

УДК 551.577

ВПЛИВ АТМОСФЕРНИХ МАКРОПРОЦЕСІВ НА ПРОСТОРОВИЙ РОЗПОДІЛ ОПАДІВ ПО ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ У ВЕСНЯНИЙ СЕЗОН

Л. Д. Гончарова¹, О. М. Прокоф'єв¹, С. І. Решетченко², А. В. Черниченко¹

¹ Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, goncharova.luda.50@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6340-2424>

² Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, майдан Свободи 4, 61022, Харків

У статті наведені результати комплексного статистичного дослідження просторового розподілу опадів весняного сезону на території України та його зв'язок з основними низькочастотними коливаннями Північної півкулі. Предметом дослідження є місячна кількість опадів за березень, квітень, травень на 40 довгорядних станціях України, рівномірно розташованих по її території, та індекси Північно-Атлантичного (ПАК) і Північноморського-Каспійського (ПМКК) коливань за 45-річний період (1962-2006 рр.). Використання багаторічних даних дозволило здійснити об'єктивну кластеризацію і провести розбиття території України на регіони з різними характерними типами погоди при випадінні атмосферних опадів, кожний з яких є фізично обґрунтованим. Для наочності в статті наведені регіональні статистичні моделі у вигляді карт-схем вірогідних зв'язків між розподілом атмосферних опадів по території України у весняний сезон та північно-атлантичними і європейсько-середземноморськими макропроцесами. Для прогнозування місячної кількості опадів у березні доцільно враховувати стан Північно-Атлантичного коливання. Відгук цього коливання виявили на територіях Чернівецької, Вінницької, Черкаської, Київської, північної частини Одеської, західних районів Чернігівської та південної частини Житомирської областей. В західних районах України, а також в Вінницькій, Київській, Житомирській та Чернігівській областях формування атмосферних опадів у квітні залежить від стану як ПАК, так і ПМКК; на решті території України – лише від ПМКК. Не вдалося з імовірністю 90% виявити лінійний статистичний зв'язок між опадами у травні та основними кліматичними сигналами Північної півкулі, що розглядалися, тільки для деяких північних областей України, а саме: Київської, Чернігівської, Сумської та центральних (Полтавська та північ Черкаської) регіонів України. Дослідження впливу північно-атлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів на розподіл місячної кількості опадів по території України, яке проведено з застосуванням статистичного підходу, свідчить про його неоднозначність в різні місяці весняного сезону і в різних областях України, що потребує подальших досліджень при вирішенні загальної наукової проблеми – дослідження кліматозумовлених природних ресурсів для забезпечення сталого соціально-економічного розвитку України в умовах змін глобального клімату.

Ключові слова: клімат; кластерий аналіз; коефіцієнт кореляції; далекодючі низькочастотні коливання; атмосфера циркуляція.

1. ВСТУП

Вивчення сучасного клімату нашої планети та його мінливості набули за останні роки чітко визначеної практичної значущості. На думку українських кліматологів [1-4] внаслідок глобального потепління кліматичні умови України стануть різко змінюватися і тому кожне нове дослідження в цьому напрямі дасть можливість поліпшити моделі очікуваних проєкцій регіональних кліматичних змін у XXI столітті. Зараз вже досягнуті достатньо великі успіхи в зборі, систематизації та узагальненні емпіричної інформації, яка характеризує клімат різного просторо-

вого та часового масштабу. Але розосередженість вихідної інформації ускладнює вивчення структури та мінливості сучасного клімату і потребує статистичного підходу, за допомогою якого можна використати для дослідження багаторічний архів даних, а це є серйозним резервом покращення якості довгострокових прогнозів погоди.

Кліматичний режим кожного регіону формується як синтез особливостей температури, вологості, опадів, вітру, які базуються на закономірностях розподілу радіаційного, теплового та водного балансів і впливу атмосферної циркуляції. Взаємодія цих чинників, їх інтенсивність і

особливості впливу характеризуються певною територіальною індивідуальністю. В свою чергу, кожен з перелічених чинників формується під дією елементів, яким також властиві свої індивідуальні географічні ознаки. І якщо в питанні змін температури повітря вчені досягли єдиної думки, то відносно змін кількості опадів, як одного з показників режиму зволоження території, однозначної точки зору поки не існує. Але опади – частина кліматичних ресурсів, що найістотніше (поряд з температурою повітря) впливає на соціально-економічний розвиток будь-якої країни. Специфічність властивостей атмосферних опадів (різко виражена просторова та часова неоднорідність) утворює великі складнощі по їх вивченню. Крім того, недооцінка деяких аспектів структури атмосферних опадів призвела до того, що вони на сьогодні досліджені все ще недостатньо [5].

Актуальність обраної теми полягає в необхідності визначення стану одного з основних клімато-зумовлених природних ресурсів для раціонального природокористування, вирішення природно-екологічних проблем, перспективного планування та адаптації різних галузей економіки України до умов глобальних змін клімату.

Дослідження виконано відповідно до цілей, сформованих в науково-дослідній роботі кафедри метеорології та кліматології Одеського державного екологічного університету з теми: «Режим опадів по регіонах України наприкінці ХХ та на початку ХХІ століть» (№ ДР 0111U000590).

Метою даної роботи є реалізація комплексного статистичного підходу до визначення особливостей розподілення атмосферних опадів весняного сезону на території України та дослідження впливу на цей розподіл Північно-Атлантичного і Північноморського-Каспійського коливальних.

Враховуючи практичну значущість прогнозування атмосферних опадів, відповідно до поставленої мети, розв'язано такі задачі. Проведена об'єктивна кластеризація території України за місячною кількістю опадів весняного сезону та сформовані узагальнені кластери, які представлені часовими рядами середніх векторів визначених кластерів. Побудовані карти-схеми впливів північно-атлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів на формування весняних опадів по території України.

Предметом дослідження є місячна кількість опадів у березні, квітні та травні на 40 довгорядних станціях України, рівномірно розташованих по її території, за 45-річний період (1962-2006 рр.); індекси Північно-Атлантичного (ПАК)

і Північноморського-Каспійського (ПМКК) коливальних за аналогічний період.

