

ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ

УДК 551.58

DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.25.1.3>

Ірина КОВАЛЬ, Надія МАКСИМЕНКО, Аліна СВИРИДЕНКО

РЕГІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗМІНИ КЛІМАТУ В РІВНЕНСЬКІЙ ТА ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТЯХ

При порівнянні кліматичних чинників для 1974–1998 та 1999–2023 рр. для метеостанцій м. Рівне та м. Полтава встановлено, що незначне збільшення опадів у другому періоді не змогло компенсувати значне збільшення температур. Це призвело до зменшення відносної вологості. Відбувається підвищення аридності в обох областях. Швидше цей процес відбувається на Рівненщині.

Ключові слова: середньорічні, максимальні та мінімальні температури, опади, відносна вологість, гідротермічні показники, метеостанції міст Рівне та Полтава

Abstract:

Iryna KOVAL, Nadiya MAKSYMENKO, Alina SVYRYDENKO. REGIONAL FEATURES OF CLIMATE CHANGE IN RIVNE AND POLTAVA REGIONS

The purpose of the research is to establish trends in climatic factors during 1974–2023 according to data from Rivne and Poltava weather stations and to compare them for 1974–1998 and 1999–2023.

Meteorological databases (average annual, minimum, maximum temperature, annual precipitation, relative humidity) have been created for the cities of Rivne and Poltava, which are located in the forest and forest-steppe natural zones. When comparing climatic factors for 1974–1998 and 1999–2023 for the weather stations of the cities of Rivne and Poltava, it was found that for Poltava in the second period compared to the first, the average annual temperature increased by 1.7°C (18.2%), for the city of Rivne the temperature increase was 1.6°C (18.2%). The rates of increase in maximum temperature were recorded for the forest zone, where the maximum temperature increased by 2.0°C (15.4%), for the forest-steppe zone, respectively, by 1.8°C (13.1%). The minimum temperature for Rivne weather station increased in 1999–2023 compared to 1974–1998 by 0.8°C (20.1%), while for Poltava the corresponding value was 1.7°C (32.97%). That is, the increase in the minimum temperature was greater for the forest-steppe zone compared to the forest zone. A slight increase in annual precipitation was observed for both weather stations: for the Rivne weather station, this difference for the two periods was 17.7 mm (2.9%), and for the Poltava weather station – 13.9 mm (2.4%). Relative humidity, on the contrary, decreased in the second period for both weather stations: for Rivne – by 2.7% (3.5%), and for Poltava – by 2.3% (3.2%).

Hydrothermal coefficients reflecting the hydrological conditions of the growing season were higher in Rivne than in Poltava and changed at a faster rate.

Conclusions. When comparing climatic factors for 1974–1998 and 1999–2023 for the weather stations of Rivne and Poltava, it was found that the increase in average, maximum and minimum temperatures in the second period occurred in the range of 13–33%.

In the second period, the increase in precipitation for the Rivne weather station fell mainly on the cold period (from December of the previous year to April of the current year) in contrast to the warm period (from May to September), the amount of precipitation decreased. During October–November, the amount of precipitation was almost the same for both periods. For the Poltava weather station, the increase in precipitation in the second period compared to the first period also occurred during the cold period (from November of the previous year to February of the current year), and during March–May (the exception is June) the opposite was observed – a decrease in precipitation.

Amount precipitation also increased in the second period by 2.4–3.5%, in contrast to relative humidity, which decreased by 2.7–3.2% for both weather stations in the second period. This indicates that a slight increase in precipitation could not compensate for a significant increase in temperatures, which led to a decrease in relative humidity for the Rivne weather station.

Hydrothermal coefficients (de Martonne coefficient and Selyaninov hydrothermal coefficient) were higher in Rivne than in Poltava and changed at a faster rate. There was increasing aridity during the growing season in both natural zones (forest and forest-steppe), with this process occurring more rapidly in the forest zone. There is an increase in aridity during the growing season in both natural zones (forest and forest-steppe), with this process occurring faster in the forest zone.

Keywords: average annual, maximum and minimum temperatures, precipitation, relative humidity, hydrothermal indicators, Rivne weather station, Poltava weather.

Постановка науково-практичної проблеми, актуальність та новизна дослідження. Проблеми клімату є фактором, що визначає функціонування екосистем. Зміни клімату проявляються, як через підвищення температурних показників впродовж року, так і через збіль-

шення погодних аномалій. Сучасні кліматичні моделі, що включають блоки для симуляції атмосферної циркуляції, океану, суходолу, льоду та наземної біоти, дозволяють отримувати так звані чисельні проєкції щодо ймовірних змін клімату впродовж ХХІ століття. Усі вони пе-

редбачають зростання глобальної температури повітря в діапазоні 2,5–4,5°C, збільшення кількості опадів, а також посилення гідрологічного циклу (кругообігу води) на Землі [6, 8, 12, 16, 27]. Питання зміни клімату визначено як одне з ключових, адже підвищення температури повітря та зміна розподілу опадів провокують виникнення природних катаклізмів, що відчутно впливають на стан екосистем, біорізноманіття, агровиробництво, продовольчу безпеку країни, а також на здоров'я та безпеку людей у їхньому житті.

Біота – чутливий індикатор стану довкілля, який широко використовують для оцінювання кліматичної зміни. Зареєстровано фенологічні зрушення: більш раннє розпускання бруньок та опадання листя, повторне пробудження. Відчутно змінюються території поширення видів рослин, з'являються та швидко розповсюджуються інвазійні види. Серед них чимало небезпечних бур'янів, алергенів, збудників захворювань. Наприклад, у флорі Каліфорнії з 2400 видів 2/3 протягом ХХІ ст. можуть втратити 80% площі ареалу, а в західноєвропейських горах внаслідок потепління 2/3 зі 171 високогірного виду, починаючи з 1905 р., за кожні 10 років піднімалися на 29 м. Лісове господарство має реагувати на кліматичні зміни оперативніше, ніж будь-який інший сектор. Через повільний ріст дерев, бракує часу на короткострокові адаптаційні заходи. Не всі породи дерев здатні добре пристосуватися до «нового» клімату. Зокрема, штучні ліси, де ростуть дерева однієї породи, не є надто стійкими до посухи. З підвищенням температури також зростає кількість шкідників, які вражають ослаблені ліси. В умовах кліматичної кризи загальна стратегія раціонального формування сільськогосподарських ландшафтів зберігається, але перелік кормових рослин, адаптованих до посушливого клімату, потребуватиме адаптаційних заходів. Загалом, реакція рослинного світу на кліматичні зміни розподіляється на три основні категорії. Виокремлюють ті види, що здатні мігрувати, пристосовуватися, або ж, на жаль, вимерти. [9, 16, 18, 22, 26, 27, 28, 32, 33].

Кліматичні дослідження набувають особливого значення для помірних широт Європи, адже передбачення можливих змін у кількості опадів та температурі повітря тут доволі непевні. Україна опиняється в переліку таких "критичних" регіонів, де прогнозуються відносно значні меридіональні градієнти змін температури (на відміну, скажімо, від просторово однорідних континентальних регіонів або тропіків, де численні оцінки прогнозованих змін більш надійні) [12].

