

УДК 551.583

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.4-49.32>

ОЦІНЮВАННЯ ЗМІНИ КЛІМАТУ ПРОТЯГОМ XX-ГО СТОЛІТТЯ НА ПРИКЛАДІ ТЕХНОГЕННО НЕНАВАНТАЖЕНОЇ ТЕРИТОРІЇ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Яковишина Т.Ф.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
вул. Архітектора Олега Петрова, 24а, 49000, м. Дніпро
t_yakovyshyna@ukr.net

Глобальні та регіональні проблеми клімату виступають провідним фактором, який визначає функціонування екосистем, впливає на напрям господарської діяльності людини, в тому числі на види і типи природокористування. Оцінювання змін клімату має велике значення щодо забезпечення екологічної безпеки населення за умов стійкого розвитку регіонів, вибору найефективнішого типу природокористування з урахуванням особливостей конкретних екосистем. При аналізі регіональних проявів змін клімату для техногенно навантажених територій, доцільно розрізняти антропогенну складову, пов'язану з викидами тих же парникових газів в межах міста, від природної складової, зумовленої глобальними кліматичними змінами. Тому дослідження спрямоване на встановлення тенденції зміни кліматичних показників техногенно невантаженої території, як точки відліку для оцінки впливу господарської діяльності людини на зміну клімату промислових агломерацій. Для оцінювання зміни клімату техногенно невантаженої території Дніпропетровської області були взяті 100-річні виборки даних температури, кількості опадів та вологість повітря з метеорологічної станції Комісарівка Кам'янського району. Проведено статистичний аналіз кліматичних показників, кореляційних залежностей між ними не виявлено. Встановлено тенденцію зміни клімату техногенно невантаженої території Дніпропетровської області за допомогою показників (I_m , SPI та b), що позначалося через переважання збільшення кількості опадів над підвищенням температури та свідчило про більшу вологість клімату наприкінці XX-го століття порівняно з початком. Ґрунтовно доведено ефективність використання I_m та b для оцінювання змін клімату з врахуванням закону взаємодії екологічних факторів, а саме кількості опадів і температури, порівняно з стандартизованим індексом опадів. *Ключові слова:* клімат, температура атмосферного повітря, атмосферні опади, вологість повітря, екосистема, екологічна безпека.

Climate change assessment during the 20th century using the example of technogenically unloaded territory of the Dnipropetrovsk region. Yakovyshyna T.

Global and regional climate problems are the leading factor for ecosystems functioning, direction of human economic activity, including the types nature use. Assessment of climate changes is of great importance for ensuring the ecological safety of the population under the conditions of regions sustainable development, choosing the most effective type of nature management, taking into account the specific ecosystems characteristics. When analyzing regional manifestations of climate change for technogenic territories, it is advisable to distinguish the anthropogenic component associated with emissions of the same greenhouse gases within the city from the natural component caused by global climate changes. Therefore, the research is aimed at establishing the trend of climatic indicators changes for the technogenically unloaded territory as a reference point for assessing the impact of human economic activity to the climate change of industrial agglomerations. For assess climate change in the technogenic unburdened territory of Dnipropetrovsk region, 100-year samples of temperature, precipitation, and air humidity were taken from the Komisarivka meteorological station of Kam'yanske district. A statistical analysis has been carried out for climatic indicators; no correlations have been found between them. The climate change trend of the anthropogenically unburdened territory of the Dnipropetrovsk region has been established using indicators (I_m , SPI and b), which has been characterized by the predominance of an increase in the amount of precipitation over an increase in temperature and indicated a greater humidity of the climate at the end of the 20th century compared to the beginning. The effectiveness of using I_m and b has been thoroughly proven for the assessment of climate changes, taking into account the law of environmental factors interaction, namely the amount of precipitation and temperature, compared to the standardized precipitation index. *Key words:* climate, air temperature, precipitation, air humidity, ecosystem, environmental safety.

