

---

# ЗМІНА КЛІМАТУ

---

УДК 551.577.59

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.16>

## КЛІМАТО-ГЕОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОДІЛУ ОПАДІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ В ОСІННІЙ ПЕРІОД

Гончарова Л.Д., Прокоф'єв О.М.

Одеський державний екологічний університет  
вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса  
[gongcharova.luda.50@gmail.com](mailto:gongcharova.luda.50@gmail.com), [leggg0707@gmail.com](mailto:leggg0707@gmail.com)

У статті наведено результати комплексного фізико-статистичного підходу до визначення стану одного з основних кліматичних ресурсів України для раціонального природокористування, вирішення природно-екологічних проблем, перспективного планування та адаптації різних галузей економіки в умовах глобальних змін клімату. Предметом дослідження є місячна кількість опадів за вересень, жовтень, листопад на 40 станціях України та індекси Північно-Атлантичного (NAO) і Північно-Морського Каспійського (NCP) коливань за 1962–2006 рр. Використання багаторічних даних дозволило здійснити об'єктивну кластеризацію території України за місячною кількістю опадів, у результаті чого вдалося поділити територію України на регіони з різними характерними типами погоди. У вересні та листопаді визначено по 4, а в жовтні – 5 кластерів, кожний із яких є фізично обгрунтованим. Для наочності в статті наведено регіональні статистичні моделі у вигляді карт-схем вірогідних взаємозв'язків між місячною кількістю опадів осіннього календарного періоду на території України та північно-атлантичними і європейсько-середземноморськими макропроцесами. Проведене дослідження підтверджує існування зумовленої залежності розподілу опадів на території України від стану Північно-Атлантичного та Північно-Морського Каспійського коливань. Отримані результати є певним внеском у вивчення як теоретичних, так і практичних аспектів дослідження взаємозв'язків у кліматичній системі з використанням емпіричних даних. Кластерний аналіз показав свою доцільність та ефективність під час районування території України за місячною кількістю опадів. Запропонований статистичний підхід до вирішення питання міжширотних зв'язків у системі океан-атмосфера на основі дійсних статистичних алгоритмів дасть можливість прогнозувати та моделювати складні природні процеси. Отримані карти-схеми дозволять урахувати напрями переносу основних субстанцій, а це допоможе (під час складання кліматичного прогнозу) зрозуміти вклад різних районів Північної півкулі у формування основного кліматичного показника зволоження на території України під час вирішення загальної наукової проблеми. *Ключові слова:* клімат, кластер, кореляція, індикатори кліматичної мінливості, атмосферна циркуляція.

**Climate and geographical features of precipitation distribution on the territory of Ukraine in the autumn period. Goncharova L., Prokofiev O.**

The article presents the results of a comprehensive physical and statistical approach to determining the state of one of the main climatic resources of Ukraine for rational use of nature, solving environmental problems, long-term planning and adaptation of various sectors of the economy in global climate change. The subject of the study is the monthly precipitation for September, October, November at 40 stations in Ukraine and the indices of North Atlantic (NAO) and North Sea Caspian (NCP) oscillations for the period 1962–2006. The use of long-term data allowed for objective clustering territory of Ukraine by the monthly amount of precipitation, which allowed to divide the territory of Ukraine into regions with different characteristic types of weather. In September and November, 4 clusters were identified, and in October – 5 clusters, each of which is physically justified. For clarity, the article presents regional statistical models in the form of maps-schemes of probable relationships between the monthly rainfall of the autumn calendar period in Ukraine and the North Atlantic and Euro-Mediterranean macro-processes. The study confirms the existence of a close dependence of precipitation distribution on the territory of Ukraine on the state of the North Atlantic and North Sea Caspian oscillations. The results are a contribution to the study of both theoretical and practical aspects of the study of relationships in the climate system using empirical data. Cluster analysis has shown its feasibility and effectiveness in zoning the territory of Ukraine by monthly rainfall. The proposed statistical approach to solving the problem of interlatitudinal connections in the ocean-atmosphere system on the basis of existing statistical algorithms will make it possible to predict and model complex natural processes. The obtained maps-schemes will allow to take into account the directions of transfer of basic substances, which in turn will help to understand the contribution of different regions of the Northern Hemisphere in the formation of the main climatic index of humidity in Ukraine in solving a common scientific problem. *Key words:* climate, cluster, correlation, indicators of climatic variability, atmospheric circulation.

