

УДК 551.582 (282.247.314):502.51

DOI <https://doi.org/10.32999/ksu2413-7391/2023-19-6>

Холявчук Д.І.,
доцент кафедри фізичної географії, геоморфології та палеогеографії
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
d.kholyavchuk@chnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-7489-7848

Талабан О.П.,
студентка V курсу кафедри фізичної географії, геоморфології та палеогеографії
Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича
talaban.olha11@gmail.com
ORCID: 0009-0004-9961-4607

ТОПОКЛІМАТИ СЕРЕДНЬОГО ПРИДНІСТЕР'Я ЗА ДАНИМИ ЦИФРОВИХ МЕТЕОСТАНЦІЙ DAVIS

У статті досліджується потенціал використання даних цифрових безпроводних метеостанцій для виявлення топокліматичних відмінностей у природних регіонах зі складно побудованими поверхнями. Установлено доцільність використання цифрових метеостанцій Davis як сучасних, точних і надійних дистанційних інструментів для метеорологічного моніторингу, зокрема для виявлення топокліматичних відмінностей, важливих для управління природокористуванням. Топокліматичне різноманіття досліджено на прикладі природного регіону Середнього Придністер'я з використанням строкових даних цифрових метеостанцій та опорних метеостанцій Національної гідрометеорологічної мережі за період із 1 червня 2020 р. по 31 травня 2021 р. Статистичний і графічний аналіз у програмному забезпеченні Weatherlink виявив чіткі топокліматичні відмінності в регіоні Середнього Дністра. Верхні правобережні тераси долини річки Дністер характеризуються вищими добовими температурами повітря і згладженішим ходом температур повітря порівняно з іншими топокліматами; топоклімати лівобережних низьких терас – значними добовими амплітудами температур і меншою кількістю атмосферних опадів. Для поперечних долин лівобережних допливів властиві нижчі нічні температури повітря. Дані спостережень із цифрових метеостанцій показують найтіснішу кореляцію в ході температур повітря з даними найближчих опорних метеостанцій і помітні відхилення в ході атмосферних опадів. Результати підтверджують регіональні тенденції глобальних змін клімату (потепління й аридизації особливо в теплий період). Можливість визначення місцевих кліматичних рис за допомогою метеорологічного моніторингу цифрових метеостанцій підтверджує важливість і перспективи розширення мережі спостережень цифровими метеостанціями на територіях, не охоплених Національною гідрометеорологічною мережею.

Ключові слова: топоклімат, цифрові метеостанції, метеорологічний моніторинг, зміни клімату, природокористування.

Kholiavchuk D.I., Talaban O.P. Topoclimates of Middle Dniester region based on Davis digital weather station data

The paper explores the potential use of data from digital wireless Davis weather complexes to identify topoclimatic variations in regions characterized by the morphometric heterogeneity of surfaces. It establishes the viability of employing Davis digital weather stations as modern, accurate, and reliable remote tools for meteorological monitoring, specifically for discerning topoclimatic features relevant to nature management. Topoclimatic diversity within the Middle Dniester natural region is examined using both annual data from digital weather stations and reference weather stations from the National Hydrometeorological Network for the period spanning June 1, 2020, to May 31, 2021. Statistical and graphical analysis in WeatherLink software reveals distinct topoclimatic differences in the Middle Dniester River region. The upper right-bank terraces of the Dniester River Valley exhibit higher daily air temperatures and a smoother temperature profile compared to other topoclimates. Topoclimates



associated with the left-bank low terraces of the Dniester River experience significant diurnal temperature amplitudes and reduced precipitation. Meridional tributary valleys from the north are characterized by lower night air temperatures. Digital weather station observations show the strongest correlation with nearby reference weather stations for air temperatures but exhibit notable deviations in atmospheric precipitation. The analysis for the specified period confirms regional trends in global climate change, particularly evident in increased winter and summer air temperatures and a drying trend in the warm period of the year. Meteorological data from digital weather stations allow for the identification of local climatic peculiarities linked to morphometry and daytime surface properties, crucial for planning various nature management activities. This advantage underscores the importance of expanding the observational network into areas not covered by the National Hydrometeorological Network, encouraging further research and data collection.

Key words: topoclimate, digital weather stations, meteorological monitoring, climate change, nature management.

Постановка проблеми. Метеорологічний моніторинг території України до початку повномасштабної війни був представлений мережею 187 опорних приземних метеорологічних станцій Державної системи гідрометеорологічних спостережень Національної гідрометеорологічної служби. Зважаючи на військові обставини, частина з них не функціонує або ж опинилася на окупованій території.

Визначальною вимогою облаштування мережі метеорологічного моніторингу є забезпечення такої мінімальної щільності станцій, які дали б змогу забезпечити точність для будь-якого пункту території між місцями спостережень за допомогою інтерполяції (WMO, 2018; Yildirim et al., 2016). Дані приземних метеорологічних спостережень, які проводять метеорологічні станції, повинні бути репрезентативними для району моніторингу (Настасова, 2011). Такі вимоги передбачають раціональну побудову мережі репрезентативних щодо загального фону кліматотвірних факторів основних і мікрокліматичних станцій, які відображають місцеві особливості метеорологічного режиму й клімату території. Основні метеостанції зазвичай забезпечують репрезентативними метеорологічними даними населені пункти, що розташовані від неї на відстані не більше ніж 30 км. В Україні в середньому відстань між сусідніми метеостанціями становить 65 км. Це свідчить про те, що опорна метеорологічна мережа радше репрезентативна стосовно зональних і регіональних рис.

Натомість різноманіття форм рельєфу височинних і річково-долинних територій (наприклад, Середнього Придністер'я, адже саме долинні форми рельєфу є місцем трансформації зональних кліматичних показників (Муха,

2003; Холявчук, 2007)) свідчить про формування місцевих кліматів, що потребує проведення додаткових місцевокліматичних досліджень. Якісний моніторинг природних компонентів місцевих ландшафтів, метеорологічний зокрема, – передумова науково обґрунтованих рішень природокористування. Вони, у свою чергу, основа досягнення цілей кліматичної політики України до 2030 р. Вона передбачає «розроблення і здійснення дієвих заходів з адаптації до зміни клімату та підвищення опірності до пов'язаних з кліматом ризиків і стихійних лих; розроблення та запровадження механізму формування адаптаційної політики за принципом від місцевого (регіонального) до національного рівня, приділяючи пріоритетну увагу діям тих громад і секторів економіки, які є найбільш вразливими до впливів зміни клімату» (Концепція реалізації, 2016).

