

ДИНАМІКА РІЧНОЇ СУМИ ОПАДІВ У ВІННИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ

Семергей-Чумаченко А.Б., Сич Н.Г.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

вул. Всеволода Змієнко, 2, 65082, м. Одеса

asemerhey2016@gmail.com, nataly.sych73@gmail.com

Встановлена динаміка річної суми атмосферних опадів на території Вінницької області за період 1936–2024 роки через необхідність визначення та систематизації регіональної реакції кліматичної системи на глобальне потепління. На базі даних метеорологічних спостережень за 88 років на семи станціях виконаний просторово-часовий аналіз річної кількості опадів. Виявлена найбільша активність опадоутворення на станціях Липовець та Хмільник, а найменша – на станціях Могилів-Подільський та Гайсин. Встановлено, що річна сума опадів була максимальною у 1970-ті роки, а мінімальною у 1941–1950 роки. З'ясовано, що після тривалого періоду (1961–2010 роки), коли середня річна сума опадів перевищувала 600 мм, у 2011–2020 роки спостерігалось її зниження до 550 мм. Для виявлення динаміки опадів в регіоні дослідження застосовано метод Сена, який рекомендований Всесвітньою метеорологічною організацією для вивчення кліматичних змін. Отримані результати свідчать про просторову нерівномірність змін річної кількості опадів. Виявлено зниження опадів у північних та центральних районах області (метеостанції Білопіль та Вінниця), де темпи якого становлять відповідно $-0,19$ мм/рік та $-0,43$ мм/рік. Встановлено, що на метеостанціях Хмільник, Липовець, Жмеринка, Гайсин та Могилів-Подільський зафіксовано незначне зростання річної суми від $+0,28$ до $+1,13$ мм/рік. Найсильніше посилення зволоження, що становило $+1,13$ мм/рік, виявилось на станції Гайсин. Результати дослідження підтверджує актуальність регіональних наукових проєктів щодо визначення кліматичних змін на рівні адміністративних одиниць для потреб адаптації сільського господарства, водних ресурсів та природоохоронної політики. *Ключові слова:* кліматичні зміни, опади, річна сума, метод Сена, ковзне середнє, просторово-часовий аналіз, Вінницька область.

Dynamics of annual precipitation in the Vinnytsia region. Semerhei-Chumachenko A., Sych N.

Established the dynamics of annual amount of precipitation in the Vinnytsia region for the period 1936–2024 due to the need to determine and systematize the regional response of the climate system to global warming. Performed the spatiotemporal analysis of the annual amount of precipitation on meteorological observations for 88 years at seven stations. Founded the greatest activity of precipitation at stations Lypovets and Khmilnyk, and the least at stations Mogilev-Podilskyi and Haisyn. Established that the annual amount of precipitation was maximum in the 1970s and minimum in the 1941–1950. Founded that after a long period (1961–2010), when the average annual amount of precipitation exceeded 600 mm, in 2011–2020 its decrease – 550 mm. Applied the Sen method, which is recommended by the World Meteorological Organization for research climate change, to identify the dynamics of precipitation in the study region. Obtained results indicate spatial irregularity of changes in annual precipitation. Detected a decrease in precipitation in the northern and central regions (meteorological stations Bilopilnya and Vinnytsia), where the rates are $-0,19$ mm/year and $-0,43$ mm/year, singly. Established a slight increase at meteorological stations Khmilnyk, Lypovets, Zhmerynka, Haisyn and Mogilev-Podilskyi in precipitation from $+0,28$ mm/year to $+1,13$ mm/year. Founded the strongest increase in moisture at the Haisyn $+1,13$ mm/year. The results of the study confirm the relevance of regional scientific projects to determine climate change at the level of administrative units for the needs of adaptation of agriculture, water resources and environmental policy. *Key words:* climate change, precipitation, annual total, Sen's slope method, moving average, spatiotemporal analysis, Vinnytsia region.

Постановка проблеми. Зміни кліматичних умов, зокрема трансформація режиму атмосферних опадів, становлять одну з головних загроз для екологічної рівноваги та соціально-економічного розвитку регіонів України. Вінницька область, як частина центрального Лісостепу, характеризується високою аграрною значущістю, і саме кількість та розподіл опадів визначають ефективність сільськогосподарського виробництва, водозабезпечення та стабільність екосистем. Незважаючи на наявність багаторічного метеорологічного спостереження, детальний аналіз довгострокової динаміки річної суми опадів у Вінницькій області потребує додаткової систематизації. Існує потреба в науково обґрунтованій оцінці просторово-часових змін, визначенні тенденцій, коливань і статистичних аномалій у багаторічних рядах даних для виявлення ознак кліматичних змін.