Постановка проблеми. Глобальні та регіональні проблеми клімату виступають провідним фактором, який визначає функціонування екосистем, впливає на напрям господарської діяльності людини, в тому числі на види і типи природокористування. Проблема глобальних змін клімату проявляється як через підвищення температури атмосферного повітря, так і через збільшення погодних аномалій, в свою чергу, позначається на загальній екстремальності клімату. Ґрунтуючись на даних ВООЗ слід зазначити, що

зміна клімату відбивається на формуванні екологічної небезпеки життєдіяльності людини, адже впливає на соціальні та природні фактори здоров'я, як то – незабруднене атмосферне повітря, якісну питну воду, достатню кількість продовольства, надійність будівель і споруд, тощо [1]. Так, приміром, за останні 130 років в світовому масштабі температура атмосферного повітря збільшилась приблизно на +1,1 °C, при чому значно прискорившись за останню чверть, перевищив +0,18 °C за десятиліття [2]. Невід'ємною

характеристикою сучасного клімату постають різноманітні погодні аномалії, здебільшого пов'язанні з опадами, їх нестачею або надлишком, зміною якості, що проявляється у вигляді посух, зливів, граду, паводків, тощо.

Таким чином, оцінювання змін клімату, має велике значення щодо забезпечення екологічної безпеки населення за умов стійкого розвитку регіонів, вибору найефективнішого типу природокористування з врахуванням особливостей конкретних екосистем.

Актуальність дослідження. Сучасні кліматичні зміни є одним із важелів еколого-соціо-економічного розвитку регіонів, актуальність якого пов'язана з напрямом та масштабністю впливів на навколишнє середовище, а також серйозністю очікуваних наслідків для населення. Необхідність аналізу показників клімату та подальших сценаріїв сформульована у Постанові Кабінету Міністрів України «Про кліматичну програму України» від 28 червня 1997 р. № 650, де клімат визнано одним із основних природних ресурсів, від якого залежать умови життя і діяльності людини, напрями і рівень розвитку економіки [3]; підкреслюється в Розпорядженні Кабінету Міністрів України «Про затвердження Національного плану заходів з реалізації положень Кіотського протоколу до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату» від 18 серпня 2005 року № 346-р., який містить низку заходів, спрямованих на виконання міжнародних зобов'язань зі зміни клімату, перелік виконавців зазначених заходів та строки, протягом яких вони повинні бути виконані [4]; а також закріплено в Розпорядженні Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року» від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р [5]. Тому важливим підґрунтям реалізації стратегічних рішень щодо забезпечення екологічної безпеки населення за умов сталого розвитку виступає концептуальне осмислення змін клімату з подальшою розробкою ефективних механізмів попередження та/або адаптації до їх негативних наслідків. При аналізі регіональних проявів змін клімату для техногенно навантажених територій, приміром вивчення міського бризу конкретної урбоекосистеми, доцільно розрізняти антропогенну складову, пов'язану з викидами тих же парникових газів в межах міста, з від природної складової, зумовленої глобальними кліматичними змінами. Отже досить важливо встановити тенденцію зміни кліматичних показників техногенно ненавантажених територій для кожного регіону, бо, по-перше, буде відбивати прояви глобальних кліматичних змін для даної екосистеми, а, по-друге, виступатиме точкою відліку для оцінки впливу господарської діяльності людини на зміну клімату промислових агломерацій з високим модулем техногенного навантаження.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження проведено в рамках реалізації Закону України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року», прийнятий 28.02.2019 р., Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року» від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р [5], під час виконання у Придніпровській державній академії будівництва та архітектури НДР «Наукові основи забезпечення екологічної безпеки техногенно навантажених урбоекосистем» (державний реєстраційний номер 0121U10039120, 2021-2023 рр.) та міжнародної програми ERASMUS+, проєкту 101085133 – EUGREEN «Європейські практики Green Deal: уроки для України».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При проведенні оцінювання клімату, зазвичай, використовують такі метеорологічні показники, як температура атмосферного повітря, кількість опадів, вологість повітря, тощо. Проте, на екосистеми вони спричиняють комплексний вплив, який може бути як сприятливим, так і несприятливим для біоти, тому для діагностування кліматичних змін більш доцільно використовувати, розраховані на їх основі, інтегральні показники, як то гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК), індекс ефективності опадів (I_m), стандартизований індекс опадів (SPI), індекс посушливості клімату Мартона-Готмана (b), тощо.

