

АНАЛІЗ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОЇ МІНЛИВОСТІ ГРОЗОВОЇ АКТИВНОСТІ НА ТЕРИТОРІЇ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я НА ПОЧАТКУ ХХІ СТОЛІТТЯ

Недострелова Л.В.¹, Даус М.Є.², Чумаченко В.В.¹

¹Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса

²Одеський національний морський університет
вул. Мечникова, 34, 65029, м. Одеса
nedostrelova@ukr.net, dme2468@gmail.com

В статті представлено результати аналізу просторово-часових тенденцій грозової активності на території Північно-Західного Причорномор'я за період 2005-2020 рр. Проведено кліматично-статистичну обробку даних про грозову діяльність у регіоні дослідження. В результаті розрахунків отримано багаторічний, сезонний і місячний розподіли кількості гроз у пунктах спостереження, а також розраховано кліматичний показник – кількість днів з грозами. Гроза є найбільш небезпечним явищем погоди, що може супроводжуватися інтенсивними зливовими опадами, сильним вітром, градом, шквалом, а іноді і смерчем. В умовах сучасних змін клімату, як показують дослідження останніх десятиліть, зростає повторюваність, тривалість і інтенсивність небезпечних гідрометеорологічних явищ. На формування гроз суттєво впливає температурний і вологісний режим атмосфери, її склад і стратифікація, волого- і теплообмін між підстилаючою поверхнею і шарами повітря. Потепління клімату супроводжуються змінами вказаних характеристик атмосфери, що, в свою чергу, призводить до змін режимних параметрів грозової активності. Результати дослідження дають можливість зробити наступні висновки. Протягом всього періоду найбільш активно грози формувалися на метеостанції Миколаїв, мінімальну активність грозоутворень зафіксовано в Херсоні. В багаторічному ході виявлено коливальний характер грозової діяльності з різними періодами і амплітудами коливань у відповідності до станцій. Сезонна мінливість грозоутворень показує, що гроза формується у всі сезони року, за виключенням станції Херсон, де взимку грози не спостерігалися. Максимальну кількість випадків зафіксовано влітку. Інтенсивніше процеси грозоутворення формуються в літні місяці, а саме в червні-липні, коли в атмосфері утворюються найбільш сприятливі умови для розвитку конвективних процесів. *Ключові слова:* грозова активність, сезонний розподіл, багаторічний хід, кліматичні показники, потепління клімату.

Analysis of spatiotemporal variability of thunderstorm activity on the territory of the Northwestern Black Sea Region at the beginning of the 21st century. Nedostrelova L., Daus M., Chumachenko V.

The article presents the results of the analysis of spatiotemporal trends of the thunderstorm activity on the territory of the Northwestern Black Sea Region for the period 2005-2020. Climatic and statistical processing of data of thunderstorm activity in the investigation region was carried out. As a result of the calculations, multi-annual, seasonal and monthly distributions of the number of thunderstorms at observation points were obtained, and a climatic indicator was also calculated – the number of days with thunderstorms. A thunderstorm is the most dangerous weather phenomenon, which can be accompanied with intense downpours, strong winds, hail, squalls, and sometimes a tornado. In the conditions of modern climate change, as shown by investigations of recent decades, the frequency, duration and intensity of dangerous hydrometeorological phenomena are increasing. The formation of thunderstorms is significantly affected with the temperature and humidity regime of the atmosphere, its composition and stratification, moisture and heat exchange between the underlying surface and air layers. Climate warming is accompanied with changes in the specified characteristics of the atmosphere, which, in turn, leads to changes in the regime parameters of thunderstorm activity. The results of the investigation allow us to draw the following conclusions. Throughout the entire period, thunderstorms were most actively formed at the Mykolaiv weather station, the minimum activity of thunderstorms was recorded in Kherson. Over the course of many years, an oscillatory nature of thunderstorm activity was revealed with different periods and amplitudes of oscillations in accordance with the stations. Seasonal variability of thunderstorms shows that thunderstorms form in all seasons of the year, with the exception of the Kherson station, where thunderstorms were not observed in winter. The maximum number of cases was recorded in summer. Thunderstorm formation processes are formed more intensively in the summer months, namely in June-July, when the most favorable conditions for the development of convective processes are formed in the atmosphere. *Key words:* thunderstorm activity, seasonal distribution, multi-year course, climatic indicators, climate warming.

