

Особливості клімато-географічного розподілу атмосферних опадів на півдні України

Людмила Гончарова¹,

к. геогр. н., доцент кафедри метеорології та кліматології,

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

Олег Прокоф'єв¹,

к. геогр. н., доцент кафедри метеорології та кліматології,

e-mail: leggg0707@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5669-0181>;

Світлана Решетченко²,

к. геогр. н., доцент кафедри фізичної географії та картографії,

²Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна,
майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна,
e-mail: s.reshetchenko@karazin.ua, <https://orcid.org/0000-0003-0744-4272>

У статті наведені результати комплексного статистичного дослідження просторово-часового розподілу місячної кількості опадів зимового сезону на півдні України та його зв'язок з кліматичними сигналами великомасштабної взаємодії за полем тиску в Атлантико-Європейському регіоні – Північноморським-Каспійським (ПМКК) та Північно-Атлантичним (ПАК) коливаннями. Використання еквідистантних емпіричних даних дозволило здійснити об'єктивну кластеризацію території України за кількістю опадів та отримати узагальнені кластери, які представлені часовими рядами середніх векторів. Наводяться регіональні статистичні моделі у вигляді карт-схем отриманого районування. На території України у грудні визначено 4, у січні та лютому – по 3 кластери, кожний з яких є фізично обґрунтованим. Проаналізована статистична структура (трендова та періодична складові) часових рядів середніх векторів узагальнених кластерів місячної кількості опадів для південних районів України, яка дозволила визначити майбутні тенденції в полях опадів до 2025-2030 рр. Враховуючи те, що особливості взаємозв'язків у кліматичній системі проявляються в статистичних характеристиках, зокрема в значеннях та знаках коефіцієнтів кореляції, для дослідження впливу північноатлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів на розподіл місячної кількості опадів по території України, залучався кореляційний аналіз. У статті проаналізовані вірогідні (визначені з імовірністю 90%) парні коефіцієнти кореляції для статистичних зв'язків між ПМКК (ПАК) та кількістю атмосферних опадів за грудень, січень, лютий, на основі яких побудовані карти-схеми кліматичних відгуків. Дослідження особливостей клімато-географічного розподілу опадів, яке проведено з залученням статистичних алгоритмів, свідчить про їх неоднозначність в різні місяці зимового сезону і в різних областях Південної України, що потребує подальших досліджень при вирішенні загальної наукової проблеми – вивчення клімато-зумовлених природних ресурсів для забезпечення сталого соціально-економічного розвитку південних районів України в умовах глобальних кліматичних змін.

Ключові слова: глобальний клімат, узагальнений кластер, коефіцієнт кореляції, детермінована основа, великомасштабні атмосферні коливання.

Як цитувати: Гончарова Людмила. Особливості клімато-географічного розподілу атмосферних опадів на півдні України / Людмила Гончарова, Олег Прокоф'єв, Світлана Решетченко // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2022. – Вип. 57. – С. 81-94. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-07>

In cites: Goncharova Liudmyla, Prokofiev Oleg, Reshetchenko Svitlana (2022). Features of climate and geographical distribution of atmospheric precipitations in the south of Ukraine. Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology", (57), 81-94. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-07> [in Ukrainian]

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. В останні десятиріччя вивчення клімату нашої планети та його мінливості набули чітко визначеної практичної значущості [1-4]. У зв'язку з цим, концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року [5] спрямована на розробку національної кліматичної програми та запобігання зниження ризиків, пов'язаних з ними.

Клімат, як відомо, формується під впливом тісно пов'язаних між собою чинників, які в кожному конкретному регіоні України мають свої особливості. Насамперед, це – сонячна радіація,

характер підстильної поверхні та циркуляція атмосфери. 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 [6].

На території України кліматоутворювальні фактори впродовж року проявляються неоднозначно та істотно розрізняються за сезонами. Формування полів опадів (як і полів температури повітря) відбувається у тісному зв'язку з процесами циркуляції повітряних мас. Повітряні течії та баричні утворення, що характерні для України і

визначають на її території погодні умови, в значній мірі зумовлені фізико-географічними особливостями, які відрізняють її від інших регіонів [6]. На думку вітчизняних науковців [6-12] внаслідок глобального потепління клімат на території України стане різко змінюватися і тому кожне нове дослідження в цьому напрямі дасть можливість передбачити майбутній стан кліматичної системи, щоб забезпечити сталий соціально-економічний розвиток нашої країни. Змінюється клімат і південних її регіонів [6, 7, 13-16], а це призводить до необхідності вирішення проблем вивчення, аналізу і прогнозу динаміки їх кліматичних ресурсів. Дослідження змін та коливань в розподілі температурних характеристик та в режимі опадів (адже вони є одними з основних показників стану кліматичної системи) в цілях врахування в сферах господарської діяльності, розробка досконалих методів їх прогнозування для різних територій України з великою завчасністю, мають у теперішній час вкрай важливе значення [10, 11, 14, 17-20]. І якщо в питанні змін приземної температури повітря вчені досягли єдиної думки, то відносно змін кількості опадів однозначної точки зору поки не існує. Просторово-часова мінливість полів опадів та їхні майбутні зміни відіграють важливу роль в прогнозах вологозабезпеченості окремих регіонів країни [7, 9, 12, 13]. Кліматичні фактори мають вирішальне значення, зокрема, і в формуванні гідроекологічного стану водних ресурсів. Взагалі, потепління інтенсифікувало глобальний гідрологічний цикл, збільшивши глобально-осереднені опади, випаровування та стік. Більше того, наслідками глобального потепління є не тільки зміни середніх значень метеорологічних величин, а й загальне збільшення їх екстремальних проявів. Протягом останніх тридцяти років в Україні мали місце стихійні явища, пов'язані, насамперед, з режимом опадів [8-11, 14, 17, 18], а недооцінка деяких аспектів у формуванні цього кліматичного показника зволоження призводить до того, що він на сьогодні досліджений все ще недостатньо.

За своїм географічним положенням та станом довкілля південь України є тією територією, для якої соціально-економічні наслідки кліматичних змін можуть бути незворотними. Тому перед науковою спільнотою ставиться задача вивчення причин, які призводять до цих змін, для передбачення майбутнього стану фізичних параметрів найбільш рухомих ланок кліматичної системи.

Актуальність даного дослідження полягає в необхідності визначення особливостей клімато-географічного розподілу атмосферних опадів, для раціонального природокористування, вирішення природно-екологічних проблем, перспективного планування та адаптації різних галузей економіки

України до умов глобальних змін клімату.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконано відповідно до цілей, сформульованих в науково-дослідних роботах кафедр Гідрометеорологічного інституту Одеського державного екологічного університету з тем: «Режим опадів по регіонах України наприкінці ХХ та на початку ХХІ століть» (№ ДР 0111U000590); «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (№ ДР 00115U006532); «Комплексний метод ймовірно-прогностичного моделювання екстремальних гідрологічних явищ на річках Півдня України для забезпечення сталого водокористування в умовах кліматичних змін» (№ ДР 0121U010964).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Кліматичні зміни, що відбуваються протягом останніх десятиліть, визивають занепокоєння наукової спільноти. Дослідження українських вчених вказують на перебудову не тільки температурних полів, а й полів опадів на території України, які відбувались протягом ХХ і продовжуються у ХХІ столітті [6, 7, 12, 13]. Динаміку режиму атмосферних опадів та оцінку майбутніх змін і коливань річних, сезонних, місячних сум в різних регіонах України представлено в роботах [6, 7, 13-15, 18]. Результати цих досліджень вказують на суттєві регіональні зміни не тільки в часовому, а й у просторовому розподілі цього кліматичного показника.

Як відомо, формування полів опадів відбувається у тісному зв'язку з процесами циркуляції повітряних мас [6, 14, 20-25]. Автори підкреслюють, що у глобальному масштабі відмічається послаблення зональної циркуляції та зростання меридіональної південної складової в усі сезони року [10, 14, 21]. Циркуляційним аспектам просторового розподілу атмосферних опадів на території України в перехідні сезони року присвячені роботи [22, 23], в яких представлені результати статистичного дослідження взаємозв'язків у кліматичній системі Атлантико-Європейського регіону.