Об'єктом дослідження є визначення ролі внутрішніх кліматоутворювальних факторів, які формують особливості просторово-часового розподілу атмосферних опадів весняного сезону на території України в умовах змін і коливальних глобального клімату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні десятиріччя ХХ і на початку ХХІ століть (в зв'язку зі змінами глобального клімату) виникла необхідність у більш широкому дослідженні внутрішніх кліматоутворювальних факторів і розвитку можливостей з попередження кліматичних змін на регіональному масштабі. Багато зареєстрованих змін кліматичної системи є нетиповими або безпрецедентними. Такі прояви не лише становлять загрозу для життя та здоров'я людей, а й зумовлюють значні та незворотні зміни в екосистемах багатьох країн світу. Вони мають переважно небезпечний та стихійний характер і будуть посилюватись у майбутньому [4, 6, 7].

За своїм географічним положенням та станом довкілля, Україна є однією з країн, для яких соціально-економічні наслідки зміни клімату можуть бути незворотними [1, 6, 7].

Як показують О.М. Нажмудінова та Н.С. Єрмоленко [8], для всієї території України характерною особливістю першого десятиріччя ХХІ століття є збільшення кількості тепла та деформація поля сум активних температур з зонального напрямку у меридіональний, за винятком півдня країни. За останні 20 років по країні середня температура влітку зросла на 1,3...1,7 °С, а зимку – на 2,0...2,5 °С. При подальшому розвитку глобального потепління ХХІ ст. підвищення температури на території України очікується у всі місяці і сезони року. Основна причина потепління вбачається у підсиленні природного парникового ефекту в атмосфері парниковими газами. Водночас відзначається зменшення опадів як за величиною, так і за амплітудою коливальних з року в рік. Проте, в межах місяця мінливість опадів залишилася значною при високій ймовірності випадання сильних дощів за окрему добу. Зростання півдобових сум опадів, особливо у західних і південних областях, істотно посилилось, констатується збільшення повторюваності стихійних конвективних явищ (зливи, шквали, град тощо). Під впливом найбільш високих температур опинились північні та північно-східні регіони країни. Локалізація максимальних значень додатної аномалії температури повітря в зоні Лісостепу та Полісся (до 9-11°С) є нетиповим

явищем, оскільки максимальні температури повітря, а отже, і найвищі додатні аномалії, за середньокліматичними показниками, належать Степу [8].

У роботах Хохлова В. М. та ін. [9, 10] розглядаються просторово-часові кількісні показники, які характеризують погодні умови стосовно добової температури та опадів – індекси тепла, холоду та опадів. Виявлено, що в умовах змін клімату збільшилась повторюваність надзвичайно теплих днів та зменшилась кількість днів з екстремально низькою температурою. За допомогою аналізу гістограм та вейвлет-аналізу показано, що можливою причиною таких змін може бути вплив на погодні умови України Північно-Атлантичного коливання.

З дев'яностих років минулого століття значно збільшилась кількість небезпечних явищ погоди в багатьох регіонах Земної кулі, в тому числі і в Україні. Смерчі, шквали, сильні зливи, як правило, пов'язані з мезомасштабними процесами, для вивчення яких потрібна більш детальна інформація, ніж дані метеорологічних та аерологічних спостережень. Проте відомо, що локальні атмосферні процеси розвиваються на великомасштабному фоні, тому для виявлення умов розвитку небезпечних явищ погоди доцільно використовувати кількісні характеристики процесів синоптичного масштабу, зокрема, відносний вихор швидкості вітру, потенціальний вихор, різні види фронтального параметра, деякі критерії гідродинамічної нестійкості тощо [6, 11].

Шурдою К. Е. [12] оцінено сучасний стан та економічні наслідки зміни клімату, досліджено економічні аспекти стабілізації концентрації парникових газів в атмосфері на відносно безпечному рівні. Особливу увагу приділено наслідкам зміни клімату в Україні та аналізу ступеня схильності до цих змін різних галузей економіки. З кінця 1980-х років у світовій науковій спільноті підвищується стурбованість збільшенням швидкості змін, що відбуваються у кліматичній системі. В середині 1990-х років на глобальному рівні обговорюється, що зміни клімату відбуваються не без впливу антропогенних факторів, тобто необхідно скоротити тиск цивілізації на біосферу. В кінці 1990-х років науковці намагаються якомога точніше оцінити вплив кліматичних трансформацій на економіку. На початку нового століття у всьому світі підраховують збитки від стихійних лих. У середині першого десятиріччя встановлено, що 90% кліматичних змін обумовлені антропогенним фактором і лише 10% цих змін – природного походження [12].

У роботі [13] представлені результати аналізу

та оцінки режиму атмосферних опадів у зимовий сезон для території України в умовах глобальних змін клімату. Розглядається зв'язок просторово-часового розподілу цієї кліматичної характеристики з Північно-Атлантичним та Північно-морським-Каспійським коливаннями. Встановлено тісний лінійний кореляційний зв'язок між атмосферними опадами зимового сезону і основними телеконекціями Північної півкулі.

На основі взаємного спектрального аналізу Гончаровою Л.Д та Решетченко С.І. [14] виявлено зв'язок між Північно-Атлантичним коливанням та температурою повітря, опадами, приземним тиском на території лівобережної України у другій половині ХХ століття. Встановлено, що часова неоднорідність у змінах глобальної температури повітря залежить від атмосферної циркуляції. Для характеристики стану та інтенсивності атмосферної циркуляції в Північній Атлантиці використовують характеристики центрів дії атмосфери. Чисельні дослідження підтверджують думку про взаємозв'язок стану центрів дії атмосфери, інтенсивності атмосферної циркуляції та змін кліматичних характеристик в Атлантико-Європейському регіоні в ХХ столітті.

Сільське господарство є найбільш чутливою галуззю економіки до коливань та змін клімату. Враховуючи інерційний характер сільського господарства та залежність його ефективності від погодних умов, уже зараз виникає необхідність у прийнятті своєчасних рішень щодо складних проблем, зумовлених змінами клімату, з залученням результатів глобальних кліматичних моделей, які розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів. В останній час для нових кліматичних розрахунків використовується набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP). Це сценарії, які включають часові ряди викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів [7, 15].

Польовий А.М. та інші у роботах [1, 7, 15, 16] представляють показники радіаційно-теплогового режиму по природно-кліматичних зонах України за період 1986-2005 рр. у порівнянні з очікуваними їх змінами, розрахованими за двома сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 на період 2015-2050 рр. Відзначається, що до 2050 р. буде спостерігатись підвищення в надходженні сонячної радіації за обома сценаріями, порівняно з середніми багаторічними значеннями. А це в свою чергу спричинить зростання температури повітря в усіх агрокліматичних зонах України. Зміни в темпе-

ратурному режимі призведуть до підвищення температури повітря в зимові місяці, що зменшить її амплітуду. Крім того, зростання ресурсів тепла зумовить краще теплозабезпечення сільськогосподарських культур.