Постановка проблеми. Гроза є найбільш небезпечним явищем погоди, що може супроводжуватися інтенсивними зливовими опадами, сильним вітром, градом, шквалом, а іноді і смерчем. Жодна галузь економіки країни не ігнорує інформацію про можливість формування грозової активності. Природні явища постійно впливають і на життєдіяльність людини. Кожне суспільство пристосовується до регіональ-

них погодних і кліматичних умов і відповідно до них забезпечує своє існування і діяльність. Негативні наслідки для економіки і суспільства виникають при формуванні аномальних явищ погоди. Вивчення і розуміння особливостей регіональних умов формування гроз є метою аналізу грозової діяльності.

Актуальність дослідження. В умовах сучасних змін клімату, як показують дослідження останніх

десятиліть [1-4], зростає повторюваність, тривалість і інтенсивність небезпечних гідрометеорологічних явищ. На формування гроз суттєво впливає температурний і вологісний режим атмосфери, її склад і стратифікація, волого- і теплообмін між підстилаючою поверхнею і шарами повітря [1, 5-7]. Потепління клімату супроводжуються змінами вказаних характеристик атмосфери, що, в свою чергу, призводить до змін режимних параметрів грозової активності.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Утворення грози є наслідком нестійкої стратифікації атмосфери, що виявляється у виникненні значних вертикальних рухів дуже вологого повітря з великими термічними градієнтами і утворення потужної конвективної хмарності [6, 7]. Існує велика кількість гіпотез про формування електричної структури грозової хмари. Але загально прийнятої теорії цього складного явища ще не розроблено. Найбільше визнання має схема будови грозової хмари, яка була запропонована Сімпсоном та Робінзоном, а потім уточнена Байерсом, Брейамом, Пірсом й іншими [5]. Окрім того, Україна має складний характер атмосферних процесів і умов погоди. Територія країни знаходиться на стику циркуляційних систем помірних і субтропічних широт. У ряді досліджень [8] автори виділяють три характерні особливості циркуляції в Україні: ослаблення циклонічної і посилення антициклонічної діяльності, різноманіття і складність сезонних змін атмосферної циркуляції, ослаблення активності атмосферних процесів. Особливості географічного положення та різноманіття синоптичних процесів, які зумовлюють погодні умови України і сприяють частому виникненню стихійних гідрометеорологічних явищ, надзвичайно ускладнюють розподіл їх у часі та просторі [1, 9, 10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останнім часом повторюваність і інтенсивність кліматичних і погодних аномалій в світі зростає. Кліматологи пов'язують сучасні зміни в режимі атмосферних явищ з потеплінням клімату [11-13]. Як стверджують автори [1-3, 14], кліматичні зміни повинні враховуватися при стратегічному плануванні сталого розвитку країни в цілому і кожного регіону зокрема, а також при формуванні державної програми адаптації до змін клімату. В цьому аспекті необхідно мати розуміння про режимні зміни метеорологічних величин, що визначають, по суті, клімат. Особлива увага повинна приділятися небезпечним і стихійним явищам погоди.

Гроза – складне атмосферне явище, що характеризується інтенсивним хмароутворенням і багаторазовими електричними розрядами у вигляді блискавок. Грози виникають у купчасто-дощових хмарах, які у цьому випадку, називаються грозовими [5-8, 15]. Грози є важливою складовою глобального електричного поля, що об'єднує атмосферу і Землю. Дослідження грозової діяльності допоможе скласти

повну картину цілого ряду процесів, що відбуваються в атмосфері.

Споживачами інформації про формування грози є спеціалісти будь-якої галузі економіки країни, органи державної і місцевої влади, населення. Особливу небезпеку грози і явищ, які пов'язані з ними, представляють для повітряного транспорту, сектору енергетики і зв'язку, сільського та лісового господарства тощо [6, 7, 15].