В контексті загальної проблеми кліматичних змін виникає окремий напрям – регіоналізація. Вона зосереджується на розробці методів та дослідженні передбачуваних змін кліматичних характеристик у ХХІ столітті в конкретних регіонах і на територіях розміром у десятки кілометрів. Найбільш багатообіцяючі підходи до регіоналізації проєкцій майбутніх глобальних змін клімату застосовуються в динамічному та динаміко-статистичному методах [12, 15]. На сучасному етапі досліджень по кліматичній проблемі однією з найскладніших і найбільш актуальних задач є регіоналізація клімату для окремих фізико-географічних регіонів. Через те, що кліматичні зміни відбуваються в різних регіонах з різною швидкістю, масштабом та, іноді, з протилежним вектором, розробка адаптивних стратегій вимагає персоналізованого підходу до кожного регіону. Необхідно враховувати як його кліматичні умови, так і соціально-економічні аспекти. Комплексний аналіз регіональних кліматичних змін у поєднанні з особливостями структури економіки, а також напрямками розвитку соціальної сфери, є ключовим фактором для забезпечення сталого розвитку в регіонах [17].

Актуальність регіональних досліджень для України впливає з того, що протягом ХХ століття основні кліматичні показники на її просторах зазнавали активних трансформацій, причому ці зміни значно перевершували глобальні середньостатистичні значення. Зокрема, зростання температури внаслідок потепління зумовлює посилене випаровування вологи з ґрунтової поверхні, в результаті чого на піщаних ландшафтах лісової зони (Полісся) потенційно може запуститися процес опустелювання. У лісостеповій та степовій зонах зміни клімату сприятимуть інтенсифікації розкладу гумусу, що спричинить зменшення його вмісту у ґрунтах та зниження їх родючості. Південь України може зіткнутися розширенням площ водного дзеркала і зростанням кількості опадів, що активізує процеси підтоплення. В результаті це призведе до заболочування та засолення земель, що негативно позначиться не тільки на лісових масивах та сільськогосподарському виробництві, але й на умовах життя населення [4, 5].

Війна має великий вплив на довкілля. Це дуже важливий чинник, який безумовно вплине на всю кліматичну систему внаслідок викидів різних речовин на полі бою та пожеж. Такі оцінки були проведені співробітниками Міндовкілля і вони показали, що тільки через ці військові дії наша планета отримала дуже велику кількість парникових газів, які будуть подальше

впливати на температурний режим нашої планети. Ця кількість співрозмірна з тим, скільки, наприклад, Нідерланди виділяють за цілий рік. І це дуже велика проблема, тому що ці зміни, , на жаль, стають все більш потужними, більш сильнішими і температура повітря інтенсивно підвищується [3, 18].

З огляду на те, що Україна наділена значним розмаїттям екосистем, зміни кліматичних умов здатні по-різному себе виявляти в різних природних зонах, а також на субрегіональному рівні. Підвищення температури повітря всього лиш на 1 градус Цельсія в умовах України веде до зміщення меж природних зон на 160 кілометрів [9].

Основні тенденції проявляються у підвищенні температур, зміні гідрологічного режиму, та швидкостях вітру та впливі на біоту. *Підвищення температури.* За останні 100 років середня температура в Україні зросла на 0,7°C, а за останні 10 років – на 0,3–0,6°C [9]. До середини XXI століття очікується подальше підвищення температури: взимку — на 1,4°C, а влітку — на 0,8–1,2°C. Найбільші зміни прогнозуються в східних регіонах, таких як Луганська та Донецька області, де зимова температура може зрости на 2°C [2, 3]. *Зміни в режимі опадів та вологості.* Так як глобальне потепління викликало підвищення середньорічної температури повітря – це призвело до зменшення кількості опадів. До 2025 року середньорічна температура підвищиться на 1,7°C, а кількість опадів зменшиться з 523 мм (1969 р.) до 504,8 мм (2022 р.) [30]. В свою чергу, зменшення кількості опадів вплине на стік річок. Обсяг стоку, наприклад, річки Оскіл дуже мінливий і за прогнозом на 2024 рік він знизиться до 613,8 млн м³, а це значно нижче середнього за досліджуваний період (1159,7 млн м³) [29]. Взимку очікується збільшення відносної вологості на 1–2%, а влітку – її зниження на 2–3%. Найбільш посушливими стануть південно-східні регіони, де вологість може впасти до 41–44% [19]. Це може призвести до посух та змін у сільськогосподарському виробництві.

Про вплив на агроекосистеми свідчать зміни площ, які відведені під польові культури, та показники їхньої врожайності. Наявні дані вказують, що зона Степу, де зосереджено 46 % площ, відведених під зернові культури, сьогодні дає тільки 35 % загального обсягу виробництва зерна, порівнюючи з 45 % у 1990 році [13]. *Зміни швидкості вітру.* До середини XXI століття середня швидкість вітру взимку знизиться на 7%, а влітку — на 5–8%. Винятком є гористі райони (Карпати, Крим) та прибережні зони, де вітер залишатиметься сильнішим через місцеві

особливості циркуляції повітря [14, 18]. *Вплив на біорізноманіття.* Зміни клімату вже впливають на рослинність: спостерігається раннє квітання, зміна ареалів видів та поширення інвазійних рослин. Деякі види можуть адаптуватися, тоді як інші – зникнути [10].

Україна, як учасниця міжнародних кліматичних угод та країна, яка прагне до євроінтеграції, активно розвиває державну політику у сфері боротьби зі зміною клімату. Останні роки ознаменувалися прийняттям ключових законодавчих актів, у тому числі закону [Про основні засади державної], який став основою для системного регулювання кліматичних ініціатив.

Кліматичні зміни, пов'язані із потеплінням, мають як глобальний, так і регіональний масштаб. На окремих територіях вони відбуваються різкіше та помітніше, тоді як в інших – спостерігаються слабші прояви. Згідно з дослідженнями Міжурядової групи експертів із кліматичних змін (МГЕЗК), держави східної частини Європи менш схильні до впливу глобального потепління, ніж острівні чи гірські країни. Проте значні коливання температур, зміни в розподілі опадів, а також учащення екстремальних погодних явищ у минулі роки підтверджують, що ця загроза стосується й європейського континенту, зокрема України [1, 7].

Аналіз останніх публікацій за темою дослідження. Існує чимало наукових праць, присвячених дослідженню кліматичних змін в глобальному масштабі та на регіональному рівні. Зміна клімату є результатом як антропогенних факторів, так і природних коливань, які, взаємодіючи, зумовлюють значний вплив на екосистеми. Метеорологічні спостереження показали, що середня температура в Україні в період з 1996 по 2006 рік зросла на 0,3–0,6°C (за останнє століття – на 0,7°C). Це, в свою чергу, спричинило зменшення біологічного різноманіття на всіх організаційних рівнях. Швидкість втрати біорізноманіття збільшується, що підтверджується даними спостережень за 150 років [10].

Зміна клімату, що тяжіє до потепління, має прояви на планетарному та місцевому рівнях. У деяких частинах світу ці процеси розвиваються більш помітно та швидко, а в інших – з меншим ступенем впливу. Міжурядова група експертів зі змін клімату (МГЕЗК) встановила, що держави Східної Європи демонструють меншу вразливість до глобальних кліматичних зрушень, аніж, наприклад, острівні або високогірні країни. Проте значні зміни у температурному балансі та обсягах опадів, плюс зростання частоти природних катаклізмів упродовж ос-

танні десятиріч доводять, що ця проблема є актуальною і для європейського простору, зокрема, і для України [7].