Таким чином, як свідчать результати наведених досліджень, протягом останніх тридцяти років в Україні мали місце екстремальні прояви погодних умов, пов'язані, насамперед, з атмосферою циркуляцією. Для визначення природи метеорологічних явищ, розроблення вірогідних методів їх прогнозування та ефективних заходів запобігання значних економічних збитків, необхідне подальше всебічне їх дослідження, удосконалення і збільшення інформаційної бази з використанням сучасних методів статистичного аналізу та чисельного моделювання.

2. ОПИС МАТЕРІАЛІВ І МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

У природничих науках широко використовуються математичний апарат теорії випадкових функцій та випадкових полів. Такий підхід дозволяє відмовитися від розгляду особливостей окремих миттєвих значень випадкових процесів, залежність яких від просторових координат, а також їх часовий хід носять доволі складний характер, а розглядати реалізацію, яка відповідає фіксованим зовнішнім умовам. При цьому мається на увазі, що статистичне осереднення проводиться по всьому набору можливих реалізацій поля. У сучасних умовах практичною основою вивчення клімату того чи іншого регіону та його динаміки є база емпіричних даних, яка містить не тільки ряди спостережень, але й вибір статистик та методів, за допомогою яких визначається просторово-часові масштаби метеорологічних полів, їх структура та мінливість. Статистики, що отримані в результаті застосування методів багатовимірного аналізу, набувають зараз широкого використання в кліматичному моделюванні, при плануванні та оптимізації мережі станцій, на яких виконуються спостереження, в прогностичній діяльності, розв'язанні задач моніторингу клімату і т.п. [17-22].

Оскільки атмосферна циркуляція є головним проявом зміни клімату, тому що охоплює всі складові погодних умов [1], представляє інтерес дослідити вплив саме цього кліматоутворювального фактора на формування полів атмосферних опадів на території України у зв'язку з глобальними кліматичними змінами.

Як відомо, для довгострокових прогнозів погоди необхідно глибоке вивчення реально існуючих

просторово-часових зв'язків між гідрометеорологічними процесами та ролі фізико-географічних факторів клімату. Перед сучасною кліматологією стоїть цілий ряд актуальних проблем, однією з яких є наддовгостроковий прогноз причин, які зумовлюють коливання клімату. І в останні роки значна увага приділяється перспективам використання статистично значущих кореляційних зв'язків між випадковими процесами значно віддалених один від одного районів (так званих «далеких зв'язків») стосовно задач, перш за все, довгострокового та наддовгострокового прогнозів по осередках додатних і від'ємних значень кореляції.

Н. Kutiel, Y. Benaroch, G. Korres у роботах [23, 24] описують режим атмосферної циркуляції, який виявлено наприкінці ХХ століття над територією Європейсько-Середземноморського регіону – Північноморське-Каспійське коливання (ПМКК) або North Sea-Caspian Pattern (NCP). Їх пропозиція заснована на ефекті диполя, який зареєстровано між Алжиром та Каїром в середньобагаторічних значеннях геопотенціальної висоти ізобаричної поверхні 500 гПа. Пізніше за допомогою методу лінійної кореляції були визначені основні центри (полюси) даного типу мінливості. Виявилось, що один центр локалізований над акваторією Північного моря, а інший – над північною частиною Каспійського моря. Для Східно-Європейського регіону вплив різних фаз Північноморського-Каспійського коливання на сумарну кількість опадів досліджено в меншій мірі, ніж вплив цього коливання на формування температурного режиму. Оскільки територія України розташована досить близько до одного з полюсів коливання, то даний тип мінливості представляє для нас особливий інтерес.

Крім того, у роботах [9, 10, 13, 14, 19, 25, 26] описано, що формування багатьох кліматичних полів над різними районами нашої планети залежить від північно-атлантичних макропроцесів. Саме Північно-Атлантичне коливання (ПАК) є однією з найважливіших характеристик макромасштабної циркуляції атмосфери у Північній півкулі, яке виражено в усі сезони року. ПАК відбиває коливання атмосферної маси між північчю і півднем Північної Атлантики з центром в районі Ісландії (мінімум) і в районі Азорських островів (максимум). В якості мінливості зазначеного кліматичного сигналу використовувався кліматичний індекс макромасштабної взаємодії за полем тиску – глобальний кліматичний індекс ПАК, який є сумарним вимірюванням стану циркуляції в середніх широтах Північної Атлантики. У дослідженні використовуються часові ряди

середніх значень індексу ПАК за кожний місяць року, які взято на сайті Кліматичного прогностичного центру США (CPCC/NCER/NOAA). Індекс визначався по першій ортогональній компоненті розкладання EOF поля тиску на рівні моря для Північної півкулі (20-90° півн.ш.). Значення індексу нормалізуються відносно базового періоду 1979-2000 рр.

Відповідно до поставленої мети, реалізація комплексного статистичного підходу до визначення особливостей розподілення опадів весняного сезону по території України проводилася у два етапи з використанням методів багатовимірного статистичного аналізу, а саме кластерного та кореляційного аналізу.

Для районування території України за кількістю опадів сезону, що розглядався, був застосований «Універсальний адаптивний ітераційний метод кластерного аналізу» («УАІМКА»), який добре показав себе при кластеризації територій, порівняних з територією України. В цьому методі, в якості вхідної інформації виступає матриця $X = (x_{ij})_{n \times m}$, яка містить n векторів-рядків розмірності m , що характеризує статистичні ряди об'ємом m у n пунктах, які й повинні бути кластеризованими. Кластеризації підлягало 40 векторів кількості опадів на станціях України, що були використані в дослідженні, за березень, квітень та травень ($n=40$) 45-ої розмірності ($m=45$). В якості апріорної інформації, на відміну від інших методів, задається тільки мінімальна кількість векторів τ , які можуть скласти кластер.

На першому етапі в результаті реалізації алгоритму «УАІМКА» були отримані часові ряди середніх векторів визначених кластерів місячної кількості опадів весняного сезону, які будуть використані на наступному етапі дослідження.

За допомогою кореляційного аналізу визначався статистичний зв'язок між розподілом опадів по території України та двома відомими телеконекціями Північної півкулі, а саме Північно-Атлантичним і Північноморським-Каспійським коливаннями.

Для цього розраховувалась матриця кореляцій 25-го порядку. За кожний місяць весняного сезону проаналізовано 936 парних коефіцієнтів кореляції, які виражали лінійну кореляційну залежність між рядами середніх векторів місячної кількості опадів визначених кластерів за березень, квітень, травень ($n=13$) та індексом NCP (NAO) за всі місяці року. Парні коефіцієнти кореляції приймалися статистично значущими на рівні значущості $\alpha = 0,10$ і є вірогідними за умови значень $|r_{xy}| \geq 0,32$ [20].

