МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки

Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: « Просторово-часові зміни розподілу опадів по території України наприкінці XX та на початку XXI століть»

Виконав студент 2 курсу групи МНЗ- 61к

спеціальності 103 - "Науки по Землю"

Черниченко Анастасія Василівна

Керівник к.геогр., доцент

Гончарова Людмила Дмитрівна

Рецензент к.геогр.н., доцент

Божко Людмила Юхимівна

Одеса 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Магістерської та аспірантської підготовки

Кафедра метеорології та кліматології

Рівень вищої освіти
магістр

Спеціальність 103 "Науки про Землю"

(шифр і назва)

Освітня програма
Кліматологія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Івус

Г.П.

" 23 "березня 2018

року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Черниченко Анастасії Василівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Просторово-часові зміни розподілу опадів по території України наприкінці XX та на початку XXI століть»

керівник роботи Гончарова Людмила Дмитрівна, к. геогр. н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 02 листопада 2017 року № 321-С

2. Строк подання студентом роботи 01 червня 2018 р.

3. Вихідні дані до роботи

Ряди місячної кількості опадів по 40 станціях України з 1962 по 2006 рр. (холодний період) та з 1961 по 2005 рр. (теплий період); індекси Північно-Атлантичного коливання (NAO) та Північно-Морського Каспійського коливання (NCP).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Реалізувати алгоритм кластерного аналізу «УАІМКА» та провести районування території України за однорідними ознаками розподілу місячної кількості опадів у холодний (ХП) та теплий (ТП) періоди, за окремі місяці ХП та ТП; провести згладжування рядів середніх векторів місячної кількості опадів кожного з виділених кластерів на території України та проаналізувати тенденції в просторово-часових змінах атмосферних опадів наприкінці XX та на початку XXI століть; за допомогою кореляційного аналізу дослідити основні телеконекції Північної півкулі та їх вплив на формування атмосферних опадів на території України.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Карти-схеми розподілу місячної кількості опадів за отриманими кластерами у холодний (ХП) та теплий (ТП) періоди, за окремі місяці ХП та ТП; графіки часових та згладжених рядів середніх векторів місячної кількості опадів для кожного з виділених кластерів на території України.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 23.03.2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Вивчення літературних джерел за темою магістерської роботи.	23 березня-квітень 2018р.	100	відмінно
2.	Підготовка кліматичних даних до статистичної обробки.	квітень 2018 р.	100	відмінно

3.	Обробка вихідних даних за допомогою графічно-розрахункових пакетів «Microsoft Office Excel», «Paint» «Cla2003», «Korel. exe».	квітень 2018 р.	100	відмінно
4.	Отримання результатів реалізації алгоритму кластерного аналізу, побудова карт-схем районування території України за однорідними ознаками розподілу кількості опадів.	квітень 2018 р.	100	відмінно
5.	Дослідження статистичної структури середніх векторів місячної кількості опадів по визначених кластерах у холодний та теплий періоди.	квітень травень 2018 р.	100	відмінно
6.	Визначення впливу основних телеконекцій Північної півкулі на режим опадів по території України.	травень 2018р.	100	відмінно
Рубіжна атестація		30 квітня – 06 травня 2018	100	відмінно
7.	Аналіз отриманих результатів.	травень 2018р.	100	відмінно
8.	Оформлення магістерської роботи.	червень 2018р.	100	відмінно
9.	Підготовка комп'ютерної презентації та доповіді до захисту магістерської роботи.	червень 2018р.	100	відмінно
10	Попередній захист магістерської роботи.	червень 2018р.	100	відмінно
Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня за етапами)			100	відмінно

Студент _____ Черниченко А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Гончарова Л.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема: «Просторово-часові зміни розподілу опадів по території України наприкінці XX та на початку XXI століть».

Автор: Черниченко Анастасія Василівна.

Актуальність обраної теми полягає в необхідності визначення стану основних кліматичних ресурсів України в умовах глобального потепління для сталого соціального - економічного розвитку країни.

Метою даного дослідження є комплексний фізико-статистичний аналіз просторово-часових змін режиму атмосферних опадів по території України наприкінці XX та на початку XXI століть.

