

ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ

УДК 551.557.5

Л. Д. Гончарова, кандидат геогр. наук, доцент
Н. І. Косолапова, аспірант кафедри метеорології та кліматології
Одеський державний екологічний університет,
кафедра метеорології та кліматології,
вул. Львівська, 15, Одеса, 65016, Україна
nelj11072004@rambler.ru

ВПЛИВ ОСНОВНИХ ТЕЛЕКОНЕКЦІЙ ПІВНІЧНОЇ ПІВКУЛІ НА РЕЖИМ ОПАДІВ ПО ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Представлені результати аналізу та оцінки режиму атмосферних опадів у зимовий сезон для території України за даними місячної кількості опадів по 30-ти станціях України за період 1976-2005 рр. та їх зв'язок з Північно-Атлантичним (NAO) та Північно-Морським Каспійським (NCP) коливаннями. Встановлено тісний лінійний кореляційний зв'язок між розподілом опадів по території України у зимовий сезон з основними телеконекціями Північної півкулі.

Ключові слова: телеконекція, Північна півкуля, атмосферні опади, індикатори кліматичної мінливості.

ВСТУП

Складність і неоднозначність зв'язків у кліматичній системі, постійна еволюція її компонентів з різною інерційністю є причиною багатьох кліматичних змін, які на сьогодні визнані однією з головних небезпек для планети Земля у XXI столітті [15, 22, 26, 37]. Глобальне потепління клімату, яке розпочалося в минулому столітті, продовжується ще з більшою інтенсивністю і зараз [6-9, 18, 29, 31, 36].

Кліматичні умови постійно змінюються. Особливо це стало відчутно наприкінці XX-го та на початку XXI століть в зростанні глобальної температури повітря та в збільшенні випадків кліматичних аномалій [1-5, 24, 35]. У сучасних просторово-часових розподілах багатьох метеорологічних величин та гідрометеорологічних параметрів простежуються істотні варіації, які переважна більшість вчених на сьогодні вважають проявом змін клімату [7, 8, 19]. Незважаючи на те, що найяскравіше вони простежуються для часового ряду середньої глобальної температури, в останні роки багато уваги приділяється також і зміні режиму опадів над різними регіонами Земної кулі [5, 24, 31, 36].

Як відомо, формування багатьох кліматичних полів на території України залежить від північно-атлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів [13, 21, 23, 25-28, 30, 34, 35, 38].

У 1989 році групою вчених [32, 34, 35, 38] було виявлено новий режим аномальної атмосферної циркуляції над територією Європейсько-Середземноморського регіону – Північно-Морське Каспійське коливання (ПМКК) або North Sea Caspian Pattern. Їх пропозиція була заснована на ефекті діполя, який вони виявили між Алжиром та Каїром в середньобіжурічних 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 другий – над північною частиною Каспійського моря. Оскільки територія України розташована досить близько до одного з полюсів коливання, то даний тип мінливості представляє для нас особливий інтерес, і багато в чому визначає величину аномалій температури, особливо на півдні країни і над акваторією Чорного і Азовського морів [33-35, 38].

Оскільки Північно-Морське Каспійське коливання є індикатором кліматичної мінливості, треба було з'ясувати, чи має вплив це коливання на формування опадів на території України, оскільки науковці стверджують, що воно, в основному, впливає на формування температурного режиму Східно-Європейського регіону.

Крім ПМКК важливою характеристикою макромасштабної циркуляції атмосфери в Північній півкулі є Північно-Атлантичне коливання (ПАК). Як свідчать результати досліджень [16, 23, 25, 27, 28, 30, 32], ПАК виражено в усі сезони року і проявляється на масштабах від декількох діб до декількох століть.

У додатній фазі Ісландський мінімум та Азорський максимум добре розвинені, градієнти тиску між ними збільшені, зональна циркуляція посилена. У від'ємній фазі відбувається ослаблення зональних та посилення меридіональних процесів. При зміні фази ПАК (зміні знака індексу) циркуляція атмосфери в Атлантико-Європейському регіоні істотно змінюється [13, 16]. Особливо сильні зміни відбуваються в зимовий період у тому випадку, якщо значення індексу ПАК до і після зміни фази досить великі (більше 1-2 за абсолютною величиною). Перехід від додатної на від'ємну фазу ПАК часто пов'язано з формуванням блокуючих режимів в атмосфері, вивченню яких присвячена велика кількість робіт [17, 19-21].

Оскільки атмосферна циркуляція є головним проявом зміни клімату, тому що охоплює всі складові погодних умов [10, 14], представляє інтерес дослідити вплив саме цього кліматоутворювального фактора на формування полів атмосферних опадів на території України в зв'язку з глобальними кліматичними змінами.

Метою даної статті є визначення впливу основних телеконекцій Північної півкулі на режим опадів по території України у зимовий сезон з застосуванням фізико-статистичного підходу.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для дослідження взаємозв'язків між кліматичними параметрами в західній частині Євразійського материка використовувалися ряди місячних сум опадів (грудень, січень, лютий) по 30-ти метеорологічних станціях України, рівномірно розташованих по її території, кліматичні індекси NAO та NCP за період 1976-2005 рр. Реалізація поставлених задач проводилася з застосуванням компонентного та кореляційного аналізу, а також методів дослідження статистичної структури нестационарних часових рядів [11, 12].

Поля метеорологічних величин, що розглядалися, формуються під впливом атмосферних процесів різних масштабів. Компонентний аналіз дав змогу здійснити параметризацію кліматичних полів опадів, тобто виразити їх за допомогою декількох некорельованих параметрів, які лінійно зв'язані з компонентами випадкового вектора і утримують основну інформацію про поля, що досліджуються.

В основі розв'язання задачі стиску вихідної інформації лежало лінійне ортогональне перетворення вихідного поля (1) у базисі власних векторів матриці кореляції

$$\Delta X_j = \begin{pmatrix} \Delta x_{1j} \\ \Delta x_{2j} \\ \dots \\ \Delta x_{ij} \\ \dots \\ \Delta x_{nj} \end{pmatrix}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Отже, першим етапом цієї задачі було визначення власних значень та власних векторів матриці кореляції. Для цього використовували матричне рівняння повної проблеми власних значень вигляду

$$R_x W_i = \lambda_i W_i, \quad (2)$$

де R_x – 30-ти вимірний матриця кореляції, λ_i – власне значення матриці кореляції, W_i – i -тий ортонормований власний вектор.

Розв'язання повної проблеми власних значень дало змогу отримати власні значення та власні вектори матриці кореляції.