Матриця кореляцій визначається таким матричним рівнянням [21]:

$$R_x = \sigma^{-1} K_x \sigma^{-1}, \quad (1)$$

де

K_x – матриця коваріацій;

σ^{-1} – обернена матриця від діагональної матриці (σ) середніх квадратичних відхилів.

Матриця кореляцій n -го порядку в координатній формі має вигляд:

$$R_x = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1s} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2j} & \dots & r_{2s} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{is} & \dots & r_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nj} & \dots & r_{ns} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

У матриці кореляцій (2) міститься інформація про структуру n полів кореляцій. Відомо, що особливості атмосферних процесів проявляються в статистичних характеристиках, зокрема в значеннях та знаках коефіцієнтів кореляції, які і будуть проаналізовані для визначення впливу північно-атлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів на розподіл опадів весняного сезону по території України.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

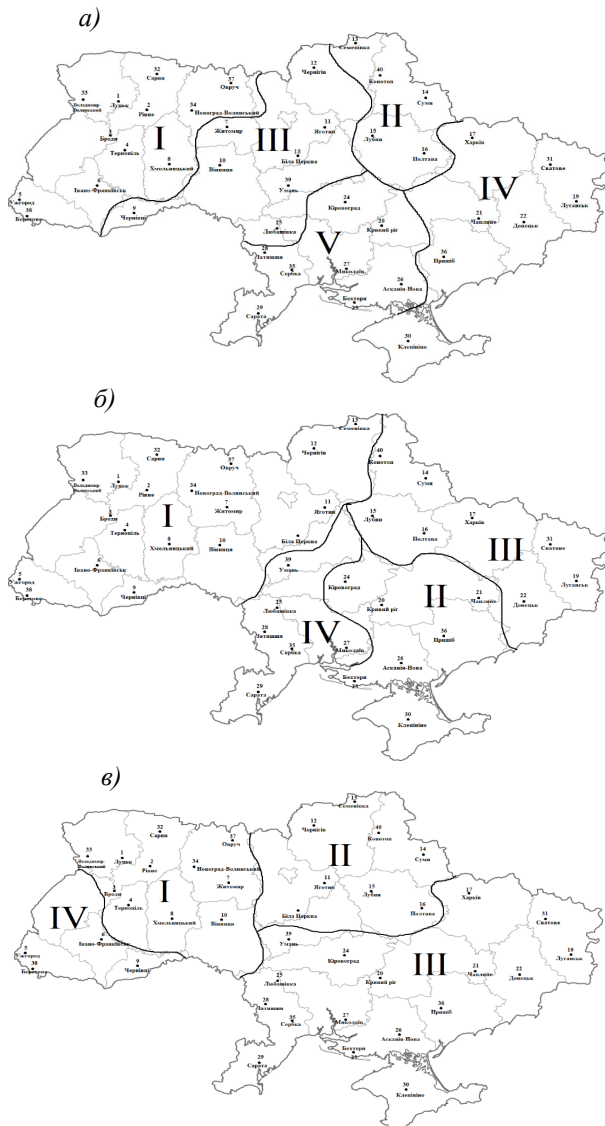
Реалізація задач, що визначені в цій статті, проводилася з застосуванням статистичного підходу в два етапи.

На першому етапі дослідження проведена об'єктивна кластеризація місячної кількості опадів весняного періоду та побудовані карти-схеми просторового розподілу важливого кліматичного показника зволоження для території України, які наводяться на рис. 1.

Як видно з рис. 1а, у березні на території України визначено п'ять кластерів: до першого увійшли райони західної та північно-західної України; до другого – північно-східна її територія; до третього кластера увійшли райони північної та ряд областей центральної України; до четвертого – південні та південно-західні регіони країни; до п'ятого – ряд областей центральної та південної України.

У квітні (рис. 1б) територія України поділена на чотири основних регіони: до першого увійшли станції західної та ряд областей північної частини; до другого – південні та південно-

східні області; третій кластер об'єднує східну та північно-східну територію країни; південна та частина центральної України увійшли до четвертого кластера.



а) – березень (03); б) – квітень (04); в) – травень (05).

Рис. 1 – Результати кластеризації місячної кількості опадів для території України

а) – march (03); б) – april (04); в) – may (05)

Fig. 1 – Results of monthly precipitation clustering for the Ukraine territory

На рис. 1в представлена карта-схема районування території за розподілом атмосферних опадів у травні. Як впливає з рис. 1в, територія країни була поділена на чотири кластери: до першого увійшли західна, північно-західна та ряд областей центральної України; до другого – північна територія країни; райони східної, південно-східної та південної частин України формують третій кластер. Найменшим за площиною

виявився четвертий кластер, який займає невелику частину Західної України.

Отримане районування території України за кластерами, по-перше, уточнює загальний кліматичний розподіл атмосферних опадів у весняний період і, по-друге, відділяє зони з різними характерними типами погоди при випадінні опадів по регіону, що досліджувався.

На другому етапі дослідження за допомогою кореляційного аналізу вдалося виявити статистично значущі зв'язки в полях атмосферних опадів на території України у весняний сезон з Північноморським-Каспійським та з Північно-Атлантичним колюваннями. Результати цього етапу представлені в табл.1-2. Для наочності, побудовані карти-схеми, на яких зображено сумісний вплив двох телеконекцій Північної півкулі, які розглядалися у дослідженні, і які впливають на просторовий розподіл атмосферних опадів по території України у весняний сезон (рис. 2).

В табл. 1 наводяться вірогідні парні коефіцієнти кореляції для статистичних зв'язків між NCP та кількістю атмосферних опадів у весняний сезон на території України. У дужках вказано номер кластера.

Таблиця 1 – Коефіцієнти кореляції (NCP – місячна кількість опадів)

Table 1 – Correlation coefficients (NCP – the monthly rainfall)

Місяць (NCP)	Місяць (опадів)		
	03	04	05
04	-	-0,58 (I)	-
05	-	-	0,32 (IV)
07	-	-0,32 (II) -0,36 (IV)	-
08	-	-	0,39 (I)
09	-	-	0,34 (III)
10	-	0,47 (I)	-
11	-	-	0,36 (IV)
12	-	-0,41 (III)	-

Як впливає з табл. 1, розподілення місячної кількості опадів на території України у березні не має статистично значущого зв'язку з Північноморським-Каспійським колюванням.