**Постановка проблеми.** Вивчення клімату нашої планети та його мінливості є однією з центральних у сучасній гідрометеорологічній науці і тому їх дослідження набули чітко визначеної практичної значущості.

Температурно-вологісний режим є важливою характеристикою клімату, що впливає на сільське,

теплого-комунальне, паливно-енергетичне, водне та інші галузі господарства країни. На думку багатьох науковців [1–6], внаслідок глобального потепління клімат на території України стане різко змінюватися. Тому необхідно вже сьогодні створювати водогосподарські, агротехнічні комплекси, які забезпечать раціональне використання, збереження та віднов-

лення природних ресурсів. Вивчення регіональних змін клімату в межах загальної проблеми дає можливість поліпшити моделі очікуваних проєкцій змін клімату в ХХІ столітті. І якщо в питанні змін температури повітря вчені досягли єдиної думки, то щодо змін кількості опадів однозначної точки зору поки не існує. Оподи є основним джерелом зволоження земної поверхні, через що вони визначають стан багатьох природних ресурсів. Просторово-часова мінливість полів опадів та їх подальші зміни відіграють важливу роль у прогнозах кліматично-зумовлених природних ресурсів, які є складовою частиною економічних ресурсів (фактором виробництва) [1; 2; 5; 7].

Оскільки зміни клімату відбуваються досить швидко і людство з року в рік відчуває на собі тиск природних явищ, то перед світовою науковою спільнотою ставиться завдання їх вивчення та прогнозування.

**Актуальність дослідження** полягає в необхідності визначення клімато-географічних особливостей розподілу одного з основних показників режиму зволоження будь-якої території, а саме 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 з важливими науковими та практичними завданнями.** Дослідження виконано відповідно до цілей, сформульованих у науково-дослідних роботах кафедри метеорології та кліматології Одеського державного екологічного університету з таких тем: «Режим опадів за регіонами України наприкінці ХХ та на початку ХХІ століть» (№ ДР 0111U000590), «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України» (№ ДР 00115U006532).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Динаміку режиму атмосферних опадів наприкінці ХХ та на початку ХХІ століть та оцінку майбутніх змін і коливань річних, сезонних, місячних сум у різних регіонах України вивчали багато українських учених: С.М. Степаненко та ін. (2015, 2018); А.М. Польовий, Л.Ю. Божко (2015, 2018); М.Б. Барабаш та ін. (2004, 2007); Хохлов В.М. та ін. (2015, 2018); Лобода Н.С. (2015, 2018); І.Г. Семенова (2015, 2018); Г.П. Івус та ін. (2017, 2018); Л.Д. Гончарова (2010, 2017, 2018). Результати досліджень відомих науковців указують на суттєві регіональні зміни не тільки в часовому, а й у просторовому розподілі цього кліматичного показника. Особливо відчутні зміни реєструються у період другого глобального потепління клімату. А це потребує дослідження факторів, які впливають на кліматичну систему, з метою їх прогнозування для забезпечення сталого розвитку України [1; 2; 7–9].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Як стверджують учені, багато із зареєстрованих змін кліматичної системи за останні десятиріччя є нетиповими або безпрецедентними.

Незважаючи на те, що зміни найяскравіше простежуються для часового ряду середньої глобальної температури [4; 6], в останні роки багато уваги приділяється також зміні режиму опадів [3; 5; 7–9], які сьогодні досліджені все ще не достатньо. Для визначення природи метеорологічних явищ, розроблення вірогідних методів їх прогнозування та ефективних заходів запобігання значних економічних збитків необхідне подальше всебічне їх дослідження, вдосконалення і збільшення інформаційної бази з використанням сучасних методів статистичного аналізу та чисельного моделювання.