ГТК (1937) характеризує поєднання водного та теплового режимів, він досить добре зарекомендував себе для загальної оцінки клімату з виділенням зон різного рівня вологозабезпеченості, фокусуючись на показниках за вегетаційний період, а саме кількості опадів, виражених у мм за період з температурами атмосферного повітря вище +10 °С до суми активних температур за той же період. Гідротермічний коефіцієнт Селянінова досить активно використовують в Україні при необхідності надання характеристики кліматичним умовам, на відміну від решти.

Метод оцінювання клімату S. Erinc (1984) ґрунтується на інтегральному показникові, що включає середньорічну максимальну температуру та річну загальну кількість опадів [6, 7]. Середньорічне максимальне значення температури зумовлює втрату води, яка надійшла з атмосферними опадами, на випаровування. У цьому методі оцінювання клімату визначається шляхом встановлення зв'язку між посухою та опадами.

Світовою метеорологічною організацією для оцінювання змін клімату рекомендовано використовувати стандартизований індекс опадів (SPI), який був запропонований McKee T.B. et al. (1993) та базується на використанні тимчасових рядів місячних сум опадів [8]. Тимчасові ряди опадів для розрахунку SPI

повинні бути досить довгими, щонайменше 30 років. В нашому випадку виборка складала 100 років. Як було встановлено SPI виявляє настання посухи значно раніше за інші показники [9].

Метод оцінювання зміни клімату за індексом посушливості (b) був представлений Де Мартонном (De Martonne, 1942), а потім переоцінений і вдосконалений Готманом [10]. Метод можна застосовувати для розрахунку як річного, так і місячного значення індексу посушливості. Річні значення індексу посухи розраховуються з урахуванням критеріїв середньорічної температури та річної суми опадів [7]. З іншого боку, для місячних оцінок місячні значення індексу посухи визначаються з використанням середньомісячної температури та місячних значень загальної кількості опадів.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Проблема дослідження полягає в обґрунтуванні найбільш ефективного інтегрального показника для оцінювання змін клімату, як такого що буде відбивати комплексний характер цих змін та ступінь їх небезпеки для екосистем.

Методологічне або загальнонаукове значення. Для оцінювання зміни клімату техногенно навантаженої території Дніпропетровської області були взяті 100-річні виборки метеорологічних даних (температура, кількість опадів, вологість повітря) з метеорологічної станції Комісарівка Кам'янського (до 2020 р. П'ятихатського) району. Метеостанція Комісарівка є найстарішою в Дніпропетровській області, яка працювала навіть в карколомні періоди для нашої держави (1918-1920 рр., 1941-1943 рр.), що дає змогу повноцінно оцінити зміну клімату в ХХ-му столітті. Крім того, метеостанція Комісарівка знаходиться на достатньому віддаленні від техногенно навантажених територій крупних промислових агломерацій м. Дніпро – близько 100 км, м. Кам'янське, м. Олександрія та м. Кривий Ріг – більше ніж 50 км, а це, в свою чергу, надає можливість уникнути локальних змін клімату, пов'язаних з «міськими бризами». Метеостанція Комісарівка першою фіксує всі небезпечні та стихійні гідрометеорологічні явища, які насуваються із заходу на Дніпропетровську область. Синоптичний індекс метеостанції Комісарівка – 33723.

Для визначення змін клімату за даними метеостанції Комісарівка Кам'янського (району Дніпропетровської області) використовували наступні показники:

- температуру атмосферного повітря – по місяцям, за вегетаційний період та за рік;
- кількість опадів – по місяцям, за вегетаційний період та за рік;
- вологість атмосферного повітря – по місяцям, за вегетаційний період та за рік;

- стандартизований індекс опадів – за рік та за вегетаційний період;
- індекс ефективності опадів – за рік;
- індекс посушливості Мартона-Готмана – за рік.

Аналіз виборок показників температури атмосферного повітря, кількості опадів та вологості повітря за вегетаційний період та за рік здійснювали методами математичної статистики, а саме визначали: мінімум, максимум, середнє значення, медіану, коефіцієнт ексцесу, коефіцієнт дисперсії, стандартне відхилення, розмах. Для встановлення можливих зв'язків між показниками використовували кореляційний та аналіз.