Особливості атмосферної циркуляції, вплив Чорного та Азовського морів виділяють південь України за кліматичними характеристиками в окрему область, яка потребує дослідження її кліматозумовлених природних ресурсів. Для території Одеської області дослідженню просторово-часової динаміки багаторічних середніх місячних, сезонних та річних сум опадів присвячено ряд робіт [13, 15, 26]. Авторами на основі співставлення багаторічної кількості опадів, що розраховані за різні періоди осереднення, визначено просторово-часове розподілення річної кількості опадів, опадів теплого і холодного періодів. В роботах про-

аналізована динаміка місячної кількості опадів у південних районах України наприкінці XX та на початку XXI століть. Особливо відчутні зміни реєструються у період другого глобального потепління клімату.

Таким чином, як свідчать результати наведених публікацій, вкрай важливим є дослідження природних факторів, які впливають на формування показників клімату, що дозволить передбачити їх майбутні зміни, а це в свою чергу допоможе своєчасно оцінити гідрологічні й екологічні ризики в вирішенні природно-екологічних та соціальних проблем, щоб забезпечити сталий розвиток нашої країни і особливо південних її регіонів.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Аналіз емпіричних даних та чисельне моделювання гідрометеорологічних параметрів вказує на те, що глобальне потепління клімату може змінити не тільки абсолютні значення температури повітря, а й атмосферних опадів, сезонний хід цих величин на території України і сприяти зміні видового складу рослинності та зміщенню природних зон в окремих її регіонах [6-9, 12, 19]. Ресурсний підхід до вивчення клімату, як одного з природних чинників, необхідний для розроблення вірогідних методів прогнозування метеорологічних явищ та ефективних заходів запобігання значних економічних збитків. Для визначення природи складних гідрометеорологічних процесів необхідне подальше всебічне їх дослідження, удосконалення і збільшення інформаційної бази з використанням сучасних методів статистичного аналізу та чисельного моделювання.

Постановка завдання. Дана стаття має на меті виявлення особливостей просторово-часового розподілу атмосферних опадів зимового сезону по території України та визначення впливу на цей розподіл північноатлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів. Предметом дослідження є місячна кількість опадів за грудень, січень, лютий на 40 довгорядних станціях України, рівномірно розташованих по її території, та кліматичні індекси великомасштабної взаємодії за полем тиску – Північно-Атлантичного (ПАК) і Північноморського-Каспійського (ПМКК) низькочастотних коливань за всі місяці року у період 1962-2006 рр. Основним завданням є визначення відгуків кліматичних сигналів в просторових полях атмосферних опадів на півдні України (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька області та Автономна Республіка Крим) в умовах змін та коливань глобального клімату.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Відповідно до поставленої мети,

реалізація комплексного статистичного підходу проводилася у *три етапи* з залученням методів багатовимірної статистичної і картографічної аналізу та методів дослідження нестационарних випадкових процесів [27, 28].

На першому етапі проведено фізично обґрунтоване об'єктивне районування території України за місячною кількістю опадів зимового сезону та сформовані узагальнені кластери, які представлені часовими рядами середніх векторів. На основі вихідних даних про опади була здійснена кластеризація даної кліматичної характеристики за грудень, січень, лютий. До вказаних емпіричних даних був застосований «Універсальний адаптивний ітераційний метод кластерного аналізу» («УАІМКА»). У методі «УАІМКА», в якості вихідної інформації виступає матриця $X = (x_{ij})_{n \times m}$, яка містить n векторів-рядків розмірності m , що характеризує статистичні ряди об'ємами m у n пунктах, які й повинні бути кластеризованими [29]. Статистичний підхід дозволив здійснити, а картографічний аналіз – представити районування території України за місячною кількістю зимових опадів. У грудні визначено чотири кластера (рис. 1а) та по три – у січні (рис. 1б) та лютому (рис. 1в).

Як видно з рис. 1а, у перший місяць зимового сезону Одеська та Миколаївська області сформували IV кластер. До III кластера увійшли станції Запорізької, Херсонської областей та Автономної Республіки Крим (АРК). У січні більша частина Південної України увійшла до III кластера, крім Запорізької області, територія якої сформувала II кластер (рис. 1б). У лютому більша частина регіону (крім Одеської області) об'єднана III кластером (рис. 1в).

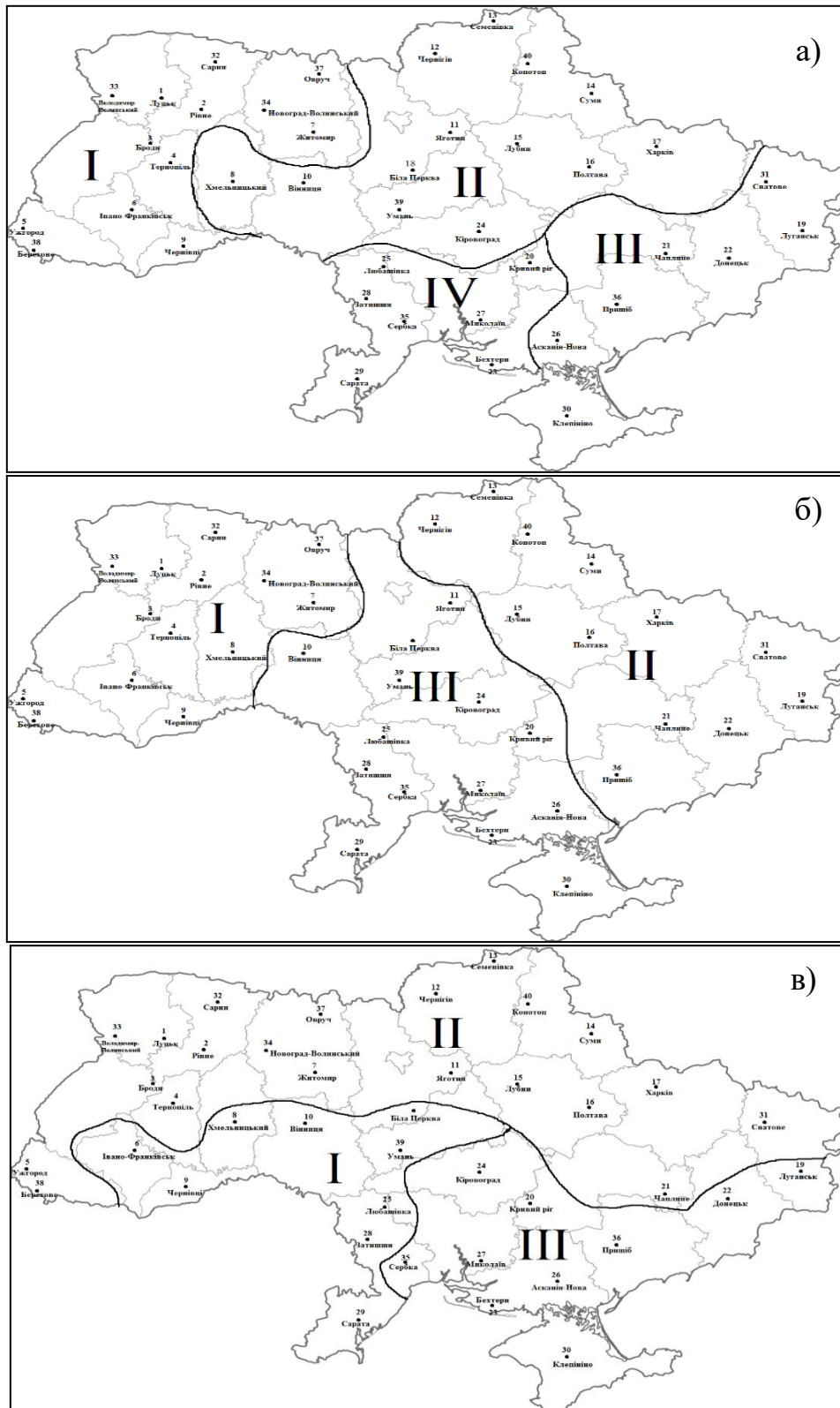
На *наступному етапі* для визначення статистичної структури часових рядів середніх векторів узагальнених кластерів використовувався математичний апарат теорії випадкових функцій та випадкових полів [27, 28]. Ряди були зображені як сума детермінованої $\hat{X}(t)$ – тренд $X_1(t)$ і періодична складова $X_2(t)$, та випадкової $X_3(t)$ компонент [27].

$$\text{Отже, } X(t) = X_1(t) + X_2(t) + X_3(t). \quad (1)$$

Детерміновані основи вилучалися шляхом фільтрації (згладжування) часових рядів середніх векторів узагальнених кластерів з використанням ковзного осереднення, яке у загальному вигляді представлено рівнянням:

$$\hat{X}(t_k) = \frac{1}{n} \sum_{i=k-\frac{n}{2}}^{k+\frac{n}{2}} \alpha_i X(t_i), \quad (2)$$

де α_i – ваговий множник; n – кількість точок, по яких проводилося згладжування:



а) – грудень; б) – січень; в) – лютий / a) – December; b) – January; c) – February

Рис. 1. Результати кластеризації місячної кількості опадів на території України у зимовий сезон / Fig. 1. Results of clustering of monthly rainfall in the territory of Ukraine in the winter season

$$k = 1 + \frac{n}{2}; 2 + \frac{n}{2}; \dots; N' + \frac{n}{2};$$

$N' = N(n-1)$; N – кількість членів ряду [27].