Аналіз трансформацій середніх багаторічних показників термічного режиму виявив, що в Україні фіксується зростання приземної температури повітря як в зимовий, так і в літній періоди. Протягом зимового сезону температура повітря в середньому по країні може зрости на $1,4^{\circ}\text{C}$. Темпи змін зростатимуть в напрямку на схід, досягаючи найбільшого показника у 2°C у Донецькій та Луганській областях. У 2021–2050 рр. показники середньої зимової температури повітря в Україні можуть варіюватися від -3°C до 3°C . У літній період передбачається підвищення середньої сезонної температури повітря на $0,8$ – $1,2^{\circ}\text{C}$. Інтенсивність змін буде збільшуватися з півночі на південь та південний захід. До середини XXI століття середні літні значення температури досягнуть $+24^{\circ}\text{C}$ у південних областях України, тоді як у східних та центральних регіонах – $+21$ – 22°C , які наразі притаманні тільки південним територіям. Найнижчі за сезон температури фіксуватимуться у західному регіоні – $+18$ – 19°C , знижуючись до $+16^{\circ}\text{C}$ і нижче у високогір'ї Карпат [1].

Прогнозується, що до середини XXI століття на південних теренах України та в гірських масивах, середнє за зимовий період значення відносної вологості повітря буде в діапазоні 65–70%. На інших територіях України – від 75% до 77%. Таким чином, вміст вологи в повітрі знижуватиметься, рухаючись з північного заходу на південний схід, в той же час, коли зростатиме температура. Регіональні відмінності в розподілі вологи зумовлені процесами її надходження в атмосферу. В середині XXI століття показники відносної вологості влітку варіюватимуться від 56% на північному заході до 41–44% на південному сході, тобто на 2–3% менше, якщо порівнювати з поточним періодом. Для західного регіону характерна зворотна тенденція зміни вологості, хоча її збільшення не є статистично значущим, за винятком північного заходу Полісся, де показник, імовірно, зросте на 1%, порівнюючи із сучасним станом [18].

Як у зимовий період, так і в літній, передбачається суттєве зростання температури повітря в діапазоні $1,5$ – 2°C , що буде супроводжуватися зменшенням середньої швидкості вітру на 5–8 %. Відмінності у відносній вологості у пори року матимуть різний вектор. Взимку передбачається її збільшення на 1–2%, а влітку зниження до 3% відносно кліматичної норми, зафіксованої у період з 1981 по 2010 ро-

ки. Єдиний напрям змін спостерігається лише у температурі повітря, натомість для середньої швидкості вітру та відносної вологості зміни матимуть різний напрям у розглянуті сезони. Влітку статистично значущі зміни спостерігаються як у вітрі, так і у вологості, демонструючи тенденцію до зниження. У зимовий період фіксується зниження швидкості вітру та збільшення вологості, за винятком деяких регіонів [9].

Співробітниками метеорологічної мережі Укргідрометеоцентру встановлено, що потепління в Україні триває з 1989 року. Динаміка середньорічної температури в зоні землеробства: у 2010 році середньорічна температура становила $+7,8^{\circ}\text{C}$, у 2021 році – $10,6^{\circ}\text{C}$. 2023 рік характеризується найвищими температурами за весь період спостережень. Подальше підвищення температури призведе до зникнення зони достатнього зволоження, до яких належать Полісся та Західний Лісостеп. Упродовж останніх п'яти років кількість опадів зменшилася на 553 мм [20].

Різні кліматичні моделі для Східної Європи вказують на те, що ключовими тенденціями кліматичних змін у майбутньому стануть підвищення температури та зменшення кількості опадів, що, в свою чергу, призведе до значного зростання посушливості клімату [31]. Зіставлення "сучасних" кліматичних даних (період 1950–2000 рр.) та прогнозу кліматичних показників на період до 2020 року, здійснене з використанням моделі HADCM3, IPCC Scenario A2A, дозволяє зробити наступні висновки для України: середньорічна температура зросте на 20% (від $7,5$ до $9,0^{\circ}\text{C}$). Аналогічна тенденція передбачається для сумарних денних температур у вегетаційний період (квітень–вересень). Натомість, протилежна тенденція прогнозується для опадів – їх загальна кількість зменшиться як в середньому за рік, так і у вегетаційний період, особливо у південних областях країни [5, 31].

Україна внаслідок глобальної зміни клімату призведе до наступних наслідків: трансформація природних зон на території країни, зокрема – розширення зони змішаних лісів (Полісся) та появи зони напівпустель у південній частині країни при потеплінні на 2 – 3°C ; Потепління в Україні посилюватиметься в напрямку з півдня на північ і буде найбільш значним на півночі країни – в зоні Українського Полісся у зимові та весняні сезони [4, 5, 24].

Викладення основного матеріалу. Мета дослідження – встановлення тенденцій кліматичних чинників упродовж 1974–2023 рр. за даними Рівненської та Полтавської метеостанцій.

Об'єкт дослідження: кліматичні чинники (температури, опади та відносна вологість) за даними Рівненської та Полтавської метеостанцій (рис. 1).

Застосовано методи порівняльної екології та статистичного аналізу. Використано метеорологічні бази даних м. Рівне для зони широколистяних лісів та м. Полтава для лісостепової зони, для яких зроблена оцінка середньорічних, максимальних та мінімальних температур, річних сум опадів та відносної вологості за

1974-1998 та 1999-2023 рр. Бази даних середньорічних, максимальних, мінімальних температур, опадів та відносної вологості для Рівненської та Полтавської метеостанцій створено за даними з інтернет сторінки «Дані глобального клімату» [25].

Наступним кроком була статистична обробка даних для двох періодів 1974–1998 та 1999–2023 рр. та порівняння даних в часовому аспекті [23].



Рис.1. Рівненська (50°37'11" пн. ш. 26°15'05" сх. д.) та Полтавська (49°35'22" пн. ш. 34°33'4" сх. д.) метеостанції

Обчислені ось такі гідротермічні коефіцієнти: гідротермічний коефіцієнт зволоження за Селяніновим (ГТК) - це сума опадів за період, у котрий середньодобова температура повітря перевищує +10 °C, поділена на суму активних температур за той самий проміжок часу, коли температура перевищувала +10 °C, зменшена в десять разів [28].

Розраховується за формулою:

$$GTK = \frac{R}{0,1 \sum T}, \quad (1)$$

де R – кількість опадів за період з температурою вище 10; $\sum T > 10^\circ$ – сума активних температур вище 10°C.

Даний індикатор перевершує інші, відображаючи не лише прибуткову складову водного балансу, що представлена опадами, а й непродуктивні втрати вологи, такі як випаровування з поверхні ґрунту та рослинності.

Для характеристики умов довкілля можна також використовувати комплексні кліматичні показники – співвідношення температури повітря і кількості опадів упродовж гідрологічного року, який починається з 1 жовтня поп-

ереднього року і закінчується 30 вересня поточного року:

$$O_1 = \frac{t_0 \times 100}{V_o}, \quad (2)$$

де O_1 – гідротермічний коефіцієнт; t_0 – температура за гідрологічний рік (°C), V_o – сума опадів (мм) за той же період [28].

