

УДК 551.571(477.82)

DOI <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2025.5.03>

Тетяна Павловська

кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії,
Волинський національний університет імені Лесі Українки
pavlovska2011@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4931-0803>

Валентина Стельмах

кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії,
Волинський національний університет імені Лесі Українки
stelmakh.valia@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7106-4242>

Олександр Рудик

старший викладач кафедри геодезії, землевпорядкування та кадастру,
Волинський національний університет імені Лесі Українки
rs.lutsk@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0775-4601>

Ольга Нікон

здобувачка магістерського рівня за спеціальністю 106 Географія,
Волинський національний університет імені Лесі Українки
olya.lutsk2003@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1115-0954>

ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ СЕЗОННИХ ЗНАЧЕНЬ ВІДНОСНОЇ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ У ВОЛИНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Анотація. Проаналізовано сезонні значення відносної вологості повітря на метеостанціях Волинської області. Встановлено, що усереднене за 1977–2020 рр. річне значення відносної вологості повітря у Волинській області становить 78,5%, найвищі сезонні значення відносної вологості повітря характерні для зими (85%), а найнижчі – для весни (72%). Визначено просторові особливості розподілу показника за сезонами: взимку найбільші його величини характерні для південно-східної частини області (метеостанції (МС) Маневичі та Луцьк), найнижчі – для її північного заходу (МС Світязь); навесні найвищі значення досліджуваного показника спостерігаються на МС Луцьк і МС Володимир, а найменші – на МС Маневичі; влітку найвища відносна вологість простежується в північній (МС Любешів) і північно-західній частинах (МС Світязь) краю, найнижча – у його східній частині (МС Маневичі); восени найбільші значення досліджуваного метеопараметра характерні для східної частини (МС Маневичі), а найменші – для західних метеостанцій (МС Світязь і МС Володимир) регіону. Основними чинниками такого розподілу є температурне поле та вітровий режим, які проявляються через зростання континентальності клімату зі заходу на схід, та вплив зазвичай вологих північно-західних і західних вітрів. Додатковий вплив мають особливості підстилаючої поверхні. Уперше визначено й проаналізовано сезонні значення відносної вологості на метеостанціях області за 1977–2020 рр. та картографовано їх просторовий розподіл.

Ключові слова: відносна вологість повітря, вітер, вологість повітря, Волинська область, температура повітря.

Pavlovska Tetiana, Stelmakh Valentyna, Rudyk Oleksandr, Nikon Olha. SPATIAL DISTRIBUTION OF SEASONAL VALUES OF RELATIVE AIR HUMIDITY IN THE VOLYN REGION

Abstract. The article analyzes the seasonal values of relative air humidity at meteorological stations in the Volyn region. Based on the data from 1977–2020, research has shown that the average annual relative humidity in the Volyn region is 78.5%. The study revealed significant seasonal variations in relative humidity values, with the highest values observed in winter (85%) and the lowest in spring (72%). The spatial distribution of humidity values demonstrates distinct patterns across different seasons. In winter, elevated humidity values are recorded in the southeastern part of the region (Manevychi and Lutsk meteorological stations (MS)), while reduced values are observed in the northwest

(Svitiaz MS). This distribution is primarily influenced by the higher elevation of the southern region and increasing climate continentality towards the east. Spring patterns show high values at Lutsk MS and Volodymyr MS, with lower values at Manevychi MS, largely due to the dominance of drier southeastern winds. During summer, substantial humidity is recorded in the northern (Liubeshiv MS) and northwestern parts (Svitiaz MS), while decreased values are found in the eastern part (Manevychi MS), reflecting the influence of humid western and northwestern winds. Autumn sees heightened values in the eastern part (Manevychi MS) and reduced values at western stations (Svitiaz MS and Volodymyr MS), showing an inverse relationship with temperature distribution. The research identifies temperature field and wind regime as primary factors influencing this distribution, manifesting through increased climate continentality from west to east and the impact of humid northwestern and western winds. Secondary factors include surface characteristics such as water body area, artificial surface coverage, and elevation above sea level. The study pioneers the determination of seasonal relative humidity values at the region's meteorological stations for 1977–2020 and presents the first comprehensive mapping of their spatial distribution.

Key words: relative air humidity, wind, air humidity, Volyn region, air temperature.