Властивість ортогональності власних векторів дає можливість розглядати сукупність власних векторів як базис n -вимірного евклідового простору R^n та шукати розкладання вектора ΔX_j у цьому базисі. Вектор ΔX_j являє собою метеорологічний об'єкт, в нашому випадку це поле місячної кількості опадів. Необхідно здійснити розклад вектора ΔX_j у деякому ортогональному базисі таким чином, щоб отримати вектор меншого розміру, в котрому би залишалися всі основні фізичні властивості вихідного вектора, тобто поля. Лінійне перетворення (3) дозволило отримати вектор ортогональних компонент Z_j :

$$W' \Delta X_j = Z_j. \quad (3)$$

Відомо, що дисперсія $\sigma_{Z_i}^2$ i -тої складової вектора ортогональної компоненти дорівнює i -му власному значенню і декілька перших власних значень матриці кореляції завжди складають більшу частину сумарної дисперсії випадкового поля. Це означає, що основні властивості об'єкта вичерпуються відповідним числом перших k ортогональних компонент Z_i (головних). Вони і містять найбільш суттєву інформацію про структуру метеорологічного поля, що досліджується [11].

Щоб знайти кількість головних компонент k , була визначена частка η_k сумарної дисперсії випадкового поля ($\eta_k \geq 70\%$), яка відповідає найбільш макромасштабним його особливостям.

Оскільки справедливим є співвідношення

$$\sum_{i=1}^n \sigma_{Z_i}^2 = \sum_{i=1}^n \lambda_i = t_r K_x, \quad (4)$$

то, очевидно, число η_k визначається як

$$\eta_k = \frac{\sum_{i=1}^k \lambda_i}{t_r K_x} \cdot 100\%. \quad (5)$$

Цей метод багатовимірною статистичного аналізу дозволив отримати часові ряди головних компонент місячної кількості опадів, які у подальшому використовувалися для дослідження взаємозв'язків між полями опадів на території України у зимовий сезон та основними індикаторами кліматичної мінливості Північної півкулі.

На наступному етапі за допомогою кореляційного аналізу [12] було проведено дослідження статистично значущих зв'язків між Північно-Морським Каспійським коливанням, Північно-Атлантичним коливанням та головними компонентами, які є узагальненими характеристиками атмосферних опадів для всієї території України.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За допомогою компонентного аналізу була здійснена параметризація випадкових полів місячної кількості опадів, тобто кліматичні поля були представлені за допомогою декількох некорельованих параметрів, які лінійно зв'язані з компонентами випадкового вектора і утримують основну інформацію про поля опадів, що досліджуються.

В табл. 1 представлено результати реалізації повної проблеми власних значень матриці кореляції і наведені як власні значення матриці кореляції місячної кількості опадів, так і їх частка (%) у сумарній дисперсії поля опадів.

Як впливає з табл. 1, власні значення відповідають всім властивостям, яким повинні відповідати власні значення матриці кореляції [11].

Таблиця 1

Внесок (%) власних значень матриці кореляції місячної кількості опадів

Місяць	$\lambda_i / \%$												
	λ_1	%	λ_2	%	λ_3	%	λ_4	%	λ_5	%	...	λ_{30}	%
Грудень	16,8	56,0	2,7	9,1	1,7	5,7	1,1	3,5	0,8	2,8	...	0,08	0,3
Січень	17,3	57,8	4,1	13,8	1,5	4,9	0,5	1,7	0,5	1,6	...	0,1	0,3
Лютий	15,0	50,1	3,2	10,7	3,1	10,4	1,2	4,0	0,5	1,7	...	0,1	0,4

Як свідчать дані, у січні перші два власні значення вичерпують 71,6% сумарної дисперсії поля, у грудні та лютому – перші три (відповідно 70,8% і 71,2%). Тому для опису атмосферних опадів у зимовий період треба враховувати саме таку кількість власних значень, які складають більше 70% сумарної дисперсії поля місячної кількості опадів.

По кількості власних значень була визначена кількість власних векторів матриці кореляції, які у подальшому були використані в якості базису евклідового простору для отримання системи ортогональних компонент [11].

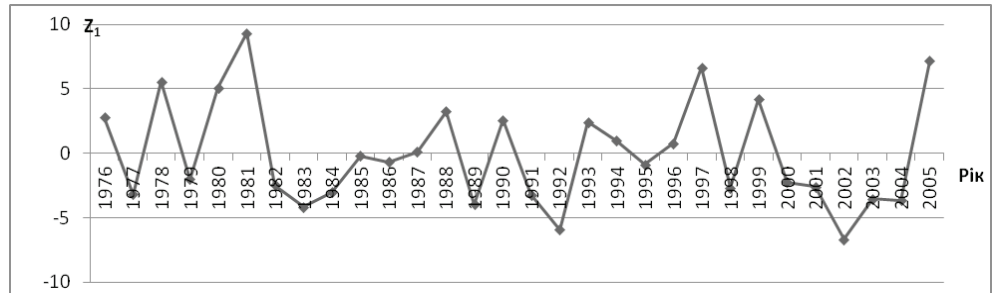
Як впливає з табл. 1, розкладання випадкових векторів у базисі власних векторів матриці кореляції місячної кількості опадів привело до їх ортогоналізації та перерозподілу сумарної дисперсії координат вихідних векторів. За умови більше 70% сумарної дисперсії поля опадів для всієї території України у січні треба враховувати дві, у грудні та лютому – три головні компоненти, в яких залишаються всі основні фізичні властивості об'єкта, що досліджується.

В якості прикладу на рис. 1 представлені часові ряди першої головної компоненти місячної кількості опадів зимового сезону.

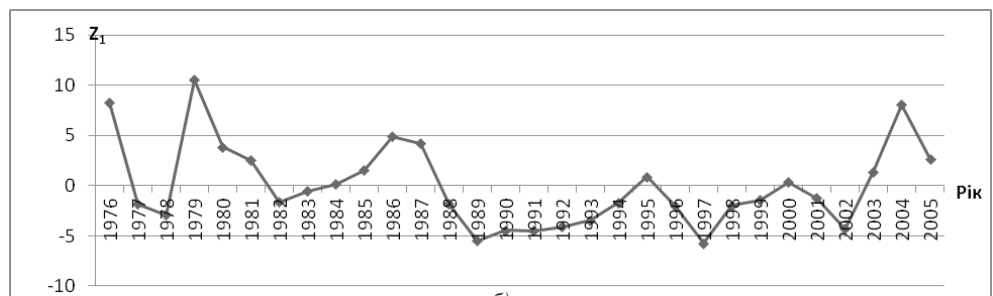
Як впливає з рис. 1, у січні та лютому з початку 90-х років спостерігається тенденція на збільшення кількості опадів на всій території України; у грудні – навпаки. Крім того, міжрічна мінливість опадів має довгоперіодну складову – 3-5 років у грудні та лютому і 5-9 років – у січні.