Відповідно до поставленої мети розв'язано наступні **задачі**:

- проведена фізично обґрунтована об'єктивна кластерізація території України за місячною кількістю опадів та опадами у холодний (ХП) та теплий (ТП) періоди; сформовані узагальнені кластери і для них отримані вектори-центри кластерів;
- визначено статистичну структуру середнього вектора отриманих кластерів атмосферних опадів на території України і проаналізовано тенденції в просторово-часових змінах цієї кліматичної характеристики наприкінці XX та на початку XXI століть;
- досліджено міжширотні зв'язки в полях атмосферних опадів на території України у теплий та холодний періоди з Північно-Морським Каспійським коливанням та з Північно-Атлантичним коливанням;

Об'єкт дослідження: місячна кількість опадів по 40 станціях України за період 1961-2006 рр.; індекси Північно-Атлантичного коливання та Північно Морського-Каспійського коливання за 12 місяців.

Предметом дослідження є визначення просторово-часових змін режиму опадів на території України в зв'язку зі змінами глобального клімату та визначення впливу Північної Атлантики та Середземномор'я на формування полів атмосферних опадів.

Методи дослідження: кластерний та кореляційний аналіз, методи дослідження випадкових функцій.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в комплексному статистичному дослідженні просторово-часових особливостей вологісного режиму території України в умовах змін глобального клімату.

Практичне значення отриманих результатів. Застосовані принципи статистичного дослідження та одержані результати можуть бути використані при визначені динаміки регіональних змін клімату у майбутньому, а також при розробці фізико-статистичних моделей ДПП.

Магістерська кваліфікаційна робота в обсязі 115 сторінок складається з вступу, п'яти розділів, висновків, переліку посилань з 60 джерел, 7 додатків, містить 28 рисунків та 23 таблиці.

Ключові слова: кластерізація, атмосферні опади, детермінована основа, зміна клімату, телеконекції.

SUMMARY

Theme: "Spatial-temporal changes in precipitation distribution in the territory of Ukraine at the end of the twentieth and early XXI centuries".

Author: Chernychenko Anastasiia Vasilivna.

The urgency of the chosen topic is the need to determine the state of the main climatic resources of Ukraine in the conditions of global warming for sustainable social and economic development of the country.

The purpose of this study is a comprehensive physical-statistical analysis of spatial and temporal changes in the regime of atmospheric precipitation in Ukraine in the late XX and early XXI centuries.

In accordance with the set goal, the following tasks were **solved:**

- Physically substantiated objective clusterization of the territory of Ukraine based on monthly precipitation and precipitation in cold (CP) and warm (WP) periods was conducted; formed generalized clusters and obtained clusters vectors-centers;

- the statistical structure of the average vector of the received clusters of atmospheric precipitation in the territory of Ukraine is determined and the tendencies in the spatial and temporal changes of this climatic characteristic in the late XX and early XXI centuries are analyzed;

- interlayrot communications in the fields of atmospheric precipitation on the territory of Ukraine in the warm and cold periods with the North Sea Caspian fluctuations and with the North Atlantic fluctuations were investigated;

Object of research: monthly rainfall in 40 stations of Ukraine for the period 1961-2006; indices of the North-Atlantic fluctuations and the North Sea-Caspian fluctuations in 12 months.

The subject of the study is to determine the spatial and temporal changes in the rainfall regime in Ukraine due to changes in the global climate and the determination of the impact of the North Atlantic and the Mediterranean on the formation of precipitation fields.

Methods of research: cluster and correlation analysis, methods of research of random functions.

The scientific novelty of the obtained results is a comprehensive statistical study of the spatial-temporal characteristics of the humid regime in the territory of Ukraine in conditions of changes in the global climate.

The practical value of the results. The applied principles of statistical research and the results obtained can be used in determining the dynamics of regional climate change in the future, as well as in the development of physical and statistical models of PPP.

Master's qualifying work in the volume of 115 pages consists of an introduction, five sections, conclusions, a list of references from 60 sources, 7 applications, contains 28 figures and 23 tables.

Key words: clusterization, atmospheric precipitation, deterministic basis, climate change, teleconnection.