Найбільш відомим параметром посушливості є індекс посушливості Де Мартонне (DM). Цей індекс можна розрахувати для різних часових масштабів, таких як місяці, сезони та роки. Індекс DM використовується в усьому світі для визначення умов сухого/вологого клімату будь-якого даного регіону або регіонів.

Річні та місячні значення індексу посушливості DM , Ia_{DM} та Im_{DM} , можуть бути представлені рівняннями 7 та 8 відповідно:

$$Ia_{DM} = \frac{Pa}{Ta + 1}, \quad (3)$$

$$Im_{DM} = \frac{Pm}{Tm + 1}, \quad (4)$$

де Pa та Pm – річна та місячна кількість опадів; Ta та Tm – середні річні та місячні температури повітря [29].

Тенденції зміни кліматичних показників в

м. Рівне. Встановлено, що температури 1999–2023 рр. були вищими, ніж температури за 1974–1998 рр. упродовж всіх місяців календарного року. Зимові температури упродовж першого періоду становили $-3,1^{\circ}\text{C}$, а упродовж другого періоду – $-2,2^{\circ}\text{C}$, тобто перевищення температури у 1999–2023 порівняно з 1974–1998 рр. було $0,9^{\circ}\text{C}$ (29%). Навесні середні весняні температури протягом першого періоду становили $7,5^{\circ}\text{C}$, а упродовж другого – $9,0^{\circ}\text{C}$, тобто перевищення становило $1,5^{\circ}\text{C}$ (17%). Влітку у першому періоді температури становили $17,2^{\circ}\text{C}$, а другому – $19,6^{\circ}\text{C}$, тобто різниця становила $2,4^{\circ}\text{C}$ (12%) (рис. 2).

Сума зимових опадів у першому періоді становила 85,1 мм, а у другому – 112,3 мм, тобто перевищення становило 27,2 мм (24%). Навесні перевищення опадів у другому періоді спостерігалось у березні-квітні, а у травні вже

спостерігався зворотній процес – навпаки кількість опадів була меншою, ніж у першому періоді. Тобто сума опадів упродовж першого періоду за два перші місяці весни становила 59,9 мм, а відповідна величина за другий період була 78,5 мм, тобто різниця становила 18,6 мм (24 %). Упродовж травня опади у першому періоді становили 70,4 мм, а у другому – 58,6 мм. Тобто відбулося зменшення опадів у другому періоді на 11,9 мм (17 %). Влітку кількість опадів у другому періоді зменшилася на 6% (15,7 мм). Тобто у першому періоді сума опадів за червень-серпень становила 247,3 мм, а у другому – 231,6 мм. Восени зменшення опадів у другому періоді порівняно з першим було незначним – 0,5 мм (0,4%), тобто у першому періоді 133,7 мм, а у другому – 133,2 мм (0,4 %) (див. рис. 2).

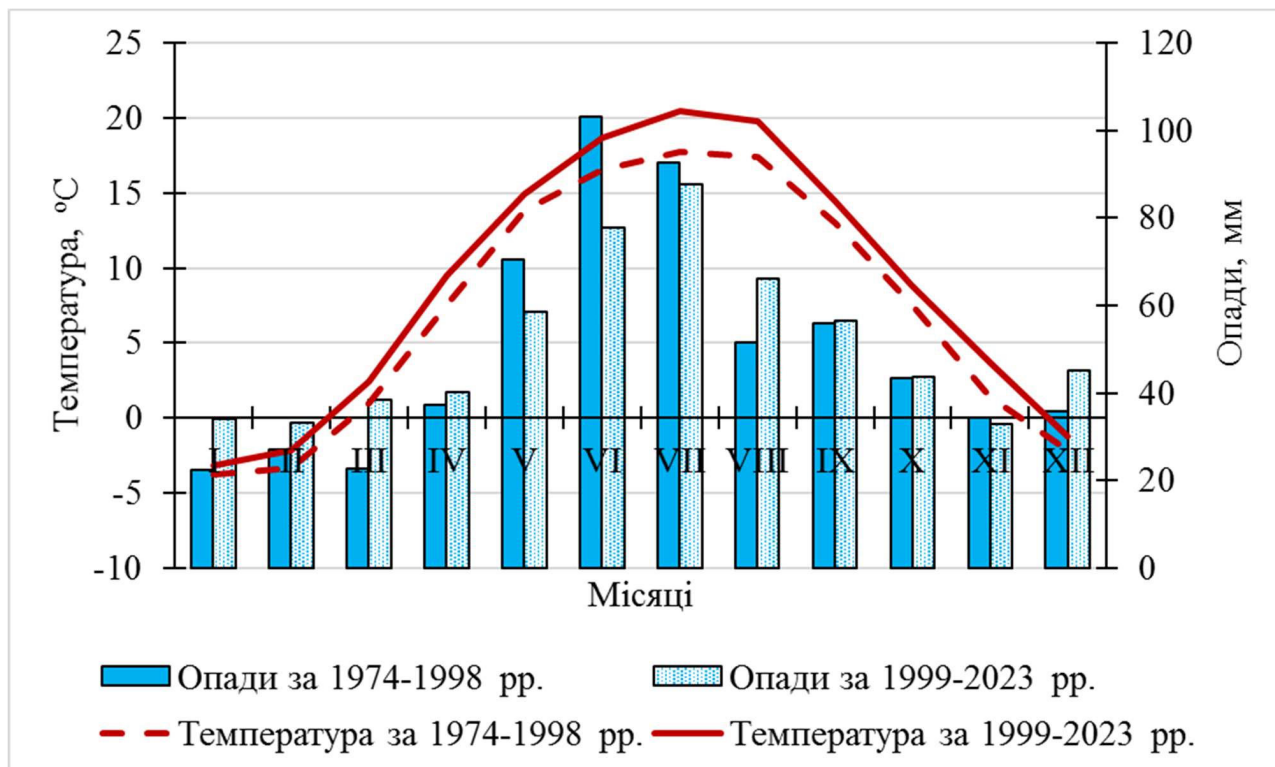


Рис. 2. Кліматограма за даними Рівненської метеостанції

Отже, встановлено, що температури були вищими у 1999–2023 рр. порівняно з 1974–1998 рр. упродовж всього року, а кількість опадів була вищою у другому періоді упродовж зими, а також упродовж весінніх місяців березня та травня. Упродовж травня-липня кількість опадів була меншою у другому періоді, а у серпні спостерігалось перевищення опадів у травні у другому періоді. Упродовж осінніх місяців різниця у кількості опадів була незначною.