Актуальність теми дослідження. Натепер ні в кого не викликає сумніву факт зміни кліматичних характеристик у більшості регіонів Землі. Найбільш помітними є зміни температури повітря та режиму випадання опадів, часті прояви екстремальних погодних явищ. При цьому відбуваються зміни й інших метеопараметрів, серед яких і вологість повітря. Спостереження за вологістю повітря в усьому світі показують, що абсолютна вологість повітря зросла (й над суходолом, і над океанами), а відносна вологість повітря у багатьох регіонах знизилася. Цьому явищу є дві першопричини: 1) нагрівання земної поверхні посилює випаровування води; 2) чим тепліше повітря, тим більше водяної пари воно може утримувати (зі зростанням температури повітря на 1°C повітря зазвичай може утримувати приблизно на 7% більше вологи [22, с. 1]). Щоб відносна вологість залишалася незмінною за потепління на 1°C, вміст вологи в повітрі також має збільшитися на 7%, що можливо лише за відсутності обмежувальних чинників. Однак у реальному навколишньому середовищі такі обмежувальні чинники існують, тому відносна вологість повітря знижується.

Крім зростання температури повітря, на динаміку значень відносної вологості впливають також атмосферна циркуляція та рух океанічних течій, зміна обсягів транспірації у зв'язку зі збільшенням вмісту CO₂ в атмосфері, а також такі антропогенні дії, як вирубка лісів, урбанізація, зрошуване землеробство тощо. Збільшення абсолютної вологості повітря може призвести до посилення парникового ефекту через зростання вмісту водяної пари в атмосфері, а також зміни режиму зволоження зі збільшенням кількості та/чи інтенсивності опадів. У зв'язку із цим такі екстремальні явища, як урагани, можуть мати більш руйнівні наслідки. Зниження відносної вологості повітря має вплив на різні фізіологічні процеси живих організмів. Так, у разі високого дефіциту насичення рослини можуть закривати свої спеціальні пори (продихи), щоб уникнути занадто великої втрати вологи. Тому в сухих умовах легше розпочинаються і швидше поширюються лісові пожежі. Зі зниженням відносної вологості повітря зростає тепловіддача за рахунок випаровування з поверхні шкіри, слизових оболонок носа, рота, бронхів. Занадто сухе повітря може викликати загальне збудження, головний біль, безсоння. У разі підвищення відносної вологості повітря випаровування поту з поверхні тіла зменшується й за показнику 90% і вище майже припиняється, що утруднює дихання. Різке збільшення вологості повітря може спричинити захворювання нирок і легеневі кровотечі. Отже, значення відносної вологості повітря мають вплив на самопочуття та працездатність людей, відчуття теплового комфорту. Крім того, від величин і коливань цієї метеорологічної характеристики залежать міцність і тривалість експлуатації різних матеріалів, термін придатності продуктів харчування, бактерицидні властивості озону, перебіг екзогенних геоморфологічних процесів, інтенсивність випаровування. Показники вологості повітря значимі для ефективності роботи систем вентиляції та кондиціювання повітря, розроблення тепло-, звуко-, електроізоляційних і вологостійких будматеріалів та вибору споживачем їх технічних характеристик відповідно до своїх запитів [5, с. 16; 13, с. 95; 14, с. 67; 19, с. 156; 25].

Стан вивчення питання з аналізом основних праць. Динаміку величин відносної вологості повітря в умовах глобального потепління клімату досліджували С. Abraham, С. Goldblatt, Е.-S. Chung, В. Soden, В. J. Sohn & L. Shi, J. Hao, Е. Lu, Q. Wei, J. Xu, L. Liao, Y. Yu, W. Liu, J. Zhou, Y. Ding [20; 21; 24; 30]. Причини зменшення відносної вологості повітря розкрито в праці колективу авторів під орудою Н. Douville [23]. Про антропогенні чинники змін відносної вологості повітря йдеться у праці за редакцією В. D. Santer [26]. Зміни відносної вологості повітря та їх вплив на регіональні опади та/або зміни хмарності в умовах зміщення меж кліматичних зон були предметом досліджень S. Sherwood, W. Ingram, M. Roberts, P. L. Vidale [27]. Зміни випаровування з поверхні суходолу й океанічних вод та їх вплив на коливання відносної вологості повітря вивчали S. M. Vicente-Serrano, R. Nieto, L. Gimeno, C. Azorin-Molina, A. Drumond, A. El Kenawy, F. Dominguez-Castro, M. Tomas-Burguera, Peña-Gallardo [29]. Екстремальні значення відносної вологості повітря, їх прояв та вплив на кліматичний комфорт відобразили в публікації К. Solaimani, S. B. Ahmadi, F. Shokrian [28].