Враховуючи перевагу циркуляційного фактора у формуванні атмосферних опадів на території України у зимовий сезон, за допомогою кореляційного аналізу було проведено дослідження лінійних зв'язків між місячною кількістю опадів (головні компоненти) та основними індикаторами кліматичної мінливості Північної півкулі – Північно-Морським Каспійським коливанням (індекс NCP) і Північно-Атлантичним коливанням (індекс NAO).

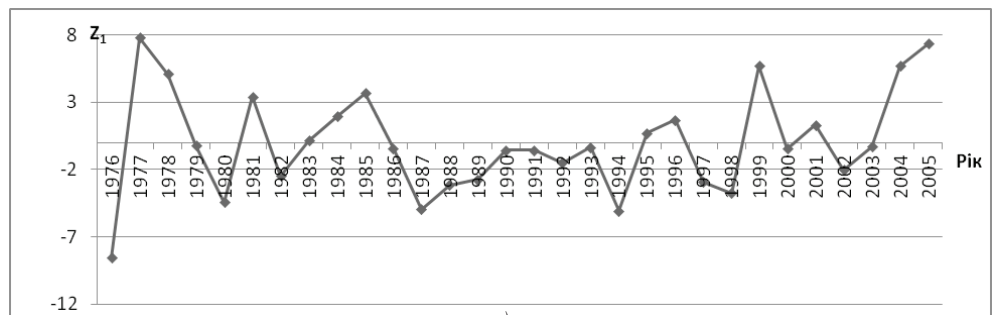
Кількісною мірою інтенсивності ПМКК виступає спеціальний кліматичний індекс NCP, за значеннями якого визначають і фазу осциляції. Характеризуючи від'ємну фазу ПМКК, можна відзначити наступні процеси: відбувається активізація циклонічної діяльності над західним полюсом ПМКК, а саме посилення західного переносу над Центральною Європою і прояв антициклонічної активності над східним полюсом ПМКК, що проявляється у формуванні східного переміщення повітряних мас над районами Грузії та Вірменії. Ці проце-



а)



б)



в)

Рис. 1. Перша головна компонента місячної кількості опадів:
а) грудень; б) січень; в) лютий.

си призводять до збільшення південно-західної аномальної циркуляції по напрямку до Балкан.

В момент додатної фази ПМКК відбувається перебудова баричних утворень: в районі західного полюсу ПМКК спостерігається посилення антициклонічної циркуляції (Центральна Європа) і збільшення циклонічної активності в районі західного полюсу ПМКК, що тягне за собою формування північно-східного переносу повітряних мас на Центральну Європу. Для додатної фази найбільш характерне переважання меридіональної циркуляції з північною складовою, що

призводить до виникнення від'ємних аномалій у полі приземної температури повітря по всій Східній Європі та на сході Середземномор'я, на Близькому Сході, в Малій Азії, Кавказькому регіоні та в південному Поволжі. В цей час в районі Британських островів і півдня Скандинавії формується окрема зона з додатною аномалією температури. В момент від'ємної фази коливання, циркуляційні умови змінюються на протилежні [34, 35, 38].

Для з'ясування наявності статистично значущих взаємозв'язків між ПМКК та розподілом атмосферних опадів на території України за допомогою кореляційного аналізу були отримані парні коефіцієнти кореляції між рядами головних компонент місячної кількості опадів та індексів Північно-Морського Каспійського коливання (NCP). Коефіцієнти кореляції приймалися статистично значущими на рівні значущості $\alpha = 0,10$. За цих умов критичне значення критерію Стьюдента $t_{кр}(0,10; 30) = 1,70$.

В табл. 2 представлені вірогідні коефіцієнти кореляції та фактичні значення критерію Стьюдента для взаємозв'язків ПМКК (NCP) та місячної кількості опадів (перші дві головні компоненти).

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції (r_{xy}) та значення критерію Стьюдента (t_r) (NCP – головна компонента місячної кількості опадів)

Місяць (NCP)	Місяць (перша головна компонента – z_1 , друга головна компонента – z_2)					
	12		01		02	
	r_{xy}	t_r	r_{xy}	t_r	r_{xy}	t_r
01	–	–	-0,59 (z_1)	4,96	–	–
02	–	–	–	–	-0,36 (z_1)	2,19
05	–	–	-0,55 (z_1)	4,21	–	–
08	–	–	–	–	-0,34 (z_2)	2,04
11	–	–	-0,42 (z_1)	2,72	–	–
12	-0,58 (z_1)	4,66	0,38 (z_2)	2,43	–	–

Як випливає з табл. 2, була знайдена статистично значуща (в основному обернена лінійна) взаємодія між атмосферними опадами зимового сезону на території України та Північно-Морським Каспійським коливанням.

В табл. 3 представлені статистично значущі взаємозв'язки між часовими рядами ПАК та головними компонентами місячної кількості опадів зимового сезону. Вірогідність результатів складає 90%.

Як випливає з табл. 3, формування опадів на території України у зимовий сезон статистично значуще залежить від стану Північно-Атлантичного коливання, вираженого індексом NAO. Парні коефіцієнти кореляції вказують на тісний лінійний (прямий та обернений) кореляційний зв'язок між ними в залежності від місяця зимового сезону.

Таблиця 3

**Коефіцієнти кореляції (r_{xy}) та значення критерію Стьюдента (t_r)
(ПАК – головна компонента місячної кількості опадів)**

Місяць (ПАК)	Місяць (перша головна компонента – z_1 , друга головна компонента – z_2)					
	12		01		02	
	r_{xy}	t_r	r_{xy}	t_r	r_{xy}	t_r
01	–	–	-0,37 (z_1)	2,27	–	–
02	–	–	-0,39 (z_1)	2,50	-0,37 (z_1)	2,31
03	–	–	–	–	-0,45 (z_1)	3,06
06	–	–	0,43 (z_2)	2,82	0,43 (z_2)	2,82
07	-0,50 (z_2)	3,53	0,52 (z_1)	3,84	–	–
10	–	–	–	–	0,39 (z_2)	2,49
11					0,42 (z_2)	2,76

Для дослідження статистичної структури атмосферних опадів часові ряди головних компонент розглядалися як сума детермінованої $\widehat{X}(t)$ і випадкової $X_3(t)$ компонент [12]. У свою чергу, детермінована компонента складається з тренду $X_1(t)$ і періодичної компоненти $X_2(t)$, яка відбиває річний хід процесу $X(t)$:

$$X(t) = X_1(t) + X_2(t) + X_3(t). \quad (6)$$

Детермінована основа випадкового процесу вилучалася шляхом фільтрації (згладжування) вихідного часового ряду головної компоненти місячної кількості опадів.