Згідно методу S. Erinc (1984) індекс ефективності опадів (I_m) для екосистеми визначали за допомогою рівняння (1):

$$I_m = P / T_{om} \quad (1)$$

Де P – річна загальна кількість опадів, мм;
 T_{om} – середньорічне максимальне значення температури.

Таблиця 1

Нормування значення I_m

Межі I_m	Характеристика кліматичних умов
< 8	Повністю посушливі
8-15	Посушливі
15-23	Напівпосушливі
23-40	Напіввологі
40-55	Вологі
> 55	Дуже вологі

Середньорічне максимальне значення температури встановлювали наступним чином:

- зі 100-річної виборки брали максимальну місячну температуру для кожного року;
- з суми обраних температур визначали середнє значення.

Згідно з індексом ефективності опадів, визначеним за допомогою методу S. Erinc (1984), надавали характеристику кліматичних умов, користуючись табл. 1.

Процедура розрахунку SPI включала перетворення часових рядів опадів із застосуванням гамарозподілу, а потім нормування отриманих ймовірностей на стандартизований індекс опадів за формулою 2:

$$SPI = \left(\frac{X_i - \bar{x}}{\sigma} \right) \quad (2)$$

Де X_i – дані досліджуваного часового ряду опадів, \bar{x} – середнє значення опадів притаманне для даного часового ряду, а σ – стандартне відхилення часового ряду опадів.

Встановлення вологості або посушливості клімату проводили згідно табл. 2.

Таблиця 2

Нормування значення SPI

Межі SPI	Характеристика кліматичних умов за наявністю опадів
$2,0 < SPI \leq \text{MAX}$	Надзвичайно вологі
$1,5 < SPI \leq 2,0$	Дуже вологі
$1,0 < SPI \leq 1,5$	Середньо вологі
$-1,0 < SPI \leq 1,0$	Нормальні
$-1,5 < SPI \leq -1,0$	Середньо посушливі
$-2,0 < SPI \leq -1,5$	Дуже посушливі
$\text{MIN} < SPI \leq -2,0$	Надзвичайно посушливі

Індекс посушливості клімату Мартона-Готмана (b) визначали за формулою (3):

$$b = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{P_Y}{T_Y} + 12 \cdot \frac{P_a}{T_a + 10} \right) \quad (3)$$

Де P_Y – загальна річна кількість опадів, мм;

T_Y – середньорічна температура, °С;

P_a – кількість опадів в самий посушливий місяць, мм;

T_a – середня температура самого посушливого місяця, °С.

Оцінювання змін клімату згідно індексу посушливості Мартона-Готмана проводили на підставі табл. 3.

Таблиця 3

Нормування значення b

Межі b	Характеристика кліматичних умов
$b < 5$	Надзвичайно вологі
$5 \leq b < 15$	Дуже вологі
$15 \leq b < 20$	Середньо вологі
$20 \leq b < 30$	Нормальні
$30 \leq b < 59$	Середньо посушливі
$b > 59$	Дуже посушливі

Викладення основного матеріалу. Клімат Кам'янського району відбиває загальні світові тенденції щодо змін. Навіть на території без чітко вираженого техногенного впливу (крупні промислові осередки віднесені від метеостанції більш ніж за 50 км) було зафіксовано зміни таких кліматичних показників як кількість атмосферних опадів, температура і вологість повітря за умов збільшення варіабельності починаючи з другої половини ХХ-го століття. Більш інформативними виявилися комплексні показники (індекс ефективності опадів, стандартизований індекс опадів та індекс посушливості Мартона-Готмана), як такі що давали змогу виявити негативні кліматичні явища та оцінити екологічну небезпеку.

Як показав статистичний аналіз виборок за рік та за вегетаційний період, спостерігався значний розмах між максимальним і мінімальним значеннями, а саме мінімальне значення було майже в 10 разів менше за максимальне, що зумовлювалось сильним варіюванням кількості атмосферних опадів протягом ХХ-го століття, як за вегетаційний період, так і за рік (табл. 4). Медіана була трохи більша за середнє значення, що свідчило про незначну позитивну асиметрію виборок. Виборка за вегетаційний період характеризувалась пласковершинним розподіленням, тоді як за рік, навпаки – гостровершинним. Асиметрія виборок була лівосторонньою чітко не вираженою.