Відносну вологість повітря в умовах сучасних кліматичних трансформацій вивчали такі українські дослідники, як Т. Данова, Т. Касаджик, Є. Кіптенко, Т. Музика, Л. Недострелова, Л. Ткач [2; 4; 6–8; 18]. Дослідження просторово-часового розподілу аномалій середньорічних значень відносної вологості повітря Арктичної полярної області здійснювали Т. Данова, Є. Мельник [1]. Сезонні коливання показників вологості над територією України відображено в працях М. Савенця [16; 17]. Особливості вертикального розподілу вологи під час сильних снігопадів за фактичними даними радіозондувань досліджували Т. Ромаш, В. Шпиг [15].

Результати вивчення просторово-часової динаміки показників відносної вологості повітря у Волинській області опублікували О. Нікон, Т. Павловська, О. Рудик, В. Стельмах [12–14].

Мета та завдання дослідження. Метою дослідження є вивчення просторового розподілу сезонних значень відносної вологості повітря у Волинській області за усередненими даними 1977–2020 рр.

Для досягнення поставленої мети було визначено такі **завдання**: 1) вивчити історію закордонних і вітчизняних досліджень змін значень відносної вологості повітря в умовах глобального потепління; 2) проаналізувати усереднені за досліджуваний період сезонні значення відносної вологості повітря в розрізі метеостанцій Волинської області; 3) проаналізувати просторовий розподіл усереднених за 1977–2020 рр. значень відносної вологості повітря у Волинській області.

Матеріали та методи дослідження. У роботі було використано фондові матеріали Волинського обласного центру з гідрометеорології, застосовано порівняльно-географічний, математико-статистичний, графічний (із застосуванням MS Excel 2019) методи та картографічне моделювання (із застосуванням GS Surfer).

Виклад основного матеріалу з обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Усереднене за 1977–2020 рр. річне значення відносної вологості повітря у Волинській області становить 78,5% [14, с. 70]. Для усіх метеостанцій регіону найвищі сезонні значення відносної вологості повітря характерні для зими (близько 84–86%), а найнижчі (близько 72–73%) – для весни. Взимку зростання ступеня насиченості повітря водяною парою зумовлено найбільш вираженим упродовж року охолодженням атмосферного повітря, а отже, зменшенням максимально можливого значення абсолютної вологості повітря. Через інтенсивне прогрівання атмосферного повітря навесні його здатність утримувати вологу зростає, тобто збільшується максимально можливе значення абсолютної вологості повітря, але температура повітря при цьому ще не настільки висока, як влітку, щоб суттєво збільшити випаровування вологи із земної поверхні й збільшити фактичну кількість вологи в одиниці об'єму повітря. Взимку й улітку різниця значень досліджуваного показника між метеостанціями області становить приблизно 1–2%, а навесні та восени – біля 1% (рис. 1).

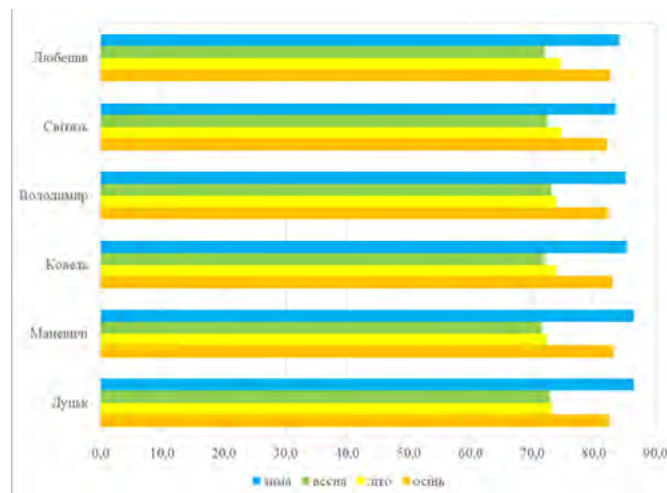


Рис. 1. Сезонні значення відносної вологості повітря на метеостанціях Волинської області (побудовано авторами за усередненими даними 1977–2020 рр.), %

У зимовий період на території Волинської області найвищі значення відносної вологості повітря характерні для південно-східної частини області (рис. 2), що зумовлено вищим висотним положенням земної поверхні південної частини краю та зростанням ступеня континентальності клімату в напрямку на схід. Саме на метеостанції (далі – МС) Маневичі та МС Луцьк простежуються найнижчі в регіоні температури повітря зимових місяців [10, с. 42]. Найнижче значення відносної вологості повітря цієї пори року характерне для північного заходу області – МС Світязь. Це пов'язано з найвищими з-поміж інших метеостанцій значеннями температури повітря зимових місяців [10, с. 42] через пом'якшувальний вплив на локальний клімат значних площ акваторій поблизу, а також географічне положення цієї місцевості – ця частина краю одна з перших зазнає впливу порівняно теплих, як для холодного періоду, вітрів західних румбів.