У квітні та травні з імовірністю 90% встановлено лінійний кореляційний зв'язок місячної кількості опадів за отриманими кластерами на території України з визначеним місяцем Північноморського-Каспійського колювання. Запізнення відгуків складає від трьох місяців до року (табл.1). Атмосферні опади майже на всій території України у квітні мають обернений лінійний

кореляційний зв'язок з індексами NCP. Коефіцієнти кореляції змінюються від -0,32 до -0,58. У травні, навпаки, цей зв'язок є прямим зі значеннями коефіцієнтів від 0,32 до 0,39 (I, III, IV кластери).

Проведене дослідження залежності місячної кількості атмосферних опадів від Північноморського-Каспійського колювання підтверджує існування статистично значущого впливу європейсько-середземноморських макропроцесів на просторовий розподіл весняних опадів по території України.

Враховуючи вплив баричного поля Північної Атлантики на формування регіонального клімату та його складових в Східно-Європейському секторі, за допомогою кореляційного аналізу було проведено дослідження статистичних зв'язків між місячною кількістю опадів (ряди середнього вектора кожного з визначених кластерів) на території України та Північно-Атлантичним коливанням (індекс NAO).

В табл. 2 представлені вірогідні парні коефіцієнти кореляції між двома випадковими процесами – Північно-Атлантичним коливанням, кількісною мірою якого виступає індекс NAO, та кількістю опадів за місяці весняного періоду. У дужках вказано номер кластера.

Таблиця 2 – Коефіцієнти кореляції (NAO – місячна кількість опадів)

Table 2 – Correlation coefficients (NAO – the monthly rainfall)

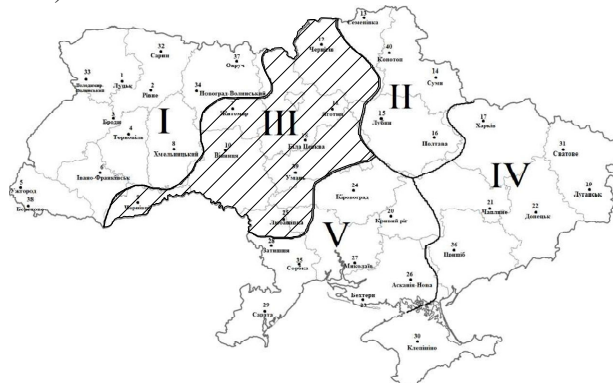
Місяць (NAO)	Місяць (опад)		
	03	04	05
01	-0,32 (III)	-	0,33 (IV)
05	-	-	0,41 (IV)
07	0,33 (I)	0,33 (I)	-

Як випливає з табл. 2, формування опадів на території України у весняний період з імовірністю 90% залежить від стану Північно-Атлантичного коливання. Спостерігається як прямий, так і обернений лінійний кореляційний зв'язок між середніми векторами визначених кластерів місячної кількості опадів з однією з основних телеконекцій Північної півкулі – Північно-Атлантичним коливанням. Запізнення відгуків складає від двох місяців до одного року.

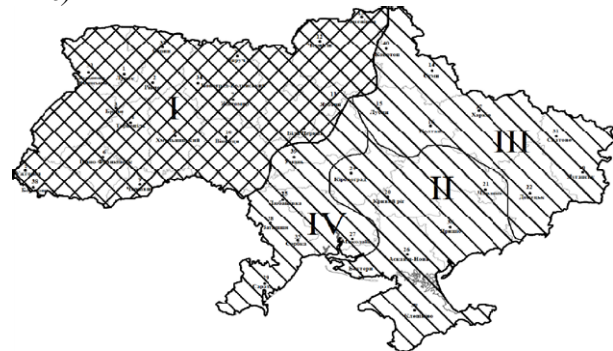
Отримані результати вказують на те, що стан ПАК слід враховувати для довгострокового прогнозу атмосферних опадів у березні ряду областей північної, центральної та південної території України (III кластер). Підтвердженням цього є значення коефіцієнта кореляції -0,32, який є вірогідним з імовірністю 90%.

Вплив ПАК на розподіл атмосферних опадів по території України у квітні чітко проявляється для всієї західної та ряду областей північної її території (I кластер). Коефіцієнт кореляції дорівнює 0,33, що вказує на прямий лінійний кореляційний зв'язок між вказаними процесами.

а)



б)



в)



▨ - ПМКК ▧ - ПАК ▩ - ПАК+ПМКК

а) – березень (03); б) – квітень (04); в) – травень (05)

Рис. 2 – Карти-схеми сумісних впливів двох телеконекцій на просторовий розподіл опадів по території України

а) – march (03); б) – april (04); в) – may (05)

Fig. 2 – Combined effects of schemes of two teleconnections on the precipitation spatial distribution on the Ukraine territory

У травні вплив баричного поля Північної Атлантики на формування атмосферних опадів доцільно враховувати тільки незначній території Західної України (IV кластер).

4. ВИСНОВКИ

1. Дослідження впливу північно-атлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів на розподіл місячної кількості опадів по території України, яке проведено з застосуванням статистичного підходу, свідчить про його неоднозначність в різні місяці весняного сезону і в різних областях України, що потребує подальших досліджень при вирішенні загальної наукової проблеми.

2. На основі багаторічних емпіричних даних про атмосферні опади за березень, квітень і травень здійснена об'єктивна кластеризація, яка дозволила отримати розбиття території України на регіони з різними характерними типами погоди при випадінні опадів у весняний сезон. У березні визначено 5, а в квітні та травні – по 4 кластери, кожний з яких є статистично обґрунтованим.

3. Використання еквідистантних емпіричних даних за 45-річний період дозволило побудувати вірогідні статистичні моделі у вигляді карт-схем для кожного місяця весняного сезону, які, на наш погляд, детально представляють особливості просторового розподілу місячної кількості опадів по території України у цей сезон.

4. Для довгострокового прогнозування місячної кількості опадів у березні доцільно враховувати стан Північно-Атлантичного колювання (ПАК) лише для Чернівецької, Вінницької, Черкаської, Київської, північної частини Одеської, західних районів Чернігівської та південної частини Житомирської областей (III кластер). На всій території України з заданою ймовірністю (90%) не виявлено статистично значущого впливу Північноморського-Каспійського колювання (ПМКК) на формування атмосферних опадів у першій весняний місяць.

