

**Гуда К. В., Остроградська О. С.**

*Український гідрометеорологічний інститут ДСНС України та НАН України*

## **ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ГРОЗ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ТА ЇХ ПРОГНОЗУВАННЯ: СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

**Ключові слова:** гроза; атмосферний фронт; прогнозування гроз.

**Актуальність проблеми.** Грози – одне із найскладніших атмосферних явищ, характерною рисою яких є тісний зв'язок і взаємообумовленість метеорологічних та електричних процесів. Формування великих об'ємних зарядів і, відповідно, сильних електричних полів супроводжується інтенсивними грозовими розрядами між хмарами та хмарою і земною поверхнею [11]. Гроза приваблювала дослідницьку увагу ще із глибокої давнини. Припускається, що до XVIII століття люди, з метою своєї безпеки, спостерігали за грозовими явищами, не маючи чіткого наукового методу для їхнього вивчення. Одним із перших думку про природу грози висловив ще Анаксимен, який розглядав грозу як результат згущення повітря у хмарах. Лукрецій вбачав причину генерації гроз у виникненні вітру, який видавлює з "хмар вогняні тільця у вигляді блискавки" [28].

Після створення Всесвітньої метеорологічної організації із 1856 р. почав здійснюватися систематичний моніторинг повторюваності гроз над різними регіонами світу [21].

За офіційною статистикою грози займають друге місце серед природних факторів, які загрожують життю людини, а їхня активність завдає значних збитків різним галузям економіки та впливає на динаміку екосистем. Тому проблеми дослідження та, зокрема, прогнозування гроз є актуальними та досить складними завданнями не лише метеорології, але і суміжних до неї наук.

**Метою роботи** було ознайомитися із сучасним станом дослідження гроз та окреслити перспективи подальшого проведення досліджень у даному напрямку.

**Синоптичні та кліматичні дослідження гроз.** Одночасно на Землі діє близько півтори тисячі гроз, середня інтенсивність розрядів оцінюється як 46 блискавок на секунду. По поверхні планети грози розподіляються нерівномірно. Над океаном гроз спостерігається приблизно в десять разів менше, ніж над континентами [27].

У помірних широтах грозова діяльність в основному спостерігається у теплий період року і виникає у купчасто-дощових хмарах завдяки розвитку атмосферної конвекції. Зимові грози (їх повторюваність становить соті частки відсотків) також пов'язані із зонами "затопленої" конвекції на загальному фоні шаруватоподібних хмар [12].

Грози пов'язані із розвитком потужних купчасто-дощових хмар [11]. У вологому, нестійко стратифікованому повітрі при інтенсивному прогріванні земної поверхні або при зміні повітряних мас розвиваються купчасто-дощові хмари, вертикальна потужність яких коливається від 4 до 8 км і навіть більше. Нижня межа таких хмар знаходиться у середньому на висоті 0,5 – 1,5 км. Їх вершина лежить на рівні 8 – 10 км, іноді досягаючи тропопаузи (11 – 13 км). Купчасто-дощові хмари складаються із крупних крапель, а їх вершини, які мають вигляд ковадл, майже повністю складаються із кристалів льоду, так як вони знаходяться у зоні від'ємних температур (зазвичай нижче  $-15^{\circ}$ ,  $-20^{\circ}$ ). Іноді перед такими хмарами, за 1 – 2 км до зливи, мчить вихор із горизонтальною віссю. Гроза супроводжується сильними шквалистими

вітрами і зливовими опадами, нерідко градом.

Зважаючи на значну кількість небезпечних явищ (надзвичайно сильні зливи, грози, шквали) на території України, можна вважати, що повторюваність купчасто-дощових хмар продовжує зростати. У роботі [9] було визначено, які умови спричиняють розвиток Сб та пов'язаних із ними небезпечних явищ. Зокрема, виявлено, що головною причиною утворення тривалих сильних опадів та гроз на території України в різні сезони 2012 р. була інтенсифікація фронтальної діяльності внаслідок блокування руху циклонів антициклональним полем.