Використовувалося ковзне осереднення, яке у загальному вигляді може бути зображене таким чином [12]:

$$\widehat{X}(t_k) = \frac{1}{n} \sum_{i=k-\frac{n}{2}}^{k+\frac{n}{2}} \alpha_i X(t_i), \quad (7)$$

де α_i – ваговий множник; n – кількість точок, по яких проводилося згладжування; $k = 1 + \frac{n}{2}; 2 + \frac{n}{2}; \dots; N' + \frac{n}{2}$; $N' = N(n-1)$; N – кількість членів ряду. В рівності (7) приймали $\alpha_i = 1 \quad \forall i = \overline{1, n}$ і оператор згладжування визначав просте ковзне осереднення, в якому вага всіх точок, котрі приймають участь при розрахунках середнього значення на інтервалі $\left[k - \frac{n}{2}; k + \frac{n}{2} \right]$, однакова.

Як відомо, багаторічні змінення характеру кліматоутворювальних факторів приводять до виникнення трендів, тобто однонаправлених змін метеорологічних величин протягом тривалого часу. Тому на наступному етапі дослідження були отримані згладжені часові ряди головних компонент місячної кількості опадів та індексів NCP та NAO.

На основі отриманих результатів (табл. 2 та табл. 3) були побудовані відповідні графіки тих згладжених рядів, для яких зв'язок параметрів виявився статистично значущим.

В якості прикладів на наступних рисунках наводяться сумісні згладжені ряди першої головної компоненти місячної кількості опадів у січні та індексу NCP (рис. 2) і першої головної компоненти місячної кількості опадів у січні та індексу NAO (рис. 3).

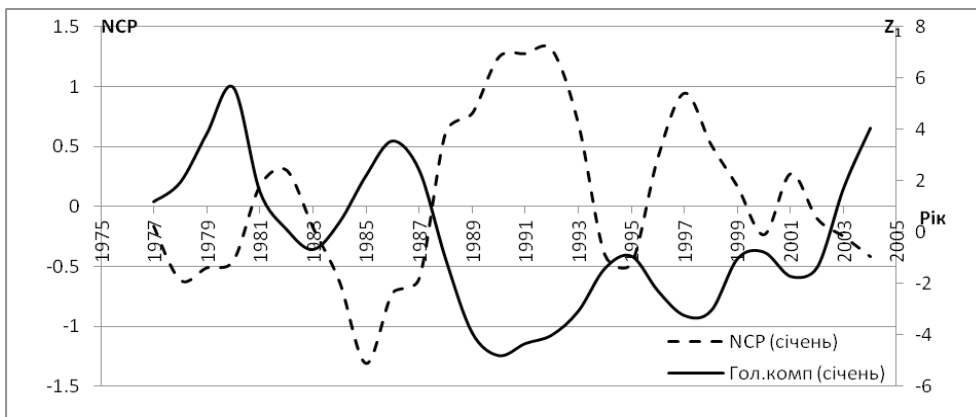


Рис. 2. Згладжені часові ряди першої головної компоненти (z_1) місячної кількості опадів (січень) та індексу NCP (січень)

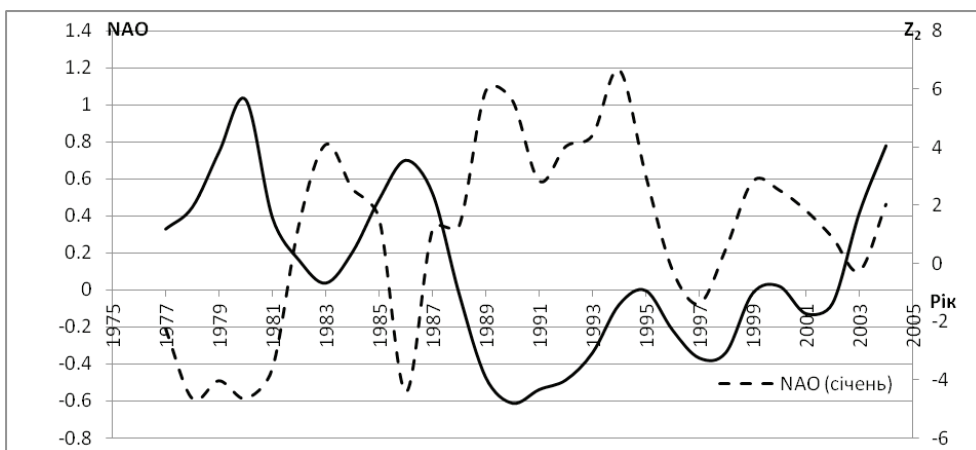


Рис. 3. Згладжені часові ряди першої головної компоненти (z_2) місячної кількості опадів (січень) та індексу NAO (січень)

Місячна кількість опадів у січні на території України, що визначається першою головною компонентою, має періодичність близько 5-ти років (рис. 2). У цей період дослідження переважала додатна фаза – в районі західного полюсу ПМКК спостерігалось посилення антициклонічної циркуляції (Центральна Європа) і збільшення циклонічної активності, що призвело до формування північно-східного переносу повітряних мас на Центральну Європу. Це визначає переважання меридіональної циркуляції з північною складовою. Аналіз сумісних графіків вказаних кліматичних характеристик вказує на тісний лінійний обернений кореляційний зв'язок у цих складових.

Як впливає з рис. 3, у січні переважала додатна фаза Північно-Атлантичного коливання, що сприяло розвиненню Ісландського мінімуму та Азорського максимуму, що посилювало зональну циркуляцію і це підтверджує зв'язок глобального західного переносу помірних широт з формуванням опадів на території України у цей період року.

ВИСНОВКИ

1. Результати дослідження впливу основних телеконекцій Північної півкулі на режим опадів по території України наприкінці ХХ-го та на початку ХХІ-го століть, яке проведено за багаторічними даними, свідчать про неодноразовність цих процесів у різні пори року.