ЗМІСТ

ВСТУП……..…….. 7
1 СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПИТАНЬ ЗМІН ТА КОЛИВАНЬ КЛІМАТУ……. 10
1.1 Останні дослідження щодо змін глобального та регіонального клімату……..……. 10
1.2 Макромасштабна циркуляція атмосфери Північної півкулі у другий період сучасного глобального потепління……..…… 13
1.3 Трансформація кліматичних умов України в першій половині XXI століття за модельними даними ……..…….. 18
2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ……..... 23
2.1 Основи кластерного аналізу…….. 23
2.2 Дослідження статистичної структури нестаціонарних часових рядів. Теорія згладжування нестаціонарних часових послідовностей. ……..... 28
2.3 Матриця кореляції та алгоритм її розрахування……... 32
3 КЛАСТЕРІЗАЦІЯ КІЛЬКОСТІ ОПАДІВ ЗА ТЕПЛИЙ ТА ХОЛОДНИЙ ПЕРІОДИ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ…..……... 34
3.1 Основні закономірності просторового розподілу опадів в Україні ……..……. 34
3.2 Районування території України за кількістю опадів теплого та холодного періодів……...…….. 36
3.3 Статистична структура середнього вектора визначених кластерів атмосферних опадів у теплий період……... 40
3.4 Статистична структура середнього вектора визначених кластерів атмосферних опадів у холодний період…….. 43
4 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ МІСЯЧНОЇ КІЛЬКОСТІ ОПАДІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ…..……..... 47
4.1 Особливості режиму зволоження території України з листопада по березень……..……. 47
4.2 Особливості детермінованої складової місячної кількості опадів (листопад-березень)……..……...…….. 51
4.3 Особливості режиму зволоження території України з квітня по березень……..... 58
4.4 Статистична структура атмосферних опадів у теплий період (квітень-жовтень)…….……... 62

5 ВПЛИВ ОСНОВНИХ ТЕЛЕКОНЕКЦІЙ ПІВНІЧНОЇ ПІВКУЛІ НА РЕЖИМ ОПАДІВ ПО ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ……..... 74
5.1 Північно-Морське Каспійське коливання як одна з основних телеконекцій Північної півкулі……..... 74
5.2 Північно-Атлантичне коливання як результат взаємодії атмосфери та океану в районі Північної Атлантики……..…. 78
ВИСНОВКИ……..……... 82
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ……..…….. 85
ДОДАТОК А Довідка кафедри……..……..... 90
ДОДАТОК Б Карта-схема району дослідження…….……... 93
ДОДАТОК В Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (ХП, ТП)……..…… 94
ДОДАТОК Г Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (місяці холодного періоду)…….. 96
ДОДАТОК Д Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (місяці теплого періоду)…….. 101
ДОДАТОК Е Сумісна матриця кореляції (ПМКК – ряди середнього вектора місячної кількості опадів визначених кластерів за місяці холодного та теплого періодів) ……...…... 108
ДОДАТОК Є Сумісна матриця кореляції (ПАК – ряди середнього вектора місячної кількості опадів визначених кластерів за місяці холодного та теплого періодів)…….. 112

ВСТУП

Клімат Землі змінюється і це призводить до необхідності вирішення проблем досліджень, аналізу і прогнозу зміни кліматичних ресурсів. Важливою складовою клімату будь-якої території є атмосферні опади. Вони виступають однією з важливих характеристик зволоження і відносяться до найбільш мінливих метеорологічних величин як у просторі, так і за часом. З огляду на те, що в даний час проблема зміни клімату знаходиться на вищому рівні глобальних викликів XXI-го століття і пріоритетів міжнародної політики, в багатьох країнах світу вона розглядається як одна з ключових складових національної безпеки в довгостроковій перспективі. За своїм географічним положенням та станом довкілля, Україна є однією з країн, для яких соціально-економічні наслідки зміни клімату можуть бути незворотними.

Метою даного дослідження є комплексний фізико-статистичний аналіз просторово-часових змін режиму атмосферних опадів по території України наприкінці XX та на початку XXI століть.

