



УДК 551.524:504.3

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.4.2023.10>

ДИНАМІКА ХМАРНОСТІ В МЕЖАХ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ В ПЕРІОД 2010–2021 РР.

В. В. Федонюк¹, О. Н. Гусар², М. А. Федонюк³

Під впливом процесів кліматичних змін змінюється динаміка окремих метеорологічних явищ у межах України та Волинської області зокрема. Хмарність неба – одне з таких явищ, проте зміни в динаміці хмарності протягом останніх десятиліть в Україні вивчені поки що недостатньо на відміну від змін режиму температури чи опадів. Це визначає актуальність даного дослідження, присвяченого аналізу показників хмарності неба у Волинській області протягом 2010–2021 рр. за даними шести метеорологічних станцій.

Мета роботи – дослідження змін у динаміці показників хмарності в межах Волинської області. Завдання роботи: 1) проаналізувати сучасні погляди на утворення та динаміку хмар; 2) дослідити зміни в динаміці хмарності в межах Волинської області на основі аналізу архівних матеріалів шести метеорологічних станцій: Луцьк, Ковель, Володимир, Світязь, Маневичі, Любешів за період 2010–2021 рр.; 3) провести власні спостереження за хмарністю, продовжити складання Атласу хмар; 4) провести порівняння динаміки температури нижньої основи хмар різних родів у місті Луцьку та на прилеглий приміській території протягом року.

У процесі підготовки роботи використовувалися аналітичний, порівняльно-оціночний, математично-статистичний (під час обробки архівів погоди та одержаних результатів спостереження), графічний методи. Застосовано типові методика та алгоритми статистичного та графічного аналізу у програмі Excel. Спеціальні методи дослідження: метод спостереження та збору даних, інструментальний (визначення температури нижньої основи хмар) та картографічний метод.

Вихідними даними для дослідження були архівні дані метеостанцій Луцьк, Маневичі, Ковель, Володимир, Світязь та Любешів, розміщених у межах Волинської області, а також результати власних спостережень за хмарністю та інструментальних вимірювань фізичних показників хмар у місті Луцьку.

¹ кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри екології
(Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)
e-mail: ecolutsk@gmail.com
ORCID: 0000-0002-1880-6710

² здобувачка ОП «Екологія»
(Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)
e-mail: 12oleksandra@gmail.com
ORCID: 0009-0000-6836-3930

³ кандидат географічних наук, доцент,
доцент кафедри екології
(Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)
e-mail: m.fedoniuk@lntu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-4034-3695

Дослідження основних показників хмарності неба за період 2010–2021 рр. показали, що середня річна загальна хмарність у межах Волинської області зменшилася на 0,3–1,1 бали. Найбільшим це зменшення є для Луцька, найменшим – для Ковеля. Висота нижньої основи хмар, навпаки, зростає. Найбільшим це зростання є в Луцьку (майже до 1 300 м). Середні місячні значення хмарності були нижчими від норми з березня по жовтень (теплий період року). У листопаді – лютому показник хмарності був децю вищим від норми. Відхилення середньої місячної хмарності від показника кліматичної норми змінювалися в окремі місяці року в межах від + 10% до –35%. Найменшою середня річна хмарність протягом періоду 2010–2021 рр. була в Луцьку (5,9 бали), найвищою – у Ковелі (7,1 бали). За місяцями року на шести станціях і в межах області у цілому спостерігається зниження хмарності в теплий період. Узимку хмарність близька до кліматичної норми або вища. Найяснішим небо було над Луцьком. Найбільш «хмарні» станції Волині – це Ковель та Світязь. Виявлено відмінності в температурі нижньої основи хмар над Луцьком та на приміській території (с. Полонка). Температура нижньої основи була вищою над містом у 85% випадків, перевищення становило 0,1–70С°. Величина цієї різниці температур залежить від роду хмар, пори року, напрямку і сили вітру. Найбільшою вона є для періодів зі штильовою погодою, влітку і взимку, для купчастих, купчасто-дощових, перистих, висококупчастих хмар (*Cumulus*, *Cumulonimbus*, *Cirrus*, *Altostratus*).

Ключові слова: хмарність неба, хмара, висота нижньої основи хмари, температура нижньої основи хмари, Волинська область.

DYNAMICS OF CLOUDINESS WITHIN THE BOUNDARIES OF VOLYN REGION IN THE PERIOD 2010–2021

V. V. Fedoniuk, O. N. Husar, M. A. Fedoniuk

Problem Statement and Purpose. Under the influence of climate change processes, the dynamics of individual meteorological phenomena within Ukraine and the Volyn region is changing. The cloudiness of the sky is one of such phenomena, however, changes in the dynamics of cloudiness during the last decades in Ukraine have not been studied enough yet, in contrast to changes in the regime of temperature or precipitation. This determines the relevance of this study, devoted to the analysis of sky cloudiness indicators in the Volyn region during 2010–2021 according to the data of six meteorological stations.

The purpose of the work: the study of changes in the dynamics of cloudiness indicators within the Volyn region. *Tasks of the work:* 1) to analyze modern views on the formation and dynamics of clouds; 2) to investigate changes in the dynamics of cloudiness within the Volyn region based on the analysis of archival materials of six meteorological stations: Lutsk, Kovel, Volodymyr, Svityaz, Manevichi, Lyubeshiv for the period 2010–2021; 3) to conduct own observations of cloud cover, to continue compiling the Cloud Atlas; 4) to compare the dynamics of the temperature of the lower base of clouds of different types in the city of Lutsk and in the adjacent suburban area during the year.

Data & Methods. In the process of preparing the work, analytical, comparative-evaluation, mathematical-statistical (when processing weather archives and obtained observation results), graphic methods were used. Typical methods and algorithms of statistical and graphical analysis in the Excel program are applied. Special research methods: method of observation and data collection, instrumental (determining the temperature of the lower base of clouds) and cartographic method.