Тенденції зміни кліматичних показників в м. Полтава. Встановлено, що середньорічні температури за 1999–2023 рр. були вищими, ніж температури за 1974–1998 рр. упродовж

всїх місяців календарного року. Зимові температури упродовж першого періоду становили $-4,5^{\circ}\text{C}$, а упродовж другого періоду – $-4,0^{\circ}\text{C}$, тобто перевищення температури у 1999–2023 порівняно з 1974–1998 рр. було $1,7^{\circ}\text{C}$ (31%). Навесні середні весняні температури упродовж першого періоду становили $8,1^{\circ}\text{C}$, а упродовж другого – $9,5^{\circ}\text{C}$, тобто перевищення становило $1,4^{\circ}\text{C}$ (15%). Влітку у першому періоді температури становили $19,2^{\circ}\text{C}$, а другому – $21,2^{\circ}\text{C}$, тобто різниця становила $2,0^{\circ}\text{C}$ (10%). Сума зимових опадів у першому періоді становила 114,9 мм, а у другому – 126,1 мм, тобто перевищення становило 11,2 мм (9%). Сума весняних опадів

була маже однаковою упродовж обох періодів (у першому періоді випало 132,4 мм, а у другому – 132,5 мм). В березні та травні спостерігалось незначне збільшення опадів (в березні та травні сума опадів у першому періоді становила 82,2 мм, а у другому періоді – 96,9 мм, тобто перевищення склало 14,7 мм, тобто 15%). У квітні встановлено зменшення опадів у другому періоді в порівнянні з першим на 29%. В перших два літніх місяця випало у продовж першого періоду 126,5 мм, а упродовж другого – 146,7

мм. Тобто перевищення склало 20,2 мм (14%). В серпні навпаки – кількість опадів зменшилася на 19,5 мм (10%). Тобто у першому періоді в серпні випало 50,1 мм, а у другому – 40,3 мм. У вересні першого періоду сума опадів була меншою від суми вересневих опадів другого періоду на 0,7% (0,4 мм). Упродовж жовтня-листопада відбулося зменшення опадів у другому періоді на 11% (9,7 мм). Тобто у жовтні-листопаді першого періоду випало 92,1 мм, а другому періоді – 82,4 мм (рис. 3).

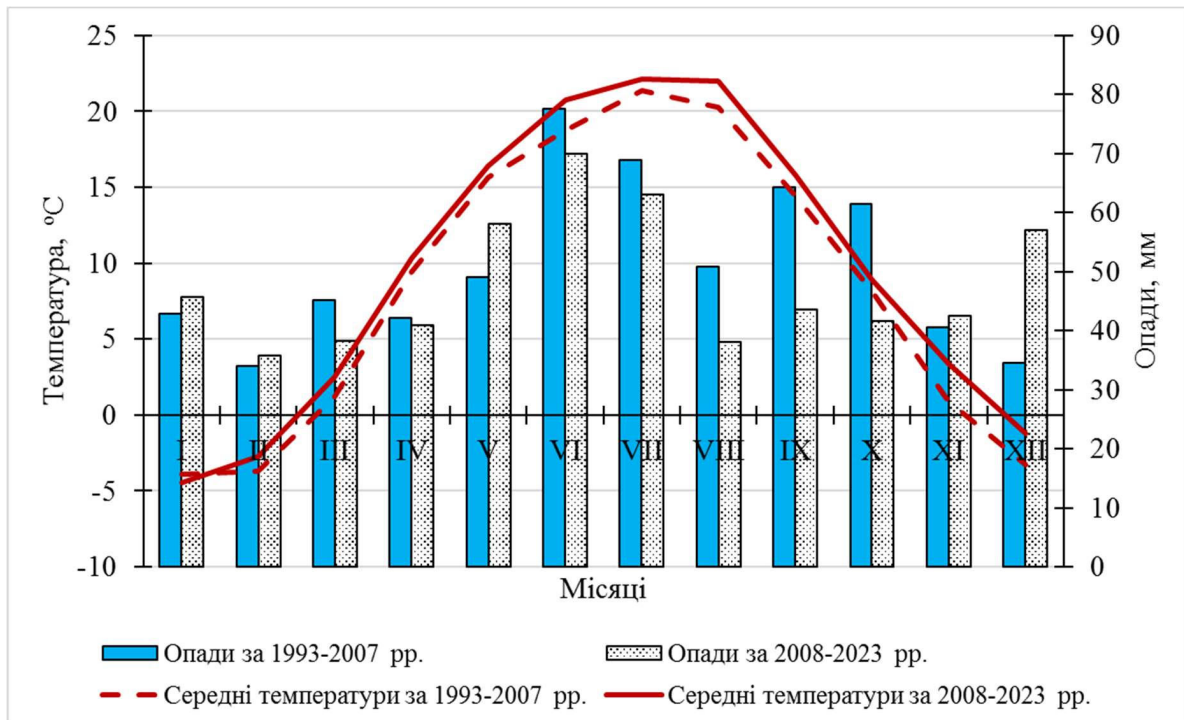


Рис. 3. Кліматограма за даними Полтавської метеостанції

Отже, встановлено, що температури були вищими у 1999–2023 рр. порівняно з 1974–1998 рр. упродовж всього року, а кількість опадів була вищою у другому періоді упродовж зими, а також упродовж весінніх місяців березня та травня. Упродовж червня-липня кількість опадів була більшою у другому періоді, а у серпні спостерігалось зменшення опадів. Упродовж осінніх місяців незначне перевищення опадів було у вересні, а упродовж жовтня-листопада –

навпаки – спостерігалось незначне зменшення кількості опадів.

Зроблено описову статистику середньорічних, максимальних та мінімальних температур, річних сум опадів та відносної вологості за 1974–1998 та 1999–2023 рр. за даними метеорологічної бази даних м. Рівне (для лісової зони) та м. Полтава (для лісостепової зони), для яких зроблена (табл. 1).

Таблиця 1

Описова статистика кліматичних чинників за даними Рівненської та Полтавської метеостанцій

Періоди	м. Рівне		м. Полтава	
	1974-1998 рр.	1999-2023 рр.	1974-1998 рр.	1999-2023 рр.
Середньорічна температура, °C				
Середнє, °C /помилка	7,23±0,19	8,84±0,14	7,54±0,22	9,22±0,14
Стандартне відхилення	0,94	0,71	1,11	0,68
Мінімум	5,57	7,57	5,29	7,71
Максимум	8,8	10,2	9,36	10,6
Коефіцієнт варіації	13	8	15	7

Максимальна температура, °C				
Середнє, °C /помилка	11,03±0,20	13,04±0,16	11,75±0,23	13,52±0,16
Стандартне відхилення	0,99	0,78	1,17	0,79
Мінімум	9,42	11,98	9,58	11,84
Максимум	13,0	14,6	14,24	15,38
Коефіцієнт варіації	9	6	10	6
Мінімальна температура, °C				
Середнє, °C /помилка	3,16±0,19	3,98±0,13	3,46±0,22	5,16±0,12
Стандартне відхилення	0,94	0,67	1,08	0,62
Мінімум	1,2	2,88	1,17	3,74
Максимум	4,7	5,32	5,48	6,33
Коефіцієнт варіації	30	17	31	12
Річна сума опадів, мм				
Середнє, мм /помилка	596,37±33,24	614,08±23,27	568,13±26,28	581,98±21,45
Стандартне відхилення	166,18	116,37	131,38	107,26
Мінімум	359,65	402,05	336,58	403,13
Максимум	1018,77	812,35	848,6	814,73
Коефіцієнт варіації	28	19	23	18
Відносна вологість, %				
Середнє, % /помилка	77,65±0,31	74,95±0,39	73,96±0,64	71,63±0,48
Стандартне відхилення	1,53	1,93	3,22	2,42
Мінімум	75,34	71,08	67,46	66,15
Максимум	81,57	78	79,37	76,03
Коефіцієнт варіації	2	3	4	3