Основні задачі наукового дослідження є такими:

- реалізувати алгоритм кластерного аналізу «УАІМКА»;
- побудувати та проаналізувати карти-схеми визначених районів України за однорідними ознаками розподілу місячної кількості опадів у холодний (ХП) та теплий (ТП) періоди;
- визначити статистичну структуру середнього вектора отриманих кластерів атмосферних опадів на території України у теплий період;
- визначити статистичну структуру середнього вектора отриманих кластерів атмосферних опадів на території України у холодний період;
- визначити особливості режиму зволоження території України за окремі місяці холодного періоду – листопад, грудень, січень, лютий, березень;
- визначити особливості режиму зволоження території України за окремі місяці теплого періоду – квітень, травень, червень, липень, серпень, вересень, жовтень;
- провести згладжування рядів середніх векторів місячної кількості опадів кожного з виділених кластерів на території України у холодний період та проаналізувати тенденції в просторово-часових змінах атмосферних опадів наприкінці XX та на початку XXI століть;
- провести згладжування рядів середніх векторів місячної кількості опадів кожного з виділених кластерів на території України у теплий період та проаналізувати тенденції в просторово-часових змінах атмосферних опадів наприкінці XX та на початку XXI століть;
- за допомогою кореляційного аналізу дослідити міжширотні зв’язки в полях атмосферних опадів на території України у теплий та холодний періоди з

Північно-Морським Каспійським коливанням та з Північно-Атлантичним коливанням.

Вихідними даними для проведення досліджень виступають ряди місячної кількості опадів з 1961 по 2005 рр. (теплий період) та з 1962 по 2006 рр. (холодний період). Було залучено 40 довгорядних станцій, рівномірно розташованих по території України. Телеконекції Північної півкулі характеризувалися відомими індексами NAO та NCP.

Магістерська робота складається з вступу, п’яти розділів, висновків, переліку посилань з 60 найменувань. Загальний обсяг роботи 115 сторінок друкованого тексту, включаючи 28 рисунків, 23 таблиці та сім додатків.

Перший розділ присвячено огляду літературних джерел відносно теми дослідження.

У другому розділі наводяться основи методів статистичної обробки вихідної інформації, які використовувалися для реалізації поставлених задач в даному науковому дослідженні: кластерного аналізу; теорія дослідження нестаціонарних часових рядів та основи кореляційного аналізу.

У третьому розділі наводяться результати кластерізації кількості опадів за теплий та холодний періоди на території України. Розгладається статистична структура середніх векторів визначених кластерів атмосферних опадів у теплий та холодний періоди.

У четвертому розділі представлені карти-схеми районування території України за кластерами з листопада по березень (холодний період) та з квітня по жовтень (теплий період). Наводиться аналіз просторово-часового розподілу місячної кількості опадів на території України в окремі місяці холодного та теплого періодів.

П’ятий розділ присвячено дослідженню впливу основних телеконекцій Північної півкулі на режим опадів по території України.

Для реалізації статистичного дослідження випадкових полів використовувалося комп’ютерне програмне забезпечення: «Microsoft Office Excel», «Paint», «Cla2003. exe», «Korel. exe».

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати досліджень, які є складовими кваліфікаційної роботи, представлялися й обговорювалися на:

- науковій конференції молодих вчених ОДЕКУ (03-12 травня 2017 р.).
- Першому Всеукраїнському гідрометеорологічному з’їзді з міжнародною участю (22-23 березня 2017 р., м. Одеса, Україна).
- III Міжнародній науковій конференції молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: Актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» (21-23 березня 2018 р., м. Одеса, Україна).

- науково-практичній конференції (19-20 березня 2018 р., м. Одеса, Україна, Одеський державний екологічний університет) з підведення підсумків ІІ туру Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт за спеціальністю «Науки про Землю, (гідрометеорологія)».

Публікації. Основні результати магістерської кваліфікаційної роботи викладені автором у співавторстві з науковим керівником в одній науковій статті та в чотирьох тезах відповідних наукових конференцій.

Зв'язок з НДР. Магістерська робота виконувалася в рамках науково-дослідної роботи кафедри метеорології та кліматології Одеського державного екологічного університету з теми «Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України». Реєстраційний номер 0115U006532.

1 СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПИТАНЬ ЗМІН ТА КОЛИВАНЬ КЛІМАТУ

1.1 Останні дослідження щодо змін глобального та регіонального клімату

Проблема клімату нашої планети та його мінливості є однією з центральних у сучасній гідрометеорологічній науці. В умовах швидкого науково-технічного прогресу залежність людства від клімату не зменшилась, а, навпаки, суттєво зросла завдяки чому дослідження мінливості клімату набули чітко визначеної практичної значущості.