Часовий тренд свідчив про збільшення кількості опадів протягом ХХ-го століття з максимумом, який приходився на період 1965-1980 рр. за умов значних перепадів між посушливими та сильно зволженими роками. Річні коливання опадів на відрізку 1925-1953 були найменшими.

На відміну від показника – кількість атмосферних опадів, розмах по температурі атмосферного повітря був виражений значно в меншому ступені, перевищення максимального значення не досягало в 1,5 рази мінімального за вегетаційний період (табл. 4). Стосовно річної динаміки, то тут межі між

Таблиця 4

Характеристика виборки кліматичних даних метеостанції Комісарівка Кам'янського району Дніпропетровської області за 100-річний період

Показник	Атмосферні опади		Температура атмосферного повітря		Вологість атмосферного повітря	
	1	2	1	2	1	2
Мінімум	39,00	64,20	14,15	4,96	54,00	68,10
Максимум	388,30	720,50	20,62	14,90	80,00	90,00
Середнє	229,33	435,93	17,51	8,10	65,23	75,15
Медіана	233,50	441,10	17,50	8,20	65,20	75,00
Ексцес	-0,268	0,982	0,217	7,445	0,007	2,352
Асиметрія	-0,062	-0,067	-0,037	1,129	0,274	0,986
Стандартне відхилення	72,832	120,068	1,193	1,274	5,214	3,639
Дисперсія	5304,456	14416,379	1,423	1,623	27,185	13,243
Розмах	349,30	656,30	6,47	9,94	26,00	21,90

Примітка: 1 – за вегетаційний період; 2 – за рік.

мінімальним і максимальним значенням були набагато ширші. Середнє значення майже співпадало з медіаною по виборці за вегетаційний період, тобто відповідало закону нормального розподілу. У виборці за рік просліджувалась незначна від'ємна асиметрія. Згідно коефіцієнту ексцесу гостровершинне розподілення було більше виражена по виборці за рік, чим за вегетаційний період. Спостерігалась лівостороння симетрія для виборки за вегетаційний період і правостороння – для виборки за рік, проте в обох випадках не чітко виражена.

Середньорічна температура атмосферного повітря поступово підвищувалась протягом ХХ-го століття. Проте показовими будуть коливання температур по граничним місяцям переходу через 0 °С, а саме, листопад, грудень, березень і квітень, по яким спостерігалось збільшення температури до 1,0-1,2 °С.

Відносно показника вологість атмосферного повітря, розмах між мінімальним та максимальним значенням був більше виражений по виборці за вегетаційний період, чим за рік (табл. 4). Середнє значення досить сильно тяжіло до медіани з слабко вираженим правостороннім розподілом виборки даних за ХХ-те століття. Коефіцієнт ексцесу відповідав закону нормального розподілу для виборки вологості атмосферного повітря за вегетаційний період, проте за рік крива мала гостровершинне розподілення. Як за вегетаційний період, так і за рік виборки характеризувались нечітковираженою правосторонньою асиметрією.

Спостерігалась тенденція до зниження вологості атмосферного повітря та зменшення строкатості середньорічних значень від початку до кінця ХХ-го століття.

Середньорічні значення вологості атмосферного повітря були прямопропорційні кількості опадів та

зворотно пропорційні температурі, коефіцієнт кореляції відповідно 0,3755 та -0,354.

Інтегральні показники клімату, чітко відбивали правило взаємодії екологічних факторів та надавали комплексну характеристику небезпеки для екосистем внаслідок його зміни.

Тенденція зміни клімату за I_m свідчила про збільшення атмосферних опадів, особливо в діапазоні 1960-1980 рр., за умов незначного підвищення температури починаючи з 1985 р. (рис. 1). Протягом 100 років лінійний тред перетинав категорії «посушливий рік», «напівпосушливий рік» до «напіввологий рік», проте вологих і дуже вологих років протягом ХХ-го століття на метеостанції Комісарівка зафіксовано не було. Досить широкі коливання значень цього комплексного показника були притаманні категоріям «посушливий рік», «напівпосушливий рік» та «напіввологий рік» (табл. 5).

