

статистического распределения отклонений температур, обусловленных изменениями климата, не связанными с аномалиями парникового эффекта. Формально, климатические гипотезы представлены в виде статистических гипотез двумя уравнениями свёртки [8]:

$$p_Y(y) = \int_{-\infty}^{+\infty} p_{X_2}(y-x_1) p_{X_1}(x_1) dx_1, \quad (1)$$

$$p_{X_1}(x_1) = \int_{-\infty}^{+\infty} p_{X_3}(x_1-x_4) p_{X_4}(x_4) dx_4, \quad (2)$$

где  $p_Y(y)$  – плотность вероятности отклонений фактически наблюдаемых температур;  $p_{X_1}(x_1)$  – плотность вероятности отклонений естественно обусловленных температур (климатическая норма + естественные изменения);  $p_{X_2}(y-x_1)$  – плотность вероятности отклонений температур, обусловленных аномалиями парникового эффекта;  $p_{X_3}(x_1-x_4)$  – плотность вероятности отклонений температур, обусловленных естественными изменениями;  $p_{X_4}(x_4)$  – плотность вероятности отклонений температур климатической нормы. Параметры плотности вероятности  $p_Y(y)$  оценивались по временному ряду отклонений фактически наблюдаемых температур; параметры  $p_{X_4}(x_4)$  оценивались по той части временного ряда отклонений, статистическое распределение которых подчинено закону Гаусса, что устанавливалось по модифицированной нами известной методике [Львовский, 1988]; а параметры  $p_{X_1}(x_1)$ ,  $p_{X_2}(y-x_1)$ ,  $p_{X_3}(x_1-x_4)$  оценивались по правилу свёртки. Сами же плотности вероятностей, другими словами, законы статистических распределений  $Y$ ;  $X_1$ ;  $X_2$ ;  $X_3$ ;  $X_4$ ; были идентифицированы посредством модели Generalized normal distribution: version 1. Соответственно установленных законов были оценены вероятности мгновенных отклонений температур  $P(Y)$ ,  $P(X_1)$ ,  $P(X_2)$ ,  $P(X_3)$ ,  $P(X_4)$ , а согласно четвёртой (IV) аксиомы А.Н. Колмогорова были вычислены значения  $X_1$ ;  $X_2$ ;  $X_3$ ;  $X_4$ . Таким образом, процесс ежесуточных температур воздуха в г. Киеве был представлен в виде трёх составляющих: 1) процесса температур климатической нормы; 2) процесса температур, обусловленных естественными изменениями климата; 3) процесса температур, обусловленных аномалиями парникового эффекта. Установлено, что амплитуда процесса температур, обусловленных естественными изменениями климата, составляла 4-17% от векового разброса температур, тогда как амплитуда процесса температур, обусловленных аномалиями парникового эффекта, сохранялась в пределах – 4-7%. Сочетания процессов и уровень смещения их от вековой нормы обуславливали не регулярные долгосрочные циклы в колебаниях температуры за вековой период.

#### Список літератури

1. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. М.: Наука. 1974. 120 с. 2. Пригожин И. Философия нестабильности. *Вопросы философии*. 1991. № 6. С. 46–52. 3. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. Введение: Пер. с англ. М.: Мир. 1990. 344 с. 4. Казакевич Д.И. Основы теории случайных функций и её применение в гидрометеорологии. Л.: Гидрометеиздат. 1977. 319 с. 5. Яглом А.М. Корреляционная теория стационарных случайных функций (с применениями из метеорологии). Л.: Гидрометеиздат. 1981. 280 с. 6. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: Пер. с англ. М.: Мир. 1989. 540 с. 7. Теоретические основы статистической радиотехники (книга первая). М.: Советское радио. 1966. 728 с. 8. Яноши Л. Теория и практика обработки результатов измерений (перевод с английского). М.: Мир. 1968. 462 с.