Розрізняють внутрішньомасові грози, які зумовлені конвекцією і виникають як у теплих масах повітря внаслідок нагрівання підстильної поверхні переважно у малоградієнтному полі підвищеного або зниженого тиску, так і в холодних, які перемішуються на теплу поверхню і грози, які виникають у зонах атмосферних фронтів [12]. Близько 70 % гроз мають фронтальне походження, більша частина таких гроз пов'язана з холодним фронтом. У [17] було запропоновано параметр, який характеризує запаси мезомасштабної складової доступної потенційної енергії фронтальної зони. Співставляючи оцінки діагностичної якості запропонованого параметру з деякими іншими параметрами, які можуть використовуватися для діагнозу та прогнозу активності конвекції на фронті, авторами було отримано статистичне підтвердження зв'язку запасу енергії фронту з грозовою активністю. Вплив циклонів і фронтів, що виходять на територію України з північною складовою, на повторюваність небезпечних і стихійних конвективних явищ погоди в регіонах країни описано у [1]. Виявлено, що наприкінці ХХ століття, у теплий період року, кількість циклонів, що виходять на територію України і проходять по ній своїм центром, зменшилась, а кількість фронтів зросла. Циклони і фронти, що виходять в Україну з північною складовою в теплий період року, стали більш інтенсивні і небезпечні. У центральних, східних і південних регіонах України спостерігається зростання інтенсивності циклонів і фронтів, що виходять в Україну з північною складовою у теплий період.

Дослідження останніх десятиліть показали, що грозова активність чутливо реагує на зміни температури, вологості, радіаційного режиму та складу атмосфери [15]. Це також підтверджується у [5], де за допомогою компонентного аналізу було проведено параметризацію поля повторюваності гроз, аналіз результатів якого свідчить про те, що існує велика кількість факторів, від яких залежить повторюваність грозової активності в Україні, зокрема, зміна процесів різних масштабів, притік південного теплого та вологого повітря.

Просторовий розподіл числа днів із грозою за рік зумовлюється характером загальної циркуляції атмосфери та рельєфом місцевості.

Сучасні просторово-часові зміни кількості днів із грозою і тривалості гроз на території України було розглянуто у [8]. Ці характеристики було визначено для сорокарічного періоду (1961–2000 рр.) за спостереженнями на 37 станціях України, які досить рівномірно розміщені на території. Було встановлено, що середня кількість днів із грозою за теплий період 1961-2000 рр. порівняно з 1936-1965 рр. зменшилася на 1 день (4%), а тривалість на 6 годин (10%). Значущими є збільшення тривалості гроз у квітні (на 0,5–1,0 год) і зменшення в серпні (на 2,5 год). Рівень значущості – 0,01. Тенденція змін середніх за теплий період значень тривалості гроз у 1961-2000 рр. свідчить як про їх збільшення, так і про зменшення в окремих регіонах України, що, вірогідно, зумовлено змінами повторюваності циклонів різного напрямку руху через поширення Азорського антициклону на схід. Збільшення грозової активності у [21] пояснюється сучасним потеплінням клімату, а також зміною циклонічної активності над територією України, яка обумовлена змінами стану Північноатлантичного коливання.

В основному грози спостерігаються з травня до вересня. Згідно із [21], за період із 1973 по 2008 р. на більшій частині території України грозова активність збільшилася. У травні кількість грозових днів найбільше зросла над Київською та Львівською областями. У червні спостерігається тенденція до збільшення грозової активності на сході України, у той же час як у липні (найбільша кількість над Хмельницькою областю) спостерігається тенденція до зниження на тій же території. За той же період у серпні найбільше число гроз відмічалось над південно-східним узбережжям Криму.

Важливою характеристикою грозової діяльності є тривалість гроз. Грози тривають від декількох хвилин до 10 год і більше. Переважають грози тривалістю менше двох годин [11, 12].