Актуальність дослідження просторово-часових закономірностей зміни річної суми опадів дозволяє виявити регіональні особливості кліматичних тенденцій, оцінити рівень кліматичних ризиків та адаптаційні можливості окремих територій. Особливої значущості набуває аналіз багаторічних гідрометеорологічних даних у контексті формування національної кліматичної політики, стратегії адаптації до змін клімату та сталого природокористування.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконано згідно з цілями та завданнями, що сформульовані в науково-дослідних роботах кафедри метеорології та кліматології Навчально-наукового Гідрометеорологічного інституту Одеського державного екологічного університету (НН ГМІ ОДЕКУ) «Розробка та вдосконалення методів прогнозу небезпечних та стихійних метеорологічних явищ над

Україною» (№ ДР 0120U100487, 2020–2024 рр.) та кафедри метеорології та кліматології факультету гідрометеорології і екології Одеського Національного Університету імені І.І. Мечникова (ФГМіЕ ОНУ ім. І.І. Мечникова) «Модернізація методів прогнозу небезпечних явищ погоди для різних регіонів України» (№ ДР 0125U000647, 2025–2029 рр.).

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Атмосферні опади мають вирішальну роль у функціонуванні гідрологічного циклу, забезпечуючи основне джерело поповнення водних ресурсів і вологозабезпечення ґрунтів. Однак під впливом глобального потепління річна сума опадів зазнає істотних змін, які характеризуються просторовою та часовою нерівномірністю [1]. Зростання температури повітря сприяє посиленому випаровуванню з поверхні океанів, морів і суходолу, що призводить до підвищення вмісту водяної пари в атмосфері та, відповідно, створює передумови для збільшення кількості опадів у ряді регіонів. Втім, ці зміни проявляються неоднозначно: вологі регіони стають ще вологішими (наприклад, Північна Європа, Канада, північна частина Азії) [2-5], у той час як посушливі регіони зазнають зменшення кількості опадів через трансформацію атмосферної циркуляції (Середземноморський регіон, Північна Африка, частини Центральної Азії) [6-9].

У публікаціях українських дослідників добре висвітлено динаміку режиму атмосферних опадів у кінці ХХ – на початку ХХІ століття, надано оцінки можливих змін і коливань річних, сезонних і місячних сум опадів у різних регіонах України [10-18] і виявлено зростання частоти та інтенсивності екстремальних опадів, які спричиняють підтоплення, ерозію ґрунтів і зсувні процеси [19-27].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених кліматичним змінам на території України, зокрема аналізу опадів у регіональному вимірі, низка аспектів залишається недостатньо опрацьованою.

Недостатньо вивченими залишаються просторові відмінності змін річної суми опадів у межах Вінницької області (між метеостанціями з різним орографічним положенням та ґрунтово-кліматичними умовами), статистичні характеристики трендів і флуктуацій впродовж майже столітнього періоду спостережень та оцінка синхронності та асинхронності змін між окремими пунктами спостереження.

Крім того, залишається відкритим питання застосування сучасних методів тренд-аналізу, таких як непараметричний тест Тейла-Сена, а також візуалізація просторово-часових закономірностей.

Метою цього дослідження є визначення поточного режиму та динаміки річної суми опадів на метеорологічних станціях Вінницької області (Білопілля, Хмільник, Липовець, Вінниця, Жмеринка, Гайсин та

Могилів-Подільський) з 1936 по 2024 рр. за даними стандартних метеорологічних спостережень.

Новизна. У межах дослідження вперше здійснено аналіз просторово-часових змін річної суми атмосферних опадів на основі спостережень на метеостанціях Вінницької області за період 1936–2024 рр. Встановлені регіональні особливості змін кількості опадів з застосування непараметричних методів аналізу трендів (тест Тейла-Сена).