Гроза активність є характерною для помірних широт у теплий період року і формується в результаті розвитку конвективних процесів в атмосфері. В холодний період року грозова діяльність на території України також може виникати, але повторюваність її дуже низька. Найчастіше грози утворюються в літній сезон з максимумом, зазвичай, у червні-липні. Синоптичний аналіз грозоутворень дає можливість стверджувати, що максимальну повторюваність мають внутрішньомасові грози, а також грозова активність, що формується на холодних атмосферних фронтах. Добовий розподіл гроз показує, що грозова діяльність більш активна в другій половині дня, що пояснюється зростаючою інтенсивністю конвективних процесів в атмосфері в післяполудневі години. Частіше фіксуються грози з опадами, але відмічаються і сухі грози, повторюваність яких нижча за повторюваність гроз з опадами [8, 15].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Проблема зростання повторюваності і інтенсивності небезпечних і стихійних гідрометеорологічних явищ турбує як науковців, так і спеціалістів багатьох галузей економіки країни, органи влади і населення. Збільшення аномальних явищ може спричинити негативні, а іноді й руйнівні та невіправні наслідки для економіки країни, навколишнього середовища, життєдіяльності і здоров'я людини. Детальний аналіз просторово-часової динаміки повторюваності грозоутворень є важливим питанням для дослідження регіонального клімату України, особливо в сучасних умовах кліматичних змін.

Методологічне або загальнонаукове значення. Для аналізу просторово-часових тенденцій грозової активності на території Північно-Західного Причорномор'я за вихідну інформацію використовувалися дані щоденних спостережень за атмосферними явищами на метеорологічних станціях півдня України: Одеса, Миколаїв, Херсон за період 2005-2020 рр. Проведено кліматично-статистичну обробку даних про грозову діяльність у регіоні дослідження. В результаті розрахунків отримано багаторічний, сезонний і місячний розподіли кількості гроз у пунктах спостереження, а також розраховано кліматичний показник – кількість днів з грозами. Для аналізу отриманих результатів використано комп'ютерні технології, існуючі програми і графічні пакети.

Виклад основного матеріалу. Багаторічну мінливість грозової активності на станціях Північно-Західного Причорномор'я в період 2005-2020 рр. представлено на рис. 1. Аналіз отриманих результатів показав, що річна кількість гроз в Миколаєві суттєво відрізняється від розподілу явища на інших двох станціях – в Одесі і Херсоні. В Миколаєві максимум зафіксований у 2010 році і становить 70 гроз. В 2012, 2014 та 2018 роках спостерігалася також велика кількість випадків відповідно – 69, 68 та 67 гроз. Мінімальне значення на даній метеостанції виявлено в 2015 році – це 22 випадки, в наступному році показник становить 23 грози, що майже повторює розподіл в Одесі в ці роки. Максимум в Одесі припадає на 2017 рік і складає 38 випадків, найменша кількість гроз спостерігалася в 2009 році, що становить 15 гроз. Розподіл має три піки грозоутворень: 2005-2006, 2014 і 2017 роки. Багаторічна мінливість грозової діяльності на метеостанції Херсон має свої особливості: три піки підвищених показників – це 2010 р. – 27, 2014 р. – 33, 2019 р. – 29 гроз; три піки знижених значень: 7 гроз в 2006 р., 12 в 2011 р. та 8 в 2015 році.

Наступний крок в роботі – виявлення сезонної динаміки грозової активності на території Північно-Західного Причорномор'я. На рис. 2 представлено розподіл кількості гроз по сезонах. На станції Одеса процеси грозоутворення визначено у всі сезони року. Найбільші кількість спостерігається на літню – від 10 до 32 випадків, далі за кількістю йде весняний сезон з максимумом 9 гроз в 2016 році, восени максимально 7 гроз у 2020 році та взимку 1 гроза в 2014 році. В Миколаєві грозова активність зафіксована також у всіх сезонах, максимальні значення припали на літо – 54 випадки у 2013 р., весною дося-

гали позначки 26 гроз у 2014 році, максимум восени спостерігалися у 2018 та 2020 рр. по 10 випадків. Зимові грози були зафіксовані у 2005 та 2009 рр. по 1 випадку. Грозова діяльність на метеостанції Херсон виявлена лише в трьох сезонах, крім зими. Найбільша активність припадає на літній час з максимумом в 2010 році в кількості 23 гроз, мінімумом в 2006 році 6 випадків, на друге місце по кількості виходить весняний період з максимальним значенням 14 випадків за 2014 рік. В осінній період грозова активність значно менша і досягає максимальних значень в 2009, 2018 і 2020 рр. по 3 випадки.