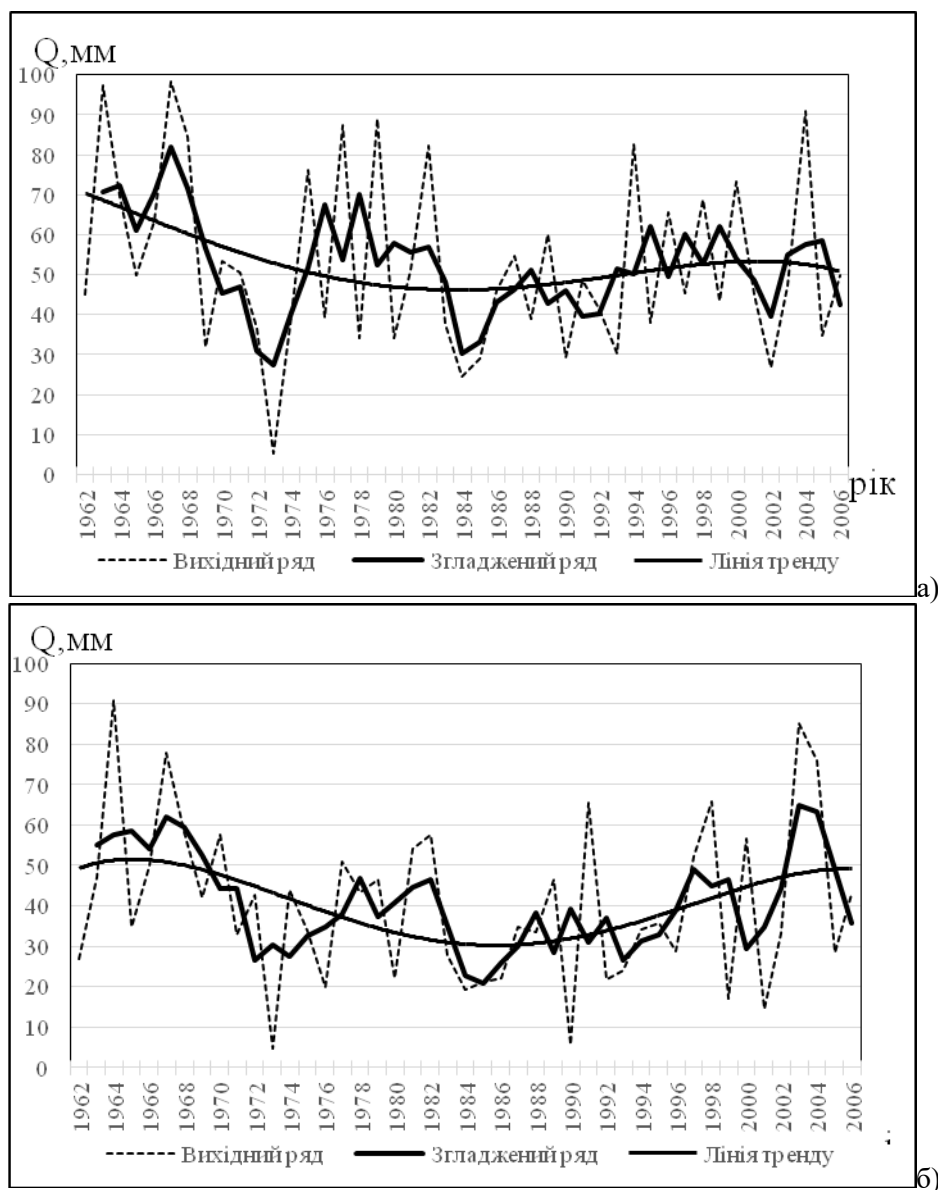
Вище (на першому етапі) описані та предста-

влені результати районування території України за місячною кількістю опадів зимового сезону (рис. 1). Як видно з рис. 1, південні регіони України сформували по два кластери, кожен з яких характеризується часовим рядом середнього векто-

ра, статистична структура кожного з них і буде проаналізована нижче. Оскільки багаторічні змінення характеру кліматоутворювальних факторів призводять до виникнення трендів, на основі яких можна визначити тенденції в кліматичних пара-

метрах, у роботі наводиться їх аналіз за 45-річний період. На рис. 2-4 представлені часові ряди та детерміновані основи середніх векторів визначених кластерів місячної кількості опадів.

Як впливає з рис. 2, детермінована основа



а) – III кластер; б) – IV кластер / a) – III cluster; b) – IV cluster

Рис. 2. Вихідний ряд та детермінована основа середнього вектора визначеного кластера місячної кількості опадів (грудень)

Fig. 2. The original series and the deterministic basis of the mean vector of a defined cluster of monthly precipitation (December)

середнього вектора місячної кількості опадів у грудні для всіх південних областей України (III та IV кластери) добре виражена. Тобто, добре визначена як періодична, так і трендова компоненти. Аналіз трендової складової дозволяє стверджувати, що місячна кількість опадів у грудні на півдні України до 2024 року буде зменшуватися, оскільки згладжений ряд має коливальний характер (з періодом близько 40 років) і саме з 2004 року визначено тенденцію падіння, яка і продов-

жується до 2024 року. В районах Запорізької, на сході Херсонської областей та Автономної Республіки Крим (III кластер) діапазон в кількості опадів може складати від 30 мм до 60 мм (рис. 2а). На територіях Одеської, Миколаївської та в західних районах Херсонської областей (IV кластер) у грудні місячна кількість опадів в окремі роки може коливатися від 25 до 65 мм (рис. 2б). Амплітуда коливань тренду середнього вектора III узагальненого кластера місячної кількості опадів є знач-