Рис. 2. Просторовий розподіл значень відносної вологості повітря у Волинській області взимку

Навесні ситуація з розподілом значень відносної вологості повітря інша: найвищі значення характерні для МС Луцьк і МС Володимир, а найменші – для МС Маневичі (рис. 3). Найімовірніше, найнижчі значення досліджуваного метеопараметра в східній частині області зумовлені найнижчими температурами повітря в цій її частині у весняний період порівняно з іншими метеостанціями [10, с. 42] та домінуванням вітрів південно-східного напрямку [9, с. 54], які є значно сухішими, ніж насичені вологою вітри з Атлантики.

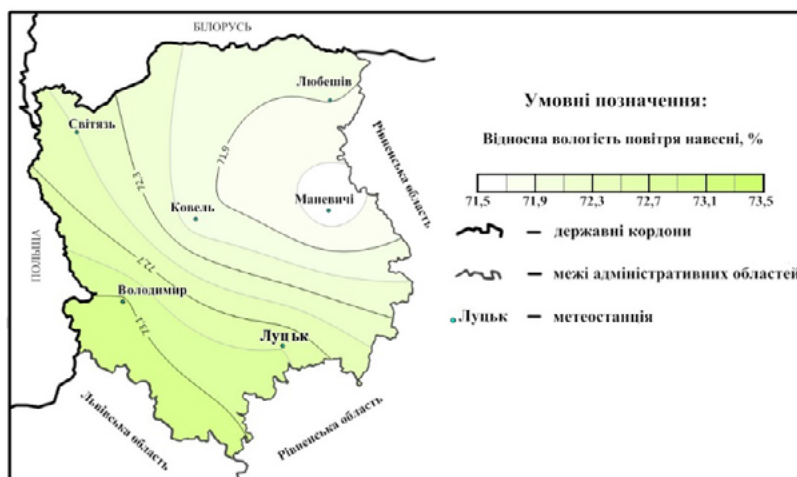


Рис. 3. Просторовий розподіл значень відносної вологості повітря у Волинській області навесні

Найвища відносна вологість повітря влітку над просторами Волинської області спостерігається в північній (МС Любешів) і північно-західній (МС Світязь) частинах області, найменша – у східній частині (МС Маневичі) (рис. 4). Головними причинами такого розподілу є зростання континентальності клімату в напрямку на схід і панівні вітри: влітку на Волині знову починають домінувати вітри західних і північно-західних румбів [9, с. 54], які зазвичай приносять чимало вологи в газоподібному й рідкому стані. І саме північно-західна частина області першою на себе приймає вологу цих вітрів (упродовж останніх десятиріч для МС Світязь (і МС Ковель) простежується слабо виражена тенденція до зростання кількості опадів [11, с. 20]). Розташування МС Світязь за 100 м від озера Світязь теж сприяє дещо підвищеній вологості повітря на крайньому північному заході регіону в теплий період року, особливо влітку [3, с. 37].

Восени найвищі значення відносної вологості повітря характерні для східної частини області – МС Маневичі, а найнижчі – для найзахідніших метеостанцій (МС Світязь і МС Володимир) (рис. 5). Такий розподіл значень відносної вологості повітря обернений розподілу температури повітря: в області восени на МС Маневичі найхолодніше, а на МС Світязь і МС Володимир – найтепліше [10, с. 42].



Рис. 4. Просторовий розподіл значень відносної вологості повітря у Волинській області влітку