Тому в таких умовах доцільним є використання портативних цифрових метеостанцій, різноманіття й технічні характеристики яких із кожним роком дедалі прогресують. Апробація таких засобів на прикладі геоекологічних досліджень ландшафтних регіонів зі складно побудованими поверхнями – необхідна передумова для виявлення потенціалу альтернативного метеорологічного моніторингу для потреб місцевих громад та установ.

Середнє Придністер'я – один із таких унікальних і кліматично неоднорідних регіонів. Його кліматична неоднорідність зумовлена особливостями розміщення й формування систем каньйоноподібних річкових долин Дністра та його допливів. Подібних рівнинних природних регіонів зі складно розчленованим рельєфом на теренах України багато, про що свідчить значна кількість височин як

у Правобережній, так і Лівобережній Україні. Такі області, зважаючи на комфортні кліматичні умови, а відповідно й давнє заселення та освоєння, – стратегічні об'єкти для прикладних кліматологічних досліджень з метою ефективного планування сталого розвитку територіальних громад.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кліматичним особливостям регіону присвячена низка праць автора (Холявчук, 2006, 2007, 2013; Kynal & Kholiavchuk, 2016). Багатодесятирічні дослідження доводять, що Середнє Придністер'я – еталонний регіон для дослідження місцевокліматичних особливостей рівнинних ландшафтів, пов'язаних зі різноманіттям діяльних поверхонь, їхньої геометрії та геоморфологічних особливостей краю річкових долин (Геренчук, 1979, 1980; Денисик, 1996, 2007; Дутчак, 2013; Киналь, 2006; Холявчук 2006).

Успішний досвід застосування цифрових метеостанцій у регіональних і локальних природничих дослідженнях і для прикладних потреб відомий: у сільському господарстві (Dunaieva et al., 2021; Huamán et al., 2020; Romashchenko et al., 2019); у моніторингу й оцінюванні комфортності клімату, міст зокрема (Amorim & Dubreuil, 2017; Krüger et al., 2013, 2017); із військовою метою (Dejmal et al., 2017); для освітніх потреб (Gabała, 2017); для метеорологічних прогнозів і побудови кліматичних моделей (Akinwumi et al., 2018; Calderon-Cordova et al., 2016; Gkikas & Maragoudakis, 2022; Munandar et al., 2017; Ometan et al., 2019). Порівнянню якості метеорологічних спостережень цифрових метеостанцій присвячене дослідження британських науковців (Bell et al., 2015). Зокрема, упродовж року порівнювалися спостереження Davis Vantage Pro2, Vantage Vue, Oregon Scientific WMR200, Fine OffsetWH1080 і La Crosse WS2350 з метеостанціями професійної системи метеорологічного моніторингу Met Office. Отримані дані Davis Vantage Pro2 й Vantage Vue вказують на найтіснішу кореляцію з даними професійних станцій Met Office щодо температури повітря. Так, середнє відхилення становить менше ніж 0,2 °C (Bell et al., 2015). Пілотний проєкт NOAA мережі автоматичних метеокомплексів Davis Vantage Pro запущений із 2006 р. у Греції у відповідь на потреби різних секторів економіки

щодо доступних спостережень за погодою в реальному часі. Зараз дані NOAA як у реальному часі, так і в архіві використовують для вивчення умов міських просторів, розуміння екстремальних погодних явищ і їх впливу на суспільство, у сільському господарстві, для будівельного оцінювання й оцінювання збитків страховими компаніями (Lagouvardos et al., 2017). Проте визначено, що комплекси Vantage Vue вразливі до довгохвильового випромінювання, а тому важливою є правильна установка приладів для досягнення оптимальної продуктивності метеостанції (Butler, 2019; Jenkins, 2014). Водночас, зважаючи на переваги якості спостережень, «розумної» вартості, значну мережу вже функціонуючих метеостанцій на території України, вважаємо за доцільне проаналізувати дані метеорологічного моніторингу саме цифрових метеостанцій Davis.

Постановка завдання. Дослідження спрямоване на виявлення топокліматичних особливостей природно різноманітного регіону Середнього Придністер'я за допомогою цифрових метеостанцій і визначення ефективності їх застосування для прикладних топокліматичних досліджень території України. Це передбачає розв'язання таких завдань: 1) з'ясування загальних особливостей клімату Середнього Придністер'я; 2) статистичний аналіз строкових даних цифрових метеостанцій у межах досліджуваного регіону й порівняння з даними опорної метеомережі Національної гідрометеорологічної служби України; 3) виявлення й виокремлення топокліматичних типів і їх особливостей у межах досліджуваної території; 4) визначення репрезентативності даних, отриманих за допомогою цифрових метеостанцій, і доцільності застосування цифрових метеостанцій у топокліматичних дослідженнях.

Матеріали та методи дослідження. Для розв'язання завдань дослідження застосовані дані цифрових метеостанцій Davis як сучасних і зручних дистанційних засобів спостереження за погодними умовами певної території з використанням безпроводного й інтернет-зв'язку. Сьогодні на території України можна констатувати вже мережу цифрових метеостанцій американської фірми Davis (понад 350 метеостанцій), про що свідчить інтерактивна мапа локацій метеостанцій у програмному онлайн-додатку WeatherLink. Більшість



таких комплексів установлені на територіях агрофірм і природно-заповідних установ.

Загалом цифрові метеостанції Davis збирають дані за такими метеоелементами: температурою повітря, відносною вологістю повітря, кількістю опадів, напрямом і швидкістю вітру, атмосферним тиском; визначають точку роси та деякі біокліматичні індекси (TSW, EV). У дослідженні для описового статистичного аналізу ми використали дані про середні, мінімальні й максимальні температури повітря, кількість атмосферних опадів, напрям і швидкість вітру. Зважаючи на найдовші ряди спостережень, у дослідженні ми застосували дані, зібрані п'ятьма цифровими метеоконцентрами Davis Vantage Vue та Vantage Pro, які розташовані в Середньому Придністер'ї (рис. 1). Більшість із них установлені у 2020 р. Відповідно, ми проаналізували період із 1 червня 2020 р. по 31 травня 2021 р. Строкові дані завантажені за допомогою програмного забезпечення WeatherLink. Для порівняння проаналізовано також дані за цей же період із чотирьох опорних метеорологічних станцій, розташованих у регіоні (рис. 1). Окрім того, для з'ясування загальних регіональних особливостей клімату Середнього Придністер'я опрацьовані кліматичні дані з архівів проекту CARPATCLIM (Szalai et al., 2013).

Топокліматичні особливості вирізняються на основі виявлених просторових відмінностей за результатами статистичного аналізу даних. Топокліматичні типи визначено відповідно до висотної диференціації ландшафтних місцевостей каньйоноподібної долини Дністра та його допливів (Денисик, 2007; Дутчак, 2014) і згідно з результатами попередніх експедиційних мікрокліматичних спостережень автора (Холявчук, 2013).