The initial data for the study were archival data of weather stations Lutsk, Manevichi, Kovel, Volodymyr, Svityaz, and Lyubeshiv, located within the Volyn region, as well as the results of own observations of cloudiness and instrumental measurements of physical indicators of clouds in the city of Lutsk.

Results. Studies of the main indicators of sky cloudiness for the period 2010–2021 showed that the average annual total cloudiness within the Volyn region decreased by 0.3–1.1 points. This decrease is the largest for Lutsk, the smallest for Kovel. The height of the lower cloud base, on the contrary, increases. This increase is the largest in Lutsk (almost 1300 m). Average monthly cloud cover values were below normal from March to October (the warm period of the year). In November - February, the cloudiness index was somewhat higher than normal. Deviations of the average monthly cloud cover from the climatic norm varied from + 10% to - 35% in individual months of the year. The lowest average annual cloudiness during the period 2010 - 2021 was in Lutsk (5.9 points), the highest - in Kovel (7.1 points). According to the months of the year, at 6 stations and within the region as a whole, there is a decrease in cloud cover in the warm period.

In winter, cloudiness is close to the climatic norm or higher. The clearest sky was over Lutsk. The most «cloudy» stations in Volyn are Kovel and Svityaz. Differences in the temperature of the lower cloud base

over Lutsk and in the suburban area (Polonka village) were revealed. The temperature of the lower base was higher than the city in 85% of cases, the excess was 0.1 - 70C. The magnitude of this temperature difference depends on the type of clouds, the season, the direction and strength of the wind. It is the largest for periods with calm weather, in summer and winter, for cumulus, cumulus-rain, cirrus, high-cumulus clouds.

Key words: cloudiness of the sky, cloud, height of the lower cloud base, temperature of the lower cloud base, Volyn region.

Вступ

Під впливом змін клімату в останні десятиліття змінюється динаміка окремих метеорологічних явищ та їхніх характеристик. Одним із них є хмарність неба. На відміну від температури повітря чи опадів динаміка хмарності у XXI ст. вивчалася мало. Це визначило актуальність вибраної теми. У дослідженні проведено оцінку динаміки хмарності для території Волинської області за архівними даними шести метеорологічних станцій: Луцьк, Володимир, Ковель, Світязь, Маневичі, Любешів, які функціонують у межах області.

Хмарність неба – це важлива метеорологічна характеристика, із нею пов'язаний режим опадів та зволоження. Це зумовило мету роботи – дослідження змін у динаміці показників хмарності в межах Волинської області.

Завдання дослідження: 1) дослідити зміни в динаміці хмарності в межах Волинської області на основі аналізу архівних матеріалів метеорологічних станцій: Луцьк, Ковель, Володимир, Світязь, Маневичі, Любешів за період 2010–2021 рр.; 3) провести власні спостереження за хмарністю, продовжити складання Атласу хмар для Луцька; 4) здійснити порівняння динаміки температури нижньої основи хмар різних родів у місті Луцьку та на прилеглої приміській території протягом року.

Об'єктом дослідження є хмари, їхні окремі роди та хмарний покрив у цілому, а предметом – зміни у місячній, сезонній та річній динаміці хмарності у межах Волинської області у період 2010–2021 рр.

Наукова новизна одержаних результатів: уперше зроблено спробу дослідження особливостей динаміки хмарності в межах усієї Волинської області у XXI ст., такий аналіз є досить важливим для оцінки регіональних проявів змін клімату, а також подальшого аналізу режиму опадів та зволоження в регіоні.

Хмарний покрив над Україною, фізико-хімічні та географічні умови утворення хмарності, механізми їх розвитку та можливості

активного впливу людини на хмари вивчали такі українські дослідники, як: Г.Ф. Прихотько, М.В. Буйков, В.М. Мучник, М.М. Талерко, О.Н. Сухінський, М.М. Акімов, І.А. Осокіна, Г.М. Пірнач, М.В. Сирота, В.П. Баханов, О.А. Кривобок, Б.А. Дорман та багато інших (Ліпінський і Дячук, 2003; Ліпінський та ін., 2006). Зокрема, аналіз сучасних особливостей режиму хмарності для окремих регіонів України в контексті змін клімату знаходимо в працях Т.М. Заболоцької, В.М. Підгурської, Т.М. Шпиталь (Заболоцька та ін., 2011), В.І. Затули, Я.О. Кихтенко, Р.П. Олійник, С.І. Сніжко (Затула, 2013; Затула та ін., 2021), О.В. Корінної, В.Є. Бориса (Корінна і Борис, 2019), Н.М. Міщенко, А.Є. Ламанової (Міщенко і Ламанова, 2022), С.М. Решетченко, К.В. Чернової (Решетченко і Чернова, 2017, 2018), Л.С. Рибченко, С.В. Савчука (Рибченко і Савчук, 2017), О.Г. Савельєва (Савельєв, 2015). Аналогічні дослідження проводилися і зарубіжними авторами у східноєвропейських країнах, географічно близьких до України (Teuling et al., 2017; Matuszko et al., 2020; Szyga-Pluta, 2020).

Дослідження режиму хмарності, вологості та атмосферних опадів для м. Луцька та території Волинської області здійснювали у своїх працях В.М. Бабіченко, Ф.В. Зузук, М.Н. Сусідко, І.М. Щербань, І.М. Нетробчук, В.В. Горбач, І.К. Половко, В.М. Пищолка, Ф.П. Тарасюк, Н.А. Тарасюк, В.В. Федонюк та інші автори (Бабіченко і Зузук, 1988; Тарасюк і Тарасюк, 2010; Нетробчук і Горбач, 2019). Проте переважна більшість указаних досліджень проводилася наприкінці ХХ ст., а актуальне вивчення динаміки хмарності у XXI ст. в контексті змін клімату для Волинського регіону практично не здійснювалося, саме тому автори вибрали дану тему для дослідження та розпочали аналіз хмарності і супутніх явищ для території Волині (Гусар і Федонюк, 2022; Федонюк та ін., 2021).