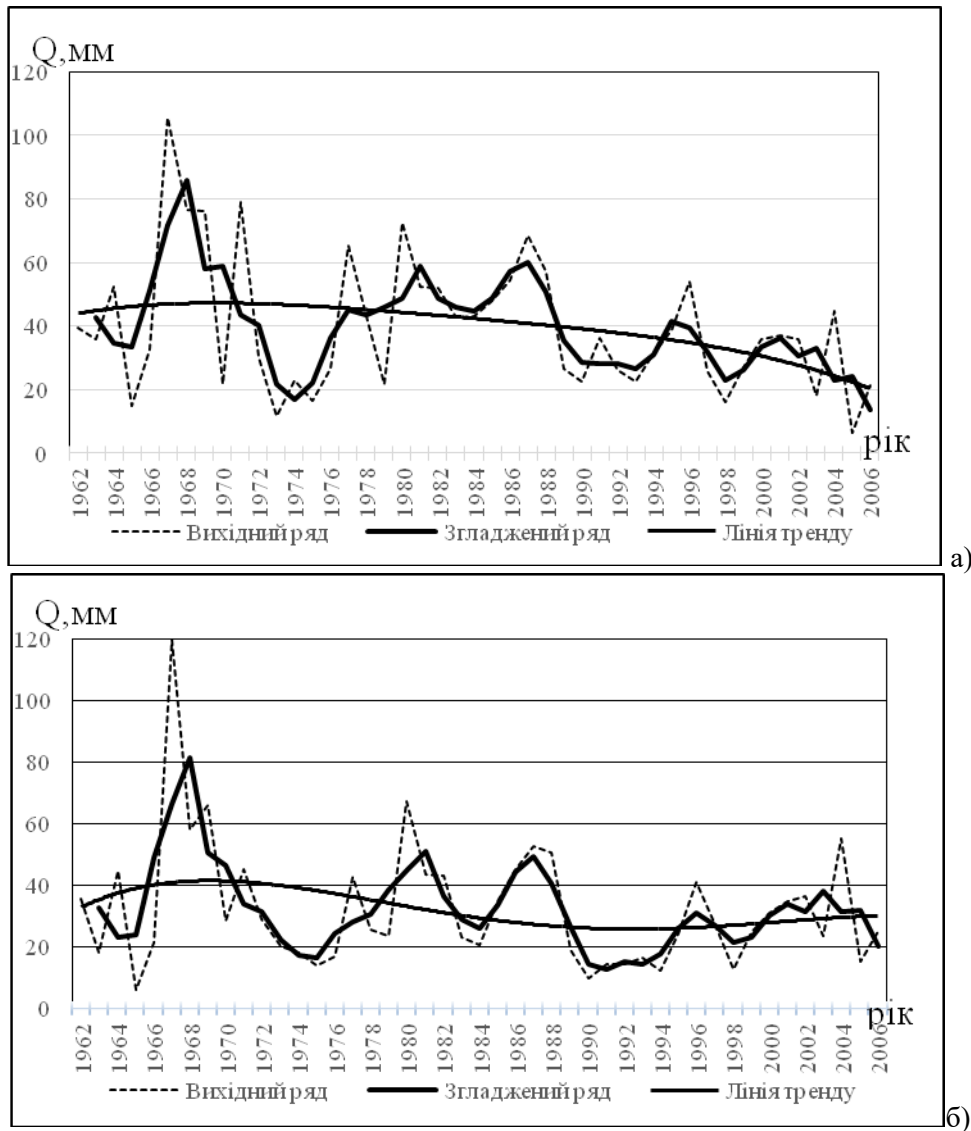
но меншою, порівняно з територією, яка зайнята IV кластером. Зміна більш «вологого» грудня на менш «вологий» буде відбуватися значно частіше. Це підтверджується тими періодичними компонентами, які накладаються на довготривалі двадцятирічні тренди. В регіоні III кластера – квазидворічні коливання, а IV кластера – гармоніки з періодами п'ять-шість років.

Південні райони України за місячною кількістю опадів у січні (рис. 1б) та лютому (рис. 1в) також формують по два узагальнених кластера. На рис. 3 графічно представлена статистична структура середнього вектора визначених кластерів місячної кількості опадів у січні; у лютому – на рис. 4.

У центральний місяць зимового сезону тільки на території Запорізької області (II клас-

тер) буде спостерігатися зменшення кількості опадів у найближчі 20-30 років (рис. 3а). Але на фоні довгоперіодного зменшення місячної кількості опадів будуть проявлятися 10-12-річні періоди з незначними коливаннями кількості опадів (від 10 до 45 мм). Для решти південних областей України (III кластер) у січні не слід очікувати різких коливань в місячній кількості опадів. Прогнозована кількість опадів – від 15 мм до 40 мм. Коливання меж цих значень може змінюватися з періодом 6-7 років. Про такі зміни вказують періодичні компоненти, які накладаються на майже незмінний (за останні двадцять років) тренд середнього вектора III кластера місячної кількості опадів у цей зимовий місяць (рис. 3б).

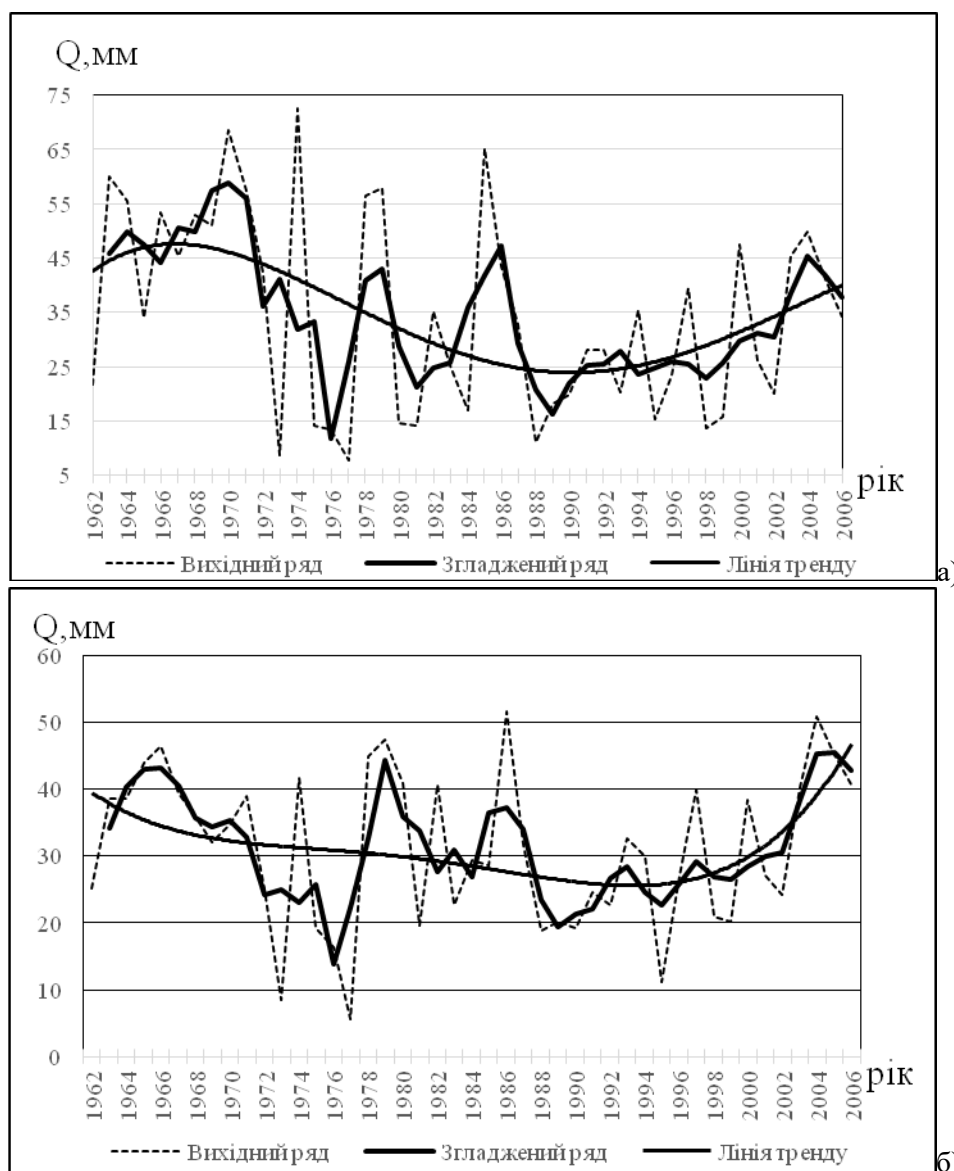
Як впливає з рис. 4, у лютому на півдні України (I та III кластери, рис. 1в), у період другого



а) – II кластер; б) – III кластер / a) – II cluster; b) – III cluster

Рис. 3. Вихідний ряд та детермінована основа середнього вектора визначеного кластера місячної кількості опадів (січень) /

Fig. 3. The original series and the deterministic basis of the mean vector of a defined cluster of monthly precipitation (January)



а) – I кластер; б) – III кластер / а) – I cluster; б) – III cluster
 Рис. 4. Вихідний ряд та детермінована основа середнього вектора визначеного кластера місячної кількості опадів (лютий) /
 Fig. 4. The original series and the deterministic basis of the mean vector of a defined cluster of monthly precipitation (February)

глобального потепління спостерігається зростання місячної кількості опадів. На що вказують тренди росту, чітко визначені з 90-х років минулого століття. Причому, темпи зростання на всій території суттєві. Місячна кількість опадів у лютому на майже всій території Одеської області складала від 20 мм до 45 мм (I кластер, рис. 4а).