Репрезентативність даних цифрових метеостанцій оцінена шляхом кореляційного порівняння результатів цифрових та опорних метеостанцій, які розташовані в безпосередній близькості одне до одного, і порівняння цих даних із даними кліматичних норм.

Виклад основного матеріалу дослідження. Середнє Придністер'я – ландшафтний регіон, утворений унаслідок складної взаємодії літо-тектонічних, геоморфологічних, кліматогенних, гідрогенних чинників. Тому для нього характерні деякі специфічні риси клімату (Холявчук, 2006). Так, на кліматичному фоні України Середнє Придністер'я вирізняється вищими температурами повітря протягом року. Середньорічна температура повітря на 1–1,5 °C вища за загальноширотну і становить +8–+9 °C (рис. 2а). Найтеплішими місяцями в році є липень і серпень. При цьому

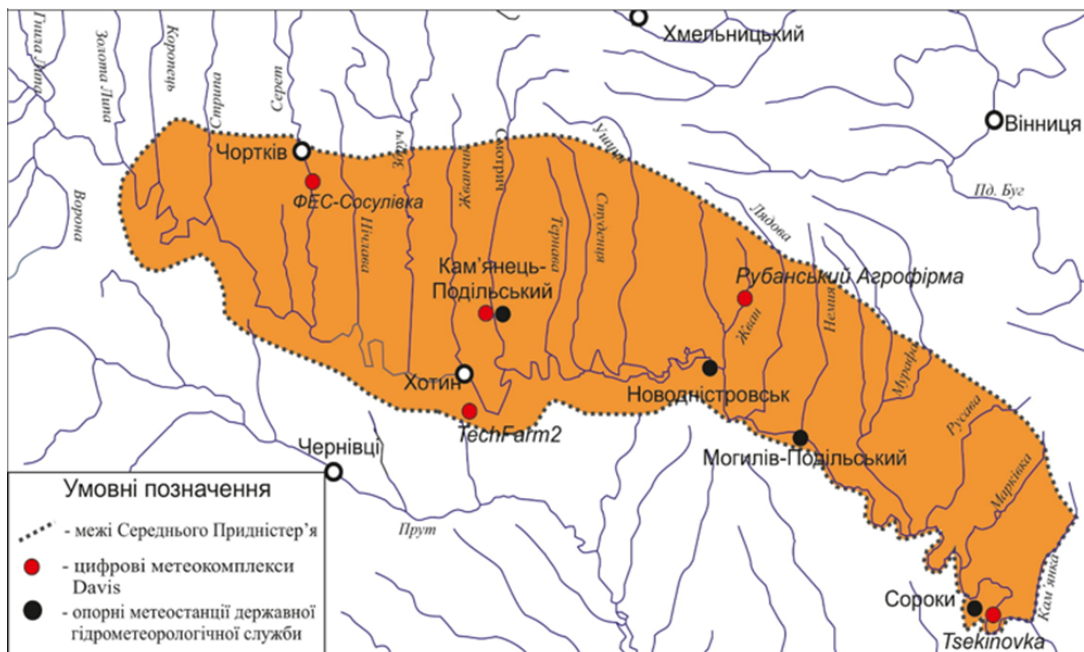


Рис. 1. Розміщення цифрових метеостанцій та опорних метеостанцій у межах Середнього Придністер'я

в липні середньомісячна температура не буває нижчою за $+18^{\circ}\text{C}$, а в східній частині дністерської долини нижчою за $+19^{\circ}\text{C}$. Середньомісячні температури серпня ще вищі: від $+19^{\circ}\text{C}$ на заході регіону до $+22^{\circ}\text{C}$ на сході. Середньомісячна температура січня становить -5 – $-3,5^{\circ}\text{C}$ (Szalai et al., 2013). Середня максимальна багаторічна температура в межах регіону становить $+12$ – $+13^{\circ}\text{C}$ (рис. 2), тоді як за його межами – $+11$ – $+12^{\circ}\text{C}$. Середня мінімальна багаторічна температура коливається від $+3$ до $+5^{\circ}\text{C}$ (рис. 2в).

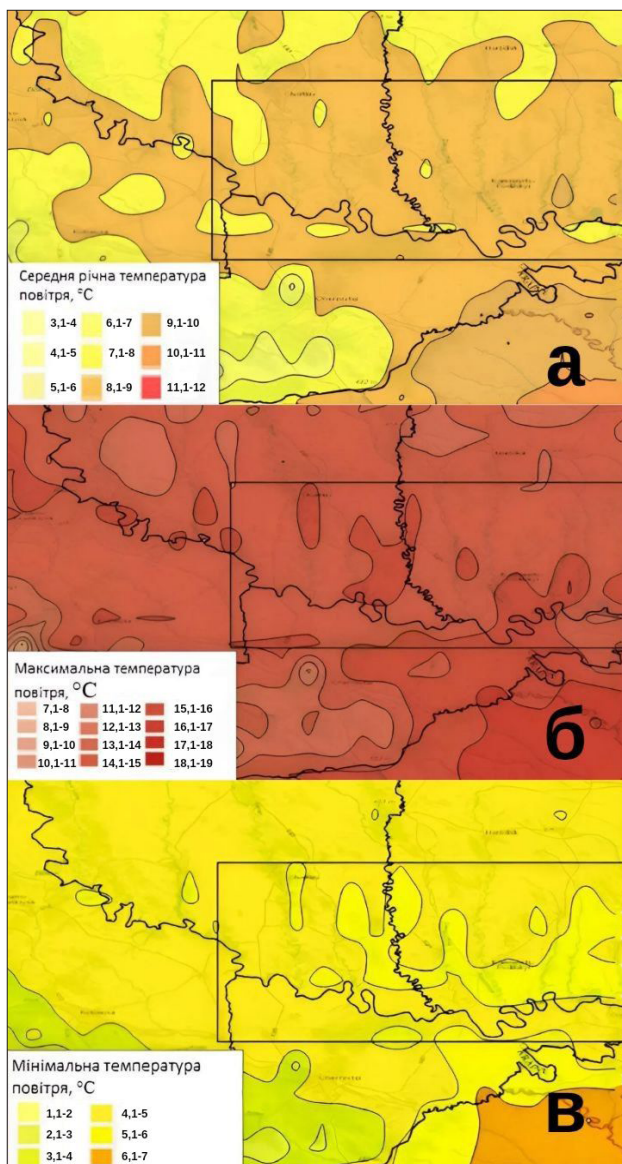


Рис. 2. Середні багаторічні температури повітря в Середньому Придністер'ї (1981–2010 рр., за даними CARPATCLIM; Szalai et al. (2013)): а) середня річна температура; б) максимальна річна; в) мінімальна річна. Регіон дослідження окреслено чорним