Найбільша тривалість гроз відмічається у Селятині (160 год), що зумовлено своєрідністю розташування (високогірна станція). Результати дослідження синоптичних і термодинамічних умов формування тривалих та інтенсивних гроз на території Карпат представлені у [7]. Автори з'ясували, що такі грози утворюються як у центральній частині циклону, так і на холодному фронті з хвилями, що розміщуються зазвичай уздовж фронтальної зони в напрямку з південного заходу на північний схід. У тому випадку, коли улоговина над Карпатами виявляється «затиснутою» з двох сторін антициклонами, грозова діяльність уздовж фронту може тривати кілька днів. У разі формування та проходження глибокої баричної уловини, з якою пов'язаний холодний фронт, в Українських Карпатах спостерігаються сильні зливи та грози.

Найактивнішою грозова діяльність є після полудня та ввечері. Проте нічні грози маловивчені в Україні. Радіолокаційні характеристики нічних гроз у Причорномор'ї, які були виявлені та локалізовані за допомогою розробленого критерію було досліджено у [6]. Згідно із [6], нічні грози у Причорномор'ї є достатньо частим явищем і їх можна поділити на три групи: грози, які виникають безпосередньо у нічний час – 33% від усіх нічних гроз; денні грозоградові процеси, які зберігають активність і у нічні години – 58%, і потужні, які спостерігаються протягом тривалого часу (добу, іноді дві, три доби) – 9%.

**Прогнозування та моделювання гроз.** Існує декілька методик прогнозу гроз. Для внутрішньомасових гроз суть всіх їх зводиться до врахування стану повітря біля земної поверхні та на всіх доступних інструментальним вимірюванням висотах у ранні ранкові години і визначення зміни цього стану в денний час при максимальному нагріванні земної поверхні сонячними променями. Для цього потрібні дані про температуру, вологість повітря, атмосферний тиск та вітер біля поверхні землі і на висотах, тобто матеріали приземних і аерологічних спостережень (радіотемпературного і радіовітрового зондування атмосфери), а також карти погоди – приземні та висотні.

На спеціальному бланку аерологічної діаграми синоптики зазвичай за даними нічного радіозондування будують дві криві – фактичного і очікуваного вдень стану атмосфери (крива стратифікації і крива стану). Зіставивши положення цих двох кривих і оцінивши розміри площі між ними на діаграмі, синоптик може кількісно оцінити ступінь нестійкості повітря і очікуваний вдень рівень прояву цієї нестійкості [29].

Дані спостережень наземної мережі метеостанцій та метеорологічних радіолокаторів є важливим джерелом інформації про погодні умови над певною територією і разом із приземними метеорологічними спостереженнями та аерологічним зондуванням використовуються для валідації супутникової інформації щодо водності хмар, кількості та інтенсивності опадів і метеорологічних явищ. Оскільки середній розмір окремого грозового осередку, як правило, суттєво менший

за середню відстань між метеостанціями (на рівнинній місцевості ~50-60 км), є підстави припускати, що частина грозових осередків не реєструється мережею метеостанцій. У зв'язку з цим проведено ряд досліджень [23, 24, 26] та виконано оцінку ефективності мережі спостережень за геометричними параметрами грозових осередків. Ця оцінка дозволяє визначити відсоток грозових осередків, що були виявлені ДМРЛ та при цьому пройшли над (принаймні) однією із станцій мережі, розташованих у 150-кілометровій зоні навколо ДМРЛ протягом строку. За розглянутий період наземна мережа реєструвала лише кожне третє явище. Отриманий результат є попереднім, але в цілому характеризує можливості існуючої мережі метеостанцій. Значення ефективності мережі, ймовірно, можуть змінюватися в залежності від просторово-часових характеристик гроз.