**Метою** дослідження є реалізація комплексного фізико-статистичного підходу до визначення особливостей розподілення атмосферних опадів осіннього сезону на території України та визначення ступеня його зв'язку з основними індикаторами кліматичної мінливості Північної півкулі в часи другого глобального потепління.

Вихідними даними є ряди місячної кількості опадів у вересні, жовтні, листопаді на 40 станціях України та індекси Північно-Атлантичного (NAO) і Північно-Морського Каспійського (NCP) коливань за 12 місяців періоду 1962-2006 рр. Основним завданням є визначення ролі Північно-Атлантичного (ПАК) та Північно-Морського Каспійського (ПМКК) коливань, які формують особливості просторового розподілу атмосферних опадів осіннього сезону на території України в умовах змін і коливань глобального клімату.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Кліматичні зміни, що відбуваються протягом останніх десятиліть, не перестають хвилювати вчених [10–14]. З огляду на це, активніше розвиваються сучасні методи прогнозу глобальних змін клімату та їх можливих наслідків у різних регіонах нашої планети. Як відомо, для довгострокових прогнозів погоди необхідно глибоке вивчення реальних просторово-часових зв'язків між гідрометеорологічними процесами та ролі фізико-географічних факторів клімату.

Під час дослідження процесів, що відбуваються у геосферах Землі, широко використовується математичний апарат теорії випадкових функцій та випадкових полів. Такий підхід дозволяє відмовитися від розгляду особливостей окремих миттєвих значень випадкових процесів, залежність яких від просторових координат, а також їх часовий перебіг мають доволі складний характер, а розглядати реалізацію, яка відповідає фіксованим зовнішнім умовам. При цьому мається на увазі, що статистичне осереднення проводиться за всім набором можливих реалізацій поля [15; 16].

У сучасних умовах практичною основою вивчення клімату того чи іншого регіону та його динаміки є база емпіричних даних, яка включає не тільки ряди спостережень, а й вибір статистик та методів, за допомогою яких визначаються просторово-часові масштаби метеорологічних полів, їх структура та мінливість [15; 16].

Ураховуючи практичну значущість прогнозування атмосферних опадів (відповідно до поставленої мети), вирішено такі завдання. На першому етапі дослідження проведена фізично обґрунтована об'єктивна кластеризація території України за місячною кількістю опадів осіннього сезону та сформовані узагальнені кластери, які представлені часовими рядами середніх векторів визначених кластерів. На другому етапі досліджено міжширотні зв'язки між опадами (на територіях визначених кластерів) з Північно-Морським Каспійським та Північно-Атлантичним коливаннями [14; 17–20]. Отримані статистичні схеми телеконекцій у полях атмосферних опадів на території України в осінній сезон. Для реалізації поставлених у науковому дослідженні завдань використовувалися методи багатовимірної статистичного аналізу, а саме кластерний та кореляційний [15; 16].

Районування території України за кількістю опадів осіннього сезону проведено за алгоритмом «Універсального адаптивного ітераційного методу кластерного аналізу» («УАІМКА»), що був розроблений і апробований в Одеському державному екологічному університеті [21].

Перевірка гіпотези щодо існування автоколивальної системи безпосередньо в земних умовах і твердження того, що формування багатьох кліматичних полів на території України залежить від північно-атлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів, проводилася за допомогою кореляційного аналізу [15; 16]. Взаємозв'язки між визначеними процесами вважалися вірогідними на рівні значущості  $\alpha = 0,10$  за умов значень коефіцієнтів кореляції  $|r_{xy}| \geq 0,32$ .

**Виклад основного матеріалу.** Результатом першого етапу дослідження є поділ території України на кластери за місячною кількістю опадів осіннього сезону і побудова карт-схем отриманого об'єктивного районування, яке представлено на рис. 1.