На територіях Миколаївської, Херсонської, Запорізької областей та АРК, починаючи з дев'яностих років XX століття, місячна кількість опадів в останній зимовий місяць змінювалася від 19 мм до 48 мм.

Оскільки атмосферна циркуляція є головним проявом зміни клімату, тому що охоплює всі складові погодних умов [6, 21], представляє інтерес дослідити вплив саме цього кліматоутворю-

вального фактора на формування полів атмосферних опадів на півдні України у зв'язку з глобальними кліматичними змінами. Н. Kutiel, Y. Venaroch, G. Korres у роботах [30, 31] описують режим атмосферної циркуляції, який виявлено наприкінці XX століття над територією Європейсько-Середземноморського регіону – Північно-морське-Каспійське коливання (ПМКК) або North Sea-Caspian Pattern (NCP). Виявилося, що один центр даного типу мінливості локалізований над акваторією Північного моря, а інший – над північною частиною Каспійського моря. Для Східно-Європейського регіону вплив різних фаз Північно-морське-Каспійського коливання на сумарну кількість опадів досліджено в меншій мірі, ніж вплив цього коливання на формування темпе-

ратурного 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 [20-25, 32, 33] описано, що формування багатьох кліматичних полів над різними районами нашої планети залежить від північноатлантичних макропроцесів. Саме Північно-Атлантичне коливання (ПАК) є проявом низькочастотної мінливості атмосферної циркуляції у Північній півкулі і відбиває коливання атмосферної маси між північчю та півднем Північної Атлантики з центром в районі Ісландії (мінімум) і в районі Азорських островів (максимум). В якості мінливості зазначеного кліматичного сигналу використовувався кліматичний індекс великомасштабної 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 поля тиску на рівні моря для Північної півкулі. Значення

індексу нормалізуються відносно базового періоду 1979-2000 рр.

Враховуючи те, що для довгострокових прогнозів погоди необхідно глибоке вивчення реально існуючих просторово-часових зв'язків між гідрометеорологічними процесами та ролі фізико-географічних факторів клімату [22- 25, 30-33], **на завершальному етапі** за допомогою кореляційного аналізу проводилася перевірка статистичної гіпотези щодо існування автоколивальної системи безпосередньо в земних умовах і твердження того, що формування кліматичних полів опадів на території Південної України залежить від північноатлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів. Для цього розраховувалася і аналізувалася матриця кореляцій n -го порядку, яка визначається таким матричним рівнянням [28]:

$$R_x = \sigma^{-1} K_x \sigma^{-1}, \quad (3)$$

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:

$$R_x = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1s} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2j} & \dots & r_{2s} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{is} & \dots & r_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nj} & \dots & r_{ns} & \dots & 1 \end{pmatrix}. \quad (4)$$

У матриці кореляцій (4) міститься інформація про структуру n полів кореляцій. Порядок матриці кореляції залежить від кількості векторів, що були взяті для розрахунків. Ця кількість складається з кількості узагальнених кластерів місячної кількості опадів, отриманих для кожного місяця на території України, які представлені часовими рядами середніх векторів, та 12-ти (за всі місяці року) часових рядів індексів ПМКК (ПАК).

Залучення кореляційного аналізу дозволило отримати парні коефіцієнти кореляції, які виражають лінійну кореляційну залежність між рядами середніх векторів місячної кількості опадів визначених кластерів за грудень, січень, лютий та індексами ПМКК (ПАК). Парні коефіцієнти кореляції приймалися статистично значущими на рівні значущості $\alpha = 0,10$ і є вірогідними (з імовірністю 90%) за умови їх значень $|r_{xy}| \geq 0,32$ [27, 28].

Вірогідні парні коефіцієнти кореляції для статистичних зв'язків між станом Північноморсь-

кого-Каспійського коливання (індекс ПМКК) та кількістю атмосферних опадів на територіях визначених кластерів Південної України у місяці зимового сезону представлені в лівій частині табл. 1. Аналогічна інформація для Північно-Атлантичного коливання (індекс ПАК) наведена в правій частині табл. 1. У дужках вказано номер кластера.

Клімато-географічні особливості відгуків північноатлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів в полях місячної кількості опадів зимового сезону наведено на картах-схемах (рис. 5-7).

Як впливає з табл. 1 та рис. 5, у перший місяць зимового сезону формування місячної кількості опадів на півдні України залежить тільки від Північно-Атлантичного коливання, причому в східних районах Херсонської, на територіях Запорізької областей та АРК (III кластер) значення коефіцієнта кореляції складає -0,47. Для Одеської, Миколаївської та західних районів Херсонської

Коефіцієнти кореляції (місячна кількість опадів – ПМКК (ПАК))
Correlation coefficients (monthly rainfall – NCP (NAO))

Місяць (ПМКК)	Місяць (опадів)			Місяць (ПАК)	Місяць (опадів)		
	12	01	02		12	01	02
01	-	-	-0,36 (III)	01	-0,47 (III) -0,34 (IV)	-	-0,32(III) -0,47 (I)
02	-	-	-	02	-	-	-0,50 (I) -0,53 (III)
08	-	-	-0,46 (III)	08	-	-	-
10	-	-	-	10	-	-	0,33 (I)



Рис. 5. Карта-схема визначених впливів кліматичних сигналів Північної півкулі на просторовий розподіл опадів по території України (грудень) /
Fig. 5. Map-scheme of the determined impacts of climatic signals of the Northern Hemisphere on the spatial distribution of precipitation on the territory of Ukraine (December)

областей (IV кластер) цей коефіцієнт значно менший: -0,34. Таким чином, атмосферні опади на всій території півдня України у грудні мають обернений лінійний кореляційний зв'язок з індексом ПАК. Запізнення відгуків складає одинадцять місяців.

З визначеною ймовірністю не вдалося встановити лінійний кореляційний зв'язок між розподілом опадів у січні на півдні України з кліматичними сигналами, що розглядалися (табл. 1, рис. 6).

Аналіз табл. 1 та представлена карта-схема (рис. 7) показують, що у лютому з ймовірністю 90% перевірка статистичної гіпотези (щодо існування автоколивальної системи безпосередньо в земних умовах) підтвердила наявність статистичного зв'язку між кількістю опадів у південних регіонах України з визначеним місяцем як Північноморського-Каспійського, так і Північно-Атлантичного коливань.

Майже на всій досліджуваній території (крім Одеської області) встановлено обернений лінійний кореляційний зв'язок між розподілом опадів у лютому з Північноморським-Каспійським коли-

ванням. Значення коефіцієнтів кореляції змінюються від -0,36 (з майже річним запізненням відгуків) до -0,46 (з запізненням відгуків на півроку).

Вплив Північно-Атлантичного коливання на розподіл місячної кількості опадів в останній місяць зимового сезону проявляється для всієї південної території (I та III кластери).

З ймовірністю 90% встановлено наявність оберненого лінійного кореляційного зв'язку (зі значеннями коефіцієнтів кореляції від -0,47 до -0,53) та запізненням відгуків близько року, і прямого, з запізненням відгуків менше півроку (4 місяці) між станом Північно-Атлантичного коливання та просторовим розподілом опадів на півдні України у лютому.

Висновки.