5. Формування атмосферних опадів у квітні на всій території Західної України і на територіях Вінницької, Київської, Житомирської та Чернігівської областей залежить від стану як ПАК, так і від ПМКК (I кластер). На решті території України з ймовірністю 90% виявлено залежність атмосферних опадів лише від ПМКК (II, III, IV кластери).

6. В областях Західної України (Чернівецька, Івано-Франківська, Ужгородська, Львівська) довгострокове прогнозування місячної кількості опадів у травні доцільно проводити з врахуванням як ПАК, так і ПМКК (IV кластер). Для ряду областей Північної України, а саме: Київської, Чернігівської, Сумської та центральних районів (Полтавська та північ Черкаської областей) з

ймовірністю 90% не вдалося виявити зв'язок між атмосферними травневими опадами та основними телеконекціями Північної півкулі, що були задіяні у дослідженні (II кластер). Крім того, у травні вплив європейсько-середземноморських макропроцесів (ПМКК) простежується на значній території України (I, III, IV кластери).

7. Отримані карти-схеми підтверджують існування лінійної кореляційної залежності просторового розподілу атмосферних опадів весняного сезону на території України від стану Північно-Атлантичного та Північноморського-Каспійського колювань. Вони дозволять визначити напрямки переносу основних субстанцій, а це в свою чергу допоможе при складанні кліматичних прогнозів погоди зрозуміти вклад різних районів Північної півкулі в формування основного кліматичного показника зволоження території України у весняний сезон.

8. Результати, що представлені у статті, безперечно, не можна вважати вичерпаними в плані визначення впливу лише двох телеконекцій, які можуть формувати просторово-часовий розподіл атмосферних опадів по території України. Розв'язання задач у подальшому буде направлено на дослідження впливу на розподіл опадів інших відомих телеконекцій Північної та Південної півкуль з залученням додаткових еквідистантних часових рядів емпіричних даних.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ : Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
2. Осадчий В. І., Бабіченко В. М. Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату. *Український географічний журнал*. 2013. № 4. С. 32-39.
3. Светличный А. А., Ибрагимова М. С. К вопросу о современных изменениях климата Северо-Западного Причерноморья. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*. 2016. Т. 21 (1). С. 22-41.
4. Балабух В. О., Зібцев С. В. Вплив зміни клімату на кількість та площу лісових пожеж у Північно-Чорноморському регіоні України. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. №18. С. 60-71. <https://doi.org/10.31481/uhmj.18.2016.07>
5. Швер Ц. А. Атмосферные осадки на территории СССР. Ленинград : Гидрометеоздат, 1983. 485 с.
6. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / за ред. В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченко. Київ, 2006. 311 с.
7. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса : Видавництво ТЕС, 2015. 520 с.
8. Нажмудінова О. М., Єрмоленко Н. С. Деякі аспекти формування інтенсивних посушливих явищ влітку 2010 р. над Східною Європою. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2011. №9. С. 79-84.

9. Зміна погодних умов на території України в умовах зміни клімату / Хохлов В. М., Боровська Г. О., Уманська О. В., Тенетко М. С. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. №17. С. 31-37. <https://doi.org/10.31481/uhmj.17.2016.04>
10. 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. <https://doi.org/10.31481/uhmj.16.2015.10>
11. Умови формування зон небезпечного вітру на території України / Івус Г. П., Зубкович С. О., Хоменко Г. В., Ковальков І. А. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2014. №18. С. 48-55.
12. Шурда К. Е. Реалії України у процесі сучасної зміни клімату. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2014. №18. С. 56-64.
13. Гончарова Л. Д., Косолапова Н. І. Вплив основних телеконекцій Північної півкулі на режим опадів по території України. *Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки*. 2017. Т. 22. Вип. 1 (30). С. 11-27.
14. Гончарова Л. Д., Решетченко С. І. Вплив Північної Атлантики на температуру повітря, опади, приземний тиск на Лівобережній Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2010. №. 7. С. 45-52.
15. Польовий А. М., Божко Л. Ю. Характеристика радіаційно-теплових ресурсів в Україні на період до 2050р. в умовах зміни клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. №17. С. 70-78. <https://doi.org/10.31481/uhmj.17.2016.08>
16. Польовий А. М., Шаблій О. В. Радіаційно-теплові ресурси степової зони України на період до 2050 р. під впливом змін клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. №18. С. 82-89. <https://doi.org/10.31481/uhmj.18.2016.09>
17. Переведенцев Ю. П. Теория климата : учебное пособие. 2-ое изд. перераб. и доп. Казань : Казан. гос. ун-т, 2009. 504 с.
18. Казакевич Д. И. Основы теории случайных функций и ее применение в гидрометеорологии. Ленинград : Гидрометиздат, 1971. 268 с.
19. Гончарова Л. Д. Воздушные течения тропосферы и стратосферы северного полушария : монография. Одесса : ТЭС, 2014. 298 с.
20. Гончарова Л. Д., Школьнік С. П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ) : навчальний посібник. Одеса : Екологія, 2007. 464 с.
21. Гончарова Л. Д. Методи багатовимірної статистичної аналізу метеорологічних полів та атмосферних процесів : навчальний посібник. Одеса : ТЕС, 2016. 196 с.
22. Серга Э. Н. Универсальный адаптивный итерационный метод кластерного анализа. *Метеорологія, кліматологія та гідрологія: міжвід. Наук. зб. України*. Одеса. 2003. Вип. 47. С. 83-89.
23. Kutiel H, Benaroch Y. North Sea-Caspian (NCP) – an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition. *Theor. Appl. Climatol*. 2002. 71. Pp. 17-28.
24. Korres G., Pinardi N., Lascaratos A. The ocean response to low-frequency interannual atmospheric variability in the Mediterranean Sea. Part. I: Sensitivity experiments and energy analysis *J. Climate*. 2000. 13. Pp. 705-731.
25. Полонский А. Б. Роль океана в изменениях климата : монография. Киев : Думка, 2008. 184 с.
26. Bodri L., Cermak V. High frequency variability in recent climate and the north Atlantic oscillation. *Theor. Appl. Climatol*. 2003. 74. Pp. 33-40.