За останні десятиріччя XX і на початку XXI століть виникла необхідність у більш високому рівні розуміння кліматичної системи і розвитку можливостей з попередження кліматичних змін [1-3].

Клімат України, як і взагалі клімат Землі, на цей час знаходиться в стадії змін. Їх ми відчуваємо з року в рік у вигляді рекордних посух, спекотних днів, значних атмосферних опадів, наводнень та ін.

Просторово-часовий розподіл кліматичних ресурсів на території України зумовлений географічним положенням, радіаційним режимом, циркуляцією атмосфери та підстильною поверхнею. Вплив кожного з них протягом року не рівнозначний, що спричиняє значні температурні контрасти.

За своїм географічним положенням, структурою розміщення різних галузей господарства країни (сільська, теплово-комунальна, паливно-енергетична, водна та ін.), станом довкілля Україна є однією з країн, для яких соціально-економічні наслідки зміни клімату можуть бути незворотними [1-6].

Під впливом зміни клімату змінюються агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур, а це потребує прийняття своєчасних та адекватних рішень для адаптації сільського господарства до майбутніх змін [4, 6, 7].

Метеорологічні умови є основним фактором, що визначає пожежну небезпеку і регламент роботи протипожежних служб лісових господарств. Температура повітря та ґрунту, вологість повітря, кількість опадів, швидкість вітру впливають на умови виникнення пожежі, швидкість та особливості її розвитку, стратегію і тактику її гасіння. В Україні для оцінки пожежної небезпеки за умов погоди обраховують комплексний показник, що враховує температуру повітря, точку роси та кількість днів після дощу, на основі якого визначають клас пожежної небезпеки за умовами погоди [8].

Протягом останніх десятирічь метеорологічні умови як на нашій планеті, так і в Україні, зокрема, суттєво змінюються. Багато з зареєстрованих змін кліматичної системи (за даними Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК)), є нетиповими або безпрецедентними за останні десятиріччя чи навіть тисячоліття. Такі зміни не лише становлять загрозу для життя та здоров'я людей, а й зумовлюють значні та незворотні зміни в лісових і болотних екосистемах. Вони мають переважно негативні наслідки і будуть посилюватись у майбутньому [7, 8].

Посухи суттєво впливають на оточуюче природне середовище, екосистеми та різні економічні й соціальні сфери діяльності людини, включаючи сільське господарство, міське водозабезпечення та цілий комплекс галузей промисловості.

Хохлов В.М., Єрмоленко Н.С. у роботі [9] наводять просторово-часовий розподіл характеристик посух з масштабами часу 12, 24 місяці протягом 1951-1980 та 1981-2010 рр. для території України. Визначено, що найбільша кількість тривалих та суворих посух спостерігалась в період глобального потепління. Встановлений тісний взаємозв'язок між часовою мінливістю посух та середнім річним стоком р. Південний Буг на протязі 1951-2010 рр. Отже, в останні десятиріччя в умовах глобальних змін клімату спостерігається суттєве збільшення кількості, тривалості та суворості всіх типів посух, що підтверджують результати багатьох досліджень [9].

Семеновою І.Г. у роботі [10] представлені результати комплексного аналізу режиму температури та опадів, а також синоптичні процеси, що призвели до формування посушливих умов погоди в Україні восени 2011 р. Оцінка ступеню посушливості виконана з використанням кількісних характеристик, таких як гідротермічний коефіцієнт Селянинова, індекс посушливості Педя, стандартизований індекс опадів. Показано, що найбільш не сприятливі погодні умови склалися в західних та південних областях України під впливом переважаючого антициклонального характеру циркуляції атмосфери.

У роботі [11] Нажмудіновою О.М. та Єрмоленко Н.С. досліджуються умови встановлення масштабної посухи та температурних аномалій на території України у липні-серпні 2010 р. на фоні сучасних змін глобального і регіонального клімату.

Характерною особливістю першого десятиріччя XXI ст. є збільшення кількості тепла по всій території України та деформація ізотерм поля сум активних температур зонального напрямку у меридіональний, за винятком півдня країни. За останні 20 років по країні середня температура влітку зросла на 1,3…1,7 °С, а взимку – на 2,0…2,5 °С [11].