1. На основі емпіричних даних про атмосферні опади здійснена об'єктивна кластеризація, яка дозволила отримати розбиття території України на регіони з різними характерними типами погоди при випадінні опадів у місяці зимового сезону. На півдні України визначено по 2 кластери, кожний з яких є статистично обґрунтованим, і ха-

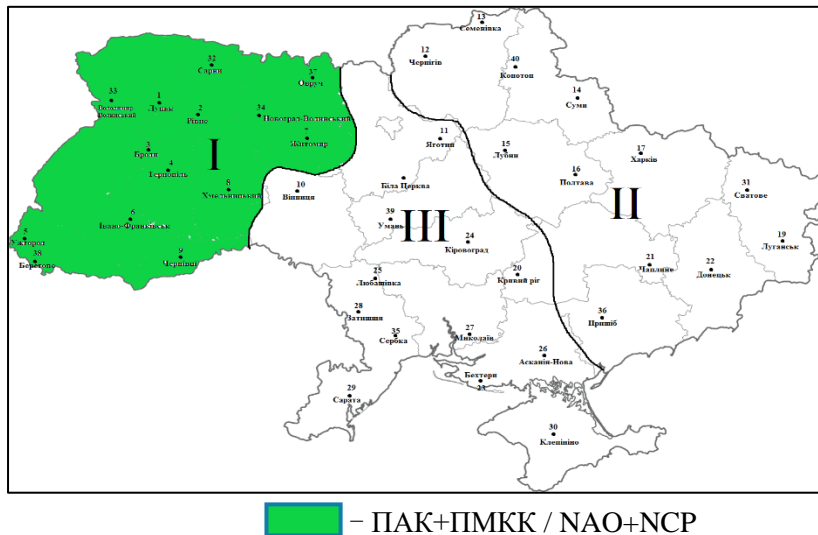


Рис. 6. Карта-схема визначених впливів кліматичних сигналів Північної півкулі на просторовий розподіл опадів по території України (січень) /
 Fig. 6. Map-scheme of the determined impacts of the Northern Hemisphere climate signals on the spatial distribution of precipitation on the territory of Ukraine (January)



Рис. 7. Карта-схема визначених впливів кліматичних сигналів Північної півкулі на просторовий розподіл опадів по території України (лютий) /
 Fig. 7. Map-scheme of the determined impacts of the Northern Hemisphere climate signals on the spatial distribution of precipitation on the territory of Ukraine (February)

рактизується часовим рядом середнього вектора.

2. Проаналізована статистична структура (тренди та періодичні складові) отриманих часових рядів середніх векторів узагальнених кластерів місячної кількості опадів, яка дозволила спрогнозувати майбутні тенденції в досліджуваних полях до 2025-2030 рр. на території Південної України. У грудні та лютому місячна кількість опадів буде зменшуватися, порівняно з початком XXI століття. У січні тільки на території Запорізької області прогнозується падіння кількості опадів у найближчі 20-30 років. Для решти південних областей України у центральний місяць зимового сезону кількість опадів слід очікувати в межах

багаторічних значень (15-45 мм).

3. За допомогою кореляційного аналізу, а саме по осередках статистично значущих (з ймовірністю 90%) додатних та від'ємних значень парних коефіцієнтів кореляції визначено статистичний зв'язок між розподілом опадів та двома відомими телеконекціями Північної півкулі (Північно-Атлантичним та Північноморським-Каспійським коливаннями). Використання еквідистантних кліматичних даних за 45-річний період дозволило побудувати вірогідні статистичні моделі у вигляді карт-схем для кожного місяця зимового сезону, які, на наш погляд, детально представляють особливості просторового розподілу місяч-

ної кількості опадів у цей сезон на півдні України.

4. Дослідження впливу північноатлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів на просторовий розподіл місячної кількості атмосферних опадів зимового сезону свідчать про складність та неоднозначність цих зв'язків в різні місяці сезону і в різних областях Південної України. Визначено (з імовірністю 90%) наявність лінійного кореляційного зв'язку між станом Північно-Атлантичного колювання і просторовим розподілом опадів у грудні; у лютому – сумісний вплив Північноморського-Каспійського і Північно-Атлантичного колювань, від яких залежить цей розподіл. У січні з визначеною ймовірністю не вдалося встановити відгуків в розподілі опадів на півдні України з кліматичними сигналами, що розглядалися.

5. Отримані статистичні моделі у вигляді карт-схем дозволяють враховувати напрямки переносу основних субстанцій, а це в свою чергу допоможе (при складанні кліматичного прогнозу опадів) зрозуміти вклад різних районів Північної півкулі в формування основного кліматичного показника зволоження на території України при вирішенні загальної наукової проблеми.

6. Результати, що представлені у статті, безперечно, не можна вважати вичерпаними в плані визначення впливу лише двох кліматичних сигналів, які можуть формувати просторовий розподіл атмосферних опадів на території Південної України. Розв'язання задач у подальшому буде направлено на розгляд інших відомих телеконекцій Північної та Південної півкуль з залученням додаткових еквідистантних емпіричних даних.

Список використаної літератури

1. IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)] [Електронний ресурс] / Intergovernmental Panel on Climate Change. – Geneva. – 151 pp. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf (дата звернення 20.09.2021).
2. Alexander L.V. *Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond* [Text] / L.V. Alexander // *Weather and Climate Extremes*, 2016. – № 11. – P. 4-16.
3. *Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation* [Text] / L. V. Alexander, X. Zhang, T. C. Peterson [et al.] // *Journal of Geophysical Research*, 2006. – vol. 111. <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>.
4. *Climate change adaptation policies and plans: A survey in 11 South East European countries* [Text] / Pietrapertosa F. et al. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018. – Vol. 81, Part 2. – P. 3041-3050. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.116>
5. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 932-р «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року» від 7 грудня 2016 р. [Електронний ресурс] / Кабінет Міністрів України. URL: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/cardnpd?docid=249573705>. (дата звернення 20.09.2021)
6. Клімат України: монографія [Текст] / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. – Київ : Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
7. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія [Текст] / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. – Одеса : Видавництво ТЕС, 2015. – 520 с.
8. Зміна погодних умов на території України в умовах зміни клімату [Текст] / В. М. Хохлов, Г. О. Боровська, О. В. Уманська, М. С. Тенетко // *Український гідрометеорологічний журнал*, 2016. – №17. – С. 31-37. <https://doi.org/10.31481/uhmj.17.2016.04>
9. Хохлов В. М. Майбутні зміни клімату та їх вплив на режим опадів та температури в Україні [Текст] / В. М. Хохлов, Н. С. Єрмоленко // *Український гідрометеорологічний журнал*, 2015. – №16. – С. 76-82. <https://doi.org/10.31481/uhmj.16.2015.10>
10. Мартазінова В.Ф. Характер екстремальних опадів початку XXI століття на території України [Текст] / В.Ф. Мартазінова, А.А. Щеглов // *Український гідрометеорологічний журнал*, 2018. – №22. – С. 36-45. <https://doi.org/10.31481/uhmj.22.2018.04>
11. Balabukh V. et al. *Extreme weather events in Ukraine: occurrence and changes. Extreme Weather* [Text] / Edited by P. J. Sallis. London, UK: Intech Open, 2018. – P. 85-106.
12. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія [Текст] / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. – Одеса: Держ. екол. ун-т, 2018. – 548 с.
13. Кліматичні ресурси Одеської області для сталого розвитку: науково-практичний довідник [Текст] / за ред. Ж. В. Волошиної. – Одеса: Держ. гідрометслужба України, 2010. – 180 с.
14. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986–2005 рр.): монографія [Текст] / за ред. В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченко. – Київ, 2006. – 311 с.
15. Iyus G. P. *Modern seasonal features of the risk mode on the territory of Odesa region* [Електронний ресурс] / G.P. Iyus, L.D. Goncharova, N.I. Kosolapova C.O. Zubkovych // *Review Scientific Journal (Science)*, 2018. – Vol. 1. Issue 3 (10). – P. 27–33. <http://archive.ws-conference.com/wp-content/uploads/pw0774.pdf>
16. Светличный А.А. *К вопросу о современных изменениях климата Северо-Западного Причерноморья* [Текст] / А.А. Светличный, М.С. Ибрагимова // *Вісник Одеського національного університету. Сер. Географічні та геологічні науки*, 2016. – Т. 21 (1). – С. 22-41.
17. Ovcharuk V. A. *The study of the periodicity of catastrophic spring floods on the territory of Ukraine* [Text] / V. A. Ovcharuk, O. M. Prokofiev, O. I. Todorova, N. S. Kichuk // *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія»*.