2. За допомогою компонентного аналізу здійснена параметризація випадкових полів місячної кількості опадів по 30-ти станціях України за період 1976-2005 рр. Багаторічні поля були представлені двома (трьома) некорельованими параметрами (головними компонентами), що лінійно зв'язані зі складовими вихідного вектора і тому є узагальненими характеристиками атмосферних опадів у зимовий сезон для всієї території України. За умови $\eta_k \geq 70\%$ у січні перші два власні значення (два власних вектора і дві головні компоненти) вичерпують 71,6% сумарної дисперсії поля опадів, у грудні та лютому – перші три (відповідно 70,8% и 71,2%).

3. Аналіз часових рядів головних компонент дозволив визначити міжрічну мінливість з довгоперіодною складовою – 3-5 років у грудні та лютому і 5-9 років – у січні. Крім того, починаючи з 90-х років спостерігається тенденція на зростання кількості опадів на території України у січні та лютому; у грудні – навпаки. На нашу думку, ця тенденція збережеться до 2020 року.

4. Вплив Північно-Морського Каспійського коливання (ПМКК) на формування опадів зимового сезону на території України має тісний (в основному обернений) лінійний кореляційний зв'язок і лише стан ПМКК у грудні вказує на прямий кореляційний зв'язок з режимом опадів у січні на території нашої країни.

5. Значення парних коефіцієнтів кореляції вказують на статистично значущий ($P = 90\%$) тісний лінійний (прямий та обернений) кореляційний

зв'язок між місячною кількістю опадів на території України у зимовий сезон з Північно-Атлантичним коливанням.

6. У центральній місяць зимового сезону переважала додатна фаза ПМКК – в районі західного полюса ПМКК (акваторія Північного моря) спостерігалось посилення антициклонічної циркуляції і збільшення циклонічної активності, що призвело до формування північно-східного переносу повітряних мас на Центральну Європу.

7. Статистична структура часового ряду індексу NAO у січні вказує на переважання додатної фази Північно-Атлантичного коливання у цей період, що сприяло розвиненню Ісландського мінімуму та Азорського максимуму, а така ситуація призводить до посилення зональної циркуляції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Бабіченко В. М.* Кліматична характеристика опалювального періоду на території України [Текст] / В. М. Бабіченко, Н.В. Ніколаєва, С.Ф. Рудішина // Український географічний журнал. – 2007. – № 1. – С. 20-27.
2. *Бабіченко В. М.* Максимальна температура повітря на території України в умовах сучасного клімату [Текст] / В. М. Бабіченко, Н. В. Ніколаєва, С. Ф. Рудішина [та ін.] // Український географічний журнал. – 2010. – № 3. – С. 6-15.
3. *Барабаш М. І.* Клімат України у минулому... і майбутньому? [Текст] / М. І. Барабаш, М. І. Кульбіда, Н. П. Гребенюк – К.: Вид-во Раєвського, 2009. – 370 с.
4. *Барабаш М. Б.* Дослідження змін та коливань опадів на рубежі XX і XXI ст. в умовах потепління глобального клімату [Текст] / М. Б. Барабаш, Т. В. Корж, О. Г. Татарчук // Наук. праці УкрНДГМІ. – Вип. 253. – К.: Ніка-Центр. – 2004. – С. 92-102.
5. *Барабаш М. Б.* Особливості зміни ресурсів тепла та вологи в Україні при сучасному потеплінні клімату [Текст] / М. Б. Барабаш, Н. П. Гребенюк, О. Г. Татарчук // Наук. праці УкрНДГМІ. – Вип. 256. – К.: Ніка-Центр. – 2007. – С. 174-186.
6. *Бойченко С. Г.* Глобальне потепління та його наслідки на території України [Текст] / С. Г. Бойченко, В. М. Волощук, І. А. Дорошенко // Український географічний журнал. – 2000. – № 2. – С. 59-68.
7. *Божко Л. Ю.* Антропогенні зміни клімату та їх вплив на вирощування овочевих культур в Україні [Текст] / Л. Ю. Божко // Вісник Одеського державного екологічного університету. – Одеса: ТЕС, 2010. – Вип. 9. – С. 56-62.
8. Вплив зміни клімату на сільське господарство півдня України [Текст] / А. М. Польовий, І. В. Трофімова, М. І. Кульбіда, [та ін.] // Метеорологія, кліматологія та гідрологія: Міжвід. наук. зб. України. – Одеса. – 2008. – Вип. 49. – С. 252-261.
9. *Волощук В. М.* Глобальне потепління і клімат України: регіональні, екологічні та соціальні аспекти [Текст] / В. М. Волощук, С. Г. Бойченко, С. М. Степаненко – К.: ВПЦ «Київ. ун-т». – 2002. – 117 с.
10. *Врублевська А. А.* Клімат України та прикладні аспекти його використання: навчальний посібник [Текст] / А. А. Врублевська, Г. П. Катеруша. – Одеса: Вид. ТЕС, 2012. – 180 с.
11. *Гончарова Л. Д.* Методи багатовимірного статистичного аналізу метеорологічних полів та атмосферних процесів: навчальний посібник [Текст] / Л. Д. Гончарова. – Одеса: ТЕС, 2016. – 196 с.
12. *Гончарова Л. Д.* Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ): навчальний посібник [Текст] / Л. Д. Гончарова, Є. П. Шкільний. – Одеса: Екологія, 2007. – 464 с.
13. *Гончарова Л. Д.* Воздушные течения тропосферы и стратосферы Северного полушария: монография [Текст] / Л. Д. Гончарова. – Одесса: ТЭС, 2014. – 298 с.
14. Клімат України: монографія [Текст] [ред. В. М. Ліпінський, В. А. Дячук, В. М. Бабіченко]. – Київ: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
15. *Литовченко І. В.* Клімат як передумова суспільно-екологічного районування регіону (на прикладі Полтавської Області) [Текст] // Метеорологія, кліматологія та гідрологія: Міжвід. наук. зб. України. – Одеса. – 2008. – Вип. 50. – С. 216-220.
16. *Нестеров Е. С.* Особенности состояния океана и атмосферы в различные фазы североатлантического колебания [Текст] / Е. С. Нестеров // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 8. – С. 74-82.