Матеріали і методи

У процесі дослідження використовувалися як загальнонаукові, так і спеціальні методи. Серед загальнонаукових методів

застосовано аналітичний, порівняльно-оціночний, математично-статистичний (під час обробки архівів погоди та одержаних результатів спостереження) та графічний. Використано типові методики та алгоритми статистичного і графічного аналізу у програмі Excel. Застосовано також спеціальні методи дослідження: метод спостереження та збору даних, інструментальний метод (визначення температури нижньої основи хмар), картографічний метод.

Вихідними даними для дослідження слугували архівні дані метеостанцій Луцьк, Маневичі, Ковель, Володимир, Світязь та Любешів, розміщених у межах Волинської області (архів Волинського обласного центру з гідрометеорології), результати власних спостережень за хмарністю та інструментальних вимірювань фізичних показників хмар у м. Луцьку.

За допомогою статистичних методів було визначено: 1) середню місячну та середню річну кількість хмар за кожен рік періоду 2010–2021 рр. та по кожній станції (у балах); 2) середню місячну та середню річну хмарність неба для території Волинської області (у балах); 3) середню місячну та річну висоту нижньої основи хмар для кожної станції (у м); 4) середню місячну та річну висоту нижньої основи хмар для території дослідження (у м).

Показники для всієї території Волинської області визначалися шляхом осереднення даних шести метеостанцій. Розраховані показники порівнювалися з даними кліматичної норми як для окремих метеостанцій, так і для області у цілому. Після статистичної обробки архівної метеорологічної інформації про хід хмарності у 2010–2021 рр. складено зведені таблиці, побудовано графіки та діаграми, до аналізу одержаних результатів перейдемо далі.

У 2021 р. авторами здійснено інструментальні вимірювання температурних показників нижньої основи хмар у м. Луцьку. Вимірювання здійснювалися у дні з різними метеоумовами та погодно-кліматичними характеристиками кожного останнього тижня місяця. Виміри проводилися за допомогою пірометра (безконтактного інфрачервоного термометра) ANENG GM550 INFR. THERMOMETER (діапазон виміру температур -50°C – $+550^{\circ}\text{C}$).

Методика вимірювання: пірометр у витягнутій руці розміщується горизонтально, промінь лазера спрямовується вверх, перпендикулярно до земної поверхні

і хмар. Проводиться три виміри температури хмари в одній точці через інтервали 5–10 сек., результати трьох вимірювань осереднюються.

Пірометр даної моделі вимірює середню температуру кола, діаметр якого у 12 разів менший від відстані до об'єкта вимірювання. Тобто, наприклад, якщо висота нижньої основи хмари 1 200 м, то діаметр вимірюваного кола становитиме 100 м. Таким чином, вимірювання температури проводилися фактично не точково, а для деякої ділянки нижньої основи хмари.

Вимірювання здійснювалося одночасно у двох точках (околиця міста, район с. Полонка – точка № 1 та центральні райони міста, район вул. Гордіюк – точка № 2) двома ідентичними приладами, показники яких попередньо звірялися для виявлення похибки (вона не перевищувала $0,1^{\circ}\text{C}$). Це дало змогу порівняти температуру нижньої основи хмар над містом і поза містом та відслідкувати вплив міста як «острова тепла» на динаміку та характеристики хмарності. Точки, у яких проводилося одночасне вимірювання температури, розташовані так, що напрям співпадає з основною віссю переміщення повітряних мас над Луцьком (південний захід – північний схід).

Тобто логічно припустити, що хмари в переважній більшості випадків теж рухаються по такій осі. Таким чином, дослід давав змогу прослідкувати, як у динаміці змінюється температура нижньої основи хмар, які переміщуються.

Виміри проводилися на протязі 48 днів у 2021 р. у різні місяці та сезони року. Збудовано низку порівняльних температурних графіків для 10 основних родів хмар у місті Луцьку та на приміській території.

Результати та обговорення

Основні результати проведеного аналізу були представлені у графічному вигляді. На рис. 1 та 2 подано узагальнюючі діаграми, які показують зміну протягом 2010–2021 рр. у межах Волинської області середньої річної хмарності неба (рис. 1), середньої місячної хмарності неба (рис. 2) та висоти нижньої основи хмар (рис. 3). Розраховано також середні показники за весь період 2010–2021 рр., проведено порівняння з показниками кліматичної норми, це порівняння висвітлено на діаграмах.

Як показує аналіз даних діаграми на рис. 1, у всі роки, крім 2017 р., середня річна хмарність неба в межах Волинської області була нижчою від кліматичної норми на



Рис. 1. Середня річна хмарність неба в межах Волинської області, бали

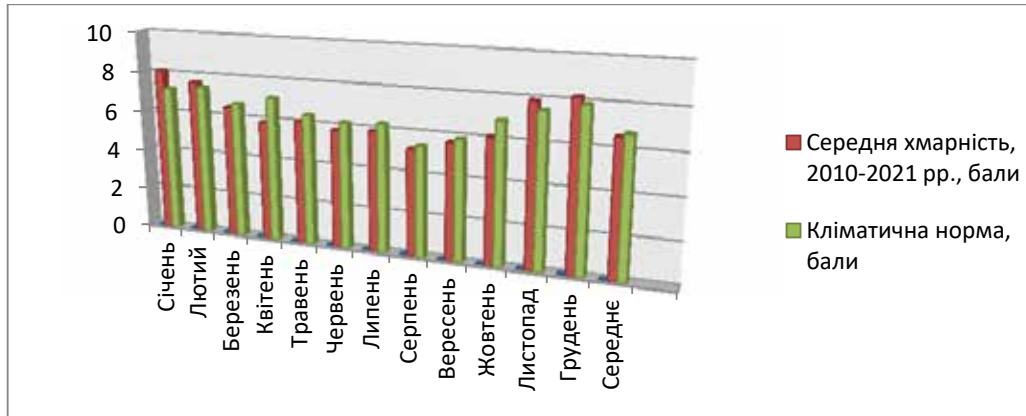


Рис. 2. Динаміка хмарності за місяцями року впродовж 2010–2021 рр. у межах Волинської області