УДК 911.52+551.584.2

**Холявчук Д. І.**

*Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича, Чернівці*

### МІНЛИВІСТЬ РЕГІОНАЛЬНОЇ АТМОСФЕРНОЇ ЦИРКУЛЯЦІЇ У РОЗПОДІЛІ ОПАДІВ НАД ПЕРЕДГІР'ЯМ УКРАЇНСЬКИХ КАРПАТ

Регіональні багаторічні зміни кількості опадів – неоднозначний сигнал глобального кліматичного потепління упродовж останніх десятиріч. В останній доповіді Міжурядової групи експертів з питань змін клімату (IPCC) зазначається, що упродовж наступних десятиріч слід очікувати підвищення інтенсивності та повторюваності опадів в Європі,

ISSN:2306-5680 **Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia. 2019. № 3 (54)**

зокрема у теплий період року над гірськими системами [2]. Проте, у цих регіонах просторово-часовий розподіл кількості сезонних та місячних опадів складніше пояснити, зважаючи на орокліматогенні властивості складно розчленованих поверхонь, а відповідно і трансформацію баричних систем регіональної атмосферної циркуляції [1]. Українське Передкарпаття – еталонний регіон, де кількість опадів залежить від трансформації баричних систем на гірською спорудою, зокрема інтенсифікації опадів внаслідок орографічної конвекції, тому обраний для виявлення мінливості регіональної атмосферної циркуляції у розподілі опадів.

З метою з'ясування впливу регіональної атмосферної циркуляції на хід опадів упродовж 1984-2013 рр. над українським Передкарпаттям використана методика ідентифікації циркуляційних типів за Niedwiedz (2013) [4]. Хоча існує низка класифікаційних схем циркуляційних типів, проте, класифікація за авторством Niedwiedz, зважаючи на подібність регіональних атмосферних циркуляційних процесів над польським та українським Передкарпаттям, та підготовлений календар типів для періоду 1873-2013 рр. обрані для дослідження. Окрім того, визначено, що повторюваність цих циркуляційних типів добре корелюється з мінливістю опадів у Східній Європі [3]. Суб'єктивна класифікація за Niedźwiedz (1981) презентована 21 циркуляційним типом, які визначалися на щоденних синоптичних картах 00:00 та 12:00 UTC відповідно до положення території відносно напрямків адвекцій і типів баричних систем. Мінливість опадів по місяцях та сезонах проаналізована упродовж 1984-2013 рр. за даними стаціонарних спостережень метеостанцій Стрий, Долина, Івано-Франківськ, Коломия, Чернівці.

Баричні циклонічні системи західного сектору є переважаючими над українським Передкарпаттям. Із ними пов'язана основна частина річних сум опадів. Водночас отримані річні тренди за методикою Манна-Кендала упродовж 1984-2013 рр. вказують на зростання ( $p < 0,05$ ) повторюваності лише циркуляційних типів улоговин низького тиску різних напрямків з фронтальними системами та антициклоніальних гребенів. Такі зміни відображені багаторічному ході опадів. Зокрема, лише у часовому ході сум опадів найзахіднішої передкарпатської метеостанції Стрий виявлено зростання ( $p > 0,05$ ) річних сум опадів. Місто розташоване на північній схід від Зовнішніх Карпат – Бескидських гір, де відбувається первинне загострення фронтальних систем з Атлантики на заході України.

Зважаючи на відсутність статистично значущих змін річних сум опадів і виражену сезонність ходу опадів у регіоні, необхідним є аналіз багаторічного ходу сум опадів і типів циркуляції в розрізі місяців та сезонів. Більшість опадів (близько 80%) в українському Передкарпатті фіксують з квітня по вересень – місяці теплого періоду року, сприятливого для орографічної конвекції. Проте, у жодний з місяців теплого періоду року не виявлено суттєвих змін у ході опадів. У більшості місяців помітне незначне зростання кількості опадів, окрім травня. Такі особливості відповідають відсутності однозначних трендів у часовому розподілі типів циркуляції у теплий період року. Зокрема незмінно переважаючими залишаються два циркуляційні типи: улоговин низького тиску різних напрямків з фронтальними системами та антициклоніальних гребенів. Однак у кожному десятиріччі виявлено по 2 випадки із більшою, порівняно з попередніми та наступними роками, сумою циркуляційних циклонічних типів східного сектору, генерованих посиленням меридіональної адвекції вологи. Такі роки, як наприклад 2008 та 2010, відповідають рокам з найбільшою річною сумою опадів у десятиріччі. Ці випадки співпадають із переважанням східних циклонічних типів за інших циркуляційними класифікаціями (GWT, LUND), що добре корелюють із найбільшими та екстремальними кількостями опадів у Східній та Південно-Східній Європі [3].