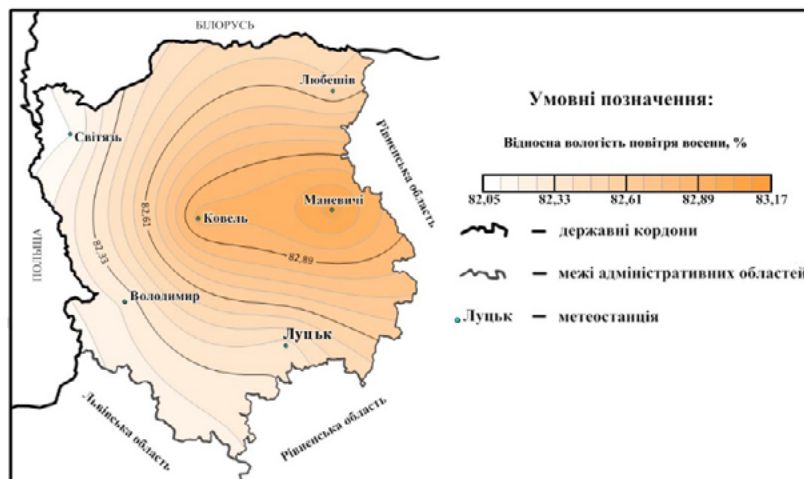


Рис. 5. Просторовий розподіл значень відносної вологості повітря у Волинській області восени

Висновки. Усереднене за 1977–2020 рр. річне значення відносної вологості повітря у Волинській області становить 78,5%, але простежуються відмінності як у сезонних значеннях відносної вологості, так і в їх просторовому розподілі на теренах краю. Найбільш насиченим вологою повітря є в регіоні взимку – у середньому 85%, а найсухішим – навесні, у середньому 72%. Влітку середнє в області значення показника становить 74%, а восени – 83%. Найбільша різниця (2%) між сезонними значеннями відносної вологості на метеостанціях області простежується взимку та влітку, а найменша (1%) – навесні й восени. Зміна просторового розподілу сезонних значень відносної вологості повітря в області впродовж року має хід, близький до руху годинникової стрілки: взимку найвищі значення відносної вологості повітря простежуються на південному сході, навесні – на південному заході, влітку – на північному заході й півночі, восени – на сході. Причинами просторового розподілу значень відносної вологості в регіоні є насамперед температурне поле та вітровий режим. Їх сукупний вплив виражається в зміні континентальності клімату в напрямку із заходу на схід і найбільшому значенні вологих вітрів північно-західних і західних румбів, насамперед на західну й північно-західну частини області. На температурний режим, процеси випаровування, а отже, й показники відносної вологості повітря мають також вплив особливості підстилаючої поверхні (площа акваторій і поверхонь зі штучним покриттям, висота над рівнем моря).

Новизна дослідження. У дослідженні вперше: 1) визначено сезонні значення відносної вологості на метеостанціях Волинської області впродовж 1977–2020 рр. та досліджено їх відмінності за порами року; 2) закартографовано й проаналізовано просторові відмінності сезонних значень відносної вологості повітря в області.

Список використаних джерел:

1. Данова Т.Є., Мельник Є.А. Особливості просторово-часового розподілу аномалій температурно-вологісних характеристик повітря в північному полярному регіоні. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Геологія. Географія. Екологія.* 2013. № 39 (1084). С. 131–136.
2. Данова Т. Касаджик Т. Сучасні зміни вологовмісту тропосфери в теплий період року в Причорноморському регіоні. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.* 2013. № 16 (265).
3. Єврорегіон Буг: Волинська область / за ред. Б.П. Клімчука, П.В. Луцишина, В.Й. Лажніка. Луцьк : Ред.-вид. відд. Волин. нац. ун-ту, 1997. 448 с.
4. Кіптенко Є.М. Вологість повітря в басейні Південного Бугу в умовах сучасного клімату. *Тези доповідей Першого Всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду.* Одеса : ТЕС, 2017. С. 204–205.