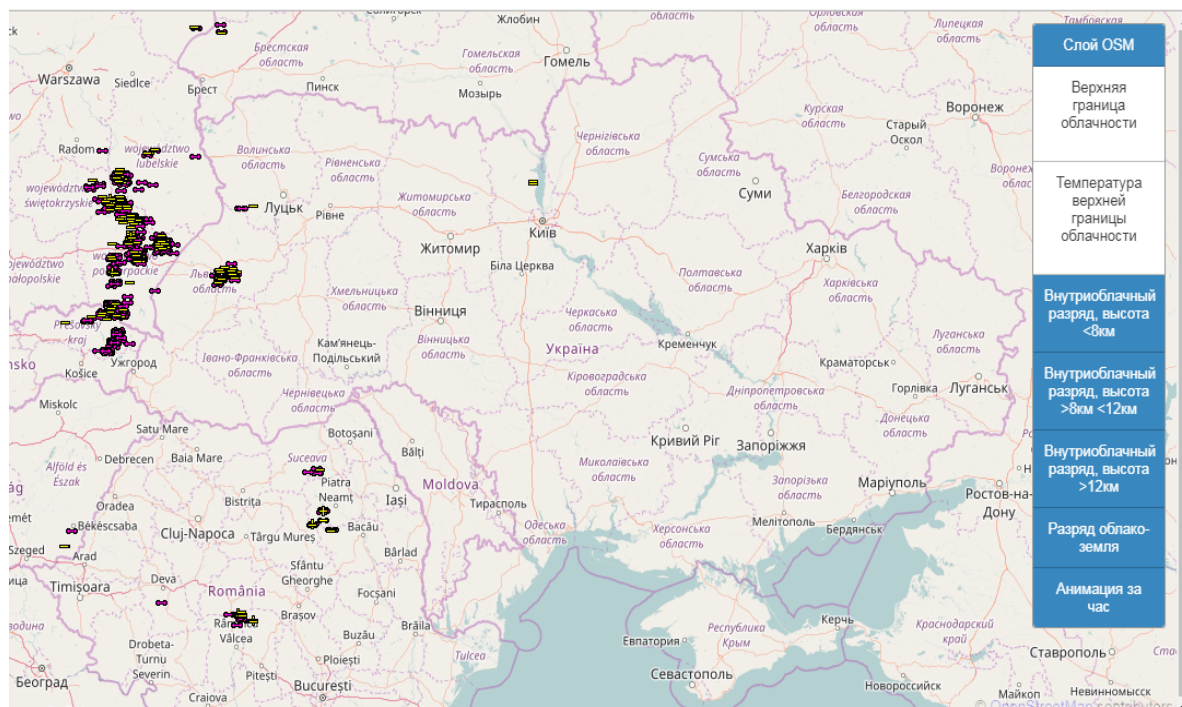
У світі створено безліч різноманітних фізико-статистичних параметрів (індексів, предикторів) нестійкості, у яких конвективні процеси описуються не на пряму, а опосередковано. Це означає, що на основі даних про швидкість і напрямок вітру, вологості й температури повітря на певних висотах або ізобаричних поверхнях розраховуються характеристики, за якими визначається ймовірність виникнення того чи іншого конвективного явища. Більшість індексів розроблено для прогнозу наявності чи відсутності грози як комплексу метеорологічних явищ, пов'язаних із розвитком купчасто-дощових хмар (наприклад, індекс Вайтинга) [3]. Виділяють [3] індекси, які засновані на методі частки (LI, CAPE, CIN), параметрах вітру на різних висотах чи ізобаричних поверхнях (LLS, DLS, SRH), температурно-вологісних характеристиках атмосфери (K Index, EPI), комплексі трьох перших підходів (DCI, Thompson Index, SCP, MCS, SWEAT, VIMFC). Найчастіше формули для їхнього розрахунку включають у себе індекси із перших трьох груп. У [4] розглянуті базові принципи розробки розрахункових методів, прогностичних параметрів та індексів, які використовуються у схемі класифікації, із урахуванням їх лімітних значень, які визначають діагностування інтенсивності конвективних процесів у атмосфері. Кількісна оцінка прогностичних методів, які використовуються в оперативному прогнозуванні гроз, дозволила визначити доцільність використання сучасних і надійних параметрів таких як, параметр Вайтинга (K), енергія нестійкості (CAPE), індекс нестійкості (LI).

Складання прогнозу грози вимагає, крім володіння методами, ще й досвід, хорошого знання місцевих умов і всіх особливостей грозової діяльності в кожному сезоні та у кожній типовій ситуації.