REFERENCES

1. Lipinskiy, V.M., Diachuk, V.A. & Babichenko, V.M. (eds) (2003). *Klimat Ukrainy*. Kyiv : Publ. Raievskoho. (in Ukr.)
2. Osadchyi, V.I. & Babichenko, V.M. (2013). Temperatura povitria na terytorii Ukrainy v suchasnykh umovakh klimatu [Air temperature on the Ukrainian territory under current climate condition]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal [Ukrainian geographical journal]*, 4, pp. 32-39. (in Ukr.)
3. Svetlichnyy, A.A. & Ibragimova, M.S. (2016). K voprosu o sovremennykh izmeneniyah klimata Severo-Zapadnogo Prichernomor'ya [To the problem of current climate change over North-West Black-Sea Region]. *Visnyk ONU. Ser.: Heohrafichni ta heolohichni nauky [Bulletin ONU. Ser.: Geographic and Geologic Science]*, 21(1), pp. 22-41. (in Russ.)
4. Balabukh, V.O. & Zibtsev, S.V. (2016). Vplyv zminy klimatu na kilkist ta ploshchu lisovykh pozhezh u Pivnichno-Chornomorskomu rehioni Ukrainy [Climate change impact on the number and area of forest fire over North Black-Sea Region in Ukraine]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 18, pp. 60-71. <https://doi.org/10.31481/uhmj.18.2016.07> (in Ukr.)
5. Shver, Ts.A. (1983). *Atmosfernye osadki na territorii SSSR [Atmospheric precipitation on the territory of USSR]*. Leningrad : Gidrometeoizdat. (in Russ.)
6. Lipinskiy, V.M., Osadchyi, V.I. & Babichenko, V.M. (eds) (2006). *Stykhiini meteorolohichni yavyscha na terytorii Ukrainy za ostannie dvadtsiatyrichchia (1986-2005 rr.) [Natural meteorological phenomena on the territory of Ukraine for the last twenty years (1986-2005)]*. Kyiv. (in Ukr.)
7. Stepanenko, S.M. & Poliovyi, A.M. (eds) (2015). *Klimatychni zminy ta ikh vplyv na sfery ekonomiky Ukrainy [Climate change and its impact on the economy of Ukraine]*. Odesa : Publ. TES. (in Ukr.)
8. Nazhmudinova, O.M. & Yermolenko, N.S. (2011). Deiaki aspekty formuvannya intensyvnykh posushlyvykh yavysch vlitku 2010 r. nad Skhidnoiu Yevropoiu [Some aspects of the formation of intense droughts in the summer of 2010 over Eastern Europe]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 9, pp. 79-84. (in Ukr.)
9. Khokhlov, V.M. et al. (2016). Zmina pohodnykh umov na terytorii Ukrainy v umovakh zminy klimatu [Changes of weather conditions in Ukraine under climate changes]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 17, pp. 31-37. <https://doi.org/10.31481/uhmj.17.2016.04> (in Ukr.)
10. Khokhlov, V.M. & Yermolenko, N.S. (2015). Maibutni zminy klimatu ta yikh vplyv na rezhym opadiv ta temperatury v Ukraini [Future climate change and its impact on precipitation and temperature in Ukraine]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 16, pp. 76-82. <https://doi.org/10.31481/uhmj.16.2015.10> (in Ukr.)
11. Ivus, H.P. et al. (2014). Uмовы formuvannya zon nebezpechnoho vitru na terytorii Ukrainy [Conditions for the formation of dangerous wind zones on the territory of Ukraine]. *Visnik Odes'kogo derzhavnogo ekolohichnogo universitetu [Bulletin of Odessa state environmental university]*, 18, pp. 48-55. (in Ukr.)
12. Shurda, K.E. (2014). Realii Ukrainy u protsesi suchasnoi zminy klimatu [Realities of Ukraine in the process of current climate change]. *Visnik Odes'kogo derzhavnogo ekolohichnogo universitetu [Bulletin of Odessa state environmental university]*, 18, pp. 56-64. (in Ukr.)

13. Honcharova, L.D. & Kosolapova, N.I. (2017). Vplyv osnovnykh telekoneksii Pivnichnoi pivkuli na rezhym opadiv po te-rytorii Ukrainy [Influence of the main teleconnections of the Northern Hemisphere on the precipitation regime on the territory of Ukraine]. *Visnyk ONU. Ser.: Heohrafichni ta heolohichni nauky [Bulletin ONU. Ser.: Geographic and Geologic Science]*, 22, 1 (30), pp. 11-27. (in Ukr.)
14. Honcharova, L.D. & Reshetchenko, S.I. (2010). Vplyv Pivnichnoi Atlantyki na temperaturu povitria, opady, pryzemnyi tysk na Livoberezhnii Ukraini [Influence of the North Atlantic on air temperature, precipitation, surface pressure on the Left Bank of Ukraine]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 7, pp. 45-52. (in Ukr.)
15. Polovyi, A.M. & Bozhko, L.Iu. (2016). Kharakterystyka radiatsiino-teplovyykh resursiv v Ukraini na period do 2050r. v umovakh zminy klimatu [Characteristics of radiation and thermal resources in Ukraine for the period up to 2050 in the context of climate change]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 17, pp. 70-78. <https://doi.org/10.31481/uhmj.17.2016.08> (in Ukr.)
16. Polovyi, A.M. & Shablii, O.V. (2016). Radiatsiino-teplovi resursy stepovoi zony Ukrainy na period do 2050r. pid vplyvom zmin klimatu [Radiation and thermal resources of the steppe zone of Ukraine for the period up to 2050 under the influence of climate change]. *Ukrains'kij gidrometeorologichnij zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 18, pp. 82-89. <https://doi.org/10.31481/uhmj.18.2016.09> (in Ukr.)
17. Perevedentsev, Yu.P. (2009). *Teoriya klimata [Climate theory]*. 2-nd ed. revised and supplemented. Kazan': Kazan' State Un-ty. (in Russ.)
18. Kazakevich, D.I. (1971). *Osnovy teorii sluchaynykh funktsiy i ee primeneniye v gidrometeorologii [Fundamentals of the theory of random functions and its application in hydrometeorology]*. Leningrad : Gidrometizdat. (in Russ.)
19. Goncharova, L.D. (2014). *Vozdushnye techeniya troposfery i stratosfery severnogo polushariya [Air currents of the troposphere and stratosphere of the northern hemisphere]*. Odessa: TES. (in Russ.)
20. Honcharova, L.D. & Shkolnyi, Ye.P. (2007). *Metody obrobky ta analizu hidrometeorologichnoi informatsii (zbirnyk zadach i vprav) [Methods of processing and analysis of hydrometeorological information (collection of tasks and exercises)]*. Odessa: Ekolohiia. (in Ukr.)
21. Honcharova, L.D. (2016). *Metody bahatovymirnoho statystychnoho analizu meteorologichnykh poliv ta atmosfernykh protsesiv [Methods of multidimensional statistical analysis of meteorological fields and atmospheric processes]*. Odessa: TES. (in Ukr.)
22. Serga, E.N. (2003). Universal'nyy adaptivnyy iteratsionnyy metod klasterного analiza [Universal adaptive iterative method of cluster analysis]. *Meteorolohiia, klimatolohiia ta hidrolohiia [Meteorology, climatology and hydrology]*, 47, pp. 83-89. (in Russ.)
23. Kutiel, H. & Benaroch, Y. (2002). North Sea-Caspian (NCP) – an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition. *Theor. Appl. Climatol*, 71, pp. 17-28.
24. Korres, G., Pinardi, N. & Lascaratos, A. (2000). The ocean response to low-frequency interannual atmospheric variability in the Mediterranean Sea. Part. I: Sensitivity experiments and energy analysis. *J. Climate*, 13, pp. 705-731.
25. Polonskiy, A.B. (2008). *Rol' okeana v izmeneniyakh klimata [Ocean role in climate change]*. Kiev: Dumka. (in Russ.)
26. Bodri, L. & Cermak, V. (2003). High frequency variability in recent climate and the north Atlantic oscillation. *Theor. Appl. Climatol.*, 74, pp. 33-40.