При подальшому розвитку глобального потепління XXI ст. підвищення температури на Україні очікується у всі місяці і сезони року. Основна причина потепління вбачається у підсиленні природного парникового ефекту в атмосфері

парниковими газами. Водночас відзначається зменшення опадів як за величиною, так і за амплітудою коливань з року в рік. Проте, в межах місяця мінливість опадів залишилася значною при високій ймовірності випадання сильних дощів за окрему добу. Зростання півдобових сум опадів, особливо у західних і південних областях, істотно посилилось, констатується збільшення повторюваності стихійних конвективних явищ (зливи, шквали, град тощо) [11].

Під впливом найбільш високих температур опинились північні та північно–східні регіони країни. Локалізація максимальних значень додатної аномалії температури повітря в зоні Лісостепу та Полісся (до 9-11 °С) є нетиповим явищем, оскільки максимальні температури повітря, а отже, і найвищі додатні аномалії, за середньокліматичними показниками, належать Степу [11].

У роботах Хохлова В.М. та ін. [12-14] розглядаються просторово-часові кількісні показники, які характеризують погодні умови стосовно добової температури та опадів – індекси тепла, холоду та опадів. Виявлено, що в умовах змін клімату збільшилась повторюваність надзвичайно теплих днів та зменшилась кількість діб з екстремально низькою температурою. За допомогою аналізу гістограм та вейвлет-аналізу показано, що можливою причиною таких змін може бути вплив на погодні умови України Північно-Атлантичного коливання. Аналіз аномалій розподілу опадів протягом окремих сезонів та року в цілому для періоду 2011-2025 років показує, що найбільших змін режим опадів зазнає для «помірного» сценарію А1В, а для «м’якого» сценарію В1 розподіл змін опадів в Україні буде найнезначнішим. Треба відзначити, що протягом багатьох років кліматичні характеристики України взагалі і опади, зокрема, аналізувалися стосовно змін, що вже відбулися, а майбутні зміни, яких має зазнати клімат, майже зовсім не розглядалися. Тому, на тлі процесів, які відбуваються у глобальній кліматичній системі, виникає загальна потреба оцінити у комплексі аномальність майбутнього режиму опадів та визначити найуразливіші (з точки зору змін клімату на найближчі роки) регіони України. Саме це й є метою наукової статті [13].

Зміни клімату на сьогодні визнані одною з головних небезпек для планети Земля у двадцять першому столітті. Відповідно доповіді Міжурядової групи експертів зі змін клімату, інструментальні спостереження за останні 150 років вказують на те, що приземна температура повітря збільшилася на всій Земній кулі, але мають місце й істотні регіональні коливання. У середньому по планеті з 1970-х років по теперішній час температура зросла на 0,55 °С. Взагалі, таке потепління інтенсифікувало глобальний гідрологічний цикл, збільшивши глобально-осереднені опади, випаровування та стік. Більше того, наслідками глобального потепління є не тільки зміни середніх величин, а й загальне збільшення екстремальних проявів. Серед екстремальних метеорологічних явищ – засухи, імовірно, є такими, що найповільніше розвиваються, часто мають найбільшу тривалість у часі і, на даний момент, найгірше за усіх прогнозуються

[14]. Протягом останніх тридцяти років в Україні мали місце екстремальні прояви, пов’язані, насамперед, з режимом опадів. Наприклад, у деяких областях істотно збільшилася кількість аномально посушливих років, зим та літ, а зміна у температурному режимі відбилася тільки у підвищеній кількості аномально спекотних літ. Такі зміни призвели до того, що, наприклад, протягом 1998-2007 років майже кожного року в окремих областях України спостерігалися засухи. При цьому розглядалися тільки метеорологічні засухи, тобто недостатні кількості опадів над деяким регіоном за певний період часу [14].

Волошиною О.В., Книш І.Ф. [15] розраховані та проаналізовані статистичні характеристики кількості випадків сильного дощу на території Західної України за період 1992-2006 рр., досліджена сезонна й міжрічна мінливість кількості випадків сильного дощу для визначення причин виникнення сильних дощів на території Західної України.

Таким чином, наведені результати досліджень відомих науковців вказують на суттєві зміни не тільки глобального, а й регіонального клімату наприкінці ХХ та на початку ХХІ століть, що потребує подальших досліджень.