17. Низкочастотная изменчивость атмосферной циркуляции Северного полушария зимой [Текст] / М. П. Александрова, Е. М. Володин, Е. А. Газина [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 1. – С. 15-24.
18. *Осадчий В. І.* Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату [Текст] / В. І. Осадчий, В. М. Бабіченко // Український географічний журнал. – 2013. – № 4. – С. 32-39.
19. Особенности проявления современного потепления климата в тропосфере Атлантико-Европейского региона [Текст] / Ю. П. Переведенцев, М. А. Верещагин, Э. П. Наумов [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 2. – С. 38-47.
20. *Петросяню М. А.* Циркуляция скорости ветра в центрах действия атмосферы как показатель количества осадков и температуры в их пределах. I. Анализ взаимосвязей на сезонных масштабах [Текст] / М. А. Петросяню, Д. Ю. Гущина // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 5. – С. 5-20.
21. *Полонский А. Б.* Влияние климатического сдвига 1976-1977 гг. на крупномасштабную структуру приземных метеорологических полей Евразии [Текст] / А. Б. Полонский, Д. В. Башарин // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 5. – С. 16-30.
22. *Руденко В. П.* Критичний екологічний стан компонентів природи в регіонах України [Текст] // Український географічний журнал. – 2010. – № 2. – С. 60-68.
23. Североатлантическое колебание: описание, механизмы и влияние на климат Евразии [Текст] / А. Б. Полонский, Д. В. Башарин, Е. Н. Воскресенская [и др.] // Морской гидрофизический журнал. – 2004. – № 2. – С. 42-59.
24. *Светличный А. А.* К вопросу о современных изменениях климата Северо-Западного Причерноморья [Текст] / А. А. Светличный, М. С. Ибрагимова // Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. – 2016. – Т. 21. – Вип. 1 – С. 22-41.
25. *Bodri L.* High frequency variability in recent climate and the north Atlantic oscillation [Текст] / L. Bodri, V. Cermak // Theor. Appl. Climatol. – 2003. – vol. 74. – P. 33-40.
26. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summery for Policymakers [Текст] – Geneva: IPCC, 2007. – 18 p.
27. *Deser C.* On the teleconnectivity of the “Arctic oscillation” [Текст] / C. Deser // Geophys. Res. Lett. – 2000. – Vol. 27. – P. 779-782.
28. *Eckhardt S.* The North Atlantic Oscillation controls air pollution to the Arctic [Текст] / S. Eckhardt, A. Stohl, S. Beirle // Atmos. Chem. Phys. – 2003. – Vol. 3. – P. 1769-1778.
29. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation [Текст] / L. V Alexander, X. Zhang, T. C. Peterson [et al.] // Journal of Geophysical Research, 2006, vol. 111, D05109, doi: 10.1029/2005JD006290.
30. *Hurrell J. W.* Decadal trends in the North Atlantis Oscillation: Regional temperature and precipitation [Текст] / J. W. Hurrell // Science. – 1995. – Vol. 269. – P. 676-679.
31. Indices for Monitoring Changes in Extremes Based on Daily Temperature and Precipitation Data [Текст] / X. Zhang, L. Alexander, G.C. Hegerl [et al.] // Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. – 2011. – 2(6). – P. 851–870. doi:10.1002/wcc.147.
32. *Johnson N. C., Feldstein S. B., Tremblay D.* The continuum of Northern Hemisphere teleconnection patterns and a description of the NAO shift with the use of self-organizing maps [Текст] // J. Climate.–2008. – Vol.21, No.23. – P. 6354-6371.
33. *Klein Tank A.M.G.* Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99 [Текст] / A.M.G. Klein Tank, G.P. Können // Journal of Climate. – 2003. – Vol.16. – P. 3665-3680.
34. *Kutiel H.* North Sea-Caspian Pattern (NCP) an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition [Текст] / H. Kutiel, Y. Benaroch // Theor. Appl. Climatol. – 2002. – Vol. 71. – № 1-2. – P. 17-28.
35. *Korres G.* The ocean response to low-frequency interannual atmospheric variability in the Mediterranean Sea. Part. I: Sensitivity experiments and energy analysis [Текст] / G. Korres, N. Pinaridi, A. Lascaratos // J. Climate. – 2000. – Vol. 13. – P. 705-731.
36. *Peterson T. C.* Climate change indices [Текст] / T. C. Peterson // World Meteorological Organization Bulletin. – 2005.–Vol. 54. – Number 2. – P. 83-86.
37. Report of the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs [Текст] / T. C. Peterson, C. Folland, G. Gruza [et al.] – WMO/TD No. 1071, WMO, Geneva, 2001. – 143 p.
38. *Saito K.* Changes in the sub-decadal co variability between Northern Hemisphere snow cover and the general circulation of the atmosphere [Текст] / K. Saito, T. Yasunari, J. Cohen // Int. J. Climatol. – 2004. – Vol. 24. – P. 33-44.