Для великої території грози можуть бути передбачені досить надійно за добу, що дозволяють зробити карти погоди. А для населеного пункту ж прогноз гроз за добу не може вважатися надійним. У цьому випадку потрібні уточнення і деталізація добового прогнозу гроз на основі аналізу аерологічної діаграми, тобто даних радіозондування за нічний або ранній ранковий термін спостережень. Тому завчасність складання надійного прогнозу скорочується до 9-6 год [29].

Уточнити прогноз можна і за даними метеорологічних радіолокаторів і грозопеленгаторів. Ці прилади фіксують грозові осередки, які вже виникли, допомагають визначити їхнє переміщення, а отже, і дати попередження про наближення грози за кілька годин до її приходу до населеного пункту, який нас цікавить. У 2016 році співробітниками УкрГМІ був створений Український сегмент мережі грозопеленгації компанії EarthNetworks (США), який є першою системою встановленою на території України, яка дозволяє у реальному режимі часу відслідковувати грозову активність. Відповідні датчики були встановлені на 12 метеорологічних станціях по території України. Ці датчики дозволяють із високою точністю фіксувати як міжхмарні, так і розряди земля-хмара, що підтверджено порівнянням із даними метеостанцій. Система грозопеленгації надає не лише

інформацію про поточні грози та блискавки, але і можливість попередити надходження грозового фронту [14]. Як приклад, на рис. 1 зображена карта грозових осередків, яка отримана за допомогою даної системи.



**Рис. 1. Карта грозових осередків за 21 липня 2017 р. (17 год за київським часом), отримана за допомогою системи грозопеленгації [30]**

Ефективним інструментом дослідження є чисельні моделі. На сьогодні вже накопичений значний досвід створення чисельних моделей різного рівня складності. Сформульовані системи одно-, дво-, і трьохвимірних моделей окремої конвективної хмари, використовуються також макромасштабні та мезомасштабні моделі полів хмар [31]. Протягом останніх десятиліть моделі чисельного прогнозування погоди (NWP) зарекомендували себе як надзвичайно ефективний інструмент у щоденній практиці операційних центрів прогнозування по всьому світу. Точність таких моделей, як правило, вище, ніж точність синоптичних прогнозів, особливо коли мова йде про їх просторову та часову дискретизацію. У [26] представлені результати чисельних експериментів, які дозволяють покращити розуміння можливостей прогнозу грози за допомогою моделей NWP та розкрити деякі аспекти його оцінки, а також показані особливості приземних та радарних спостережень гроз. Було визначено, що приземна мережа реєструє ~ 30% гроз.

Перевірку адекватності моделювання стану атмосфери за допомогою моделі WRF, яка використовується Українським гідрометеорологічним інститутом ДСНС України та НАН України в оперативному режимі, виконано у [10]. До загальних недоліків моделювання вибраних ситуацій автори відносять наявність постійних відхилень моделі, які виражені в заниженості тиску у циклонах та переоцінці кількості опадів порівняно із фактичною.

Для вивчення термодинамічних умов еволюції купчастих хмар у [18] використовувалась тривимірна прогностична модель. Завдяки цій моделі було встановлено, що розвиток купчастої хмарності супроводжується збільшенням значень вертикальних рухів і те, що на висоті це відбувається більш інтенсивно, ніж поблизу земної поверхні. При порівнянні просторового розподілу псевдопотенційної температури з просторовим розподілом висхідних рухів було отримано, що майже

завжди інтенсивні вертикальні рухи приурочені до зон значних вертикальних градієнтів псевдопотенційної температури.

На сьогодні у багатьох країнах світу особливого значення набуває розвиток систем прогнозування погоди на близькі строки у зв'язку зі зростанням попиту на такого роду прогностичну продукцію. Прогнозування із завчасністю від 0 до 2 годин називається «*nowcasting*» або поточне прогнозування (прогноз погоди). *Nowcasting* базується на даних спостережень, тому ця технологія добре розвинута у країнах із щільною мережею радарних спостережень. Країни, що розвиваються, будують систему *nowcasting* перш за все на даних супутникового аналізу та чисельних моделей прогнозу погоди.