Методологічне значення дослідження полягає у поєднанні класичних і сучасних статистичних підходів для аналізу довготривалих гідрометеорологічних рядів. Використання методу ковзного середнього дало змогу виявити згладжені міжрічні та міждесятирічні коливання кількості опадів, що дозволяє краще інтерпретувати кліматичні періоди та фази відносної стабільності чи нестабільності. Застосування методу Тейла-Сена як непараметричної оцінки тренду забезпечує надійне визначення величини та напрямку змін річної суми опадів, стійке до викидів у ряді. Об'єднання цих методів сприяє формуванню адаптованого аналітичного підходу для регіонального кліматичного аналізу.

Загальнонаукове значення дослідження полягає у поглибленні розуміння просторово-часової структури атмосферних опадів у межах Лісостепової зони України та уточненні кліматичних тенденцій на рівні регіону.

Викладення основного матеріалу. Характерною рисою просторового розподілу опадів на рівнинній території України є їх зменшення з півночі і північного заходу у південному та південно-західному напрямках через циркуляційні чинники [28]. Вінницька область розташована в зоні достатнього зволоження і характеризується помірно континентальним кліматом.

Аналіз річної суми опадів на станціях Вінницької області від 1936 р. по 2024 р. (рис. 1) виявив, що максимальна сума опадів за весь період дослідження була на ст. Липовець та ст. Хмільник (624 та 613 мм), а мінімальна на ст. Могилів-Подільський та ст. Гайсин (565 та 569 мм). Середня сума опадів на станціях області з 1936 по 2024 рр. становила 592 мм, у 1936–1960 рр. вона становила 537 мм, а у період 1961–1990 рр. суттєво збільшилась – 690 мм, далі у 1991–2020 роки знизилася до 603 мм.

Як було виявлено авторами у [29]: «У 1961–1990 рр. найсильніші опади спостерігались на ст. Липовець і Хмільник та становили 661 та 645 мм. Найменша інтенсивність опадоутворення була в Білопіллі та Гайсині (599 мм) та Могилеві Подільському (661 мм). У наступний період (1991–2020 рр.) також найсильніші опади були на ст. Липовці та Хмільнику (624 та 625 мм). Мінімальна сума опадів за цей період була у Вінниці (566 мм)».

Аналіз динаміки опадоутворення (табл. 1) виявив максимальну річну суму опадів у 1970-х роках (641 мм) та мінімальну – у 1941–1950 рр. (507 мм).