Як видно з рис. 1а, у *вересні* на території України визначено *чотири кластери*: до *першого* увійшла низка областей Західної України (Івано-Франківська, Чернівецька, Тернопільська, Хмельницька, південно-східні райони Рівненської), північної її території (південні райони Житомирської) та Центральної України (Вінницька область); до *другого* – Сумська, Харківська, області Центральної України (Полтавська, Черкаська, Кіровоградська, невелика частина Київської) та південні області України (Миколаївська, Одеська); *третьій* кластер охоплює райони східної (Луганська, Донецька), центральної (Дніпропетровська) та південної України (Запорізька, Херсонська, Автономна Республіка Крим); до *четвертого* кластера увійшли північні області (Чернігівська, північні та центральні райони Київської, північ Житомирської), райони Західної України (частина Рівненської, Волинська, Львівська, Закарпатська області).

У *жовтні* (рис. 1б) територія України поділяється на *п'ять основних регіонів*: *перший та другий* кластери визначені на території Західної України; *третьій* кластер об'єднує східну та південно-східну (Запорізька) частини країни; *південь* України (Херсонська, Миколаївська, Одеська області) та низку областей Центральної України (Вінницька, західні райони Черкаської і Кіровоградської областей та Дніпропетровська область) увійшли до *чет-*

Таблиця 1

Коефіцієнти кореляції (місячна кількість опадів – *NCP*)

Місяць (опад)	Місяць ( <i>NCP</i> )						
	04	05	08	09	10	11	12
IX	0,32 (1)	0,38 (3) 0,33 (2)	-	-0,38 (1) -0,47 (4)	-	-	-
X	0,39 (1)	-	0,38 (1) 0,39 (2) 0,38 (3) 0,40 (5)	-	-0,68 (1) -0,62 (2) -0,30 (3) -0,48 (4) -0,38 (5)	-	-
XI	-	0,32 (1)	-	-	-0,44 (2)	0,33 (2)	-0,33 (3)

Таблиця 2

Коефіцієнти кореляції (місячна кількість опадів – *NAO*)

Місяць (опад)	Місяць ( <i>NAO</i> )						
	04	07	08	09	10	11	12
IX	-	-0,32 (3)	-	-0,33 (4)	-	-	-0,34 (3)
X	-	-	-	-	-0,40 (2) -0,42 (3) -0,35 (4) -0,36 (5)	-	-
XI	-0,32 (1)	-	-	-	-	0,37 (1) 0,34 (2)	-

вертого кластера; п'ятий кластер об'єднує всі північні області України (Житомирська, Київська, Чернігівська, Сумська), східні райони Черкаської та Кіровоградської областей), Полтавська і Харківська області.

На рис.1в представлена карта-схема районування території України за розподілом атмосферних опадів у листопаді. Як випливає з рис.1в, територія країни поділена на чотири кластери: до першого увійшли Західна Україна, північні області країни (Житомирська, Київська), а також Хмельницька та Вінницька області; до другого – низка областей північної території (Чернігівська, Сумська), області Центральної України (Кіровоградська, західні райони Полтавської та східні райони Черкаської областей); до третього – Харківська, Луганська, Донецька, Дніпропетровська, східні райони Полтавської, Запорізька, Миколаївська, Херсонська та Автономна Республіка Крим. Найменшим за площиною виявився четвертий кластер, який займає (в основному) тільки територію Одеської області.