На підтримку *nowcasting* та надкороткострокового прогнозування (НКП) у грудні 1996 р. був створений сервіс NWC SAF. Продукти даного сервісу базуються на даних європейських супутників MSG (геостаціонарні) та PPS (полярно-орбітальні). Один із таких продуктів – Швидкий Розвиток Гроз (Rapid Development Thunderstorm), запропонований у Meteo-France у рамках програми EUROMETSAT SAF. Він використовується з метою ідентифікації, моніторингу та відстеження траєкторій інтенсивних конвективних хмарних систем, а також виявлення конвективних осередків, що швидко розвиваються. Даний продукт створений для прогнозистів, але може бути використаний також у дослідницьких цілях [16].

**Висновки.** Таким чином, особливості розподілу гроз та їхнє прогнозування вивчалися не одним поколінням дослідників. Для цього вони використовували найрізноманітніші методи. Можна виділити такі напрями досліджень: синоптичний, кліматичний та чисельне моделювання. Проте інтерес до цієї проблеми не вщухає, адже на фоні глобального потепління відмічається зростання випадків небезпечних природних явищ, зокрема, і грозової активності. Синоптичні дослідження відходять на другий план, при цьому збільшується число експериментів, проведених за допомогою чисельних моделей, які є ефективним інструментом не лише для моделювання гроз, але і для їхнього прогнозування. Але ще при введенні вхідних даних можуть виникати деякі труднощі: первинна інформація, яка надходить із метеорологічних станцій неповною мірою відображає дійсну кількість гроз, оскільки через велику відстань між станціями зафіксувати всі їх випадки грози на території України нереально. Тому задля найціліснішої картини потрібно використовувати ще дані радіолокаторів, грозопеленгаторів та супутників, завдяки яким можна уточнювати прогноз.

Грози нерозривно пов'язані із купчасто-дощовими хмарами, через що дуже важливим є вивчення властивостей цих хмар. Виходячи з цього, перспективним напрямком є вдосконалення моделей конвективних хмар, насамперед для дослідження електричних процесів всередині хмар та вплив цих процесів на фазові переходи вологи та коагуляцію хмарних елементів.

### Список літератури

1. Балабух В.О. Регіональні особливості розподілу небезпечних і стихійних конвективних явищ погоди при переміщенні на Україну циклонів і фронтів з північною складовою наприкінці ХХ ст. Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища, 2002: / Матеріали міжнародної наукової конференції. Одеса: ОДЕКУ. С.31-36. 2. Балабух В.О., Лавриненко О.М. Особливості мезомасштабної циркуляції, що обумовлює небезпечні і стихійні конвективні явища погоди та її зміна наприкінці ХХ ст. Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища. 2002: / Тези доповідей міжнародної наукової конференції. Одеса: ОДЕКУ. С.77-78. 3. Быков А.В., Ветров А.Л., Калинин Н.А. Прогноз опасных конвективных явлений в Пермском крае с использованием глобальных прогностических моделей. Труды Гидрометцентра России, 2017. Вып. 363. С. 101-119. 4. Гусейнов Н. Ш., Шпиг В. М., Меликов Б. М. Диагностические параметры условий формирования гроз.