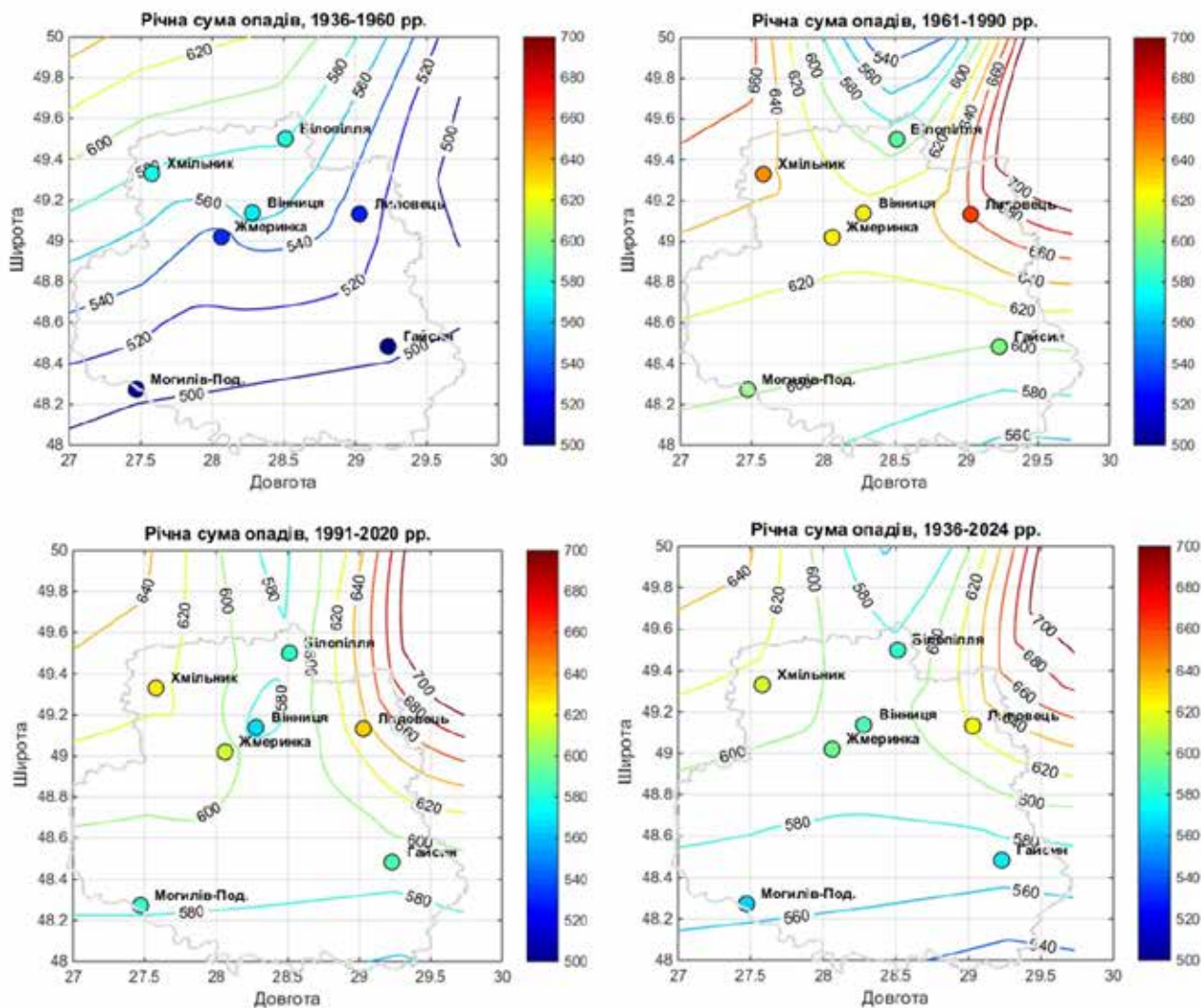


Рис. 1. Середньорічна сума опадів (мм) на станціях Вінницької області у періоди 1936–1960, 1961–1990, 1991–2020 та 1936–2024 рр.

Загалом середня річна сума опадів по області перевищувала 600 мм упродовж 1961–2010 рр., однак у 2011–2020 рр. спостерігається її зниження до 556 мм.

З 1961 по 2010 рр. найсильніші опади спостерігались на ст. Хмельник та Липовець (у середньому 652 та 663 мм), а також відносно активними опади були у Жмеринці (662 мм). В 2011–2020 рр. максимальна річна сума опадів виявилася у в Липовці та Гайсині (573 та 572 мм). За середніми багаторічними показниками найбільша кількість опадів зафіксована на станціях Хмельник та Липовець, натомість найменші значення – у Гайсині та Могилеві-Подільському.

Графіки ковзного середнього з 30-річним періодом мають найкращу візуальну узгодженість з лінійним трендом, тоді як графіки з періодом 10 та 20 років [31] виявляють періоди підвищеної інтенсивності випадіння опадів у 1970–1980-х роках ХХ століття.

На рис. 2 наведено, як графіки ковзного середнього з періодом 30 років демонструють тенденцію до зростання річної суми опадів у період 1950–1980 рр. (рис. 2). У подальший період, до 2000 року, спостерігається фаза відносної стабілізації режиму опадів на більшості метеостанцій Вінницької області, за винятком м. Вінниця, де починаючи з 1975 року фіксується стійке зниження кількості опадів, що триває до кінця періоду дослідження.

Аналогічна тенденція до зменшення річної суми опадів виявлена з початку 1990-х років на станціях Білопіль, Гайсин, Жмеринка та Липовець, причому у Гайсині це зниження є слабо вираженим.