Рис. 3. Середня річна висота нижньої основи хмарності в межах Волинської області

0,3–1,1 бали. Найнижчою загальна хмарність була у 2016 р. (6,0 бали), найвищою – у 2017 р. (7,3 бали). Зниження показників хмарності у досліджуваному періоді також виявлено під час аналізу середніх значень хмарності неба для більшості місяців року (навесні, влітку та восени).

Зокрема, середні місячні значення хмарності в області були нижчими від норми з березня по жовтень (теплий період року). Проте у період листопада – лютого виявлено зворотний процес: середня місячна хмарність неба була дещо вищою від норми (див. рис. 2).

Висота нижньої основи хмар має тенденцію до зростання (див. рис. 3). Середнє значення даного показника за досліджуваний період становило 1 235 м за норми 1 200 м. Найнижчою висота основи хмар спостерігалася у 2011–2012 рр. (1165–1180 м), а найвищою вона була у 2017–2019 рр. (1275–1280 м). Проте у цілому цей показник є досить мінливим на протязі року і в різні роки.

Таким чином, було отримано підтвердження виявлених у наших минулих роботах (Федонюк та ін., 2021; Fedoniuk et al., 2022) тенденцій до зниження загальної хмарності неба в регіоні у XXI ст. та поступового підвищення висоти утворення хмар у регіоні. Припускаємо, що це пов'язано з процесами підвищення температур повітря і, як наслідок, зростанням висоти рівня конвекції та зменшенням місцевої хмарності, яка переважно формується у теплий період року.

Для кожної з шести метеостанцій Волинської області (Луцьк, Володимир, Ковель, Світязь, Маневичі та Любешів) було проведено також статистичне визначення середніх місячних та річних показників хмарності неба і висоти нижньої основи хмар за період 2010–2021 рр. на основі аналізу архівної інформації за методикою, описаною на початку розділу. Повні результати такого аналізу графічно представлено на діаграмах на рис. 4–6.

Зниження річної хмарності показав аналіз архівних даних за досліджуваний період

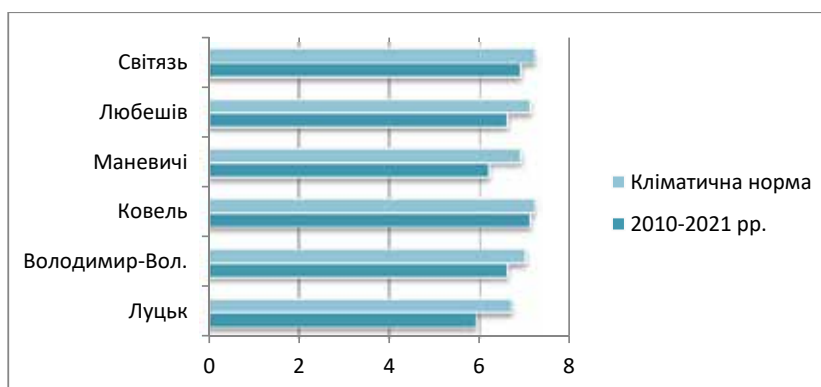


Рис. 4. Порівняння середньої річної хмарності неба на метеостанціях Волинської області та показників кліматичної норми, бали

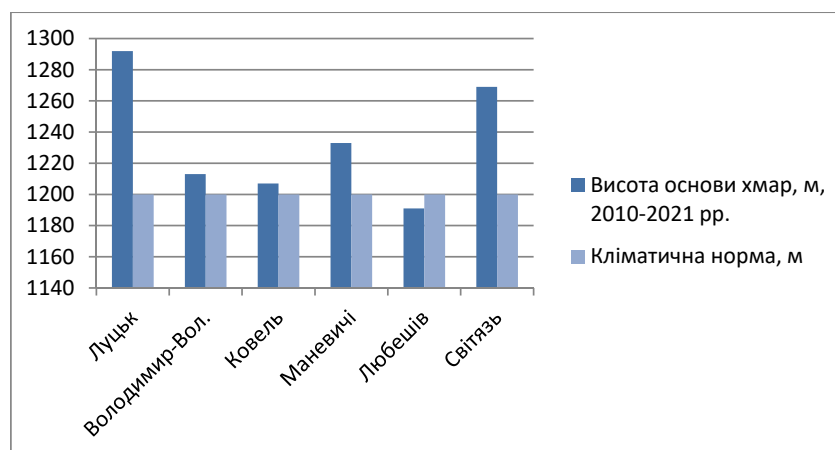


Рис. 5. Середня річна висота нижньої основи хмар на метеостанціях Волинської області

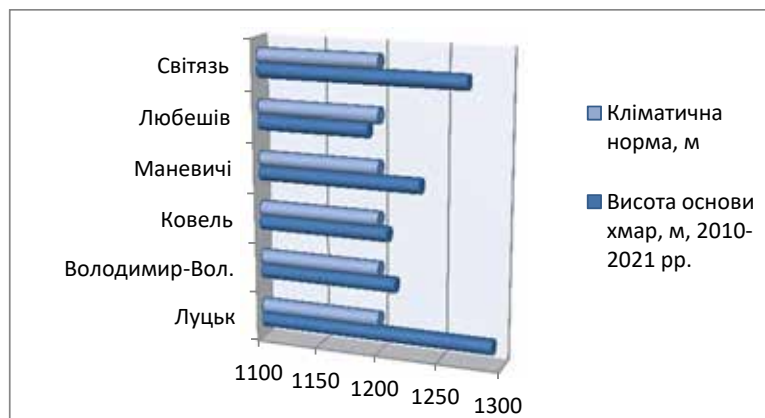


Рис. 6. Порівняння середньої річної висоти нижньої основи хмар на метеостанціях Волинської області з кліматичною нормою