Для регіону також характерні менші суми опадів порівняно з навколишніми територіями. Виразною закономірністю є збільшення континентальності клімату із заходу на схід. Найменше атмосферних опадів за рік випадає на сході (сумарна річна кількість опадів близько 480 мм) (рис. 3). Найбільша ж сумарна річна кількість опадів характерна для вузьких долинних ділянок на правобережжі Середнього Дністра й для західних навітряних схилів Хотинської височини (близько 750 мм) (Холявчук, 2007). У межах «теплого» Поділля різниця між сумарною річною кількістю опадів, що випадає на північному заході й південному сході, становить приблизно 120 мм. Це доволі високий показник, який свідчить про недостатній рівень зволоження в східній частині регіону (Дутчак, 2013).

Регіон вирізняється підвищеною тривалістю сонячного сяйва, що може подекуди перевищувати 2000 год. за рік (рис. 4), і тривалістю вегетаційного періоду (220–240 днів) (рис. 5). Окрім того, у регіоні відбувається трансформація вітрового режиму. Тому домінуючими є північно-західні й південно-східні вітри з незначними швидкостями, що відповідають загальній орієнтації дністерської долини та його допливів. Характерними є також місцеві долинні вітри термічного походження (Холявчук, 2006).

Отже, клімат Середнього Придністер'я характеризується: 1) специфічним температурним режимом, а саме вищими значеннями денних температур і більшими добовими амплітудами, проте загалом температурний режим є згладженим; 2) нижчими значеннями швидкості вітру, що пояснюється захищеністю долини; 3) особливостями зміни кліматичних сезонів (у межах долини Середнього Дністра весна настає на два тижні раніше, ніж на суміжних територіях). Загалом мезокліматичні умови презентують регіон як кліматично комфортний (Холявчук, 2007).

З огляду на виокремлені особливості, для з'ясування рис топокліматів регіону за даними метеокомплексів Davis та опорних метеостанцій досліджено хід основних метеовеличин, а саме температур повітря й опадів у межах окремих локацій Середнього Придністер'я (рис. 6, 7).

На основі фізико-географічних умов розташування доступних метеостанцій (таблиця 1),

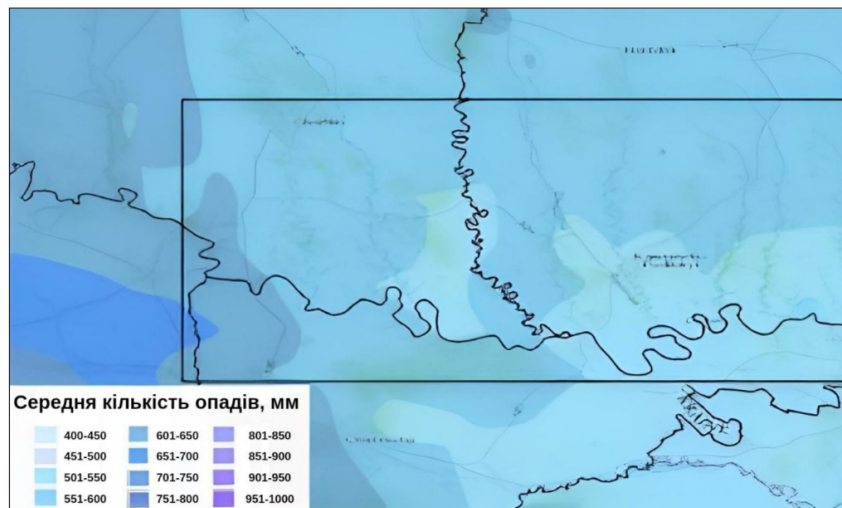


Рис. 3. Середня річна кількість опадів за рік у Середньому Придністер'ї (1981–2010 рр., за даними CARPATCLIM; Szalai et al. (2013))

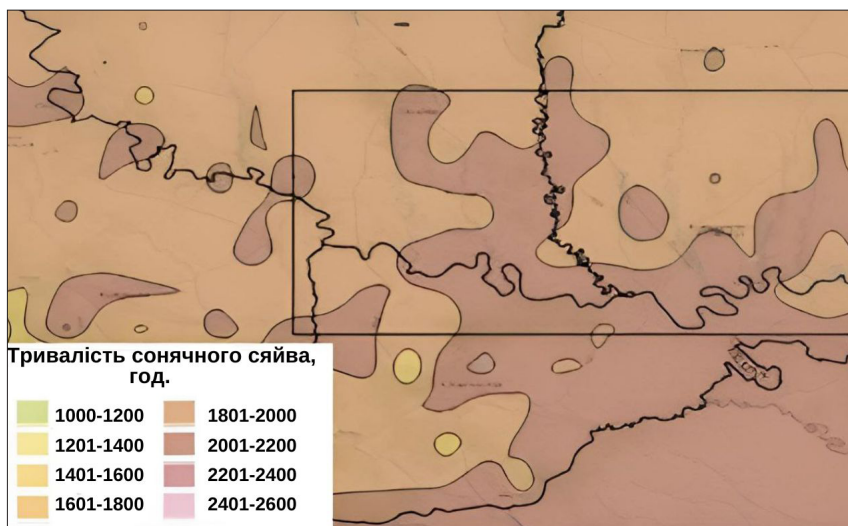


Рис. 4. Річна тривалість сонячного сйва в Середньому Придністер'ї (1981–2010 рр., за даними CARPATCLIM; Szalai et al. (2013))

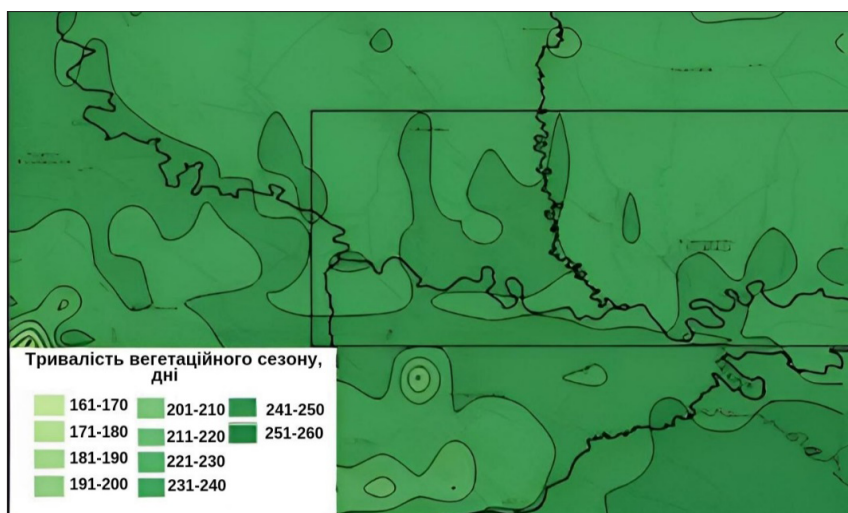


Рис. 5. Річна тривалість вегетаційного періоду в Середньому Придністер'ї (1981–2010 рр., за даними CARPATCLIM; Szalai et al. (2013))