Метод Сена, який рекомендований Всесвітньою метеорологічною організацією (WMO) для аналізу трендів кліматичних змін, зокрема температури, опадів, вологозабезпеченості та вітрового режиму, набув широкого застосування в наукових досліджен-

Таблиця 1

Середня сума опадів (мм) на станціях Вінницької області за 10- та 30-річні періоди

Періоди	Білопільля	Хмільник	Липовець	Вінниця	Жмеринка	Гайсин	Могилів-Подільський
10 років							
1936-1940	690	515	533	573	592	510	534
1941-1950	532	541	391	553	514	476	495
1951-1960	556	582	542	582	514	518	495
1961-1970	587	628	667	629	606	616	576
1971-1980	591	656	670	656	662	617	659
1981-1990	595	651	646	600	609	564	568
1991-2000	608	673	685	587	651	589	612
2001-2010	580	651	646	596	646	607	622
2011-2020	565	552	573	515	548	572	511
30 років							
1936-1960	581	557	529	571	532	503	504
1961-1990	591	645	661	628	626	599	601
1991-2020	584	625	634	566	615	589	582
1936-2024	584	614	623	590	594	570	564

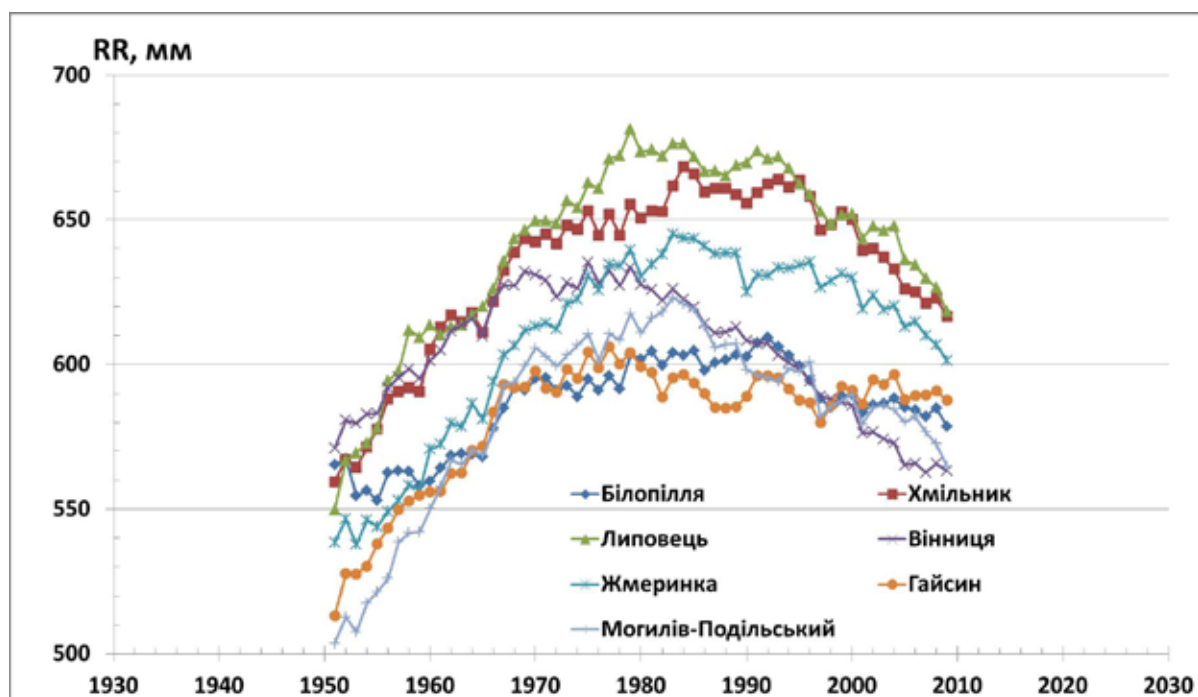


Рис. 2. Графіки ковзного середнього річної суми опадів (мм) з кроком 30 років на станціях Вінницької області з 1936 по 2024 рр.

нях [8, 30], присвячених вивченню довготривалих змін кліматичних показників.

Функція Тейла-Сена безлічі точок на площині (x_i, y_i) – це медіана m коефіцієнтів нахилу $(y_j - y_i) / (x_j - x_i)$ по всіх парах точок вибірки.

Для розрахунку тренду Сена потрібно:

– обчислити всі можливі нахили між парами спостережень

$$S_{ij} = \frac{y_i - y_j}{x_i - x_j}, \text{ для всіх } i < j$$

– визначити медіану з усіх отриманих S_{ij} :

$$\beta = \text{median}(S_{ij}),$$

де β – оцінка тренду (нахилу): середнє зростання або спадання y на одну одиницю x (наприклад, мм опадів на рік).

Розрахунок тренду Сена та візуалізація результатів проведена за допомогою скрипів MATLAB (MATrix LABoratory), в рис. 3 наведена карта просторового розподілу по станціям Вінниччини.