Натомість у холодний період, а особливо в січні та лютому, виражені тенденції зростання кількості опадів, найістотніші ( $p < 0,05$ ) у Стрию та Івано-Франківську. Вони відповідають зростанню циклонічних типів циркуляції західного сектору. У найсхідніше розташованій, де відповідно найвираженіша континентальність, передкарпатській метеостанції м. Чернівці найбільше зростання кількості опадів ( $p = 0,1$ ) виявлено у березні. У цьому місяці у південно-східному передгір'ї Українських Карпат упродовж останніх десятиріч активнішими стали південно-західні циклони з Середземномор'я.

Загалом розпочате дослідження свідчить про відсутність виражених монотонних

трендів певних типів регіональної атмосферної циркуляції, що визначають зростання/зниження річних сум опадів в українському Передкарпатті упродовж 1984-2013 рр. Такі тенденції співпадають із тривалішими столітніми змінами регіональної атмосферної циркуляції. Водночас, субмеридіональне простягання карпатської гірської дуги в Україні визначає два шляхи просторової зміни розподілу опадів – бар'єрний ефект та орографічна конвекція. Відповідно у теплий та холодний період року виявлені відмінності на заході та сході регіону місячних сум опадів та переважаючі циклонічні системи східного чи західного сектору. Лише у січні визначено статистично значуще зростання кількості опадів на заході українського Передкарпаття. У теплий період року односпрямовані зміни найменш виразні, але у кожному десятиріччі виявлені два роки з помітно вищою річною сумою опадів, пов'язану із зростанням у ці місяці циклонічних типів східного сектору. Означені риси мінливості спонукають до подальшого тривалішого часового аналізу та виявлення набору визначальних чинників у розрізі сезонів та місяців.

#### Список літератури

1. Cahynová M., Huth R. (2016). Atmospheric circulation influence on climatic trends in Europe: an analysis of circulation type classifications from the COST733 catalogue. *International Journal of Climatology*, 36: 2743-2760. doi: 10.1002/joc.4003. 2. Kovats R. S. et al. (2014). Europe. In: Barros V. R et al. (eds). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1267-1326. 3. Łupikasza E. (2010). Relationships between occurrence of high precipitation and atmospheric circulation in Poland using different classifications of circulation types. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 35(9-12): 448-455. doi:10.1016/j.pce.2009.11.012. 4. Niedźwiedz T. (2013). Calendar of circulation types for territory of Southern Poland. Uniwersytet Śląski, Katedra Klimatologii, Sosnowiec. URL: <http://klimat.wnoz.us.edu.pl/#!/podstrony/kalendarztn>.

УДК 551

**Чумаченко В.В., Недострелова Л.В.**

Одеський державний екологічний університет, Одеса

### ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ ГРОЗОУТВОРЕНЬ НАД ОДЕСОЮ

Атмосферні процеси породжують різні метеорологічні явища. Особливу увагу привертає грозова діяльність, яка представляє собою складний комплекс атмосферних явищ. За умов досягнення певних значень вона може оцінюватися як небезпечне або стихійне явище. Для території країни часто сильні вітри, шквали, грози, град, ожеледь, тумани, хуртовини досягають критичних значень і розглядаються як небезпечні. Вони впливають на діяльність не лише господарства, але й на показник валового національного продукту, визначаючи динаміку розвитку країни. Грози є небезпечним атмосферним явищем, а зміна їх активності впливає на динаміку екосистем і розвиток багатьох секторів економіки країни. Тому вивчення особливостей сучасної динаміки інтенсивності та частоти гроз на території України є актуальною проблемою фізики атмосфери та кліматології. Грози є важливою складовою глобального електричного поля, що об'єднує атмосферу і Землю. Дослідження грозівій діяльності допоможе скласти повну картину цілого ряду процесів, що відбуваються в атмосфері. Забезпечення ефективної грозозахисту, зокрема шляхом активних дій на хмари і опадів, можливо тільки при знанні фізичних механізмів, відповідальних за формування гроз. Гроза – це 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. Грозова хмара безперервно виробляє електрику, якої досить для того, щоб забезпечити всі потреби міста, що має населення в 10 млн. чоловік, протягом усього часу, поки триває гроза. У грозових хмарах найбільшу погрозу для авіації представляють такі небезпечні явища, як сильна турбулентність, потужні вертикальні струми повітря, інтенсивне обледеніння, електричні розряди, гради й зливові опади. Слід зазначити, що всі ці небезпечні явища можуть спостерігатися одночасно. Під хмарами