REFERENCES

1. Babichenko, V. M., Nikolayeva, N. V., Rudishyna, S. F. (2007), Klimatychna kharakterystyka opalyval'noho periodu na terytoriyi Ukrayiny [Climate characteristic of heating season in Ukraine]. *Ukrainian Geographical Journal*, No. 1, pp. 20-27.
2. Babichenko, V. M., Nikolayeva, N. V., Rudishyna, S. F. [et al.] (2010), Maksymal'na temperatura povitrya na terytoriyi Ukrayiny v umovakh suchasnoho klimatu [Highest air temperature in the territory of Ukraine in today's climate]. *Ukrainian Geographical Journal*, No. 3, pp. 6-15.
3. Barabash, M. I., Kul'bida, M. I., Hrebenyuk, N. P. (2009), *Klimat Ukrayiny u mynulomu... i maybutn'omu?* [Climate Ukraine in the past ... and future?], Kyiv: Publishing House Payevsky, 370 p.
4. Barabash, M. B., Korzh, T. V., Tatarchuk, O. H. (2004), Doslidzhennya zmin ta kolyvan' opadiv na rubezhi KhKh i KhKhI st. v umovakh poteplynnya hlobal'noho klimatu [Research changes and fluctuations of precipitation at the turn of the twentieth and twenty-first century in conditions of global climate warming]. Research papers UkrRHMI, Vol. 253, Kyiv: Nika-Center Publishing House, pp. 92-102.
5. Barabash, M. B., Hrebenyuk, N. P., Tatarchuk, O. H. (2007), Osoblyvosti zminy resursiv tepla ta volohy v Ukrayini pry suchasnomu poteplynni klimatu [Features change resources of heat and moisture in the Ukraine at the present climate warming]. Research papers UkrRHMI, Vol. 256, Kyiv: Nika-Center Publishing House, pp. 174-186.
6. Boychenko, S. H., Voloshchuk, V. M., Doroshenko, I. A. (2000), Hlobal'ne poteplynnya ta yoho naslidky na terytoriyi Ukrayiny [Global warming and its consequences in Ukraine]. *Ukrainian Geographical Journal*, No. 2, pp. 59-68.
7. Bozhko, L. Yu. (2010), Antropohenni zminy klimatu ta yikh vplyv na vyroshchuvannya ovochevykh kul'tur v Ukrayini [Anthropogenic climate change and its impact on growing vegetables in Ukraine]. *Bulletin of the Odessa State Environmental University*, Odessa: TES Publishing House, Vol. 9, pp. 56-62.
8. Pol'ovyy, A. M., Trofimova, I. V., Kul'bida, M. I. [et al.] (2008), Vplyv zminy klimatu na sil's'ke hospodarstvo pivdnyia Ukrayiny [The impact of climate change on agriculture southern Ukraine]. *Meteorology, climatology and hydrology: Scientific collection*, Odessa, Vol. 49, pp. 252-261.
9. Voloshchuk, V. M., Boychenko, S. G., Stepanenko, S. M. (2002) *Globalne poteplynnya i klimat Ukraïni: regionalni, ekologichni ta sotsialni aspekti* [Global warming and climate of Ukraine: regional, environmental and social aspects], Kyiv: Publishing House «Kyiv University», 117 p.
10. Vrublevs'ka, A. A., Katerusha, H. P. (2012), Klimat Ukrayiny ta prykladni aspekty yoho vykorystannya: navchal'nyy posibnyk [Climate Ukraine and applied aspects of its use: tutorial], Odessa: TES Publishing House, 180 p.
11. Honcharova, L. D. (2016), *Metody bahatovymirnoho statystychnoho analizu meteorologichnykh poliv ta atmosfernykh protsesiv: navchal'nyy posibnyk* [Methods of multivariate statistical analysis of meteorological fields and atmospheric processes: tutorial], Odessa: TES Publishing House, 196 p.
12. Honcharova, L. D., Shkol'nyy, Ye. P. (2007), *Metody obrobky ta analizu hidrometeorologichnoyi informatsiyi (zbirnyk zadach i vprav): navchal'nyy posibnyk* [Methods of processing and analyzing hydrometeorological information (collection of tasks and exercises): tutorial], Odessa: Ekolohiya Publishing House, 464 p.
13. Goncharova, L. D. (2014), *Vozdushnye techeniya troposfery i stratosfery Severnogo polushariya: monografiya* [Air currents of the troposphere and stratosphere of the Northern Hemisphere: monograph], Odessa: TES Publishing House, 298 p.
14. *Klimat Ukrayiny: monografiya* (2003), eds. Lipins'kyi, V. M., Dyachuk, V. A., Babichenko, V. M. [Climate Ukraine: monograph], Kyiv: Publishing House Rayevsky, 343 p.
15. Lytovchenko, I. V. (2008), Klimat yak peredumova suspil'no-ekolohichnoho rayonuvannya rehionu (na prykladi Poltavs'koyi Oblasti) [The climate as a prerequisite for socio-ecological zoning of the region (for example, Poltava region)]. *Meteorology, climatology and hydrology: Scientific collection*, Odessa, Vol. 50, pp. 216-220.
16. Nesterov, Ye. S. (1998), Osobennosti sostoyaniya okeana i atmosfery v razlichnye fazy severoatlanticheskogo kolebaniya [Features of the state of the ocean and the atmosphere in different phases of the North Atlantic Oscillation]. *Meteorology, climatology and hydrology: Scientific collection*, Odessa, No. 8, pp. 74-82.
17. Aleksandrova, M. P., Volodin, Ye. M., Gazina, Ye. A. [et al.] (2004), Nizkochastotnaya izmenchivost atmosfernoy tsirkulyatsii Severnogo polushariya zimoy [Low-frequency variability of the atmospheric circulation of the Northern Hemisphere in winter]. *Meteorology, climatology and hydrology: Scientific collection*, Odessa, No. 1, pp. 15-24.
18. Osadchyy, V. I., Babichenko, V. M. (2013), Temperatura povitrya na terytoriyi Ukrayiny v suchasnykh umovakh klimatu [The air temperature in Ukraine in modern climate conditions]. *Ukrainian Geographical Journal*, No. 4, pp. 32-39.
19. Perevedentsev, Yu. P., Vereshchagin, M. A., Naumov, E. P. [et al.] (2004), Osobennosti proyavleniya sovremennogo poteplyeniya klimata v troposfere Atlantiko-Yevropeyskogo regiona [Features of the manifestation of modern climate warming in the troposphere of the Atlantic-European region]