Аналіз багаторічних рядів спостережень засвідчив наявність негативних трендів річної кількості опадів на

метеостанціях Білопіль та Вінниця, де темпи зниження становлять відповідно $-0,19$ мм/рік та $-0,43$ мм/рік. Обидві станції розташовані у північно-східній частині області, що може свідчити про формування регіональної тенденції до зменшення річної суми опадів у північно-східному секторі території дослідження.

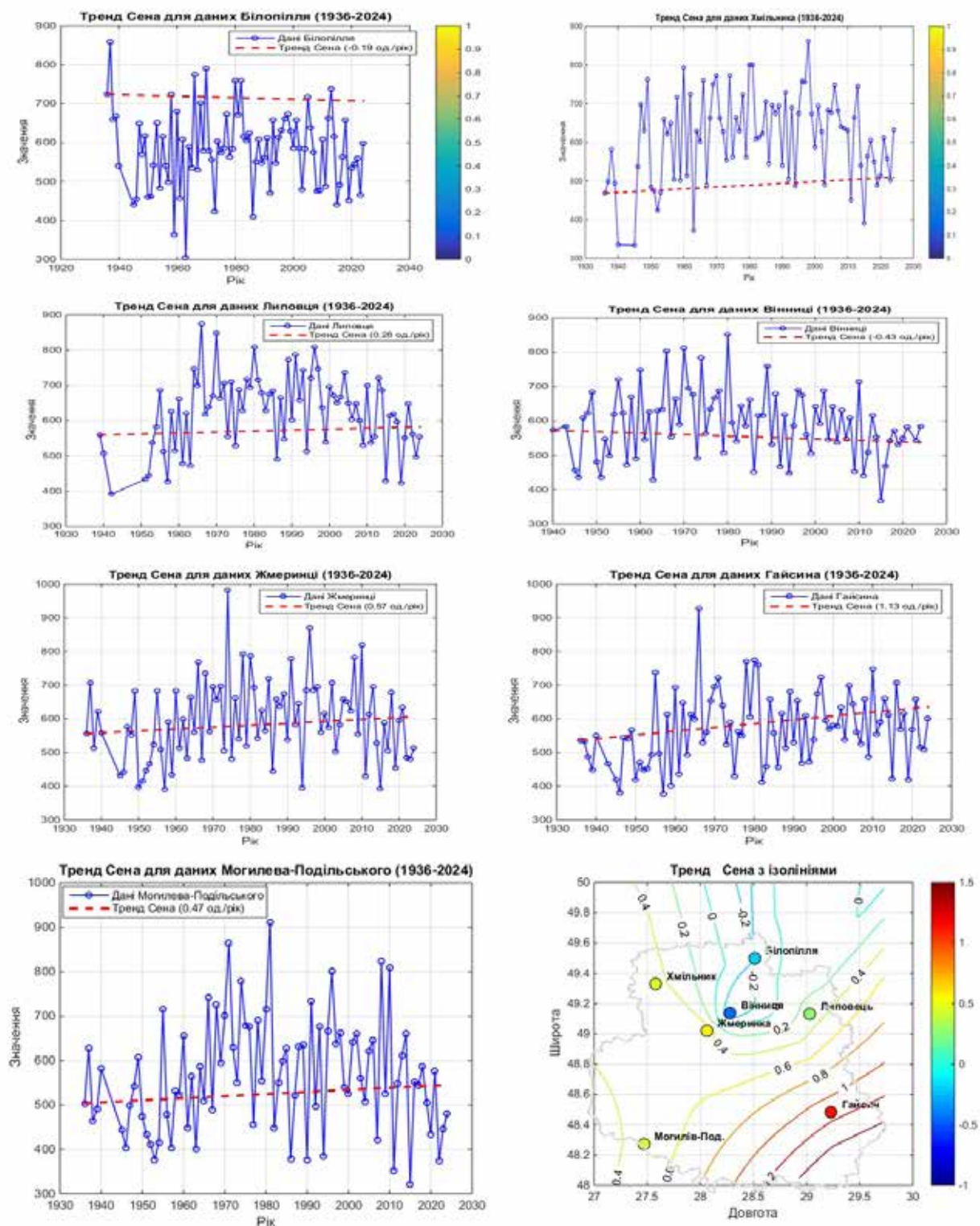


Рис. 3. Результати розрахунку тренду Сена річної суми опадів Вінницької області, 1936–2024 рр.