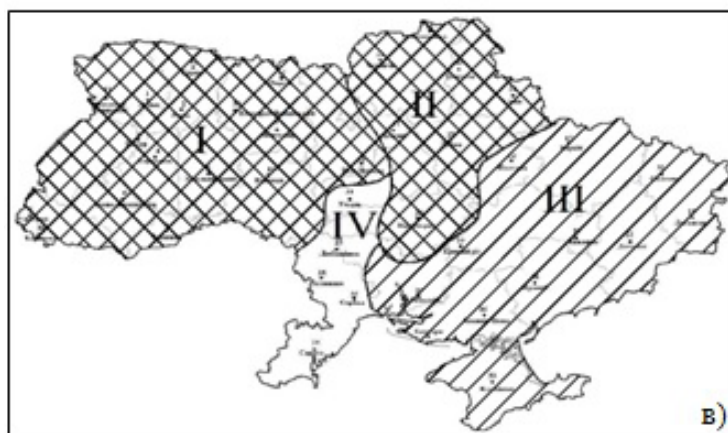
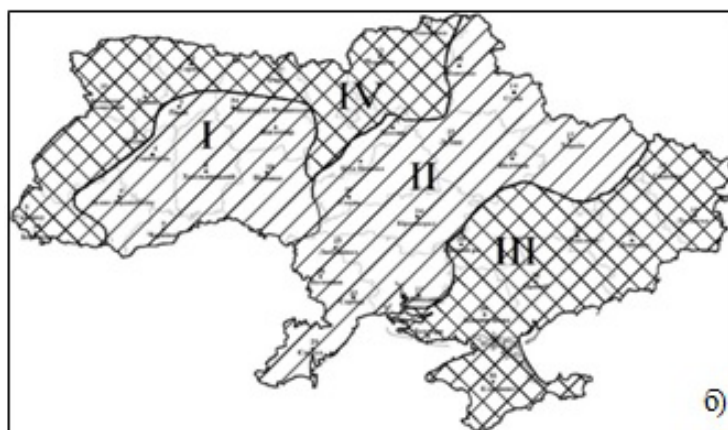
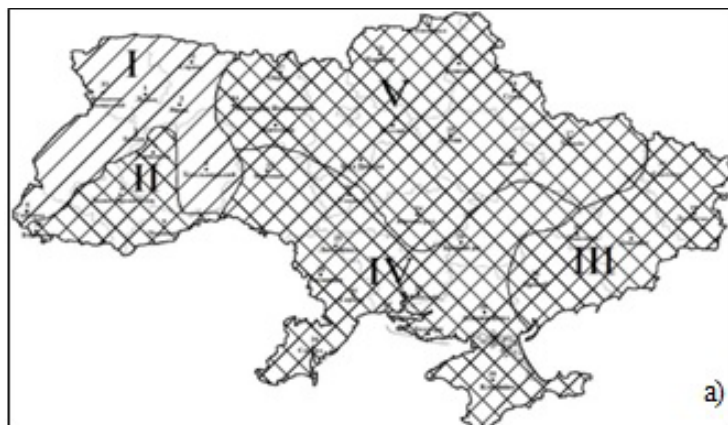
Отримане районування території України за кластерами, по-перше, уточнює загальний кліматичний розподіл атмосферних опадів в осінній період і, по-друге, відділяє зони з різними характерними типами погоди під час випадіння опадів у регіоні, що досліджувався.

У табл. 1 та табл. 2 представлені статистично значущі парні коефіцієнти кореляції визначених взаємозв'язків між станом Північно-Атлантичного і Північно-Морського Каспійського коливань та розподілом опадів на території України у місяці осіннього календарного сезону. У дужках вказано номер кластера.

Клімато-географічні особливості відгуків північно-атлантичних та європейсько-середземноморських макропроцесів у полях місячної кількості опадів наведено на рис. 1.

Як випливає з табл. 1-2 та рис. 1, у вересні та жовтні з імовірністю 90% на всій території України встановлено тісний лінійний кореляційний зв'язок місячної кількості опадів за отриманими кластерами з визначеним місяцем ПМКК і ПАК. Запізнення відгуків становить від двох місяців до року. У листопаді не виявлено із заданою ймовірністю впливу вказаних телеконекцій Північної півкулі на місячну кількість опадів тільки на території Одеської області.

Проведене дослідження залежності місячної кількості опадів у місяці осіннього періоду на території України від Північно-Атлантичного і Північно-Морського Каспійського коливань підтверджує існу-



▨ – NCP; ▩ – ПАК+NCP

Рис. 1. Карти-схеми результатів кластеризації та міжширотних зв'язків у полях атмосферних опадів на території України: а) вересень; б) жовтень; в) листопад

вання тісного обумовленого зв'язку між вказаними процесами, особливості яких треба враховувати під час складання довгострокових прогнозів погоди.

**Головні висновки.** Отримані результати є певним внеском у вивчення як теоретичних, так і практичних аспектів дослідження взаємозв'язків у кліматичній системі з використанням емпіричних даних. Кластерний аналіз показав свою доцільність та ефективність під час проведення районування території України за місячною кількістю опадів.