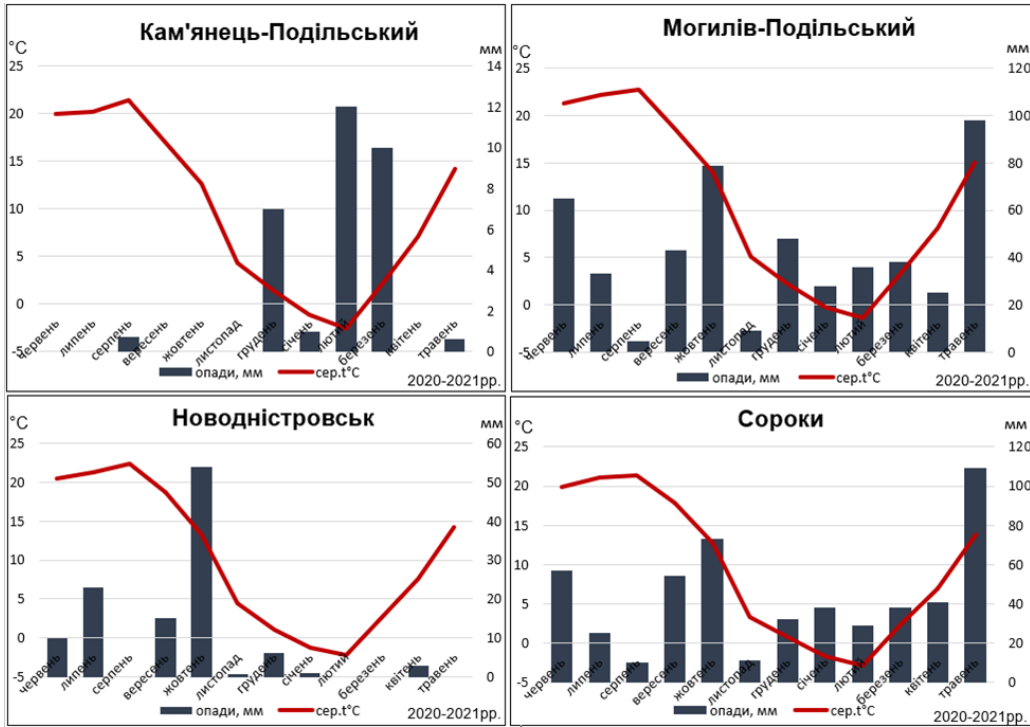


Рис. 6. Річний хід температур повітря й кількості атмосферних опадів за даними опорних метеостанцій

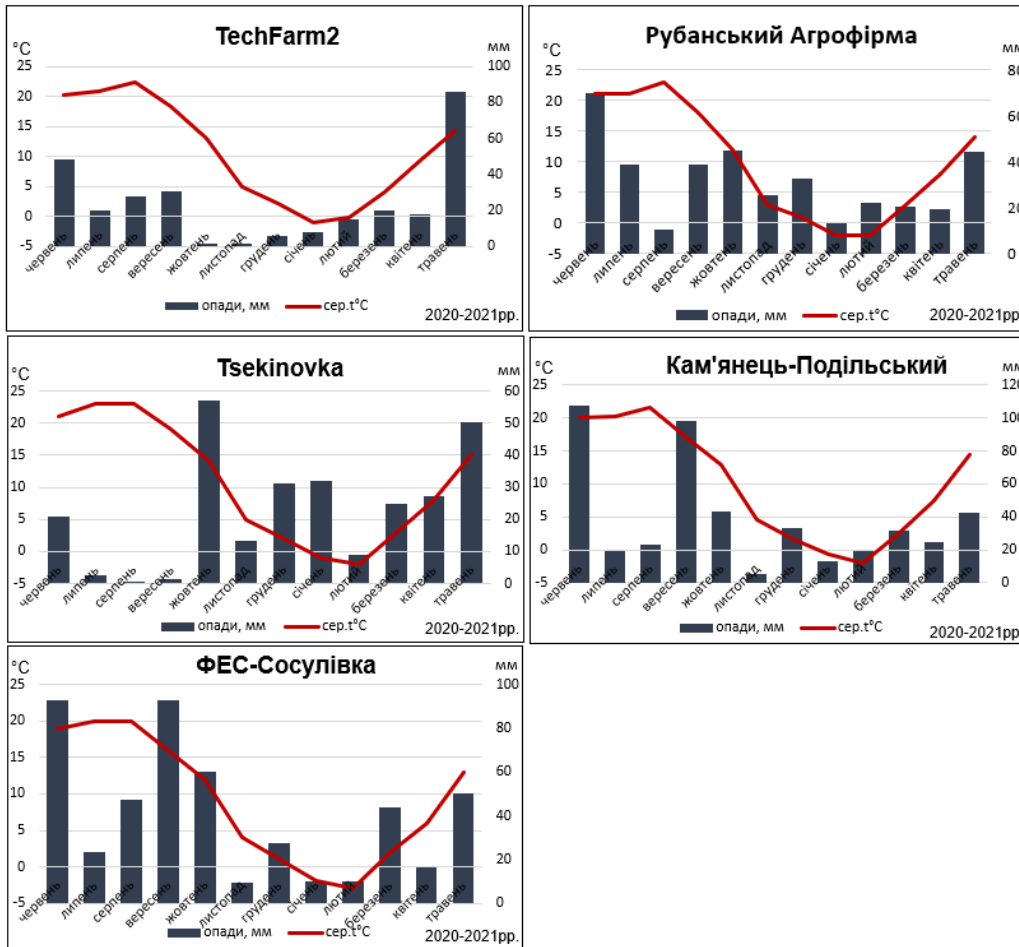


Рис. 7. Річний хід температур повітря й кількості атмосферних опадів за даними цифрових метеостанцій