5. Мартинов І.Е., Труфанова А.В. Холодильне обладнання вагонів : конспект лекцій. Харків : УкрДАЗТ, 2012. 66 с.
6. Музика Т.А. Недострелова Л.В. Просторово-часова мінливість вологості повітря на Житомирщині. *Науковий простір: актуальні питання, досягнення та інновації* : V Міжнародна наукова конференція (м. Черкаси, 26 травня 2023 р.). Черкаси, 2023. С. 274–275.
7. Музика Т.А., Недострелова Л.В. Тенденції режиму вологості повітря на Житомирщині. *Polish Science Journal*, 2022. № 11 (56). Р. 14–19.
8. Недострелова Л.В., Музика Т.А. Оцінка змін температурно-вологісного режиму Житомирщини в умовах потепління клімату. *Екологічні науки. Науково-практичний журнал*. 2024. Т. 2. С. 105–113.
9. Павловська Т.С. Географія Волинської області : навч. посіб. / за ред. проф. І.П. Ковальчука. Луцьк : Вежа-Друк, 2019. 212 с.
10. Павловська Т.С., Федонюк М.А., Рудик О.В. Температурний режим повітря у Волинській області: хронологічний і хорологічний аспекти. *Географічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки*, 2023. № 1. С. 39–48.
11. Павловська Т.С., Білецький Ю.В., Валянський С.В. Просторовий розподіл і режим випадання атмосферних опадів у Волинській області. *Географічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки*. Одеса : Вид. дім «Гельветика», 2023. № 3. С. 13–23.
12. Павловська Т.С., Нікон О.Є. Багаторічна (1977–2020 рр.) динаміка показників відносної вологості повітря у Волинській області. *Суспільно-географічні чинники розвитку регіонів* : матеріали VIII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції ; за ред. Ю.М. Барського та В.Й. Лажніка, м. Луцьк, 12–14 квітня 2024 р. Луцьк : ФОП Мажула Ю.М., 2024. С. 55–58.
13. Павловська Т.С., Рудик О.В., Нікон О.Є. Просторовий розподіл та багаторічна динаміка кількості днів з низькою відотною вологістю повітря у Волинській області впродовж 2001–2020 рр. *Природничо-географічні дослідження рельєфу, клімату та поверхневих вод: сучасний стан та перспективи розвитку* : матеріали міжн. наук.-практ. конф. (м. Київ, 2–4 жовтня 2024 р.). Київ, 2024. С. 95–96.
14. Павловська Т.С., Стельмах В.Ю. Просторово-часова динаміка змін відотної вологості повітря у Волинській області. *Science, technology and innovation in the context of global transformation: Scientific monograph*. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2024. С. 65–95. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-499-3-4>
15. Ромаш Т.А., Шпиг В.М. Особливості зміни запасу вологи в атмосфері в період сильних снігопадів. *Часопис картографії*. 2013. Вип. 7. С. 219–235.
16. Савенець М.В. Кількісні особливості сезонних змін висотного розподілу характеристик вологості над територією України. *Регіональні проблеми України: географічний аналіз та пошук шляхів вирішення* : матеріали VII міжнародної науково-практичної конференції (5–6 жовтня 2017 р., Херсон). С. 224–226.
17. Савенець М.В. Короткострокова мінливість висотного розподілу показників вологості над територією України та суміжними територіями. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. Т. 2 (45). С. 68–76.
18. Ткач Л. Потепління клімату в Україні та його можливі наслідки. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Сер. Географія*. Тернопіль : ТНПУ, 2004. Вип. 2. С. 88–95.
19. Мікробіологічна оцінка ефективності вітчизняного озонатора «O₃CONTROL» / О.О. Черниш та ін. *Фізичні фактори довкілля та їх вплив на формування здоров'я населення України* : збірка тез доповідей наук.-практ. конф. (шістнадцять марзєєвські читання). Київ : Державна установа «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва Національної академії медичних наук України», 2020. Вип. 20. С. 156–158.
20. Abraham C., Goldblatt C. A satellite climatology of relative humidity profiles and outgoing thermal radiation over Earth's oceans. *Journal of the Atmospheric Sciences*. 2022. 79 (7). S. 2243–2265. DOI: <https://doi.org/10.1175/JAS-D-21-0270.1/>
21. Chung, E.-S., Soden, B., Sohn, B. J. & Shi, L. Upper-tropospheric moistening in response to anthropogenic warming. *Proc. Nat. Am. Sc.* 2014. 111 S. 11636–11641.
22. Douville Hervé, Qasmi Saïd, Ribes Aurélien & Bock Olivier. Global warming at near-constant tropospheric relative humidity is supported by observations. *Communications earth & environment*. 2022. Vol. 237. P. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00561-z>
23. Douville, H. et al. Drivers of the enhanced decline of land surface relative humidity in CNRM-CM6-1. *Clim. Dyn.* 2020. 5. S. 1613–1629.