На рис. 3 наведено середньомісячну динаміку грозової активності у пунктах дослідження. Аналіз показує, що на станції Миколаїв зафіксовано найбільшу кількість випадків, що майже в 2 рази перевищує кількість в двох інших містах. Загалом місячний хід на вибраних станціях повторюють один одного, мінімальні значення припадають на початок весни та зими, максимумами приходяться на літні місяці, з піком в червні-липні. Середньомісячні показники в Одесі мають максимум в липні 121 гроза, мінімум визначено в березні та грудні по 1 випадку.

На станції Миколаїв бачимо чітко виражений пік у 220 випадків в червні, мінімальні значення характерні для початку весни і зими: в квітні 4, у грудні 2 грози. В Херсоні мінливість гроз зі своїми особливостями: найбільшу кількість виявлено в літні місяці червень та липень 89 та 91 випадок відповідно. В березні та грудні грози були відсутні на відміну від інших досліджених метеостанцій.

Цікаво дослідити і кліматичні показники грозової активності. Тож, в роботі для досягнення цього завдання пораховано і наведено аналіз кліматичного показника – кількість днів з грозами. На рис. 4 пред-



Рис. 1. Багаторічний розподіл гроз на станціях Північно-Західного Причорномор'я за період 2005-2020 рр.

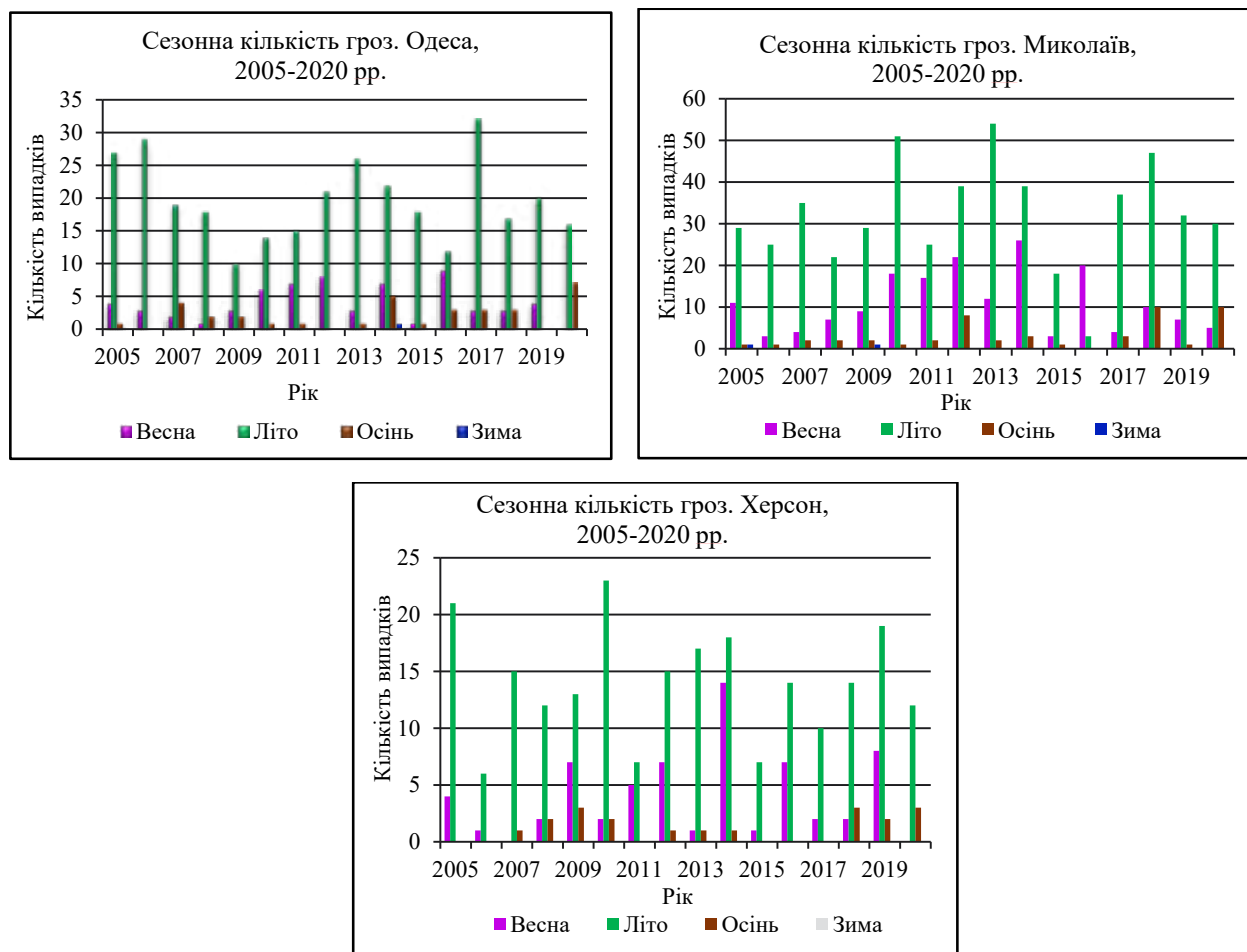


Рис. 2. Сезонний розподіл гроз на станціях Північно-Західного Причорномор'я за період 2005-2020 рр.

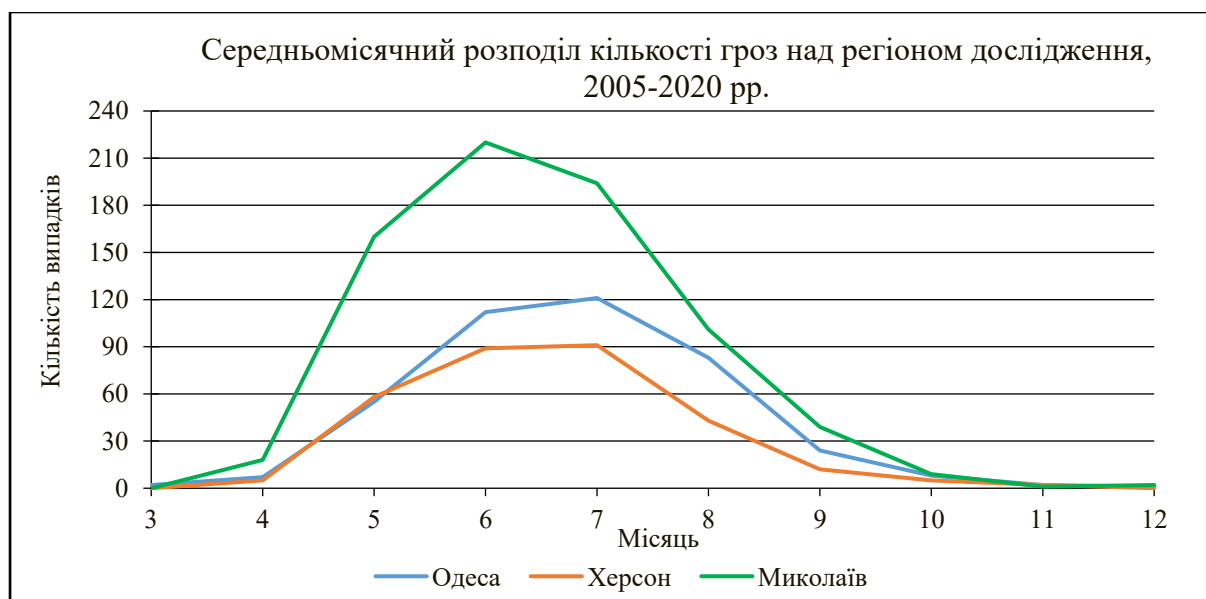


Рис. 3. Середньомісячний розподіл гроз на станціях Північно-Західного Причорномор'я за період 2005-2020 рр.