Таблиця 1

Фізико-географічні умови розташування цифрових метеоконплексів Davis

Назва локації, де встановлена метеостанція	Висота розташування над рівнем моря й координати	Фізико-географічний область і район розташування, ландшафтна місцевість	Відстань до перешкод
Локація TechFarm2	182 м 48,4264 пн. ш. 26,6006 сх. д.	Зона широколистяних лісів, Західноукраїнський край, Прут-Дністровська височинна область, Заставнівсько-Хотинський район, п'ята надзаплавна тераса р. Дністра	200 м до будинків, 2,5 км до р. Дністра
Локація Рубанський Агрофірма	310 м 48,7 пн. ш. 27,5 сх. д.	Лісостепова зона Подільсько-Придніпровський край, Придністровсько-Східно-Подільська височинна область, Ялтушківсько-Копайгородський район, друга тераса р. Жвана	30 м до р. Жвана, біля лісу
Локація Tsekinovka	47 м 48,1506 пн. ш. 28,3094 сх. д.	Лісостепова зона Подільсько-Придніпровський край, Придністровсько-Східно-Подільська височинна область, Могилів-Подільсько-Ямпільський район, третя надзаплавна тераса р. Дністра	60 м до р. Дністра
Локація Кам'янець-Подільський	193 м 48,6936 пн. ш. 26,5577 сх. д.	Зона широколистяних лісів, Західноукраїнський край, Західно-Подільська височинна область, Чортківсько-Кам'янець-Подільський район, третя тераса р. Смолричу	130 м до р. Смолричу
Локація ФЕС-Сосулівка	198 м 48,9293 пн. ш. 25,8443 сх. д.	Зона широколистяних лісів, Західноукраїнський край Західно-Подільська височинна область, Чортківсько-Кам'янець-Подільський район, друга тераса р. Серету	70 м до р. Серету

висотної диференціації долини Дністра, попередніх експедиційних досліджень клімату регіону та порівняння ходу досліджених нами елементів погоди, за проаналізованими даними можна розрізнити три висотні топокліматичні типи:

- 1) топоклімати правобережних верхніх терас Дністра;
- 2) топоклімати долин поперечних допливів;
- 3) топоклімати лівобережних низьких терас Дністра.

До першого типу топокліматів можна зарахувати локацію TechFarm2, що поблизу м. Хотина, Чернівецької області. До топокліматів поперечних долин зараховано локацію Рубанський Агрофірма, що поблизу с. Муровані Курилівці, Вінницької області, локацію Кам'янець-Подільський і локацію ФЕС-Сосулівка, що поблизу м. Чорткова, Тернопільської області. До топоклімату лівобережних низьких тера можна зарахувати локацію Tsekinovka, що поблизу с. Цекинівки, Вінницької області. Для виокремлених топокліматичних типів визначена низка особливостей.

Топоклімати долин поперечних допливів загалом характеризуються нижчими нічними температурами влітку (мінімальна нічна температура за період спостереження +9 °С). Порівнюючи окремі локації цього типу, можна простежити також значний вплив збільшення континентальності із заходу на схід, що виявляється в загальному підвищенні температур в цьому напрямку. Локації в м. Кам'янець-Подільський і поблизу с. Муровані Курилівці також характеризуються вищими значеннями денних температур повітря (+25–31 °С), оскільки вони розташовані в безпосередній близькості до каньйонних долин річок Смолричу і Жвана. Із цієї ж причини для цих місцевостей характерні й більші добові амплітуди температур повітря. Для топокліматів долин характерною є також підвищена відносна вологість повітря.

Топоклімати верхніх правобережних терас Дністра в дослідженні представлені локацією TechFarm2. Для цієї локації характерні вищі добові температури повітря й зглагодженіший

хід температур повітря протягом дня порівняно з місцевостями долин поперечних допливів. Відповідно, і менші тут добові амплітуди температур повітря. Для цієї місцевості властивою є нижча вологість повітря протягом дня. Переважає західно-східне перенесення повітряних мас. Сила вітру зростає від обіду й до ранку слабшає. Цей тип топоклімату схожий на тип клімату вододільних місцевостей.

Топоклімати лівобережних низьких терас Дністра в дослідженні представлені локацією Tsekinovka. Ця локація є найпівденнішою та найсхіднішою з-посеред усіх досліджених нами, тому тут потрібно враховувати рівень континентальності. Сама локація розташована всередині меандру, тому наявність топокліматичних особливостей у межах цієї території є очевидною. Ми виявили такі особливості цієї території: високі денні (+30 °C) та низькі нічні температури повітря (+10 °C), більші амплітуди добових температур повітря, менша кількість опадів і низька вологість повітря порівняно з уже розглянутими вище топокліматичними типами. Для місцевості характерні значні деформації вітрового режиму, унаслідок того що локація розташована на підвітряній стороні, і менші швидкості вітру. Саме через це денна поверхня краще прогрівається, і цим частково пояснюються вищі температури повітря вдень.

У річному контексті, порівнюючи отримані результати з даними Кліматичного кадастру України (2006) і кліматичними картами за 1981–2010 рр., середньорічні температурні показники в усіх локаціях перевищують кліматичні норми (до +1,5 °C). Натомість атмосферних опадів за рік поменшало, і помітні сезонні зміщення місячних максимумів опадів на осінньо-зимовий період у східній частині регіону особливо. Такі особливості пов'язуємо з регіональними тенденціями глобальних змін клімату: потеплінням та аридизацією клімату.

Оцінка репрезентативності отриманих даних перевірена шляхом кореляційного аналізу даних опорних і цифрових метеостанцій, які розташовані в безпосередній близькості одна до одної. Результати вказують на деякі відмінності, хоча загалом хід температур повітря упродовж року узгоджується на сусідніх метеостанціях (тіснота зв'язку $r=0,5-0,8$). Середньодобові температури повітря відрізняються на $\pm 1-2$ °C. Найбільші відмінності помітні

в даних метеостанцій, розташованих у висотно різних ландшафтних місцевостях. Такі особливості підтверджують різноманіття топокліматів, пов'язаних із фізико-географічними особливостями їх розташування. Хід атмосферних опадів найменше узгоджується з даними опорних метеостанцій ($r < 0,5$). Порівняння даних цифрової метеостанції, розташованої на метеомайданчику Навчально-наукової геофізичної обсерваторії Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, і спостережень стандартних приладів указують на найбільшу точність у визначенні температур повітря (у межах 1 °C), відносної вологості ($\pm 2-3\%$) та атмосферного тиску (± 2 мб), нижчу – у вимірюванні опадів ($\pm 2-4$ мм). З огляду на виконане оцінювання, спостереження за погодними умовами за допомогою цифрових метеостанцій уважаємо придатними для моніторингу топокліматичних особливостей і збирання даних, необхідних для прикладного кліматологічного оцінювання територій громад, термічного режиму передовсім. Виявлені нами топокліматичні особливості можуть слугувати цінною інформацією в обґрунтуванні та плануванні стратегій розвитку як територіальних громад, так й окремих господарств, вирощуванні сільськогосподарських культур зокрема.