Рівненська метеостанція. Статистичний аналіз порівняння середньорічних температур за даними Рівненської метеостанції за 1974-1998 та 1999-2023 рр. показав значуще перевищення середньорічної температури порівняно з першим ($t_{\text{факт.}}=6,8$, $t_{\text{теор.}}=3,5$, на рівні 0,001 значущості). Це перевищення становило 1,6°C (18%). Коефіцієнт варіації вищий у першому періоді в порівнянні з першим. Статистичний аналіз порівняння максимальних температур за даними Рівненської метеостанції 1974-1998 та 1999-2023 рр. показав значуще перевищення середньорічної температури порівняно з першим ($t_{\text{факт.}}=6,7$, $t_{\text{теор.}}=3,5$, на рівні 0,001 значущості). Ця різниця становила 1,0°C (8%). Коефіцієнт варіації є вищим у другому періоді. Мінімальна температура у другому періоді була вищою на 0,82°C (21%) в порівнянні з першим. Коефіцієнт варіації є дещо вищим у другому періоді. Перевищення кількості опадів було незначне у 1999–2023 рр. в порівнянні з 1974–1998 рр. на 17,7 мм (3%). Відбулося зменшення відносної вологості у другому періоді в порівнянні з першим на 2,7%. Тобто різниця становила 3%.

Для Полтави у другому періоді (1999-2023 рр.) порівняно з першим середньорічна температура збільшилася на 1,7 °C (18,2 %), для м. Рівне підвищення температури склало 1,6 °C (18,2 %), Темпи збільшення максимальної температури зафіксовано для лісової зони, де максимальна температура підвищилася на 2,0°C

(15,4 %), для лісостепової зони відповідно на 1,8 °C (13,1 %). Мінімальна температура для метеостанції м. Рівне збільшилася у 1999-2023 рр. порівняно з 1974-1998 рр. на 0,8 °C (20,1 %), водночас для м. Полтава відповідне значення становило 1,7 °C (32,97 %). Тобто підвищення мінімальної температури було більшим для лісостепової зони порівняно з лісовою. Спостерігалось незначне збільшення річних опадів для обох метеостанцій: для метеостанції м. Рівне ця різниця для двох періодів склала 17,7 мм (2,9 %), а для метеостанції м. Полтава – 13,9 мм (2,4%). Відносна вологість навпаки – зменшилася у другому періоді для обох метеостанцій: для м. Рівне – на 2,7% (3,5%), а для м. Полтава – на 2,3% (3,2%).

Ступінь варіювання всіх кліматичних показників зменшилася у другому періоді за винятком відносної вологості для м. Рівне у другому періоді (1999-2023 рр.), про що свідчить стандартне відхилення. Темпи змін кліматичних чинників для обох метеостанцій відрізнялися незначно.

Отже, при порівнянні кліматичних чинників для 1974-1998 та 1999-2023 рр. для метеостанцій м. Рівне та м. Полтава встановлено, що збільшення середньої, максимальної та мінімальної температури у другому періоді відбулося в діапазоні 13-33%. Кількість опадів також збільшилася у другому періоді на 2,4-3,5% на відміну від відносної вологості, яка зменшилася на 2,7-3,2% для обох метеостанцій у другому

періоді. Це свідчить про те, що незначне збільшення опадів не змогло компенсувати значне збільшення температур, що призвело до зменшення відносної вологості.

Гідротермічні коефіцієнти. В м. Рівне гідротермічний коефіцієнт O_1 у другому періоді у порівнянні з першим збільшився на 11%, а у Полтаві – на 13%. Коефіцієнт де Мартонне та гідротермічний показник Селянинова, які характеризують гідрологічні умови вегетаційного періоду, показали збільшення аридності для обох міст у другому періоді у порівнянні з першим.

Умови аридності в лісовій зоні (м. Рівне) та в лісостеповій (м. Полтава) упродовж 1974–2023 рр. змінювалися по-різному. Ці зміни для ГТК коливалися в межах від 2 до 18%. При цьому для лісової зони гідротермічні коефіцієнти, що відображають гідрологічні умови вегетаційного періоду були вищими в м. Рівне, ніж в Полтаві і змінювалися з більшою швидкістю.

Так для м. Рівне відбулося зменшення гідротермічного коефіцієнта де Мартонне – на 6%, а для Полтави – на 4%, а для ГТК Селянинова відповідно на – 18% та 13% (табл. 2).

Таблиця 2

Гідротермічні коефіцієнти за даними Рівненської та Полтавської метеостанцій

Гідротермічний показник	м. Рівне		м. Полтава	
	1974–1998 рр.	1999–2023 рр.	1974–1998 рр.	1999–2023 рр.
O_1	1,30±0,06	1,55±0,09	1,44±0,11	1,66±0,07
Коефіцієнт де Мартонне	34,41±2,06	33,04±1,30	32,73±1,71	30,36±1,55
Гідротермічний коефіцієнт Селянинова	1,59±0,12	1,30±0,07	1,13±0,08	1,02±0,07

Висновки та перспективи використання результатів дослідження.

При порівнянні кліматичних чинників для 1974–1998 та 1999–2023 рр. для метеостанцій м. Рівне та м. Полтава встановлено, що збільшення середньої, максимальної та мінімальної температури у другому періоді відбулося в діапазоні 13-33%.

Кількість опадів також збільшилася у другому періоді на 2,4-3,5% на відміну від відносної вологості, яка зменшилася на 2,7-3,2% для обох метеостанцій у другому періоді. Це свідчить про те, що незначне збільшення опадів не змогло компенсувати значне збільшення температур, що призвело до зменшення відносної вологості.

Гідротермічні коефіцієнти (коефіцієнт де Мартонне та гідротермічний коефіцієнт Селянинова) що відображають гідрологічні умови вегетаційного періоду, були вищими в м. Рівне, ніж в Полтаві і змінювалися з більшою швидкістю.

Відбувається підвищення аридності впродовж вегетаційного періоду в обох природних зонах (лісовій і лісостеповій), при цьому швидше цей процес відбувається в лісовій зоні.

Матеріали дослідження можна використовувати в освітньому процесі для викладання відповідних профільних дисциплін і також для моніторингу кліматичних чинників у зв'язку із зміною клімату.

Література:

1. Балабух В. О. Регіональні прояви глобальної зміни клімату в Закарпатській області. *Український гідрометеорологічний журнал*, 2013. Вип. 13. С. 55–62. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj_2013_13_11
2. Балабух В. О., Малицька Л. В. Оцінювання сучасних змін термічного режиму України. *Геоінформатика*, 2017. № 4(64). С. 34–49.
3. Балабух В.О. Регіональні прояви глобальної зміни клімату в Тернопільській області та можливі їх зміни до середини XXI ст. *Наукові записки Тернопільського національного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія*, 2014. Вип. 1. С. 43–54. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg_2014_1_9.
4. Бойченко С.Г. Напівемпіричні моделі та сценарії глобальних і регіональних змін клімату / С.Г.Бойченко. –К.: Вид-во "Наук. думка", 2008. 309 с.
5. Букша І. Зміни клімату і лісове господарство України. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*, 2020. №7. С. 11–17. URL: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/482>
6. . Барабаш М.Б., Корж Т.В., Татарчук О.Г. Особливості зміни ресурсів тепла та вологи в Україні при сучасному потеплінні клімату. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*, 2007. Вип. 256. С. 174–186.
7. Воровка В.П., Марченко О.А., Гришко С.В., Яцентюк Ю.В. Динаміка кліматичних характеристик міста Мелітополя як складова глобальних змін. *Екологічні науки*, 2022. Вип. 6, № 45. С. 105–109. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.17>
8. 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.
9. Дідух Я. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії. *Вісник Національної академії наук України*, 2009. Вип. 2. С. 34–44. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2009_2_12