Згідно отриманих значень SPI, протягом ХХ-го століття спостерігалась чітко виражена тенденція щодо збільшення зволоження, здавалося тільки в межах категорії «нормальні кліматичні умови», проте від нижнього до верхнього її значення (рис. 2), що потребує додаткового дослідження в подальшому, адже

існує вірогідність відносно перетину категорії «середньо вологі» роки на теперішній час. Крім того, значення SPI змінювалось в досить широких межах та сягало всіх категорій від надзвичайно посушливих до надзвичайно вологих років (табл. 6). Серед недоліків донного показника слід відмітити, що він ґрунтується тільки на кількості опадів в межах часового ряду, а це, призводить до неможливості визначення комплексного дії кліматичних факторів на екосистему, адже нестачу або надлишкове зволо-

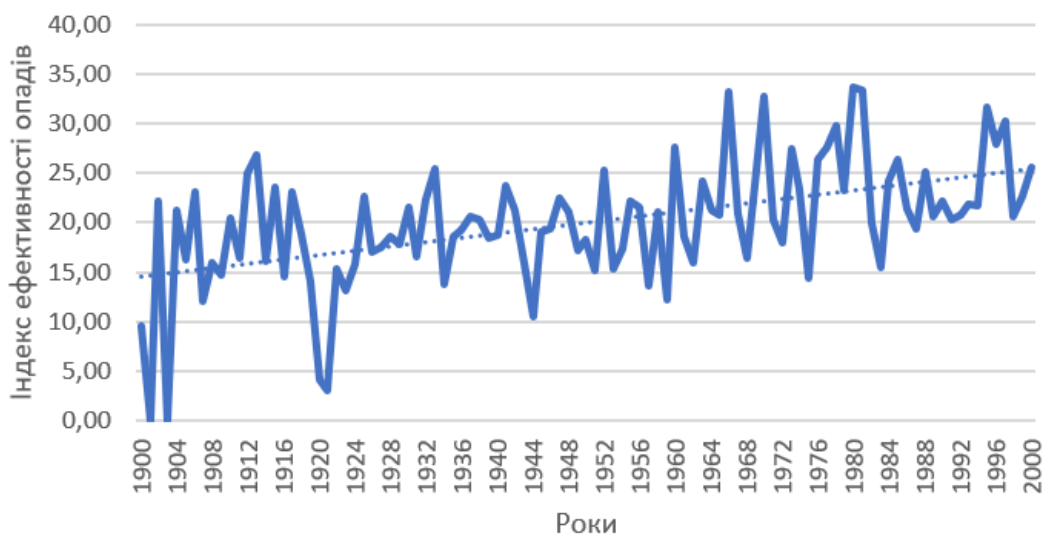


Рис. 1. Тенденція зміни індексу ефективності опадів

Таблиця 5

Індекс ефективності опадів за даними метеостанції Комісарівка, ХХ-те століття

Показник	Повністю посушливий рік < 8	Посушливий рік 8-15	Напівпосушливий рік 15-23	Напіввологий рік 23-40
Середнє	3,58	12,97	19,21	26,88
Мінімум	3,00	9,58	15,22	23,04
Максимум	4,16	14,68	22,67	33,67
Відсоток у виборці, %	2	11	59	28

Таблиця 6

SPI за даними метеостанції Комісарівка Вишнівської громади П'ятихатського району Дніпропетровської області, ХХ-те століття

Показник	2,0 < SPI ≤ max	1,5 < SPI ≤ 2,0	1,0 < SPI ≤ 1,5	-1,0 < SPI ≤ 1,0	-1,5 < SPI ≤ -1,0	-2,0 < SPI ≤ -1,5	min < SPI ≤ -2,0
За рік							
Середнє	2,234	1,717	1,204	-0,012	-1,201	-1,841	-2,992
Мінімум	2,007	1,674	1,061	-0,917	-1,485	-1,922	-3,095
Максимум	2,370	1,759	1,338	0,936	-1,013	-1,760	-2,888
Відсоток у виборці, %	5	2	7	73	9	2	2
За вегетаційний період							
Середнє	2,118	1,743	1,257	-0,060	-1,165	-1,760	-2,482
Мінімум	2,052	1,516	1,023	-0,993	-1,352	-1,935	-2,614
Максимум	2,184	1,907	1,473	0,974	-1,021	1,641	2,350
Відсоток у виборці, %	2	4	13	65	10	4	2