Фізична географія та геоморфологія, 2013. Вип. 4(72). С. 117–126. **5.** Данова Т.Е., Мацук Ю.М. Динаміка повторюваності гроз на території України по результатам компонентного аналізу. Наук. праці УкрНДГМІ, 2013. Вип. 264. С. 18–23. **6.** Данова Т.Е. Радиолокаційні характеристики ночних гроз в Причорномор'ї. Вісник Одеського державного екологічного університету, 2008. Вип. 12. С. 137–141. **7.** Данова Т.Е., Мацук Ю.М. Тривалі та інтенсивні грози над Карпатами. Фізична і конструктивна географія, 2013. Вип.16 (265). С. 55–61. **8.** Заблоцька Т. М., Підгурська В. М., Шпиталь Т. М. Грозова діяльність на території України. Наук. праці УкрНДГМІ, 2007. Вип. 256. С. 92–98. **9.** Заблоцька Т. М., Шпиталь Т. М. Характеристика умов розвитку тривалих злив та гроз у різні сезони 2012 року. Наук. праці УкрНДГМІ, 2012. Вип. 263. С.44–65. **10.** Івус Г.П., Пишняк Д.В., Шпиг В.М. Оцінка відновлення стану атмосфери при проходженні холодних фронтів в моделі WRF ARW. Вісник Одеського державного екологічного університету, 2010. Вип. 9. С. 92–102. **11.** Клімат Києва: [монографія]. / ред. Л. І. Сакали. Л. : Гидрометеоздат, 1980. 288 с. **12.** Клімат України / ред. Г. Ф. Прихотько, А. В. Ткаченко, В. Н. Бабіченко. Л. : Гидрометеоздат, 1967. 413 с. **13.** Клімат України / ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. К. : Вид-во Раєвського, 2003. 345 с. **14.** Кривобок О.А., Кривошеїн А.О. Новые технические и технологические возможности мониторинга за особо опасными явлениями погоды. Тези доповідей Першого Всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду. Одеса: ТЕС, 2017. С. 258–259. **15.** Мацук Ю.М. Зміни грозової активності на території України в ХХ та на початку ХХІ сторіччя. Вісник Харківського національного університету. Серія «геологія – географія – екологія», 2013. Вип. 39 (1084). С. 147–151. **16.** Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни “Мезометеорологія та наукастінг” / укладач Семенова І.Г. Одеса: ОДЕКУ, 2012. 40 с. **17.** Пишняк Д.В., Шпиг В.М., Івус Г.П. Мезомасштабна доступна потенціальна енергія фронтального розділа як характеристика його конвективної і грозової активності. Вісник Одеського державного екологічного університету, 2014. Вип. 17. С. 67–77. **18.** Лесков Б. Н., Пірнач Г. М., Сирота М. В., Шпиг В. М. Смерчі у Криму 22 липня 2002 року. Наук. праці УкрНДГМІ. 2007. Вип. 256. С. 75–91. **19.** Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986–2005 рр.). / За редакцією В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. К.: Ніка-Центр, 2006. 312 с. **20.** Супутникова метеорологія: Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2008. 77 с. **21.** Холопцев А.В., Мацук Ю.М. Аналіз сучасних тенденцій просторово-часової змінливості повторюваності грозових днів в Україні. Людина та довкілля. Проблеми неоекології, 2012. № 1–2. С. 14–19. **22.** Холопцев А.В., Нікіфорова М.П. Особливості статистичної зв'язи міжгодових змін середньмісячних значень загального вмісту озона і індексів грозової активності над Україною. Вісник Одеського державного екологічного університету, 2011. Вип. 12. С. 131–138. **23.** Шпиг В.М., Будак І.В. Сравнительная оценка радиолокационных и наземных данных наблюдений грозы. Проблемы гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности в условиях изменяющегося климата: материалы Международной научн. конф., 2015. Минск, 2015. **24.** Шпиг В.М., Будак І.В. Перехресна перевірка радіолокаційних даних та наземних спостережень щодо грози та граду. / Тези доповідей Першого Всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду / Одеськ. держ. екол.-ний ун-т. Одеса : ТЕС, 2017. С. 295–296. **25.** Shpyg V., Pishniak D. Application Semi-Lagrangian Advection for Estimation Energy Transition in the Atmosphere. 12th EMS Annual Meeting and 9th European Conference on Applied Climatology (ECAC). 2012.. Lodz, Poland. **26.** Shpyg V., Budak I. WRF Reflectivity Simulation and Verification of Thunderstorm Forecast by Radar and Surface Observation. 16th International Radar Symposium (IRS). 24–26 June 2015. Dresden, Germany. **27.** <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%B0>. **28.** [http://e-lib.gasu.ru/eposobia/shitov1/R\\_1\\_1.html](http://e-lib.gasu.ru/eposobia/shitov1/R_1_1.html). **29.** <http://pogoda.by/glossary/?id=40>. **30.** <http://entln.uhmi.org.ua/>. **31.** <https://www.kommersant.ru/doc/2735512>.