10. Друге національне повідомлення України з питань зміни клімату. Київ : Вид-во "Інтерпрес ЛТД". 2006. 80 с.
11. Динаміка температури повітря в Україні за період інструментальних метеорологічних спостережень: кол. монографія. К.: Ніка-Центр, 2013. 308 с.
12. Єремєєв В., Єфімов В. Регіональні аспекти глобальної зміни клімату. *Вісник Національної академії наук України*, 2003. № 2. С. 14–19. URL: <http://inas.nbu.gov.ua/article/UJRN-0000009247>
13. Іванюта С.П., Коломієць О. О., Малиновська О. А., Якушенко Л. М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь. Київ. : НІСД, 2020. 110 с.
14. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. К.: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
15. Коваль І.М., Свириденко А.О. Зміна клімату в лісовій та лісостеповій зонах України. *Охорона довкілля: зб. наук. статей XX Всеукраїнських наукових Таліївських читань*. Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024. С. 232–234. URL: <https://ekhnuir.karazin.ua/items/4b279a16-6707-4ba6-9b50-aa324f028c41>
16. Максименко Н. В. Метеорологія і кліматологія. Харків : Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2024. 256 с. URI: <https://ekhnuir.karazin.ua/handle/123456789/20885>
17. Максименко Н. В. Овсій М. О. Моделювання і прогнозування кліматичних змін *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*, 2011. № 1-2. С. 37–47.
18. Малицька Л.В., Балабух В.О. Ймовірні зміни кліматичних умов України до середини XXI ст. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2020. Вип. 1 (56). С. 94–100. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.1.10>
19. Малицька Л.В., Балабух В.О. Ймовірні зміни кліматичних умов України до середини XXI ст. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*, 2020. № 1(56). С. 94–100.
20. Навіть якщо людству пощастить обмежити ріст температури на рівні 1,5°C, погода лишиться екстремальною – Адаменко. Головний сайт для агрономів. URL: <https://superagronom.com/news/18867-navit-yakscho-lyudstvu-poschastit-obmejiti-rist-temperaturi-na-rivni-15s-pogoda-lishitsya-ekstremalnoyu--adamenko>
21. Навчальне видання Дистанційний курс «Погода і клімат: глобальне потепління». Сертифікат №273/2021. Автор: проф. Максименко Н. В. Протокол № 1 від 19.10.2021.
22. Свириденко А.О., Коваль І.М. Оцінка тенденцій зміни клімату в регіонах України. *Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи* : IV Міжнар. інтернет-конф., м. Харків, 18 квіт. 2025 р. С. 132–135.
23. Чепур С.С. Біометрія: Методичний посібник. Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2015. 40 с. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/3184>
24. Boichenko S.G., Voloschuk V.M., Doroshenko I. A. Global warming and itseffects over theterritory of Ukraine. *Ukrainian Geographical Journal*,2001. No 3. P. 59–68.
25. Global climate data. <https://en.tutiempo.net/climate/>
26. Havens K.H. Plant responses to climate change: phenology, adaptation, migration. 2nd World Scientific Congress Challenges in Botanical Research and Climate Change. Book of abstract 29 Jun – 4 July 2008. Delft, The Netherlands. P. 6. http://www.nieep.kharkov.ua/sites/default/files/sbornik_2023.pdf
27. Koval Iryna. Climatic signal in earlywood, latewood and total ring width of Crimean pine (*Pinus nighra subsp. Pallasiana*) from Crimean Mountains , Ukraine Baltic Forestry, 2013.Vol. 19(2). P. 245–251.
28. Koval I. M., Bräuning A. The effect of climate change on the radial growth of *Pinus sylvestris* l. and *Quercus robur* l. in the stands of Kharkiv green zone. *Man and Environment. Issues of Neoeology*, 2024. Vol. 41/ p. 132–142. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2024-41-10>.
29. Milentijevic N. Dragojlović Jo., Ristić D., Cimbaljević M., Demirović D., Valjarević A. The assessment of aridity in Leskovac basin, Serbia (1981–2010) / та ін. *Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic, SASA*. 2018. T. 68, № 2. С. 249–264. DOI: <https://doi.org/10.2298/ijgi1802249m>
30. Rybalova O., Artemiev S. Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2017. Vol. 5, Issue 10 (89). P. 67–76. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112211>
31. Shvidenko, A. Non-boreal Forests of Eastern Europe in a Changing World: The Role in the Earth System. In: Groisman, P.Y., Ivanov, S.V. (eds) *Regional Aspects of Climate-Terrestrial-Hydrologic Interactions in Non-boreal Eastern Europe*. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer, Dordrecht, 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2283-7_14
32. Sonko S.; Maksymenko N. , Shiyani, D.; Cherkashyna N. and Zozulia I. Impact of Climate Change on Energy Relations in Agroecosystems. In *Proceedings of the 5th International Scientific Congress Society of Ambient Intelligence - ISC SAI*; ISBN 978-989-758-600-2, SciTePress, 2022. P. 5–13. DOI: 10.5220/0011340400003350
33. Svyrydenko A.O., Koval I. M., Hydrothermal coefficients as important indicators of climate change. *Ecology is a priority : All-Ukrainian English-speaking student conference*, march 14, 2025, Kharkiv [Electronic resource] / Ed.: N. V. Maksymenko, N. I. Cherkashyna. Kharkiv: V. N. Karazin National University, 2025. P. 128–129. URL: <https://ekhnuir.karazin.ua/handle/123456789/20978>

References:

1. Balabukh V. O. Rehionalni proiavy hlobalnoi zminy klimatu v Zakarpatskii oblasti. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal*, 2013. Vyp. 13. S. 55–62. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj_2013_13_11
2. Balabukh V. O., Malyska L. V. Otsiniuvannia suchasnykh zmin termichnoho rezhymu Ukrainy. *Heoinformatyka*, 2017. № 4(64). S. 34–49.
3. Balabukh V.O. Rehionalni proiavy hlobalnoi zminy klimatu v Ternopilskii oblasti ta mozhlyvi yikh zminy do seredyiny KhKhI st. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Serii: heohrafiia*, 2014. Vyp. 1. S. 43–54. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/NZTNPUg_2014_1_9.
4. Boichenko S.H. Napivempirichni modeli ta stsenarii hlobalnykh i rehionalnykh zmin klimatu / S.H.Boichenko. –K. : Vyd-vo "Nauk. dumka", 2008. 309 s.
5. Buksha I. Zminy klimatu i lisove gospodarstvo ukrainy. *Naukovi pratsi Lisivnychoi akademii nauk Ukrainy*, 2020. №7. S. 11-17. URL: <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/482>
6. Barabash M.B., Korzh T.V., Tatarchuk O.H. Osoblyvosti zminy resursiv tepla ta volohy v Ukraini pry suchasnomu poteplinni