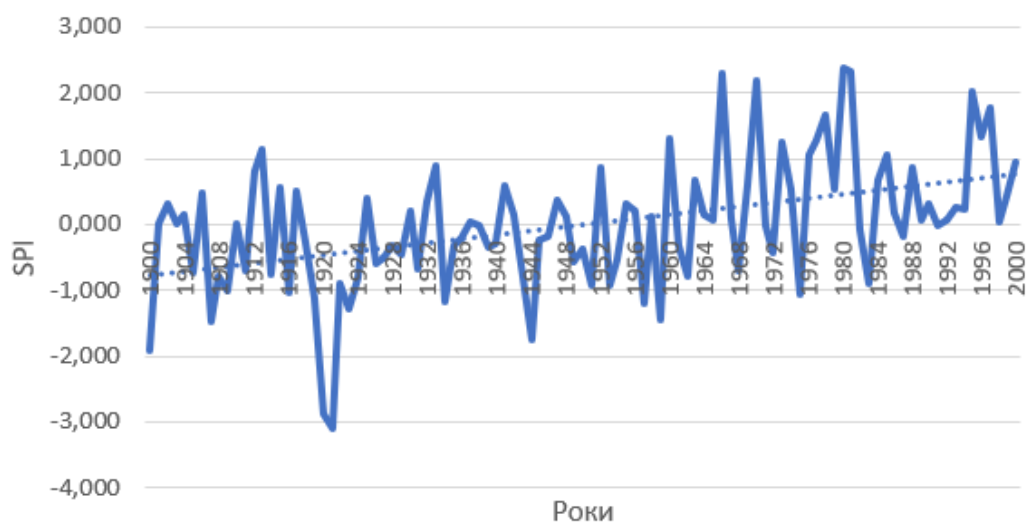


Рис. 2. Тенденція зміни стандартизованого індексу опадів

ження слід розглядати разом з температурою. Вплив на біоту даних показників буде досить сильно відрізнятися відбиваючись на посиленні продуктивності екосистеми при сумісному збільшенні та наявності посухи – при підвищенні температури та зменшенні кількості атмосферних опадів.

Позитивним моментом використання індексу посушливості Мартона-Готмана є не тільки врахування середніх значень, а й крайніх проявів кліматичних змін – значень показників відносно самого теплого місяця. Лінійний тренд починаючи з категорій «напівпосушливість» пряму-

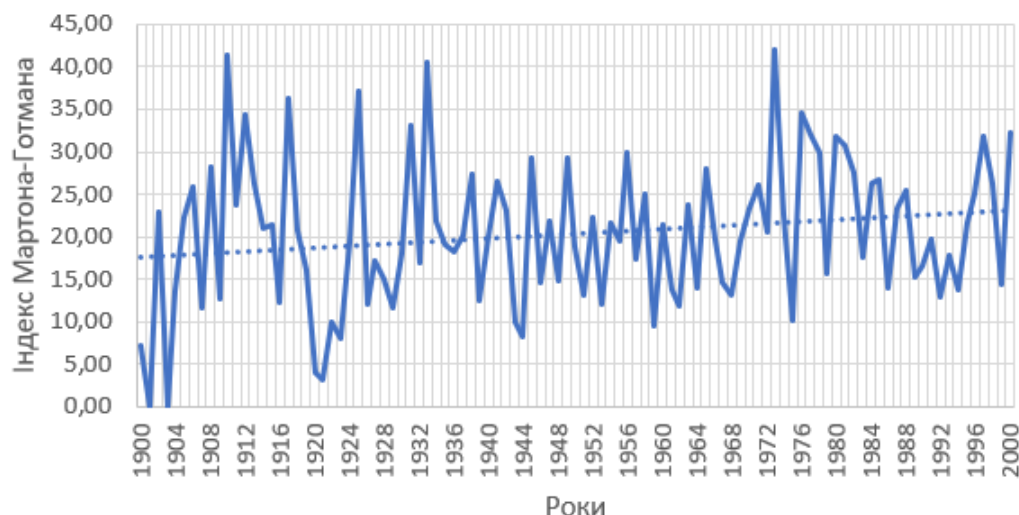


Рис. 3. Тенденція зміни індексу Мартона-Готмана

Таблиця 7

Індекс посушливості Мартона-Готмана за даними метеостанції Комісарівка, ХХ-те століття