Водночас на метеостанціях Хмельник, Липовець, Жмеринка, Гайсин та Могилів-Подільський зафіксовано позитивні тренди, що характеризуються зростанням кількості опадів із темпами від +0,28 до +1,13 мм/рік. Найбільш виражене збільшення річної кількості опадів спостерігається у Гайсині (+1,13 мм/рік), що вказує на інтенсифікацію вологонакопичувальних процесів у південній частині регіону під впливом Подільської височини на заході області та зміно циркуляційних процесів.

Головні висновки. На станціях Вінницької області у 1936–2024 рр. найбільша річна сума опадів була на станціях Липовець та Хмельник. Максимальна інтенсивність опадоутворення зафіксована у 1970-х роках. Протягом майже п'яти десятиліть (1961–2010 рр.) річна кількість

опадів стабільно перевищувала 600 мм, що свідчить про відносно високий рівень зволоження, але у 2011–2020 рр. вона знижується. Розрахунок тренду Сена виявив стійке збільшення опадів на заході та південному заході регіону (Жмеринка, Гайсин, Могилів-Подільський) та зниження річної суми опадів на північному сході (Білопілья) та у центрі області (Вінниця).

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження уточнюють сучасні уявлення про динаміку атмосферних опадів у Центральній Україні та можуть бути використані як наукова база для подальших кліматичних, агрометеорологічних і водогосподарських досліджень, а також для формування адаптаційних стратегій у межах регіональної кліматичної політики.

Література

1. State of the Global Climate 2024 <https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024>
2. Smit Chetan Doshi, Gerrit Lohmann, Norel Rambu, Monica Ionita; Spatiotemporal trend analysis of climate indices for the European continent. *Journal of Water and Climate Change*. 2023. 14 (9). P. 3112–3130. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.183>
3. Mekis É., Vincent L. An overview of the second generation adjusted daily precipitation dataset for trend analysis in Canada. *Atmosphere–Ocean*. 2011. 49 (2). P. 163–177.
4. Dettinger Michael. Climate Change, Atmospheric Rivers, and Floods in California – A Multimodel Analysis of Storm Frequency and Magnitude Changes. *Journal of the American Water Resources Association*. 2011. 47(3). P. 514–523. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2011.00546.x>
5. Athulya R., Nuncio M., Chatterjee S., Vidya P. Characteristics of the mean and extreme precipitation in ny Ålesund, Arctic. *Atmospheric Res*. 2023. 295, 106989 DOI: <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4327570>
6. Philandras C. M., Nastos P. T., Kapsomenakis J., Douvis K. C., Tselioudis G., Zerefos C. S. Long term precipitation trends and variability within the Mediterranean region. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2011. 11. P. 3235–3250, DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-11-3235-2011>
7. Ogunrinde A.T. Adeyeri O.E., Xian X., Yu H., Jing Q., Faloye O.T. Long-Term Spatiotemporal Trends in Precipitation, Temperature, and Evapotranspiration Across Arid Asia and Africa. *Water*. 2024. 16. P. 3161. DOI: <https://doi.org/10.3390/w16223161>
8. Han Jiqin, Fikiru Temesgen Gelata, Samerawit Chaka Gameda. Application of MK trend and test of Sen's slope estimator to measure impact of climate change on the adoption of conservation agriculture in Ethiopia. *Journal of Water and Climate Change*. 2023. 14 (3). P. 977–988. DOI: <https://doi.org/10.2166/wcc.2023.508>
9. Song S., Bai J. Increasing Winter Precipitation over Arid Central Asia under Global Warming. *Atmosphere*. 2016. 7. P. 139. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos7100139>
10. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса, 2018. 548 с.
11. Барабаш М.Б., Гребенюк Н.П., Татарчук О.Г. Особливості зміни ресурсів тепла та вологи в Україні при сучасному потеплінні клімату. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2007. Вип. 256. С. 174–186.
12. Гончарова Л.Д., Прокоф'єв О.М., Решетченко С.І., Черниченко А.В. Вплив атмосферних макропроцесів на просторовий розподіл опадів по території України у весняний сезон. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 27. С. 5–15.
13. Гончарова Л.Д., Прокоф'єв О.М. Клімато-географічні особливості розподілу опадів на території України в осінній період. *Екологічні науки*. 2021. № 2 (35). С. 94–98.
14. Гончарова Л.Д., Прокоф'єв О.М. Статистичний підхід до вирішення задач клімато-географічних особливостей розподілу опадів літнього сезону на території України. *Екологічні науки*. 2022. № 1 (40). С. 134–139.
15. Івус Г.П. Гончарова Л.Д., Косолапова Н.І. Просторово-часове розподілення атмосферних опадів в Одеському регіоні на початку ХХІ століття. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2018. № 22. С. 16–27.
16. Хохлов В. М., Боровська Г. О., Уманська О. В., Тенетко М. С. Зміна погодних умов на території України в умовах зміни клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. № 17. С. 31–37.
17. Нажмудінова О. М. Зміни поля опадів на Одещині у 2006–2014 рр. *Фізична географія та геоморфологія*. 2015. 4 (80). С. 138–144.
18. Нажмудінова О. М. Особливості повторюваності сильних опадів теплого півріччя на території України у 2007–2016 рр. *Фізична географія та геоморфологія*. 2017. 4 (88). С. 77–81.
19. Семергей-Чумаченко А.Б., Слободяник К.Л. Просторово-часовий розподіл сильних опадів над Україною протягом 1979–2019 рр. за даними реаналізу ERA5. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 26. С. 50–59. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.26.2020>
20. Слободяник К. Л., Семергей-Чумаченко А. Б., Веретнова В. О. Виникнення сильних опадів на станції Херсон за даними реаналізу ERA5 та метеорологічних спостережень. *World Science*. 2021. 11 (72) DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122021/7720