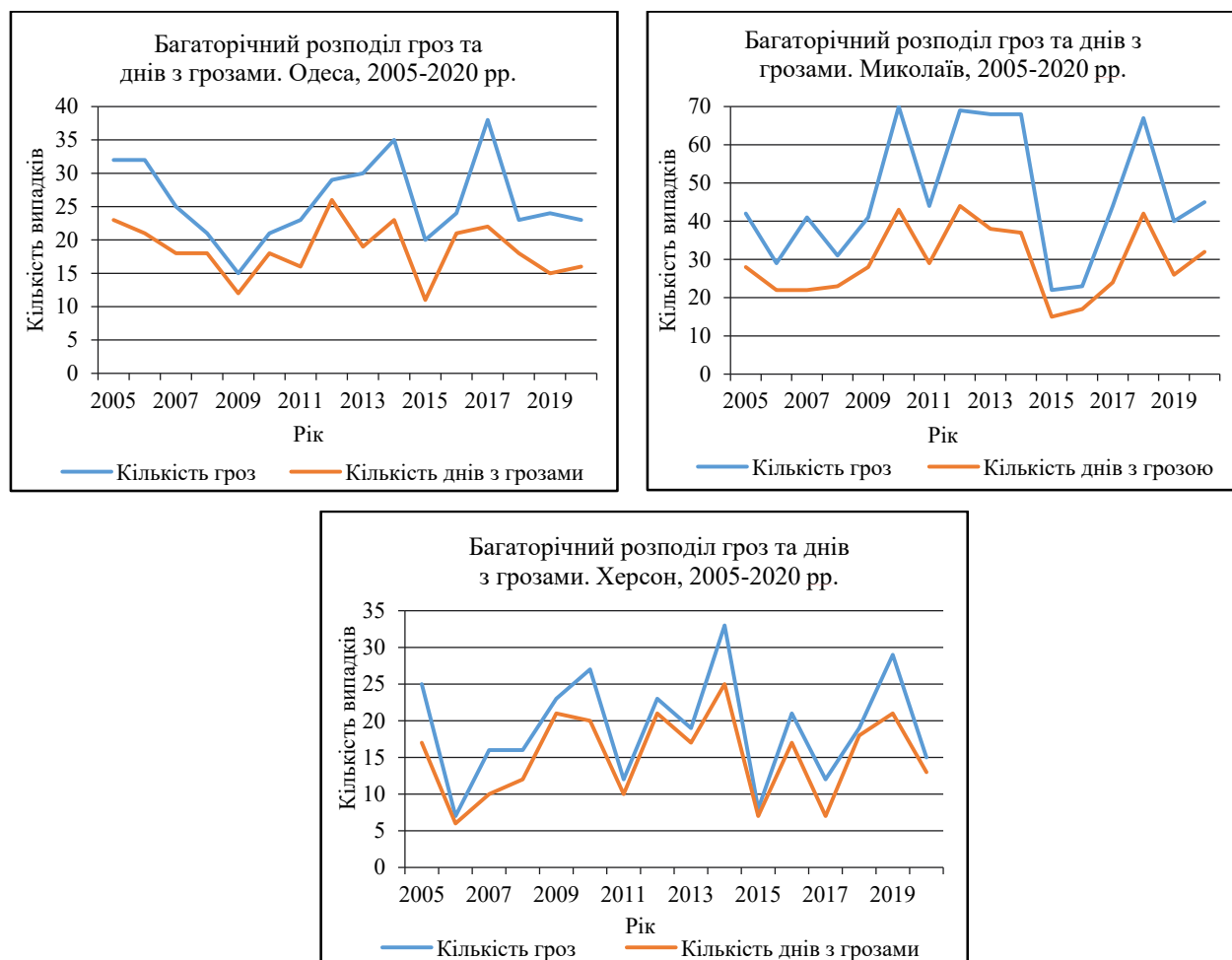


Рис. 4. Багаторічний розподіл гроз та днів з грозами на станціях Північно-Західного Причорномор'я за період 2005-2020 рр.

ставлено інформацію про просторово-часову динаміку кліматичної характеристики для кожної з досліджених станцій.