Показник	Крайня посушливість $b \leq 5$	Посушливість $5 \leq b \leq 15$	Напівпосушливість $15 \leq b \leq 20$	Недостатня вологість $20 \leq b \leq 30$	Вологість $30 \leq b \leq 60$
Середнє	3,54	12,19	17,93	24,43	35,20
Мінімум	3,11	7,12	15,27	20,00	30,67
Максимум	3,97	14,97	19,80	29,92	41,41
Відсоток у виборці, %	2	28	18	39	13

вав до категорії «недостатня вологість» (рис. 3). Найменше варіювання значень індексу посушливості Мартона-Готмана зафіксовано в крайніх категоріях «крайня посушливість» та «вологість» (табл. 7). Підвищення екстремальності клімату, як то чередування посух зі зливами, призводило до збільшення значення b .

Головні висновки. Проведено статистичний аналіз кліматичних показників (температура атмосферного повітря, кількість опадів, вологість), кореляційних залежностей між ними не виявлено. Встановлено тенденцію зміни клімату техногенно невантаженої території Дніпропетровської області за допомогою показників (I_m , SPI та b), що познача-

лось через переважання збільшення кількості опадів над підвищенням температури та свідчило про більшу вологість клімату наприкінці ХХ-го століття порівняно з початком. Ґрунтовно доведено ефективність використання I_m та b для оцінювання змін клімату з врахуванням закону взаємодії екологічних факторів, а саме кількості опадів і температури, порівняно з стандартизованим індексом опадів.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати досліджень можуть бути використані при обґрунтуванні включення показників I_m та b до системи моніторингу для комплексного оцінювання небезпеки зміни клімату для екологічних систем.

Література

1. WHO's 10 calls for climate action to assure sustained recovery from COVID-19 / URL: <https://www.who.int/news/item/11-10-2021-who-s-10-calls-for-climate-action-to-assure-sustained-recovery-from-covid-19>
2. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Impacts, Adaptation, and Vulnerability. In Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability – Summary for Policymakers; Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Poloczanska, E.S., Mintenbeck, K., Eds. 2022. Cambridge University Press: Cambridge, UK.
3. Постанова Кабінету Міністрів України «Про кліматичну програму України» (Кліматична програма) від 28 червня 1997 р. № 650. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/650-97-%D0%BF#Text>
4. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження Національного плану заходів з реалізації положень Кіотського протоколу до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату» від 18 серпня 2005 року № 346-р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/346-2005-%D1%80#Text>

5. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року» від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#Text>
6. Erinç, S. *Klimatoloji ve Metotları*. İstanbul: Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayınları. 1984. 540 p.
7. Baykal, T. M., Colak, H. E. Producing climate boundary maps using GIS interface model designed with Python. *Progress in Physical Geography Earth and Environment*. 2022. №. 46(1). <https://doi.org/10.1177/03091333211033223>
8. Rolbiecki R., Yücel A., Kociecka J., Atilgan A., MarkovicM., Liberacki D. Analysis of SPI as a drought indicator during the maizegrowing period in the Çukurova Region (Turkey). *Sustainability* 2022. №. 14.3697. <https://doi.org/10.3390/su14063697>
9. Lloyd-Hughes B., Saunders M.A. A drought climatology for Europe. *International Journal of Climatology*. 2002. Vol. 22. №. 13. P. 1571-1592. <https://doi.org/10.1002/joc.846>
10. De Martonne E. Nouvelle carte mondial de l'indice d'aridité. *Annales de Géographie*. 1942. Vol. 51(288). P. 241-250.