24. Hao J., Lu E. Variation of Relative Humidity as Seen through Linking Water Vapor to Air Temperature: An Assessment of Interannual Variations in the Near-Surface Atmosphere. *Atmosphere*. 2022. 13 (8). 1171. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos13081171>
25. Investigating climate change's «humidity paradox». *Carbon Brief: clear on climate*. URL: <https://www.carbonbrief.org/guest-post-investigating-climate-changes-humidity-paradox/> (дата звернення: 20.01.2025 р.).
26. Santer, B.D. et al. Identification of human-induced changes in atmospheric moisture content. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 2007. 104 (39). S. 15248–15253. DOI: 10.1073/pnas.0702872104
27. Sherwood, S., Ingram, W., Roberts, M., Vidale, P. L. Relative humidity changes in a warmer climate. *Journal of Geophysical Research*. 2010. Is. 115. DOI: <https://doi.org/10.1029/2009JD012585>
28. Solaimani K., Ahmadi S.B., Shokrian F. The spatiotemporal trend changes of extreme temperature-humidity variables and their impact on climatic comfort changes. *Ecological Indicators*. 2024. Vol. 158. 111629. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111629>
29. Vicente-Serrano S. M., Nieto R., Gimeno L., Azorin-Molina C., Drumond A., El Kenawy A., Dominguez-Castro F., Tomas-Burguera M., Peña-Gallardo M. Recent changes of relative humidity: regional connections with land and ocean processes. *Earth Syst. Dynam.* 2018. 9. S. 915–937. DOI: <https://doi.org/10.5194/esd-9-915-2018>
30. Wei Q., Xu J., Liao L., Yu Y., Liu W., Zhou J., Ding, Y. Indicators for evaluating trends of air humidification in arid regions under circumstance of climate change: Relative humidity (RH) vs. Actual water vapour pressure (ea). *Ecological Indicators*. 2021. Vol. 121. 107043. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107043>

References:

1. Danova, T.Ye., & Melnyk, Ye.A. (2013). Features of the spatial-temporal distribution of air temperature-humidity anomalies in the northern polar region. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series: Geology. Geography. Ecology*, 39(1084), 131–136. [in Ukrainian].
2. Danova, T., & Kasadzhik, T. (2013). Modern changes in tropospheric moisture content during the warm period in the Black Sea region]. *Scientific Bulletin of Lesya Ukrainka Eastern European National University*, 16(265). [in Ukrainian].
3. Klimchuk, B.P., Lutsyshyn, P.V., & Lazhnik, V.Y. (Eds.). (1997). Euroregion Bug: Volyn Region. Lutsk : Éd.-éd. département Volhynie nationale université. 448. [in Ukrainian].
4. Kiptenko, Ye.M. (2017). Air humidity in the Southern Bug basin under modern climate conditions. *Abstracts of the First All-Ukrainian Hydrometeorological Congress*, 204–205. Odesa: TES. [in Ukrainian].
5. Martynov, I.E., & Trufanova, A.V. (2012). Refrigeration equipment of railway cars: Lecture notes. Kharkiv: UkrDAZT, 66. [in Ukrainian].
6. Muzyka, T.A., & Nedostrelova, L.V. (2023). Spatial and temporal variability of air humidity in Zhytomyr region. *Scientific Space: Current Issues, Achievements and Innovations: V International Scientific Conference*, Cherkasy, 274–275. [in Ukrainian].
7. Muzyka, T.A., & Nedostrelova, L.V. (2022). Trends of air humidity regime in Zhytomyr region. *Polish Science Journal*, 11(56), 14–19. [in Ukrainian].
8. Nedostrelova, L.V., & Muzyka, T.A. (2024). Assessment of changes in temperature-humidity regime of Zhytomyr region under climate warming conditions. *Ecological sciences. Scientific-practical journal*, 2, 105–113. [in Ukrainian].
9. Pavlovska, T.S. (2019). Geography of the Volyn region: Textbook. I. P. Kovalchuk (Ed.). Lutsk: Vezha-Druk, 212. [in Ukrainian].
10. Pavlovska, T.S., Fedoniuk, M.A., & Rudyk, O.V. (2023). Temperature regime of air in the Volyn region: Chronological and chorological aspects. *Geographical Journal of Lesya Ukrainka Volyn National University*, 1, 39–48. DOI: <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2023.1.04> [in Ukrainian].
11. Pavlovska, T.S., Biletskyi, Yu.V., & Valianskyi, S.V. (2023). Spatial distribution and precipitation regime in the Volyn region. *Geographical Journal of Lesya Ukrainka Volyn National University*, 3, 13–23. <https://doi.org/10.32782/geochasvnu.2024.3.02>. [in Ukrainian].
12. Pavlovska, T.S., & Nikon, O.Ye. (2024). Long-term (1977–2020) dynamics of relative humidity indicators in the Volyn region. *Socio-geographical factors of regional development*, Proceedings of VIII International Scientific-Practical Internet Conference. Lutsk: FOP Mazhula Yu. M., 55–58. [in Ukrainian].