Запропонований статистичний підхід до вирішення питання міжширотних зв'язків у системі океан-атмосфера на основі дійсних статистичних алгоритмів дасть можливість прогнозувати та моделювати складні природні процеси. Отримані карти-схеми

дозволять урахувувати напрями переносу основних субстанцій, а це допоможе (під час складання кліматичного прогнозу) зрозуміти вклад різних районів Північної півкулі у формування основного кліматичного показника зволоження на території України.

### Література

1. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса, 2015. 520 с.
2. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса, 2018. 548 с.
3. Барабаш М.Б., Гребенюк Н.П., Татарчук О.Г. Особливості зміни ресурсів тепла та вологи в Україні при сучасному потеплінні клімату. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2007. Вип. 256. С. 174–186.
4. Осадчий В.І., Бабіченко В.М. Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату. *Український географічний журнал*. 2013. № 4. С. 32–39.
5. Клімат України: монографія / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ : Вид.-во Раєвського, 2003. 343 с.
6. Светличний А.А., Ибрагимова М.С. К вопросу о современных изменениях климата Северо-Западного Причерноморья. *Вісник Одеського національного університету. Серія «Географічні та геологічні науки»*. 2016. Т. 21. Вип. 1. С. 22–41.
7. Кліматичні ресурси Одеської області для сталого розвитку: науково-практичний довідник / за ред. Ж.В. Волошиної. Одеса : Державна гідрометслужба України, 2010. 180 с.
8. Ivus G.P. Goncharova L.D., Kosolapova N.I., Zubkovych C.O. Modern seasonal features of the risk mode on the territory of Odesa region. *Scientific Journal (Science Review)*. 2018. Vol. 1. Issue 3 (10). P. 27-33. <http://archive.ws-conference.com/wp-content/uploads/pw0774.pdf>
9. Івус Г.П. Гончарова Л.Д., Косолапова Н.І. Просторово-часове розподілення атмосферних опадів в Одеському регіоні на початку ХХІ століття. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2018. № 22. С. 16–27.
10. Вишневецький В.І., Косовець О.О. Зміни стану довкілля України. Географія в інформаційному суспільстві. Зб. наук. праць. Київ : ВЛГ Обрії, 2008. Т. 3. С. 5–13.
11. Шурда К.Е. Реалії України у процесі сучасної зміни клімату. *Вісник Одеського державного екологічного університету*. 2014. №18. С. 56–64
12. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) : монографія / за ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. Київ, 2006. 311 с.
13. Руденко В.П. Критичний екологічний стан компонентів природи в регіонах України. *Український географічний журнал*. 2010. № 2. С. 60–68.
14. Гончарова Л.Д., Косолапова Н.І. Вплив основних телеконекцій Північної півкулі на режим опадів по території України. *Вісник Одеського національного університету. Серія «Географічні та геологічні науки»*. 2017. Т. 22. Вип. 1 (30). С. 11–27.
15. Гончарова Л.Д., Школьний Є.П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ): навчальний посібник. Одеса : Екологія, 2007. 464 с.
16. Гончарова Л.Д. Методи багатовимірного статистичного аналізу метеорологічних полів та атмосферних процесів : навчальний посібник. Одеса : ТЕС, 2016. 196 с.
17. H. Kutiel, Y. Benaroch North Sea-Caspian (NCP) – an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition. *Theor. Appl. Climatol.* 2002. Vol. 71. P. 17–28.
18. Korres G., Pinardi N., Lascaratos A. The ocean response to low-frequency interannual atmospheric variability in the Mediterranean Sea. Part. I: Sensitivity experiments and energy analysis. *J. Climate*. 2000. Vol. 13. P. 705–731.
19. Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата : монография. Киев : Думка, 2008. 184 с.
20. Bodri L., Cermak V. High frequency variability in recent climate and the north Atlantic oscillation. *Theor. Appl. Climatol.* 2003. Vol. 74. P. 33–40.
21. Серга Э.Н. Универсальный адаптивный итерационный метод кластерного анализа. *Метеорология, климатология та гідрологія: Міжвід. наук. зб. України*. Одеса. 2003. Вип. 47. С. 83–89.