В Одесі криві кількості гроз та днів з грозами не співпадають, тобто днів з грозами менше за кількістю випадків, але ці криві повторюють хід одна одної, особливо в першій половині досліджуваного періоду. Для Миколаєва слід відмітити найбільші різниці в значеннях випадки-дні серед трьох міст. Кількість днів в середньому менша на 20 значень за кількість випадків. На станції Херсон крива кількості днів майже співпадає з кривою кількості випадків. В деякі роки, наприклад, 2006 і 2015, можемо фіксувати майже однакову кількість гроз і днів з явищем на даній станції.

Головні висновки. В статті представлено аналіз грозової активності на території Північного-Західного Причорномор'я протягом 2005-2020 рр. Результати дослідження дають можливість зробити наступні висновки. Протягом всього періоду найбільш активно грози формувалися на метеостанції

Миколаїв, мінімальну активність грозоутворень зафіксовано в Херсоні. В багаторічному ході виявлено коливальний характер грозової діяльності з різними періодами і амплітудами коливань у відповідності до станцій. Сезонна мінливість грозоутворень показує, що гроза формується у всі сезони року, за виключенням станції Херсон, де взимку грози не спостерігалися. Максимальну кількість випадків зафіксовано влітку. Інтенсивніше процеси грозоутворення формуються в літні місяці, а саме в червні-липні, коли в атмосфері утворюються найбільш сприятливі умови для розвитку конвективних процесів.

Перспективи використання результатів досліджень. Результати аналізу можуть бути використані для вдосконалення методів прогнозу небезпечних і стихійних явищ на території Північно-Західного Причорномор'я і загалом України, особливо в умовах сучасних змін клімату, які призводять до збільшення повторюваності, просторових масштабів і інтенсивності небезпечних і аномальних явищ погоди.

Література

1. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах змін клімату : монографія / Од. держ. еколог. ун-т; за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса, 2018. 548 с.
2. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України : монографія / Од. держ. еколог. ун-т; за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: ТЕС, 2015. 520 с.
3. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України : монографія / Од. держ. еколог. ун-т; за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса : Екологія, 2011. 694 с.
4. Кульбіда М. І., Барабаш М. Б., Єлістратова Л. О. Прогноз змін клімату України на початку ХХІ століття. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Географія*. 2011. № 23. С. 10-17.
5. Школьник Є.П. Фізика атмосфери. Київ: КНТ. 2007. 698 с.
6. Івус Г.П. Спеціалізовані прогнози погоди: Підручник. Одеса, 2010. 407 с.
7. Івус Г.П. Практикум зі спеціалізованих прогнозів погоди: навчальний посібник. Одеса: Екологія, 2007. 322 с.
8. Недострелова Л.В., Чумаченко В.В. Часовий розподіл гроз на АМСЦ Одеса на початку ХХІ століття. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 27. С. 16-23. <https://doi.org/10.31481/uhmj.27.2021.02>
9. Врублевська О. О., Катеруша Г. П. Клімат України та прикладні аспекти його використання: навч. пос. Одеса: ТЕС, 2012. 180 с.
10. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ : Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
11. Замфірова М. С., Хохлов В. М. Режим температури повітря та опадів в Україні в 2021-2050 роках за даними ансамблю моделей CORDEX. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 25. С. 17-27. <https://doi.org/10.31481/uhmj.25.2020.02>
12. Хохлов В. М., Боровська Г. О., Уманська О. В., Тенетко М. С. Зміна погодних умов на території України в умовах зміни клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. № 17. С. 31-37.
13. Хохлов В. М., Єрмоленко Н. С. Майбутні зміни клімату та їх вплив на режим опадів та температури в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. № 16. С. 76-82.
14. Україна і політика протидії зміні клімату: економічний аспект : аналітична доповідь / за ред. В. Р. Сіденка та О. О. Веклич. Київ : Заповіт, 2016. 208 с.
15. Семергей-Чумаченко А.Б., Жук Д.О., Візнюк Р.О. Mode and Conditions of Formation of Thunderstorms in Odesa Region. *World Science*. 2023. 4 (82). С. 1-12. https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30122023/8080