усіх метеостанцій. Найбільшим це зниження було для ст. Луцьк (0,8 бали), а найменшим – для ст. Ковель (0,1 бали). У різні роки середня річна хмарність коливалася від 3,9 бали (Маневичі, 2016), 4,6 бали (Луцьк, 2016) до 7,8 бали (Світязь, 2017).

Найменшою середня річна хмарність неба протягом періоду 2010–2021 рр. була у м. Луцьку (5,9 бали), найвищою – у м. Ковелі (7,1 бали). По місяцях року на шести станціях прослідковуються ті ж самі тенденції, що виявлені для всієї Волинської області (помітне зниження хмарності в теплий період та показники, близькі до норми або вищі за неї для зимових місяців). Найяснішим небо було над Луцьком. Найвища середня річна хмарність неба спостерігалася протягом 2010–2021 рр. у м. Ковелі та у с. Світязь.

Проте на окремих станціях річний хід хмарності може мати свої річні особливості. Так, на ст. Ковель спостерігалися показники хмарності, вищі від кліматичної норми, практично впродовж всього року. А на ст. Луцьк, навпаки, протягом усіх місяців року, крім січня, хмарність була нижчою від норми.

За показником середньої річної висоти нижньої основи хмар ст. Луцьк має найбільші значення (до 1 300 м за норми 1 200 м), а найнижчою висота основи хмар спостерігається для ст. Любешів – 1 191 м (за норми 1 200 м). Підвищення показника висоти нижньої основи хмар на протязі досліджуваного періоду 2010–2021 рр. показують усі станції, окрім Любешова. Напевно, це пов'язано з його північним розташуванням.

Таким чином, рід час аналізу показників хмарності за період 2010–2021 рр. для території Волинської області було виявлено: зменшення середньої річної та місячної

хмарності в межах досліджуваної території на 0,3–1,1 бали; зростання висоти нижньої основи хмар на 50–100 м; найвищу динаміку таких відхилень від кліматичної норми демонструють ст. Луцька та ст. Світязь.

На рис. 7 представлено інтегральний графік динаміки температури нижньої основи хмар упродовж 2021 р. у м. Луцьку та на приміській території.

Як показує аналіз одержаних результатів, різниця в температурі, виміряній одночасно в місті та за містом, спостерігалася завжди. У переважній більшості випадків (41 із 48 проведених вимірів) нижчою була температура хмар за містом. Над містом нижня основа хмари мала вищу температуру. Різниця температур становила від 0,1°C до 7,0°C. Найбільшою ця різниця була для хмар вертикального розвитку та хмар верхнього ярусу (Cb, Cc, Ci), з високою основою та від'ємною температурою, а найменшою різниця t° була для хмар нижнього ярусу (St, Ns), із низькою основою та додатною температурою.

Як показує аналіз графіка, представленого на рис. 7, на протязі року найбільшими контрастами температури нижньої основи хмар характеризуються зимовий та літній сезони року. Так, зокрема, максимальна різниця температури (7°C) спостерігалася влітку, у липні, для купчасто-дощових хмар. У перехідні сезони (весна, осінь) різниця температур хмар є меншою.

Річна амплітуда температури нижньої основи хмар становила 48,6°C за містом та 50,4°C у місті. Максимальні значення цієї температури спостерігалися наприкінці липня (до +18°C – +16°C, хмари Cb), а мінімальні – в кінці грудня (до –30–33°C, хмари Ci, Cs).

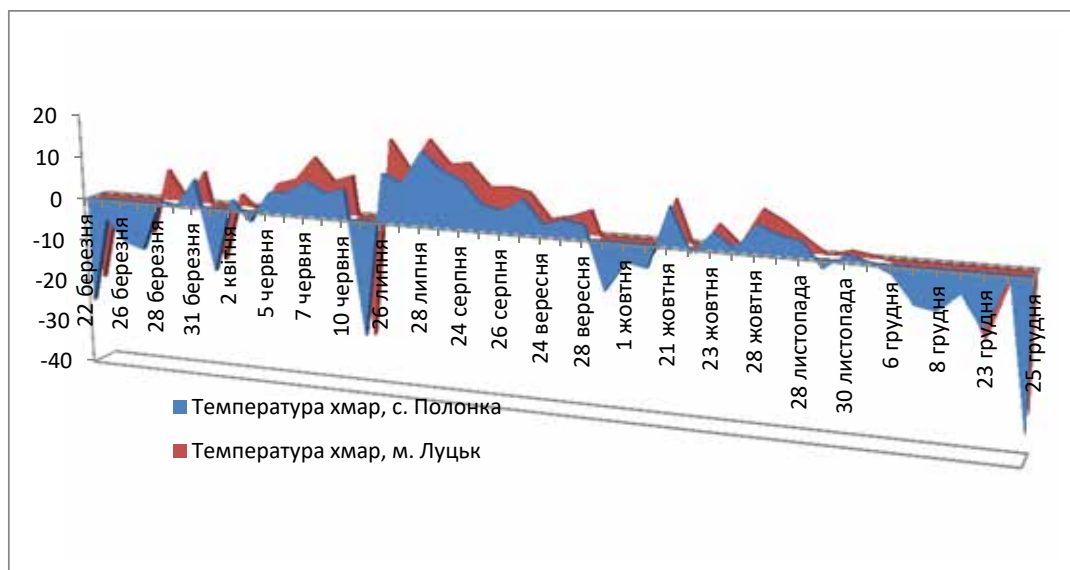


Рис. 7. Річна динаміка температури нижньої основи хмар у м. Луцьку та на приміській території на протязі 2021 р.