Висновки з проведеного дослідження. Сучасна мережа опорних метеостанцій Національної гідрометеомережі є недостатньо щільно покритою метеорологічними спостереженнями, необхідними для регіонів зі складно побудованими поверхнями й виразними орокліматогенними особливостями відповідно. Тому в межах дослідження обґрунтована доцільність додаткового застосування цифрових метеостанцій Davis як сучасних, досить точних і надійних дистанційних засобів метеорологічного моніторингу з метою виявлення топокліматичних особливостей для прикладних потреб природокористування. Спостереження цифрових метеостанцій найкраще корелюють із ходом температур повітря за даними сусідніх опорних метеостанцій, тоді як у ході атмосферних опадів виявлені найбільші відхилення.

За результатами аналізу строкових даних цифрових метеостанцій Davis і даних опорних метеостанцій гідрометеорологічної мережі виразними є три висотні топокліматичні типи



з низкою топокліматичних особливостей. Для топокліматів верхніх терас Дністра характерні вищі денні температури й більш згладжений хід температур повітря протягом дня, для топокліматів низьких лівобережних терас – значні добові амплітудами температур повітря й менша кількість атмосферних опадів; для топокліматів долин поперечних допливів – нижчі нічні температури та більші добові амплітуди температури повітря особливо влітку.

Проаналізований рік підтверджує регіональні тенденції глобальних змін клімату, які полягають у підвищенні зимових і літніх температур повітря й посухшанні теплого періоду року. Водночас метеорологічні дані цифрових метеостанцій дають змогу виявити місцевокліматичну специфіку регіональних змін, пов'язаних із морфометрією та властивостями денних поверхонь, важливих у плануванні більшості видів природокористування. Така перевага є ще одним поштовхом для проведення подальших спостережень і розширення наявної мережі в ділянках, не охоплених Національною гідрометеомережею.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Геренчук, К.І. (Ред.) (1979). Природа Тернопільської області. Львів : Вища школа. [Herenchuk, K.I. (Ed.) (1979). Nature of Ternopil region. Lviv, Higher School (in Ukrainian)].
2. Геренчук, К.І. (Ред.) (1980). Природа Хмельницької області. Львів, Вища школа. [Herenchuk, K.I. (Ed.) (1980). Nature of Khmelnytskyi region. Lviv, Higher School (in Ukrainian)].
3. Денисюк, Г.І. (1996). Край каньйонів – Середнє Придністров'я. УГЖ, 3, 60–63. [Denysuk, H.I. (1996). Land of canyons – Middle Dniester Region. UGJ, 3, 60–63 (in Ukrainian)].
4. Денисюк, Г.І. (Ред.) (2007). Середнє Придністров'я. Вінниця : ПП Теца, 2007. [Denysuk, G.I. (Ed.) (2007). Middle Dniester Region. Vinnytsia, PP «Teza Publishing House», 2007 (in Ukrainian)].
5. Дутчак, М.В. (2013). Ландшафтні комплекси Середнього Придністров'я та їх зміни під впливом гідротехнічної системи. Чернівці : Родовід. [Dutchak, M.V. (2013). Landscape complexes of the Middle Dniester Region and their changes under the influence of the hydraulic system. Chernivtsi, Rodovid (in Ukrainian)].
6. Киналь, О. (2006). Особливості клімату Середнього Подністров'я. Науковий вісник Чернівецького університету : збірник наукових праць, 294, 149–175. [Kynal, O. (2006). Features of the climate of Middle Dniester Region. Scientific bulletin of Chernivtsi University: collection of scientific works, 294, 149–175 (in Ukrainian)].
7. Кабінет Міністрів України (2016). Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року : Розпорядження від 7 грудня 2016 р. № 932-р. [Cabinet of Ministers of Ukraine (2016). The concept of implementation of state policy in the field of climate change for the period up to 2030. Order No. 932 of December 7, 2016 (in Ukrainian)].
8. Кліматичний кадастр України (електронна версія). (2006). Державна гідрометеорологічна служба УкрНДГМІ. Центральна геофізична обсерваторія. [Climatic cadastre of Ukraine (electronic version). (2006). State hydrometeorological service of UkrNDGMI. Central Geophysical Observatory (in Ukrainian)].
9. Муха, В. (2003). Топокліматичні особливості верхів'я басейну ріки Дністер. Сучасні проблеми і тенденції розвитку географічної науки : матеріали Міжнар. конф. до 120-річчя географії у Львів. ун-ті. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка. 184–187. [Mukha, V. (2003). Topoclimatic features of the Upper Dniester River basin. Modern problems and trends in the development of geographical science: materials of the international conf. to the 120th anniversary of geography in Lviv. Univ. Lviv, LNU Publishing Center named after I. Franko. 184–187 (in Ukrainian)].
10. Холявчук, Д. (2006). Регіональні особливості кліматотворення в межах Середнього Придністров'я. Науковий вісник Чернівецького університету. Серія «Географія» : збірник наукових праць, 305, 95–102. [Kholiavchuk, D. (2006). Regional features of climate formation within the Middle Dniester Region]. Scientific bulletin of Chernivtsi University: Collection of scientific papers. Geography, 305, 95–102 (in Ukrainian)].
11. Холявчук, Д. (2007). Топокліматична неоднорідність як аспект природного різноманіття каньйону Дністра. Річкові долини. Природа – ландшафти – людина : збірник наукових праць. Чернівці, Сосновець. 241–247. [Kholiavchuk, D. (2007). Topoclimatic heterogeneity as an aspect of the natural diversity of the Dniester Canyon. River valleys. Nature – landscapes – man : Collection of scientific papers. Chernivtsi, Sosnovets. 241–247 (in Ukrainian)].
12. Холявчук, Д. (2013). Висотна кліматична неоднорідність середньодністерських долинних ландшафтів у районі водосховища. Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Серія «Географія», 25, 172–179. [Kholiavchuk, D. (2013). Altitude climatic heterogeneity of Middle Dniester valley landscapes in the reservoir area. Scientific notes of Vinnytsia State Pedagogical University named after Mykhailo Kotsyubynskyi. Series: Geography, 25, 172–179 (in Ukrainian)].
13. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. (2011). Випуск 3. Частина 1 : Метеорологічні спостереження на станціях. Київ : Ніка-Центр. [Instructions for hydrometeorological stations and posts. (2011). Issue 3. Part 1. Meteorological observations at stations. Kyiv, Nika Center (in Ukrainian)].
14. Akinwumi, S.A., Omotosho, T.V., Usikalu, M.R., Odetunmibi, O.A., Ometan, O.O., Adewusi, M.O.,