INFLUENCE OF ATMOSPHERIC MACROPROCESSES ON THE SPATIAL DISTRIBUTION OF SPRING PRECIPITATION WITHIN THE TERRITORY OF UKRAINE

L.D. Goncharova¹, O.M. Prokofiev¹, S.I. Reshetchenko², A.V. Chernichenko¹

¹ Odessa State Environmental University,
15, Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine, goncharova.luda.50@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6340-2424>

² V. N. Karazin Kharkiv National University, 4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022

The article presents the results of a comprehensive statistical study of the spatial distribution of spring precipitation in Ukraine and its relationship with the main low-frequency oscillations of the Northern Hemisphere. The research focuses on the monthly amount of rainfalls in March, April and May at 40 long-range stations of Ukraine that are evenly distributed throughout its territory, and the indices of North Atlantic (NAO) and North Sea-Caspian (NCP) fluctuations over a 45-year period (1962-2006). The use of multiyear data allowed for objective clusterization and division of the Ukrainian territory into regions with different types of weather observed in the event of precipitation, with each of them being physically substantiated. To ensure clarity, the article presents regional statistical models in the form of schematic maps of probable relationships between distribution of spring precipitation in Ukraine and the North Atlantic and Euro-Mediterranean macroprocesses. In order to forecast the monthly rainfall in March, it is advisable to take into account the state of the North Atlantic fluctuations. The response of this fluctuation was found within Chernivtsi, Vinnytsia, Cherkasy, Kyiv Regions, northern part of Odesa Region, western districts of Chernihiv Region and southern part of Zhytomyr Region. In the western regions of Ukraine, as well as in Vinnytsia, Kyiv, Zhytomyr and Chernihiv Regions, the formation of precipitation in April depends on the state of both NAO and NCP; in the rest of Ukraine – only

of NCP. The 90% probability linear statistical relationship between precipitation in May and the main climatic signals of the Northern Hemisphere under study was not found only in some northern regions of Ukraine, namely: Kyiv, Chernihiv, Sumy Regions and central (Poltava and northern part of Cherkasy Region) part of Ukraine. A study of the influence of North Atlantic and Euro-Mediterranean macroprocesses on the distribution of monthly rainfall in Ukraine, conducted using a statistical approach, shows its ambiguity during different spring months and within different regions of Ukraine, and requires further research to solve the general scientific problem – study of climate-conditioned natural resources required to ensure sustainable socio-economic development of Ukraine under conditions of global climate change.

Keywords: climate; cluster analysis; correlation coefficient; long-range low-frequency oscillations; atmospheric circulation.

ВЛИЯНИЕ АТМОСФЕРНЫХ МАКРОПРОЦЕССОВ НА ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОСАДКОВ ПО ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ В ВЕСЕННИЙ СЕЗОН

Л.Д. Гончарова¹, О.М. Прокофьев¹, С.И. Решетченко², А.В. Черниченко¹

¹ *Одесский государственный экологический университет,
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, goncharova.luda.50@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6340-2424>*

² *Харьковский национальный университет имени В. Н. Каразина, площадь Свободы 4, 61022, Харьков*

В статье приведены результаты комплексного статистического исследования пространственного распределения осадков весеннего сезона на территории Украины и его связь с основными низкочастотными колебаниями Северного полушария. Предметом исследования является месячное количество осадков за март, апрель, май на 40 длиннорядных станциях Украины, равномерно расположенных по ее территории, и индексы Североатлантического (САК) и Североморского-Каспийского (СМКК) колебаний за 45-летний период (1962-2006 гг.). Использование многолетних данных позволило осуществить объективную кластеризацию и провести разбиение территории Украины на регионы с разными характерными типами погоды при выпадении атмосферных осадков, каждый из которых является физически обоснованным. Для наглядности в статье приведены региональные статистические модели в виде карт-схем достоверных связей между распределением атмосферных осадков по территории Украины в весенний сезон и североатлантическими и европейско-средиземноморскими макропроцессами. Для прогнозирования месячного количества осадков в марте целесообразно учитывать состояние Североатлантического колебания. Отклик этого колебания обнаружили на территориях Черновицкой, Винницкой, Черкасской, Киевской, северной части Одесской, западных районов Черниговской и южной части Житомирской областей. В западных районах Украины, а также в Винницкой, Киевской, Житомирской и Черниговской областях формирование атмосферных осадков в апреле зависит от состояния как САК, так и СМКК; на остальной территории Украины – только от СМКК. Не удалось с вероятностью 90% выявить линейную статистическую зависимость между осадками в мае и основными климатическими сигналами Северного полушария, которые рассматривались только для некоторых северных областей Украины, а именно: Киевской, Черниговской, Сумской и центральных (Полтавская и север Черкасской) регионов Украины. Исследование влияния северо-атлантических и европейско-средиземноморских макропроцессов на распределение месячного количества осадков по территории Украины, проведенного с применением статистического подхода, свидетельствует о его неоднозначности в разные месяцы весеннего сезона и в разных областях Украины, что требует дальнейших исследований при решении общей научной проблемы - исследование климато-обусловленных природных ресурсов для обеспечения устойчивого социально-экономического развития Украины в условиях изменений глобального климата.

Ключевые слова: климат; кластерный анализ; коэффициент корреляции; низкочастотные колебания дальнего действия; атмосферная циркуляция.

*Подання до редакції : 17. 02. 2021
Надходження остаточної версії : 17. 06. 2021
Публікація статті : 30. 06. 2021*