Було збудовано також окремі графіки температури нижньої основи для всіх 10 основних родів хмар, вибравши дні, у які спостерігалися хмари певного роду. Для перисто-купчастих та перисто-шаруватих хмар збудовано спільний графік, оскільки невеликою була кількість випадків вимірювання температури основи саме цих родів хмар. Аналіз отриманих результатів дає змогу відзначити, що найбільші контрасти температури нижньої основи спостерігаються для всіх різновидів купчастих хмар (купчасті, купчасто-дощові, шарувато-купчасті). Сезонну динаміку в різниці температур можна прослідкувати для тих родів хмар, виміри температури нижньої основи для яких проводилися регулярно в усі сезони впродовж значної кількості днів (наприклад, купчасті хмари). Річна динаміка для окремих родів хмар у цьому разі збігається з описаною вище динамікою температури нижньої основи хмар у цілому.

Варто відзначити, що на протязі року днями з найбільшим контрастом температури нижньої основи хмар за містом і над містом є безвітряні дні (штильова погода). Отже, на основі визначення різниці температур основи хмар у місті і за містом можна стверджувати, що місто Луцьк як «острів тепла» дійсно чинить суттєвий вплив на температуру нижнього шару хмарності. Найсуттєвішим цей вплив є тоді, коли різні типи діяльних поверхонь у місті максимально прогріваються, зростає вертикальна температурна нестійкість, тобто в теплу пору року, особливо влітку.

Таким чином, проведені дослідження одного з фізичних параметрів хмарності – температури нижньої основи хмар (яку не вимірюють стаціонарно на метеостанціях) дають змогу зробити висновок, що температура нижньої основи є стабільно вищою безпосередньо над містом порівняно з приміською зоною, це перевищення впродовж року може становити $0,1-7^{\circ}\text{C}$. Величина даної різниці температур залежить від роду хмар, пори року, напрямку і сили вітру. Найбільшою вона у Луцьку є для періодів зі штильовою погодою. Це підтверджує вплив міста як великого «острова тепла» на динаміку та переміщення хмарних систем, проте особливості такого впливу варто буде проаналізувати детальніше в майбутніх дослідженнях.

Висновки

Отже, після проведеного статистичного аналізу показників хмарності за період 2010–2021 рр. для території Волинської області та інструментальних спостережень за хмарами у м. Луцьку і на прилеглай території з'ясовано:

1. За 2010–2021 рр. середня річна загальна хмарність у межах Волинської області зменшилася на 0,3–1,1 бали. Найбільшим це зменшення є для Луцька, найменшим – для Ковеля. Висота нижньої основи хмар, навпаки, зростає. Найбільшим це зростання є в Луцьку (майже до 1 300 м).

2. Середні місячні значення хмарності в області були нижчими від норми з березня по жовтень (теплий період року). У період листопада – лютого показник хмарності був

дещо вищим від норми. Відхилення середньої місячної хмарності від показника кліматичної норми змінювалися в окремі місяці року в межах від + 10% до -35%. Найменшою хмарністю у всі місяці була в Луцьку.

3. Найменшою середня річна хмарність у 2010–2021 рр. була в Луцьку (5,9 бали), найвищою – у Ковелі (7,1 бали). За місяцями року на шести станціях і в межах області у цілому спостерігається зниження хмарності в теплий період. Узимку хмарність близька до кліматичної норми або вища. Найяснішим небо було над Луцьком. Найбільш «хмарні» станції Волині – це Ковель та Світязь.

4. Виявлено відмінності в температурі нижньої основи хмар над Луцьком та на приміській території (с. Полонка).

Температура нижньої основи була вищою над містом у 85% випадків, перевищення становило 0,1–7°C. Величина цієї різниці температур залежить від роду хмар, пори року, напрямку і сили вітру. Найбільшою вона є для періодів зі штильовою погодою, улітку і взимку, для купчастих, купчасто-дощових, перистих, висококупчастих хмар.

5. Виявлені зміни у ході показників хмарності неба в межах Волинської області, ймовірно, пов'язані з кліматичними змінами, які проявляються у загальному зростанні температури і підвищенні висоти рівня конденсації водяної пари та, відповідно, висоти утворення хмар. Припускаємо, що зменшення показників річної хмарності в теплий період пов'язане зі скороченням формування місцевих хмар через підвищення рівня конденсації.

Список використаної літератури

Гусар О. Н., Федонюк В. В. Динаміка хмарності в Луцьку у XXI ст. та її вплив на геліоенергетичний потенціал. *Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI ст.*: матеріали XXIII Міжнародної науково-практичної конференції, 19–20 травня 2022 р. Київ: КПІ імені Горького Сікорського; Інтерсервіс, 2022. С. 305–307.

Заболоцька Т. М., Підгурська В. М., Шпиталь Т. М. Вертикальний і горизонтальний розподіл фазового стану в хмарах різних форм. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2011. Вип. 260. С. 80–94.

Затула В. І. Урахування режиму хмарності при оцінці природної освітленості земної поверхні. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2013. Т. 30. Вип. 3. С. 105–111.

Затула В., Кихтенко Я., Олійник Р., Сніжко С. Статистичний аналіз параметрів прозорості та хмарності атмосфери на півдні України. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2021. № 55. С. 159–173. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-12>.

Клімат України: монографія / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.

Корінна О. В., Борис В. Є. Аналіз повторюваності складних метеорологічних умов у межах Львівської області за 2014–2018 роки (Doctoral dissertation, Кропивницький: ЛА НАУ). 2019. 232 с.