13. Pavlovska, T.S., Rudyk, O.V., & Nikon, O.Ye. (2024). Spatial distribution and long-term dynamics of low relative humidity days in Volyn region (2001–2020). *Physical-geographical studies of relief, climate, and surface waters: Current state and development prospects*, Proceedings of the International Scientific-Practical Conference. Kyiv, 95–96. [in Ukrainian].
14. Pavlovska T.S., & Stelmakh V.Y. (2024) Spatial and temporal dynamics of changes in relative humidity in the Volyn region. *Science, technology and innovation in the context of global transformation*: Scientific monograph. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 65–95. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-499-3-4> [in Ukrainian].
15. Romash, T.A., & Shpyh, V.M. (2013). Features of atmospheric moisture content changes during heavy snowfalls. *Journal of Cartography*, 7, 219–235. [in Ukrainian].
16. Savenets, M.V. (2017). Short-term variability of altitude distribution of humidity indicators over Ukraine and adjacent territories. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 2(45), 68–76. [in Ukrainian].
17. Savenets, M.V. (2017). Quantitative features of seasonal changes in altitude distribution of humidity characteristics over Ukraine. *Regional Problems of Ukraine: Geographical Analysis and Search for Solutions*, Proceedings of VII International Scientific-Practical Conference, 224–226. [in Ukrainian].
18. Tkach, L. (2004). Climate warming in Ukraine and its possible consequences. *Scientific Notes of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Geography*, 2, 88–95. [in Ukrainian].
19. Chernysh, O.O., Borovyk, M.P., Molchanets, O.V., & Petrenko, T.M. (2020). Microbiological evaluation of the effectiveness of the domestic ozonator “OzCONTROL”. *Physical environmental factors and their impact on public health in Ukraine*, Proceedings of Scientific-Practical Conference (sixteenth Marzeev readings). Kyiv: State Institution “O. M. Marzeiev Institute of Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine”, 20, 156–158. [in Ukrainian].
20. Abraham, C., & Goldblatt, C. (2022). A satellite climatology of relative humidity profiles and outgoing thermal radiation over Earth’s oceans. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 79(7), 2243–2265. <https://doi.org/10.1175/JAS-D-21-0270.1>.
21. Chung, E.-S., Soden, B., Sohn, B.J., & Shi, L. (2014). Upper-tropospheric moistening in response to anthropogenic warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111, 11636–11641.
22. Douville, H., Qasmi, S., Ribes, A., & Bock, O. (2022). Global warming at near-constant tropospheric relative humidity is supported by observations. *Communications Earth & Environment*, 237, 1–7. <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00561-z>.
23. Douville, H., et al. (2020). Drivers of the enhanced decline of land surface relative humidity in CNRM-CM6-1. *Climate Dynamics*, 5, 1613–1629.
24. Hao, J., & Lu, E. (2022). Variation of relative humidity as seen through linking water vapor to air temperature: An assessment of interannual variations in the near-surface atmosphere. *Atmosphere*, 13(8), 1171. <https://doi.org/10.3390/atmos13081171>.
25. Investigating climate change’s “humidity paradox”. (n.d.). Carbon Brief: clear on climate. Retrieved 20.01.2025 from. <https://www.carbonbrief.org/guest-post-investigating-climate-changes-humidity-paradox/>
26. Santer, B.D., et al. (2007). Identification of human-induced changes in atmospheric moisture content. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 104(39), 15248–15253. 10.1073/pnas.0702872104.
27. Sherwood, S., Ingram, W., Roberts, M., & Vidale, P.L. (2010). Relative humidity changes in a warmer climate. *Journal of Geophysical Research*, 115. <https://doi.org/10.1029/2009JD012585>.
28. Solaimani, K., Ahmadi, S.B., & Shokrian, F. (2024). The spatiotemporal trend changes of extreme temperature-humidity variables and their impact on climatic comfort changes. *Ecological Indicators*, 158, 111629. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111629>.
29. Vicente-Serrano, S.M., Nieto, R., Gimeno, L., Azorin-Molina, C., Drumond, A., El Kenawy, A., Dominguez-Castro, F., Tomas-Burguera, M., & Peña-Gallardo, M. (2018). Recent changes of relative humidity: Regional connections with land and ocean processes. *Earth System Dynamics*, 9(4), 915–937. <https://doi.org/10.5194/esd-9-915-2018>.
30. Wei, Q., Xu, J., Liao, L., Yu, Y., Liu, W., Zhou, J., & Ding, Y. (2021). Indicators for evaluating trends of air humidification in arid regions under circumstance of climate change: Relative humidity (RH) vs. actual water vapour pressure (ea). *Ecological Indicators*, 121, 107043. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107043>.