- Географія. Екологія», 2019. – Вип. 50. – С. 136-147. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-10>
18. Reshetchenko S.I. Climate indicators of changes in hydrological characteristics (a case of the psyol river basin) [Text] / S.I. Reshetchenko, S.S. Dmytriev, N.I. Cherkashyna, L.D. Goncharova // Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2020. – Вип. 53. – С. 155-168. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-53-12>
 19. Замфірова М.С. Режим температури повітря та опадів в Україні в 2021-2050 роках за даними ансамблю моделей CORDEX [Текст] / М.С. Замфірова, В.М. Хохлов // Український гідрометеорологічний журнал, 2020. – № 25. – С. 17-27. <https://doi.org/10.31481/uhmj.25.2020.02>
 20. Решетченко С.И. Влияние процессов в Северной Атлантике на климатические показатели в Украине и Восточной Европе [Электронный ресурс] / С.И. Решетченко, И.А. Кибальчич // Альманах современной науки и образования, 2014. – №4. – С. 139-145. URL: https://www.gramota.net/articles/issn_1993-5552_2014_4_38.pdf.
 21. Гончарова Л. Д. Воздушные течения тропосферы и стратосферы северного полушария: монография [Текст] / Л.Д. Гончарова. – Одесса : ТЭС, 2014. – 298 с.
 22. Гончарова Л.Д. Вплив атмосферних макропроцесів на просторовий розподіл опадів по території України у весняний сезон [Текст] / Л.Д. Гончарова, О.М. Прокоф'єв, С.І. Решетченко, А.В. Черниченко // Український гідрометеорологічний журнал, 2021. – № 27. – С. 5-15. <https://doi.org/10.31481/uhmj.27.2021.01>
 23. Гончарова Л.Д. Клімато-географічні особливості розподілу опадів на території України в осінній період [Текст] /Л.Д. Гончарова, О.М. Прокоф'єв, // Екологічні науки, 2021. – № 2 (35). – С. 94-98. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.16>
 24. Johnson N. C. The continuum of Northern Hemisphere teleconnection patterns and a description of the NAO shift with the use of self-organizing maps [Text] / N. C. Johnson, S. B. Feldstein, D. Tremblay // J. Climate, 2008. – Vol. 21, No. 23. – P. 6354-6371.
 25. Saito K. Changes in the sub-decadal co variability between Northern Hemisphere snow cover and the general circulation of the atmosphere [Text] / K. Saito, T. Yasunari, J. Cohen // Int. J. Climatol, 2004. – Vol. 24. – P. 33-44.
 26. Івус Г.П. Просторово-часове розподілення атмосферних опадів в Одеському регіоні на початку ХХІ століття [Текст] / Г.П. Івус, Л.Д. Гончарова, Н.І. Косолапова // Український гідрометеорологічний журнал, 2018. – № 22. – С. 16–27. <https://doi.org/10.31481/uhmj.22.2018.02>
 27. Гончарова Л.Д. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задачі вправ) : навчальний посібник [Текст] / Л.Д. Гончарова, С.П. Шкільний. – Одеса : Екологія, 2007. – 464 с.
 28. Гончарова Л.Д. Методи багатовимірного статистичного аналізу метеорологічних полів та атмосферних процесів : навчальний посібник [Текст] / Л. Д. Гончарова. – Одеса : ТЕС, 2016. – 196 с.
 29. Серга Э.Н. Универсальный адаптивный итерационный метод кластерного анализа [Текст] / Э.Н. Серга // Метеорологія, кліматологія та гідрологія: міжвід. Наук. зб. України. – Одеса, 2003. – Вип. 47. – С. 83-89.
 30. Kutiel H. North Sea-Caspian (NCP) – an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition [Text] / H. Kutiel, Y. Benaroch //Theor. Appl. Climatol, 2002. – №71. – P. 17-28.
 31. Korres G. The ocean response to low-frequency interannual atmospheric variability in the Mediterranean Sea. Part. I: Sensitivity experiments and energy analysis [Text] / G. Korres, N. Pinardi, A. Lascaratos // J. Climate, 2000. – №13. – P. 705-731.
 32. Полонский А. Б. Роль океана в изменениях климата: монография [Текст] / А.Б. Полонский. – Киев : Думка, 2008. – 184 с.
 33. Bodri L. High frequency variability in recent climate and the north Atlantic oscillation [Text] / L. Bodri, V. Cermak // Theor. Appl. Climatol, 2003. – № 74. – P. 33-40.

Внесок авторів: Всі автори внесли однаковий внесок у цю роботу.

Features of climate and geographical distribution of atmospheric precipitations in the south of Ukraine

Liudmyla Goncharova¹,

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Meteorology and Climatology,
¹Odessa State Environmental University, 15, Lvivska St., 65016, Odessa, Ukraine;

Oleg Prokofiev¹,

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Meteorology and Climatology;

Svitlana Reshetchenko²,

PhD (Geography), Associate Professor, Department of Physical Geography and Cartography,
²V.N. Karazin Kharkiv National University, 4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

ABSTRACT

Formulation of the problem. The concept of implementing state policy in the field of climate change until 2030, which aims to develop a national climate program and prevent the reduction of risks associated with them in different regions of Ukraine. The research was performed in accordance with the objectives formulated in the research works of Odessa State Ecological University on the following topics: «Regime of precipitation in the regions of Ukraine in the late XX and early XXI centuries» (№ SR 0111U000590); «Forecasting of dangerous meteorological phenomena over the southern regions of Ukraine» (№ SR 00115U006532); «Comprehensive method of probabilistic and prognostic modeling of extreme hydrological phenomena on the rivers of southern Ukraine to ensure sustainable water use in climate change» (№ SR 0121U010964).

Problems of further research. The results presented in the article, of course, can not be considered exhaustive in terms of determining the impact of only two climatic signals that can form the spatial distribution of precipitation in southern Ukraine. The solution of the problems in the future will be directed to the consideration of other known teleconnections of the Northern and Southern Hemispheres with the involvement of additional equidistant empirical data.

The purpose. This article aims to identify the features of the spatial distribution of precipitation in the winter season and determine the responses of climatic signals (North Atlantic and North Caspian fluctuations) in their fields in southern Ukraine (Odessa, Mykolaiv, Kherson, Zaporizhia region and the Autonomous Republic of Crimea).

Research methods. The implementation of an integrated statistical approach was carried out in three stages with the involvement of methods of multidimensional statistical and cartographic analysis and methods of research of non-stationary random processes. The subject of the study is the series of monthly precipitation for December, January, February at 40 stations in Ukraine and time series of average values of climatic indices of large-scale interaction in the field of pressure - North Atlantic (NAO) and North Caspian (NCP) fluctuations for each month of the period 1962-2006.

Presentation of the main research material. Objective clustering of the territory of Ukraine has been carried out on the basis of long-term empirical data on precipitation. In the south, 2 generalized clusters have been identified, each of which is statistically sound and characterized by a time series of the mean vector. The statistical structure of these series is analyzed, which allowed to predict future trends in the studied fields until 2025-2030 in the territory of Southern Ukraine. Studies of the impact of North Atlantic and Euro-Mediterranean macro-processes on the spatial distribution of the monthly amount of precipitation in the winter season show the complexity and ambiguity of these relationships in different months of the season and in different regions of southern Ukraine.

Practical value. The obtained statistical models in the form of maps-schemes will take into account the directions of transfer of basic substances, which in turn will help (in compiling the climate forecast of precipitation) to understand the contribution of different regions of the Northern Hemisphere to the formation of the main climatic indicator.

Research results. In the south of Ukraine in December and February the monthly rainfall by 2025-2030 will decrease compared to the beginning of the XXI century. In January, only in the Zaporozhye region is expected to fall rainfall in the next 20-30 years. For the rest of the southern regions of Ukraine in January the amount of precipitation will be within long-term values (15-45 mm). The presence of a linear correlation between the North Atlantic Oscillation and the spatial distribution of precipitation in December was determined (with a probability of 90%); in February, the combined effects of the North Sea-Caspian and North Atlantic oscillations. In January, in the south of Ukraine, with some probability, it was not possible to establish responses in the distribution of precipitation with the climatic signals under consideration.