Міщенко Н. М., Ламанова А. Є. Режим низької хмарності над ст. Івано-Франківськ за останні п'ять років. *In The 1 st International scientific and practical conference «Science and technology: problems, prospects and innovations»* (October 19–21, 2022). CPN Publishing Group, Osaka, Japan. 2022. 550 p. (p. 126).

Нетробчук І. М., Горбач В. В. Атлас хмар: наочний посібник. Луцьк: Вежа-Друк, 2019. 70 с.

Офіційний сайт Держгідрометслужби України [Електронний ресурс]. URL: www.meteo.gov.ua (дата звернення: 04.12.2021).

Решетченко С., Чернова К. Сучасні метеорологічні спостереження для потреб авіації. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*. 2018. № 27. С. 55–63. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2018-27-08>.

Рибченко А. С., Савчук С. В. Моніторинг геліоенергетичних ресурсів України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2017. № 19. С. 65–71.

Савельєв О. Г. Атлас хмар : навчальний посібник. Запоріжжя, 2015. 20 с.

Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986–2005 рр.) / за ред. В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченко. Київ: Ніка-Центр, 2006. 311 с.

Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області : колективна монографія / В. О. Фесюк та ін. ; за ред. В. О. Фесюка. Київ: Ві Ен Ей, 2016. 316 с.

Тарасюк Ф. П., Тарасюк Н. А. Режим зволоження і хмарності північного сходу Волинського Полісся. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. 2010. № 5. С. 39–46.

Федонюк В. В., Федонюк М. А., Павлуць А. М. Дослідження грозової діяльності на Волині та в Україні за даними онлайн-ресурсу Blitzortung. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 28. С. 16–28. <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.02>.

Чернова К. В. Характеристика основних форм хмарності та їх повторюваності на досліджуваній території. *Інноваційний розвиток науки нового тисячоліття*: зб. матеріалів міжнарод. наук.-практ. конференції. Ужгород, 2017. Ч. 1. С. 165–179.

Fedoniuk V. V., Husar O. N., Fedoniuk M. A. Study of the cloudiness dynamics in Lutsk in the context of climate change. Publisher: European Association of Geoscientists & Engineers. Source: Conference Proceedings, International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment», 15–18 Nov 2022, Volume 2022. P. 1–5. [Електронний ресурс]. URL: <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2022/11/Mon-22-125.pdf> (дата звернення: 05.02.2023).

Matuszko D., Bartoszek K., Soroka J. Long-term variability of cloud cover in Poland (1971–2020). *Atmospheric Research*, 2022. 268, 106028.

Szyga-Pluta K. Cloudiness and cloud genera variability at the turn of the 21st century in Poznań (Poland). *IDÓJÁRÁS / QUARTERLY JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE*. 2022. 126 (1). P. 109–125.

Teuling A. J., Taylor C. M., Meirink J. F., Melsen L. A., Miralles D. G., Van Heerwaarden C. C. & de Arellano J. V. G. Observational evidence for cloud cover enhancement over western European forests. *Nature communications*. 2017. № 8(1). P. 14065.

References (translated & transliterated)

Husar, O. N., & Fedoniuk, V. V. (2022). Dynamika khmarnosti v Lutsku u XXI st. ta yii vplyv na helioenerhetychnyi potentsial. [Dynamics of cloudiness in Lutsk in the 21st century. and its impact on solar energy potential]. *Vidnovliuvalna enerhetyka ta enerhoefektyvnist u XXI st. Materialy XXIII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii*, 19–20 travnia 2022 r. [Renewable energy and energy efficiency in the 21st century. Materials of the XXIII International Scientific and Practical Conference, May 19–20, 2022.] Kyiv: KPI imeni Ihoria Sikorskoho. Interservis. 305–307 [in Ukrainian].

Zabolotska, T. M., Pidhurska, V. M., & Shpytal, T. M. (2011). Vertykalnyi i horyzontalni rozpodil fazovoho stanu v khmarakh riznykh form. [Vertical and horizontal distribution of the phase state in clouds of different shapes]. *Naukovi pratsi Ukrainського naukovo-doslidnogo hidrometeorolohichnogo instytutu: Zb. nauk. pr. Vyp.* [Scientific works of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute: Collection. of science Ave], 260, 80–94 [in Ukrainian].

Zatula, V. I. (2013). Vrakhuvannia rezhymu khmarnosti pry otsyntsi pryrodnoi osvitenosti zemnoi poverkhni. [Taking into account the cloudiness regime when assessing the natural illumination of the earth's surface]. *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia [Hydrology, hydrochemistry and hydroecology]*, 30, 3. 105–111 [in Ukrainian].

Zatula, V., Kykhtenko, Ya., Oliinyk, R., & Snizhko, S. (2021). Statystychnyi analiz parametriv prozorosti ta khmarnosti atmosfery na pivdni Ukrainy. [Statistical analysis of parameters of transparency and cloudiness of the atmosphere in the south of Ukraine]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnogo universytetu imeni V. N. Karazina, seriiia «Heolohiiia. Heohrafiia. Ekolohiiia» [Bulletin of Kharkiv National University named after V. N. Karazin, series «Geology. Geography. Ecology»]*, 55, 159–173. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-1> [in Ukrainian].

Klimat Ukrainy (2003). [Climate of Ukraine]: monohrafiia / Za red. V. M. Lipinskoho, V. A. Diachuka, V. M. Babichenko. Kyiv: Vyd-vo Raievskoho. 343 [in Ukrainian].

Korinna, O. V., & Borys, V. I. (2019). Analiz povtoriuvanosti skladnykh meteorolohichnykh umov u mezhakh Lvivskoi oblasti za 2014–2018 roky [Analysis of the recurrence of complex meteorological conditions within the Lviv region for 2014–2018]. (Doctoral dissertation, Kropyvnytskyi: LA NAU). 232. [in Ukrainian].