21. Ozymko, R., Semerhei-Chumachenko, A. Manivchuk, V. Spatiotemporal distribution of heavy and extreme snowfalls in the Transcarpathian region. *Időjárás – Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service (OMSZ)*. 2021. 125 (3). P. 477-490. DOI: <https://doi.org/10.28974/idojaras.2021.3.7>
22. Семергей-Чумаченко А. Б., Озимко Р. Р. Динаміка виникнення стихійних опадів на території Закарпатської області з 1990 по 2019 рр. *International Academy Journal «Web of Scholar»*. 2020. 5(47). P. 23-26. DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/31052020/7090.
23. Семергей-Чумаченко А. Б., Озимко Р. Р. Розподіл стихійних дощів в Закарпатській області за останнє двадцятиріччя (1999-2018 рр.). *Український географічний журнал*. 2019. 4. С. 11-17. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2019.04.011>
24. Agayar E., Aemisegger F., Armon M., Scherrmann A., Wernli H. Precipitation extremes in Ukraine from 1979 to 2019: climatology, large-scale flow conditions, and moisture sources. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2024. 24. 2441-2459. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-24-2441-2024>
25. Agayar E. Precipitation extremes in the Ukraine: dynamical aspects, large-scale circulation and moisture sources. *EGU General Assembly 2023*, Vienna, Austria, 24–28.04.23, EGU23-2647, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-2647>.
26. Agayar, E., Armon, M., and Wernli, H.: The catastrophic floods in 2008, 2010 and 2020 in western Ukraine: Hydrometeorological processes and the role of upper-level dynamics. *EGU General Assembly 2025*. Vienna, Austria, 27 Apr–2 May 2025, EGU25-5086, DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu25-5086>.
27. Bohushenko A., Khomenko I., Stepanenko S. Climate variability, trends and extreme events in Ukraine. *EGU General Assembly*. 2023, DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu23-12175>
28. Клімат України: монографія / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Вид.-во Раєвського, 2003. 343 с.
29. Сич Н. Г., Семергей-Чумаченко А. Б. Просторово-часовий розподіл річної суми опадів на станціях Вінницької області. *Матеріали студ. наукової конференції ОДЕКУ*. 10-19 квітня 2024. Одеса : ОДЕКУ. 2024. С. 369-373.
30. Yunus Ziya Kaya, Martina Zelenakova, Application of innovative Şen trend method to the Slovakian hydrometeorological records. *Heliyon*. 2025, Vol. 11 (6) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42991>

Дата першого надходження рукопису до видання: 15.10.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 21.11.2025

Дата публікації: 15.12.2025