- klimatu. Naukovi pratsi Ukrainського naukovо-doslidnоho hidrometeorolohichnоho instytutu, 2007. Vyp. 256. S. 174–186.
7. Vorovka V.P., Marchenko O.A., Hryshko S.V., Yatsentiuk Yu.V. Dynamika klimatychnykh kharakterystyk mista Melitopolia yak skladova hlobalnykh zmin. Ekolohichni nauky, 2022. Vyp. 6, № 45. S. 105–109. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.17>
8. Vorovka V.P. Tendentsii i naslidky klimatychnykh zmin na Melitopolshchyni. Ekolohiia – stratehiia isnuvannia liudstva : zb. nauk. prats. Melitopol: TOV «Kolor Prynt», 2019. S. 37–42.
9. Didukh Ya. Ekolohichni aspekty hlobalnykh zmin klimatu: prychyny, naslidky, dii. Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy, 2009. Vyp. 2. S. 34–44. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2009_2_12
10. Druhe natsionalne povidomlennia Ukrainy z pytan zminy klimatu. Kyiv : Vyd-vo "Interpres LTD". 2006. 80 s.
11. Dynamika temperatury povitria v Ukraini za period instrumentalnykh meteorolohichnykh sposterezhen: kol. monohrafiia. K.: Nika-Tsentr, 2013. 308 s.
12. Ieremieiev V., Yefimov V. Rehionalni aspekty hlobalnoi zminy klimatu. Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy, 2003. № 2. S. 14–19. URL: <http://jnas.nbuv.gov.ua/article/UJRN-0000009247>.
13. Ivaniuta S.P., Kolomiets O. O., Malynovska O. A., Yakushenko L. M. Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii: analit. dopovid. Kyiv. : NISD, 2020. 110 s.
14. Klimat Ukrainy / za red. V. M. Lipinskoho, V. A. Diachuka, V. M. Babichenko. K.: Vydavnytstvo Raievskoho, 2003. 343 s.
15. Koval I.M., Svyrydenko A.O. Zmina klimatu v lisovii ta lisostepovii zonakh Ukrainy. Okhorona dovkillia: zb. nauk. statei KhKh Vseukrainskykh naukovykh Taliivskykh chytan. Kharkiv: KhNU imeni V. N. Karazina, 2024. S. 232–234. URL: <https://ekhnuir.karazin.ua/items/4b279a16-6707-4ba6-9b50-aa324f028c41>
16. Maksymenko N. V. Meteorolohiia i klimatolohiia. Kharkiv : Kharkivskiy natsionalnyi universytet imeni V. N. Karazina, 2024. 256 s. URL: <https://ekhnuir.karazin.ua/handle/123456789/20885>
17. Maksymenko N. V. Ovsii m. o. modeliuvannia i prohozuvannia klimatychnykh zmin Liudyna ta dovkillia. Problemy neoekolohii, 2011. № 1-2. S. 37–47.
18. Malyska L.V., Balabukh V.O. Ymovirni zminy klimatychnykh umov Ukrainy do seredyny KhKhI st. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia, 2020. Vyp. 1 (56). C. 94–100. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.1.10>
19. Malyska L.V., Balabukh V.O. Ymovirni zminy klimatychnykh umov Ukrainy do seredyny KhKhI st. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia, 2020. № 1(56). C. 94–100.
20. Navit yakshcho liudstvu poshchastyt obmezhyty rist temperatury na rivni 1,5°S, pohoda lyshytsia ekstremalnoiu – Adamenko. Holovnyi sait dlia ahronomiv. URL: <https://superagronom.com/news/18867-navit-yakshcho-lyudstvu-poshchastyt-obmejiti-ris-temperaturi-na-rivni-15s-pohoda-lishitsya-ekstremalnoy--adamenko>
21. Navchalne vydannia Dystantsiyni kurs «Pohoda i klimat: hlobalne poteplinnia». Sertyfikat №273/2021. Avtor: prof. Maksymenko N. V. Protokol № 1 vid 19.10.2021.
22. Svyrydenko A.O., Koval I.M. Otsinka tendentsii zminy klimatu v rehionakh Ukrainy. Aktualni problemy formalnoi i neformalnoi osvity z monitorynhu dovkillia ta zapovidnoi spravy : IV Mizhnar. internet-konf., m. Kharkiv, 18 kvit. 2025 r. S. 132–135.
23. Chepur S.S. Biometriia: Metodychni posibnyk. Uzhhorod: Vydavnytstvo UzhNU «Hoverla», 2015. 40 s. URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/3184>
24. Boichenko S.G., Voloschuk V.M., Doroshenko I. A. Global warming and itseffects over the territory of Ukraine. Ukrainian Geographical Journal, 2001. No 3. P. 59–68.
25. Global climate data. <https://en.tutiempo.net/climate/>
26. Havens K.H. Plant responses to climate change: phenology, adaptation, migration. 2nd World Scientific Congress Challenges in Botanical Research and Climate Change. Book of abstract 29 Jun – 4 July 2008. Delft, The Netherlands. P. 6. http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/sbornik_2023.pdf
27. Koval Iryna. Climatic signal in earlywood, latewood and total ring width of Crimean pine (*Pinus nighra* subsp. *Pallasiana*) from Crimean Mountains, Ukraine Baltic Forestry, 2013. Vol. 19(2). P. 245–251.
28. Koval I. M., Bräuning A. The effect of climate change on the radial growth of *Pinus sylvestris* L. and *Quercus robur* L. in the stands of Kharkiv green zone. Man and Environment. Issues of Neoecology, 2024. Vol. 41/ p. 132–142. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2024-41-10>.
29. Milentijevic N. Dragojlović Jo., Ristić D., Cimbaljević M., Demirović D., Valjarević A. The assessment of aridity in Leskovac basin, Serbia (1981-2010) / ta in. Journal of the Geographical Institute Jovan Cvijic, SASA. 2018. T. 68, № 2. S. 249–264. DOI: <https://doi.org/10.2298/ijgi1802249m>
30. Rybalova O., Artemiev S. Development of a procedure for assessing the environmental risk of the surface water status deterioration. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017. Vol. 5, Issue 10 (89). P. 67–76. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112211>
31. Shvidenko, A.. Non-boreal Forests of Eastern Europe in a Changing World: The Role in the Earth System. In: Groisman, P.Y., Ivanov, S.V. (eds) Regional Aspects of Climate-Terrestrial-Hydrologic Interactions in Non-boreal Eastern Europe. NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security. Springer, Dordrecht, 2009. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2283-7_14
32. Sonko S.; Maksymenko N. , Shiyani, D.; Cherkashyna N. and Zozulia I. Impact of Climate Change on Energy Relations in Agroecosystems. In Proceedings of the 5th International Scientific Congress Society of Ambient Intelligence - ISC SAI; ISBN 978-989-758-600-2, SciTePress, 2022. P. 5–13. DOI: 10.5220/0011340400003350
33. Svyrydenko A.O., Koval I. M., Hydrothermal coefficients as important indicators of climate change. Ecology is a priority : All-Ukrainian English-speaking student conference, march 14, 2025, Kharkiv [Electronic resource] / Ed.: N. V. Maksymenko, N. I. Cherkashyna. Kharkiv: V. N. Karazin National University, 2025. R. 128–129. URL: <https://ekhnuir.karazin.ua/handle/123456789/20978>

Надійшла для редакції 12.04.2025р.