- of the current warming of the climate in the troposphere of the Atlantic-European region]. *Meteorology and hydrology*, No. 2, pp. 38-47.
20. Petrosyants, M. A., Gushchina, D. Yu. (2006), Tsirkulyatsiya skorosti vetra v tseentrakh deystviya atmosfery kak pokazatel kolichestva osadkov i temperatury v ikh predelakh. I. Analiz vzaimosvyazey na sezonnykh masshtabakh [Circulation of wind speed in the centers of the atmosphere as an indicator of the amount of precipitation and temperature within their limits. I. Analysis of interrelationships on seasonal scales]. *Meteorology and hydrology*, No. 5, pp. 5-20.
 21. Polonskiy, A. B., Basharin, D. V. (2008), Vliyaniye klimaticheskogo sdviga 1976-1977 gg. na krupnomasshtabnuyu strukturu prizemnykh meteorologicheskikh poley Yevrazii [The influence of the climatic shift of 1976-1977 on the large-scale structure of the surface meteorological fields of Eurasia] / A.B. Polonskiy, *Meteorology and hydrology*, No. 5, pp. 16-30.
 22. Rudenko, V. P. (2010), Krytychnyy ekolohichnyy stan komponentiv pryrody v rehionakh Ukrayiny [Critical components of the ecological state of nature in the regions of Ukraine]. *Ukrainian Geographical Journal*, No. 2, pp. 60-68.
 23. Polonskiy, A. B., Basharin, D. V., Voskresenskaya, Ye. N. [et al.] (2004) Severoatlanticheskoe kolebanie: opisanie, mekhanizmy i vliyaniye na klimat Yevrazii [North Atlantic Oscillation: Description, Mechanisms and Influence on the Climate of Eurasia]. *Sea Hydrophysical Journal*, No. 2, pp. 42-59.
 24. Svetlichniy, A. A., Ibragimova, M. S. (2016), K voprosu o sovremennykh izmeneniyakh klimata Severo-Zapadnogo Prichernomor'ya [On the issue of modern climate changes in the North-Western Black Sea Region]. *Bulletin of the Odessa I. I. Mechnikov University Ser.: Geographical and Geological Science*, T. 21, Vol. 1, pp. 22-41.
 25. Bodri, L., Cermak, V. (2003), «High frequency variability in recent climate and the north Atlantic oscillation» // *Theor. Appl. Climatol.*, vol. 74, pp. 33-40.
 26. «*Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summery for Policymakers*» (2007), Geneva: IPCC, 18 p.
 27. Deser, C. (2000), «On the teleconnectivity of the “Arctic oscillation”» // *Geophys. Res. Lett.*, Vol. 27, pp. 779-782.
 28. Eckhardt, S., Stohl, A., Beirle, S. (2003), «The North Atlantic Oscillation controls air pollution to the Arctic» // *Atmos. Chem. Phys.*, Vol. 3, pp. 1769-1778.
 29. 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, doi:10.1029/2005JD006290.
 30. Hurrell, J. W. (1995), «Decadal trends in the North Atlantis Oscillation: Regional temperature and precipitation» // *Science*, Vol. 269, pp. 676-679.
 31. Zhang, X., Alexander, L., Hegerl, G. C., Philip Jones, P., Klein Tank, A., Peterson, T. C., Trewin, B., Zwiers, F. W. (2011), «Indices for Monitoring Changes in extremes Based on Daily Temperature and precipitation Data» // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, Vol. 2(6), pp. 851–870. doi:10.1002/wcc.147.
 32. 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.*, Vol. 21, No. 23, pp. 6354-6371.
 33. Klein Tank, A. M. G., Können, G. P. (2003), «Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99» // *Journal of Climate*, Vol. 16, pp. 3665-3680.
 34. Kutiel, H., Benaroch, Y. (2002), «North Sea-Caspian Pattern (NCP) an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition» // *Theor. Appl. Climatol.*, Vol. 71, No 1-2, pp. 17-28.
 35. 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.*, Vol. 13, pp. 705-731.
 36. Peterson, T. C. (2005), «Climate change indices» // *World Meteorological Organization Bulletin*, Vol. 54, No 2, pp. 83-86.
 37. Peterson, T. C., Folland, C., Gruza, G., Hogg, W., Mokssit, A., Plummer, N. (2001), Report of the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs, WMO/TD No. 1071, WMO, Geneva, 146 p.
 38. 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.*, Vol. 24, pp. 33-44.

Надійшла 04. 05. 2017

Л. Д. Гончарова, кандидат геогр. наук, доцент
Н. И. Косолапова, аспирант кафедры метеорологии и климатологии
Одесский государственный экологический университет,
кафедра метеорологии и климатологии,
ул. Львовская, 15, Одесса, 65016, Украина
nelj11072004@rambler.ru

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕЛЕКОНЕКЦИЙ СЕВЕРНОГО ПОЛУШАРИЯ НА РЕЖИМ ОСАДКОВ ПО ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ

Резюме

Представлены результаты анализа и оценки режима атмосферных осадков в зимний сезон для территории Украины по данным месячных сумм осадков на 30-ти станциях Украины за период 1976-2005 гг. и их связь с Северо-Атлантическим (NAO) и Северо-Морским Каспийским (NCP) с колебаниями. Установлена тесная линейная корреляционная зависимость между распределением осадков по территории Украины в зимний сезон с основными телеконекциями Северного полушария.

Ключевые слова: телеконекция, Северное полушарие, атмосферные осадки, индикаторы климатической изменчивости.

L. D. Goncharova

N. I. Kosolapova

Odessa State Environmental University,
Department of Meteorology and Climatology,
15 Lvivska St., Odessa, Ukraine, 65016
nelj11072004@rambler.ru

INFLUENCE OF MAIN TELECONNECTIONS OF THE NORTH HEMISPHERE ON REGIME OF PRECIPITATION ON THE TERRITORY OF UKRAINE

Abstract

Problem Statement and Purpose. Since the atmospheric circulation is the main manifestation of climate change as covering all components of weather conditions is of interest to investigate the effect of this constitutive of climate factor on the formation fields of precipitation in the Euro-Mediterranean region due to global climate change. The purpose of this article is to determine the impact of major Northern Hemisphere teleconnections the regime of precipitation on the territory of Ukraine in the winter season using physical-statistical approach.

Data & Methods. To study the relationship between climate parameters in the western part of the Eurasian continent used series of monthly sums of precipitation (December, January, February) at 30 weather stations Ukraine, evenly spaced on its territory, climate NAO index and climate NCP index for the period 1976-2005.

The implementation of tasks using the component and correlation analysis, research methods and statistical structure of non-stationary time series.

Results. Results of the study impact of major Northern Hemisphere teleconnections on precipitation regime on the territory of Ukraine in the late twentieth and early twenty-first centuries, which made for long-term data indicate ambiguity of these processes in different seasons.

With component analysis performed random fields parameterization monthly rainfall in 30 stations of Ukraine for the period 1976-2005 years. Perennial field were presented two (three) uncorrelated parameters (major components) linearly connected components of the original vector and therefore are generalized characteristics of rainfall during the winter season for the whole territory of Ukraine. Provided $\geq 70\%$ in January, the first two eigenvalues (two eigenvectors and two major components) 71.6% of the total exhaust dispersion field precipitation in December and February – the first three (respectively 70.8% and 71.2%).

Time Series Analysis Principal Component possible to determine the interannual variability of component long-time – 3-5 years in December and February and 5-9 years – in January. Also since the 90s trend to increase rainfall in Ukraine in January and February; in December – on the contrary. We believe that this trend will continue until 2020.

The impact of the North Caspian Marine fluctuations (PMKK) on the formation of precipitation winter season in Ukraine has close (mainly inverse) linear correlation and only state in December PMKK sees a direct correlation with the regime of precipitation in January in our countries.

The value of pair correlation coefficients indicate statistically significant ($P = 90\%$) tight line (direct and inverse) correlation between monthly rainfall in Ukraine in the winter season with the North Atlantic oscillation.

In the central month of the winter season dominated by the positive phase PMKK – in the western pole PMKK (waters of the North Sea) was observed strengthening anticyclonic circulation and increased cyclonic activity that resulted in a northeast movement of air masses in Central Europe.

The statistical time series structure NAO index in January indicates a predominance of positive phase of the North Atlantic oscillation in this period, which contributed to expansion of the Icelandic low and the Azores high, and this situation leads to increased zonal circulation.

Keywords: teleconnection, Northern Hemisphere, precipitation, climatic variability indicators.