Mishchenko, N. M., & Lamanova, A. Ie. (2022). Rezhym nyzkoi khmarnosti nad st. Ivano-Frankivsk za ostanni piat rokiv [The regime of low cloudiness over St. Ivano-Frankivsk over the past five years]. In *The 1 st International scientific and practical conference «Science and technology: problems, prospects and innovations»* (October 19–21, 2022). CPN Publishing Group, Osaka, Japan. 550 (126) [in Ukrainian].

Netrobchuk, I. M., & Horbach, V. V. (2019). Atlas khmar : naochnyi posibnyk [Cloud Atlas: A Visual Guide]. Skhidnoievropeiskyi natsionalnyi universytet imeni Lesi Ukrainky, Heohrafichnyi fakultet, Kafedra fizychnoi heohrafii. Lutsk: Vezha-Druk. 70. [in Ukrainian].

Ofitsiyni sait Derzhhidrometsluzhby Ukrainy [Official website of the State Hydrometeorological Service of Ukraine]. [Electronic resource]. URL: www.meteo.gov.ua (access date 04.12.2021) [in Ukrainian].

Reshetchenko, S., & Chernova (2018). Suchasni meteorolohichni sposterezhennia dlia potreb aviatsii [Modern meteorological observations for the needs of aviation]. *Problemy bezpererвної heohrafichnoi osvity i kartohrafiu [Problems of continuous geographical education and cartography]*, 27, S. 55–63. <https://doi.org/10.26565/2075-1893-2018-27-08> [in Ukrainian].

Rybchenko, L. S., & Savchuk S. V. (2017). Monitorynh helioenerhetychnykh resursiv Ukrainy [Monitoring of solar energy resources of Ukraine]. *Ukrainskyi hidrometeorolohichnyi zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*. Kyiv: N 19, 65–71 [in Ukrainian].

Saveliev, O. H. (2015). Atlas khmar: Navchalnyi posibnyk. [Cloud Atlas: A Study Guide]. Zaporizhzhia, 2015. 20 [in Ukrainian].

Stykhiini meteorolohichni yavyscha na terytorii Ukrainy za ostannie dvadtsiatyrichchia (1986–2005 rr.). (2006). [Spontaneous meteorological phenomena on the territory of Ukraine during the last twenty years (1986–2005)]. / Za red. V. M. Lipinskoho, V. I. Osadchoho, & V. M. Babichenko. Kyiv : Nika-Tsentr. 311 [in Ukrainian].

Suchasnyi ekolohichnyi stan ta perspektyvy ekolohichno bezpechnoho stiikoho rozvytku Volynskoi oblasti: kol. monohr. (2016). [Current ecological condition and prospects for ecologically safe sustainable development of the Volyn region: col. monogr.]. V. O. Fesiuk, S. O. Puhach, & A. M. Slashchuk [ta in.]; za red. V. O. Fesiuka. Kyiv: TOV «Pidpriemstvo «Vi En Ei» [in Ukrainian].

Tarasiuk, F. P., & Tarasiuk, N. A. (2010). Rezhym zvolozhennia i khmarnosti pivnichnoho skhodu Volynskoho Polissia [Mode of moistening and cloudiness of the northeast of Volynskiy Polissia]. *Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylyhlykh terytorii : nauk. Zb [Nature of Western Polissia and adjacent territories: science. coll.]*. Lutsk : Vezha, 5. 39–46 [in Ukrainian].

Fedoniuk, V. V., Fedoniuk, M. A., & Pavlus A. M. (2021). Doslidzhennia hrozovoi diialnosti na Volyni ta v Ukraini za danymy onlain-resursu Blitzortung. [Study of thunderstorm activity in Volyn and Ukraine according to the Blitzortung online resource]. *Ukrainskyi hidrometeorolohichnyi zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*. Odesa. 28. 16–28. <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.02> [in Ukrainian]

Chernova, K. V. (2017). Kharakterystyka osnovnykh form khmarnosti ta yikh povtoriuvanosti na doslidzhuvanii terytorii [Characteristics of the main forms of cloud cover and their recurrence in the studied area]. *Innovatsiyni rozvytok nauky novoho tysiacholittia: zb. materialiv mizhnarod. nauk.-prakt. Konferentsii [Innovative development of science of the new millennium: coll. materials international. science and practice conferences]*. Uzhhorod. 1, 165–179 [in Ukrainian].

Fedoniuk, V. V., Husar, O. N., & Fedoniuk, M. A. (2022). Study of the cloudiness dynamics in Lutsk in the context of climate change. Publisher: European Association of Geoscientists & Engineers. Source: Conference Proceedings, International Scientific Conference «Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment», 15–18 Nov 2022. P. 1–5. [Electronic resource]. URL: <https://eage.in.ua/wp-content/uploads/2022/11/Mon-22-125.pdf> (access date 03.02.2023) [in English].

Matuszko, D., Bartoszek, K., & Soroka, J. (2022). Long-term variability of cloud cover in Poland (1971–2020). *Atmospheric Research*. 268, 106028 [in English].

Szyga-Pluta, K. Cloudiness and cloud genera variability at the turn of the 21st century in Poznań (Poland). (2022). *IDŐJÁRÁS / QUARTERLY JOURNAL OF THE HUNGARIAN METEOROLOGICAL SERVICE*. 126 (1), 109–125 [in English].

Teuling, A. J., Taylor, C. M., Meirink, J. F., Melsen, L. A., Miralles, D. G., Van Heerwaarden, C. C., & de Arellano, J. V. G. (2017). Observational evidence for cloud cover enhancement over western European forests. *Nature communications*. 8(1), 14065 [in English].

Отримано: 16.05.2023

Прийнято: 01.06.2023