволоженням.

Більшість опадів припадає на зиму (30-38%), а найменше – восени (17-22%). Окрім зимового максимуму спостерігається літнє збільшення кількості опадів у червні-липні. Особливо великий літній максимум опадів (25-29%) унаслідок конвективної діяльності. Середня інтенсивність літніх опадів у два-три рази більша за інтенсивність зимових, однак з меншою кількістю. Навіть у холодний період з листопада по березень число днів з дощем більше числа днів зі снігом. Таке явище характерне для обох досліджуваних періодів, але у другий період кількість днів з опадами твердого характеру значно нижча. Якщо за період 1961-1990 рр. сніговий покрив встановлювався щорічно [7] і тривав з першої декади грудня до початку другої декади березня, то для періоду 1990-2020 рр. сніговий покрив встановлювався у третій декаді грудня, а сходив – у першій декаді березня.

Середня багаторічна висота снігового покриву становила 3-5 см, тривалість – 25-35 днів. Для періоду 1991-2020 рр. характерне значне зниження кількості днів зі снігом – до 20-22 днів, а в окремі зими сніговий покрив не був постійним. При цьому висота снігового покриву не зменшилася. Стійкий сніговий покрив, який зберігався упродовж 30 днів поспіль і більше, спостерігався менше ніж у 50% зим і цей відсоток постійно знижується від одного періоду до другого [11].

Хмарність. У зимові місяці в районі Мелітополя переважає низька хмарність шаруватих форм – шаруваті і шарувато-кучові хмари (повторюваність 30-35%), з яких випадає найбільша кількість вологи. Весною найчастіше спостерігаються хмари середнього і верхнього ярусів – перисті, перисто-шаруваті (24-28%) та висококучові хмари (25-30%). Влітку найчастіше зустрічаються кучові хмари (25-35%), які приносять опади зливого характеру та хмари середнього ярусу – високо-кучові (до 20%). Восени знову значно збільшується повторюваність шарувато-кучових хмар (27-30%) та повторюються високо-кучові хмари (23-27%). Упродовж усього року рідко спостерігаються перисто-кучові хмари. У зимові місяці також рідкісні кучові хмари, а влітку майже нема шаруватих [7].

Ще одним доказом кліматичних змін у бік потепління є криговий режим Азовського моря, у зоні впливу якого перебуває м. Мелітополь і вся південно-східна частина України. Вже у період 1961-1990 рр. було доведено, що середні дати першої появи початкових форм криги помітно зсунилися на тиждень пізніше, а середні дати повного зникнення криги стали відмічатися на тиждень раніше [7]. І упродовж періоду 1991-2020 рр. ця тенденція проявлялася також: криговий припай в районі с. Степанівка – Кирилівка став утворюватися на 8-10 днів пізніше і скресати на

Таблиця 1

**Метеорологічні показники по метеостанції Мелітополь за 2021 рік
(за архівними даними інтернет-ресурсу рп-5)**

Місяць	Середня температура, °С	Середня швидкість вітру, м/с	Температура мінімальна, °С	Температура максимальна, °С	Кількість опадів, мм
Січень	-0,3	1,9	-19,4	11,6	65
Лютий	-0,7	2,0	-13,5	15,2	21
Березень	2,9	1,8	-12,1	16,5	25
Квітень	9,2	1,8	-1,4	22,0	43
Травень	16,7	1,6	3,2	30,3	50
Червень	20,6	1,0	11,9	33,8	164
Липень	25,7	1,1	17,4	37,0	95
Серпень	24,2	1,1	16,1	34,9	54
Вересень	15,8	1,3	4,6	29,2	23
Жовтень	9,9	1,8	-2,7	21,3	0,8
Листопад	6,0	1,6	-6,2	17,6	33
Грудень	1,7	2,1	-14,2	11,9	85
За рік	11,0	1,6	-19,4	34,9	658

тиждень раніше. Тривалість кригоставу за цей період в цілому по Азовському морю включно з Таганрозькою затокою зменшилася на 9-10 днів [12].

Аналіз метеорологічних даних за 2021 рік показав, що середньорічна температура повітря ($+11,0^{\circ}\text{C}$) була нижчою середній багаторічний показник ($11,9^{\circ}\text{C}$). Середня швидкість вітру (1,6 м/с) була близькою до середнього багаторічного показника (1,7 м/с). Максимальні і мінімальні температури повітря не вирізнялися своїми крайніми показниками. А от кількість опадів перевищила багаторічну кліматичну норму майже на 200 мм (табл. 1).

Головні висновки. Таким чином, порівняльний аналіз кліматичних змін упродовж двох кліматичних періодів 1961-1990 та 1991-2020 років показав, що фактично усі кліматичні показники динамічно змінюються у бік потепління. Це підтверджує відповідність реакції локальної кліматичної системи міста Мелітополь тенденціям змін у глобальній кліматичній системі. Такі зміни можуть призвести як до позитивних, так і негативних наслідків у всіх сферах людської діяльності – від природного довкілля до господарської сфери.

Література

1. Global Carbon Atlas / Boden et al., 2016, UNFCCC, BP), ЕАА: веб-сайт. URL: <http://www.globalcarbonatlas.org/> (дата звернення: 15.09.2022).
2. Фейген Б. Велике потепління. Зміна клімату та піднесення й гибель цивілізацій. К.: «Ніка-Центр», 2013. 272 с.
3. Український гідрометеорологічний центр Державної служби України з надзвичайних ситуацій: веб-сайт. URL: <https://www.meteo.gov.ua/> (дата звернення: 21.11.2022).
4. Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського. Відділ кліматології: веб-сайт. URL: <http://www.cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/index.php/uk/klimatolohiia/pro-napriamok> (дата звернення: 21.11.2022).
5. Черченко Х. Багаторічна характеристика основних гідрометеорологічних показників по метеостанції Мелітополь. *Алексєєвські краснавічі читання: зб. матеріалів наук.-практ. конф. Мелітополь, 2015. С. 64–68.*
6. Воровка В.П. Тенденції і наслідки кліматичних змін на Мелітопольщині. *Екологія – стратегія існування людства: зб. наук. праць. Мелітополь: ТОВ «Колор Принт», 2019. С. 37–42.*
7. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Том V. Азовское море / Отв. ред. Ф.С. Терзиев. С.-Пб.: «Гидрометеоиздат», 1991. 236 с.
8. Гидрометеорологические условия шельфовой зоны морей СССР: Справочник. Т. 3. Азовское море. Л.: Гидрометеоиздат, 1986. 218 с.
9. Гидрометеорологические условия морей Украины. Т. 1: Азовское море / Ильин Ю.П., Фомин В.В., Дьяков Н.Н., Горбач С.Б. Севастополь: НВЦ ЕКОСИ-Гідрофізика, 2009. 402 с.
10. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. К.: Вид. Раєвського, 2003. 343 с.
11. Атлас климатических изменений в больших морских экосистемах Северного полушария (1878-2013). Регион 1. Моря Восточной Арктики. Регион 2. Чёрное, Азовское и Каспийское моря / Матишов Г.Г. и др. Ростовна-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2014. 256 с.
12. Яицкая Н.А., Магаева А.А. Динамика ледового режима Азовского моря в XX–XXI вв. *Лёд и Снег*, 2018. Т. 58. № 3. С. 373–386. doi: 10.15356/2076-6734-2018-3-373-386