- Omeje, M., & Joel, E.S. (2018). Comparison between experimental and satellite temperature datasets in Covenant University. *Data in Brief*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.08.012>.
15. Amorim, M.C. de C.T., & Dubreuil, V. (2017). Intensity of urban heat islands in tropical and temperate climates. *Climate*, 5 (4). <https://doi.org/10.3390/cli5040091>.
16. Bell, S., Cornford, D., & Bastin, L. (2015). How good are citizen weather stations? Addressing a biased opinion. *Weather*, 70 (3). <https://doi.org/10.1002/wea.2316>.
17. Butler, M K. (2019). Personal weather stations and sharing weather data via the Internet. *Weather*, 74(1). <https://doi.org/10.1002/wea.3206>.
18. Calderon-Cordova, C., Jaramillo, A., Tinoco, C., & Quinones, M. (2016). Design and implementation of an architecture and methodology applied to remote monitoring of weather variables. <https://doi.org/10.1109/cisti.2016.7521465>.
19. Dejmál, K., Hudec, F., Kolar, P., & Novotný, J. (2017). Evaluation of measurement quality of selected elements on the meteorological stations Meteos6 and Davis Vantage Pro 2 in the military quarters area of Černá Pole. *ICMT 2017 – 6th International Conference on Military Technologies*. <https://doi.org/10.1109/MILTECHS.2017.7988777>.
20. Dunaieva, I., Vecherkov, V., Filina, Y., Popovych, V., Barbotkina, E., Pashtetsky, V., Terleev, V., Mirschel, W., & Akimov, L. (2021). Review of automatized meteorological stations use for agricultural purposes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 937 (3). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/937/3/032097>.
21. Gabała, J. (2017). State Higher Vocational School Weather Station in Tarnów. *Science, Technology and Innovation*, 1 (1). <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.7618>.
22. Gkikas, A., & Maragoudakis, M. (2022). Meteorological Data Science: exploiting causality discovery in time-series for knowledge discovery and improved forecasting. *Proceedings of the 16th International Conference on Environmental Science and Technology*, 16. <https://doi.org/10.30955/gnc2019.00828>.
23. Jenkins, G. (2014). A comparison between two types of widely used weather stations. *Weather*, 69 (4). <https://doi.org/10.1002/wea.2158>.
24. Huamán, E.N., Fernández, L.R., & Ramírez, L.R.R. (2020). Coefficient of cropping (Kc) of rice from drain lysimeter in the Molina, Lima-Perú. *Idesia*, 38 (2). <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000200049>.
25. Krüger, E., Drach, P., & Broede, P. (2017). Outdoor comfort study in Rio de Janeiro: site-related context effects on reported thermal sensation. *International Journal of Biometeorology*, 61 (3). <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1226-8>.
26. Krüger, E., Drach, P., Emmanuel, R., & Corbella, O. (2013). Urban heat island and differences in outdoor comfort levels in Glasgow, UK. *Theoretical and Applied Climatology*, 112 (1–2). <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0724-9>.
27. Kynal, O., & Kholiavchuk, D. (2016). Climate variability in the mountain river valleys of the Ukrainian Carpathians. *Quaternary International*. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.053>.
28. Lagouvardos, K., Kotroni, V., Bezes, A., Koletsis, I., Kopania, T., Lykoudis, S., Mazarakis, N., Papagiannaki, K., & Vougioukas, S. (2017). The automatic weather stations NOANN network of the National Observatory of Athens: operation and database. *Geoscience Data Journal*, 4 (1). <https://doi.org/10.1002/gdj3.44>.
29. Munandar, A., Fakhrrurroja, H., Rizqyawan, M.I., Pratama, R.P., Wibowo, J.W., & Anto, I.A.F. (2017). Design of real-time weather monitoring system based on mobile application using automatic weather station. *Proceedings of the 2nd International Conference on Automation, Cognitive Science, Optics, Micro Electro-Mechanical System, and Information Technology, ICACOMIT 2017, 2018-January*. <https://doi.org/10.1109/ICACOMIT.2017.8253384>.
30. Ometan, O.O., Omotosho, T.V., Adewusi, M.O., Akinwumi, S.A., Emeter, M.E., & Boyo, A.O. (2019). Six Years Result of Rainfall Rate Measurement at Covenant University, Southwest, Nigeria. *Journal of Physics: Conference Series*, 1299 (1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1299/1/012061>.
31. Romashchenko, M.I., Matiash, T.V., Bohaienko, V.O., Kovalchuk, V.P., Voitovich, O.P., Krucheniuk, A.V., Knysh, V.V., & Shlikhta, V.V. (2019). Development Experience and Ways of Improvement of Irrigation Management Systems. *Меліорація і водне господарство : міжвідомчий тематичний науковий збірник*, 2. [Romashchenko, M.I., Matiash, T.V., Bohaienko, V.O., Kovalchuk, V.P., Voitovich, O.P., Krucheniuk, A.V., Knysh, V.V., & Shlikhta, V.V. (2019). Development Experience and Ways of Improvement of Irrigation Management Systems. Interdepartmental Thematic Scientific Collection «Reclamation and Water Management»]. <https://doi.org/10.31073/mivg201902-207>.
32. Szalai, S., Auer, I., Hiebl, J., Milkovich, J., Radim, T., Stepanek, P., Zahradnicek, P., Bihari, Z., Lakatos, M., Szentimrey, T., Limanowka, D., Kilar, P., Cheval, S., Deak, Gy., Mihic, D., Antolovic, I., Mihajlovic, V., Nejedlik, P., Stastny, P., Mikulova, K., Nabyvanets, I., Skyryk, O., Krakovskaya, S., Vogt, J., Antofie, T., Spinoni, J. (2013). Climate of the Greater Carpathian Region. Final Technical Report. URL: www.carpatclim-eu.org (date of access: 06.06.2023).
33. WMO. (2018). Guide to meteorological instruments and methods of observation; WMO-No. 8: Measurement of Meteorological Variables. In *World Meteorological Organization: Vol. I* (Issue 8).
34. Yildirim, V., Nisanci, R., Colak, E.H., & Yildiz, O. (2016). A GIS-based siting technique for automatic weather stations in Trabzon, Turkey. *Weather*, 71 (2). <https://doi.org/10.1002/wea.2695>.

Стаття надійшла до редакції 30.11.2023.

The article was received 30 November 2023.