**Просторово-часові особливості розподілу гроз на території України та їх прогнозування: сучасний стан питання та перспективи розвитку**

**Гуда К. В., Остроградська О. С.**

Дається огляд сучасного стану досліджень та способів прогнозування розподілу гроз як у просторі, так і в часі на території України та вивчаються аспекти перспективи подальшого

ISSN:2306-5680 Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. № 3 (46)

розвитку даної тематики.

**Ключові слова:** гроза; атмосферний фронт; прогнозування гроз.

**Пространственно-временные особенности распределения гроз на территории Украины и их прогнозирование: современное состояние вопроса и перспективы развития**

**Гуда Е. В., Остроградская О. С.**

Дается обзор современного состояния исследований и способов прогнозирования распределения гроз как в пространстве, так и во времени на территории Украины и изучаются аспекты перспективы дальнейшего развития данной тематики.

**Ключевые слова:** гроза; атмосферный фронт; прогнозирование гроз.

**Spatial and temporal distribution features of thunderstorms on the territory of Ukraine and their forecasting: the current state of the issue and development prospects**

**Huda K. V., Ostrogradska O. S.**

Thunderstorms are one of the most complex atmospheric phenomena, the characteristic feature of which is the close connection and interdependence of meteorological and electrical processes. The formation of large volumetric charges and, correspondingly, strong electric fields is accompanied by intense lightning discharges between clouds and the cloud and the surface. According to official statistics, thunderstorms occupy the second place among the natural factors that threaten human life, and their activity causes significant losses to various sectors of the economy and influences to the dynamics of ecosystems. Therefore, the problems of research and, in particular, the forecasting of thunderstorms are relevant and rather complicated tasks not only of meteorology, but also related sciences.

Features of the distribution of thunderstorms and their prediction were studied by not one generation of researchers. To do this, they used a variety of methods, including synoptic, climatic and numerical simulations. However, the interest in this problem does not disappear, because in the background of global warming there is an increase in cases of dangerous natural phenomena, including thunderstorm activity. Synoptic studies go to the background, with more experiments, using numerical models, which are an effective tool for modeling thunderstorms, but also for their prediction. But even during entering of input data, some difficulties may arise: primary information coming from meteorological stations is not complete, because of a great distance between stations it is impossible to record all thunderstorms on the territory of Ukraine. Therefore, for the sake of the most comprehensive picture, it is necessary to use the data of radars, lightning direction finders and satellites, which can be used to refine the forecast.

Thunderstorms are inextricably linked with cumulonimbus clouds, which makes it very important to study the properties of these clouds. Proceeding from this, the perspective direction is to improve the models of convective clouds, primarily for the study of electrical processes inside the clouds and the effect of these processes on the phase transitions of moisture and coagulation of cloudy elements.

**Keywords:** thunderstorm; atmospheric front; thunderstorms forecasting.

**Надійшла до редколегії 23.05.2017**

УДК 556.551.3/.4; +556.561.3/.4; 628.1.03

**Осипов В.В., Осадча Н.М.**

Українській гідрометеорологічний інститут, м. Київ

## **ОБҐРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД УКРАЇНИ БІОГЕННИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ**

**Ключові слова:** евтрофікація, нітроген, фосфор, моделювання, SWAT

**Вступ.** Активне використання водних ресурсів у процесі функціонування людського суспільства призводить до ряду негативних екологічних наслідків, серед яких важливу роль відіграє порушення балансу організмів водної екосистеми за рахунок масового розвитку водоростей і вищих водяних рослин, добре відоме під терміном евтрофікація. Це явище призводить до погіршення фізичних, фізико-хімічних і органолептичних властивостей води і обмежує її подальше використання. Відомо, що перехід водних об'єктів до евтрофного стану може бути викликаний як