Keywords: *global climate, generalized cluster, correlation coefficient, deterministic basis, large-scale atmospheric fluctuations.*

References

1. IPCC, 2014: *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, 151. Access mode: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf
2. Alexander, L.V. (2016). *Global observed long-term changes in temperature and precipitation extremes: A review of progress and limitations in IPCC assessments and beyond*. *Weather and Climate Extremes*, 11, 4-16.
3. Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T. C., Caesar, J., Gleason, B., Klein Tank, A. M. G., Haylock, M., Collins, D., Trewin, B., Rahimzadeh, F., Tagipour, A., Rupa Kumar, K., Revadekar, J., Griffiths, G., Vincent, L., Stephenson, D. B., Burn, J., Aguilar, E., Brunet, M., Taylor, M., New, M., Zhai, P., Rusticucci, M., Vazquezaguirre, J. L. (2006), *Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation // Journal of Geophysical Research*, vol. 111, D05109, <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>.
4. Pietrapertosa, F. et al. (2018). *Climate change adaptation policies and plans: A survey in 11 South East European countries*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(2), pp. 3041-3050. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.116>
5. *Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine "On approval of the Concept of implementation of state policy in the field of climate change until 2030" dated December 7, 2016, 932*. Access mode: <http://www.kmu.gov.ua/control/uk/card-ncpd?docid=249573705> [in Ukrainian]
6. Lipinskyi, V.M., Diachuk, V.A. & Babichenko, V.M. (eds) (2003). *Klimat Ukrainy*. Kyiv : Publ. Raievskoho. (in Ukr.)
7. Stepanenko, S.M. & Poliovyi, A.M. (eds) (2015). *Klimatichni zminy ta ikh vplyv na sfery ekonomiky Ukrainy [Climate change and its impact on the economy of Ukraine]*. Odesa : Publ. TES. [in Ukrainian]
8. 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 Ukrainian]
9. 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, 76-82. <https://doi.org/10.31481/uhmj.16.2015.10> [in Ukrainian]
10. Martazynova, V.F. & Shcheglov, A.A. (2018). *Kharakter ekstremalnykh opadiv pochatku XXI stolittia na terytorii Ukrainy [The nature of extreme precipitation at the beginning of the XXI century in Ukraine]*. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal [Ukrainian Hydrometeorological Journal]*, 22, 36-45. <https://doi.org/10.31481/uhmj.22.2018.04> [in Ukrainian]
11. Balabukh, V. et al. (2018). *Extreme weather events in Ukraine: occurrence and changes*. *Extreme Weather / Edited by P. J. Sallis*. London, UK: Intech Open, 85-106.

12. Stepanenko, S. M., & Pol'ovyi, A.M. (Ed). (2018). Klimatychni ryzyky unksionuvannia haluzei ekonomiky Ukrainy v umovakh zminy klimatu: monohrafiia. (Climate risks of functioning of branches of economy of Ukraine in the conditions of climate change: a monograph). Odesa: Odesa State Ecological University. [in Ukrainian]
13. Voloshynoi, Zh.V. (Ed). (2010). Klimatychni resursy Odes'koi oblasti dlia staloho rozvytku: naukovo-praktychnyi dovidnyk. (Climatic resources of Odesa region for sustainable development: a scientific and practical guide). Odesa: State Hydrometeorological Service of Ukraine. [in Ukrainian]
14. Lipins'kyi, V.M., Osadchyi, V. I., & Babichenko, V. M. (Ed). (2006). Stykhiini meteorolohichni yavyscha na terytorii Ukrainy za ostannie dvadtsiatyrichchia (1986–2005 rr.): monohrafiia. (Natural meteorological phenomena on the territory of Ukraine for the last twenty years (1986–2005): a monograph). Kyiv. [in Ukrainian]
15. Ivus, G. P., Goncharova, L.D., Kosolapova, N. I., & Zubkovich, C. O. (2018). Modern seasonal features of the risk mode on the territory of Odesa region. *Scientific Journal (Science Review)*, 1, 3 (10), 27–33.
16. Svetlichnyy, A.A. & Ibragimova, M.S. (2016). K voprosu o sovremennykh izmeneniyakh 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), 22-41. [in Russian]
17. Ovcharuk, V. A., Prokofiev, O. M., Todorova, O. I. & Kichuk, N. S. (2019). The study of the periodicity of catastrophic spring floods on the territory of Ukraine. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, 50, 136-147. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-10>
18. Reshetchenko, S.I., Dmytriev, S.S., Cherkashyna, N.I. & Goncharova, L.D. (2020). Climate indicators of changes in hydrological characteristics (a case of the psyol river basin). *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, series "Geology. Geography. Ecology"*, 53, 155-168. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-53-12>
19. Zamfirova, M.S. & Khokhlov, V.M. (2020). Rezhym temperatury povitria ta opadiv v ukraini v 2021-2050 rokakh za danymy ansamblu modelei CORDEX [Air temperature and precipitation regime in Ukraine in 2021-2050 by CORDEX model ensemble]. *Ukrainskyi hidrometeorolohichniy zhurnal [Ukrainian hydrometeorological journal]*, 25, 17-27. <https://doi.org/10.31481/uhmj.25.2020.02> [in Ukrainian]
20. Reshetchenko, S.I. & Kibalchich, I.A. (2014). Influence of processes in the North Atlantic on climatic indicators in Ukraine and Eastern Europe // *Almanac of modern science and education*, 4, 139-145. Access mode: https://www.gramota.net/articles/issn_1993-5552_2014_4_38.pdf (in Russ.)
21. 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 Russian]
22. Goncharova, L.D., Prokofiev, O.M., Reshetchenk, S.I. & Chernychenko, A.V. (2021). Vplyv atmosferykh makroprotsesiv na prostоровий rozpodil opadiv po terytorii Ukrainy u vesnianyi sezon [Influence of atmospheric macroprocesses on the spatial distribution of precipitation on the territory of Ukraine in the spring season]. *Ukrainskyi hidrometeorolohichniy zhurnal [Ukrainian Hydrometeorological Journal]*, 27, 5-15. <https://doi.org/10.31481/uhmj.27.2021.01> [in Ukrainian]
23. Prokofiev, O.M. & Goncharova, L.D. (2021). Klimato-heohrafichni osoblyvosti rozpodilu opadiv na terytorii Ukrainy v osinnii period [Climatic and geographical features of precipitation distribution on the territory of Ukraine in the autumn period]. *Ekolohichni nauky [Environmental sciences]*, 2 (35), 94-98. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.16> [in Ukrainian]
24. Johnson, N. C., Feldstein, S. B., Tremblay, D. (2008), «The continuum of Northern Hemisphere teleconnection patterns and a description of the NAO shift with the use of self-organizing maps». *J. Climate*, 21, 23, 6354-6371.
25. Saito, K., Yasunari, T., Cohen, J. (2004), «Changes in the sub-decadal co variability between Northern Hemisphere snow cover and the general circulation of the atmosphere». *Int. J. Climatol.*, 24, 33-44.
26. Ivus, H. P., Goncharova, L. D., & Kosolapova, N. I. (2018). *Prostorovo-chasove rozpodilennia atmosferykh opadiv v Odes'komu rehioni na pochatku XXI stolittia. (Spatio-temporal distribution of precipitation in the Odesa region at the beginning of the 21st century)*. *Ukrainskyi hidrometeorolohichniy zhurnal [Ukrainian Hydrometeorological Journal]*, 22, 16–27 [in Ukrainian]
27. Goncharova, L.D. & Shkolnyi, Ye.P. (2007). *Metody obrobky ta analizu hidrometeorolohichnoi informatsii (zbirnyk zadach i vprav) [Methods of processing and analysis of hydrometeorological information (collection of tasks and exercises)]*. Odesa: Ekolohiia. [in Ukrainian]
28. Goncharova, L.D. (2016). *Metody bahatovymirnoho statystychnoho analizu meteorolohichnykh poliv ta atmosferykh protsesiv [Methods of multidimensional statistical analysis of meteorological fields and atmospheric processes]*. Odesa: TES. [in Ukrainian]
29. Serga, E.N. (2003). *Universal'nyy adaptivnyy iteratsionnyy metod klasternogo analiza [Universal adaptive iterative method of cluster analysis]*. *Meteorolohiia, klimatolohiia ta hidrolohiia [Meteorology, climatology and hydrology]*, 47, 83-89. [in Russian]
30. 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, 17-28.
31. 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, 705-731.
32. Polonskiy, A.B. (2008). *Rol' okeana v izmeneniyakh klimata [Ocean role in climate change]*. Kiev, Dumka [in Russian]
33. Bodri, L. & Cermak, V. (2003). High frequency variability in recent climate and the north Atlantic oscillation. *Theor. Appl. Climatol*, 74, 33-40.