1.2 Макромасштабна циркуляція атмосфери Північної півкулі у другий період сучасного глобального потепління

Клімат формується під впливом тісно пов'язаних між собою чинників, які в кожному конкретному регіоні Землі мають свої особливості. Насамперед це – сонячна радіація, характер земної поверхні і 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.

Кліматоутворювальні фактори упродовж року проявляються неоднозначно і істотно розрізняються за сезонами. У холодний період переважну роль відіграє циркуляція атмосфери, у теплий – зростає роль радіаційного фактора [16].

Атмосферна циркуляція, тобто 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.

По-перше, це те, що територія України розташована в західній частині Європейсько-Азіатського материка, неподалік від великого водяного простору Атлантичного океану. Завдяки значній різниці у властивостях підстильної поверхні між цим континентом і океаном територія Східної і Західної Європи

протягом значної частини року являє собою район інтенсивних атмосферних процесів [17].

Друга особливість полягає в тому, що західні, північні та східні райони, прилеглі до України, являють собою рівнину, південно-західні райони зайняті горами, а на півдні берега країни омивають Чорне і Азовське моря. Рівнинні простори країни дають можливість арктичним вторгненням просуватися майже до південних кордонів. Чорне море впливає на температуру нижніх шарів повітряних мас, що проходять над ним. Завдяки цьому в Україні часто пересуваються морські повітряні маси з північних районів Атлантики та арктичних морів (повітря помірних широт і арктичне повітря), рідше – з центральної частини Атлантичного океану і Середземного моря (морське тропічне повітря). Найбільшу повторюваність має континентальне повітря, яке формується над широкими рівнинами материка Євразії з мас арктичного або морського повітря помірних широт, що сюди надходить, а далі переміщується на Україну.

На Україні, в порівнянні з центральними і північними районами Східної Європи**,** виділяють три характерні особливості циркуляції:
– послаблення активності атмосферних процесів;
– різноманітність і складність сезонних змін циркуляції;
– послаблення циклонічної діяльності та посилення антициклонічної [17].

Атмосферна циркуляція є головним проявом зміни клімату, тому що охоплює всі складові погодних умов. Зміна поля атмосферного тиску впродовж XX століття характеризувалася зміною синоптичних процесів, які активізувалися в останні десятиріччя (особливо це відчутно у зимовий період).

Відмінність сучасної циркуляції атмосфери (1986-2005 рр.) від циркуляції початку XX століття полягає у переміщенні центрів дії атмосфери на схід у межах 20 градусів. У наступні десятиріччя XX століття і до сьогодення атмосферна циркуляція суттєво змінювалась, тому температурний режим став дуже нестійким. Нестійкість температурного режиму можна пояснити за допомогою виявленого баричного поля. Характер цього поля залежить від розподілу атмосферного тиску біля поверхні землі [17].

У роботі [18] описуються особливості взаємодії великомасштабної циркуляції атмосфери з формуванням несприятливих погодних умов в холодний період (жовтень-березень) 2011-2014 рр. в районі Північно-Західного Причорномор'я, які проявляються як сильний і дуже сильний вітер. Для випадків швидкості вітру ≥ 15 м·с$^{-1}$ за даними синоптичного архіву розраховані індекси циркуляції Каца для ізобаричної поверхні 500 гПа. Отримано, що посилення швидкості вітру на півдні України до критеріїв сильного і дуже сильного, в основному, відбувається за рахунок меридіонального характеру циркуляції атмосфери. При цьому переважають змішана або західна форми циркуляції за

індексом Каца, тип ЕЦМ 12а і 13з за Дзердзеєвським і типи 5 (підтип 5.2) і 6 (всі підтипи в залежності від ЕЦМ) за синоптичною типізаціїєю ОДЕКУ [18].

Авторами у роботі [19] пропонуються схеми районування полів різниці середньомісячних температур підстильна поверхня-повітря на висоті 2 м, поверхневих потоків прихованого тепла, зональної складової швидкості вітру в північній частині Тихого океану, виконаного за допомогою Універсального ітераційного методу кластерізації даних. Наведено фізичний і статистичний аналіз отриманих схем кластерізації, що має гарне наукове обгрунтування. Показано, що аналогічно розподілу у Північній Атлантиці, розподіл зональної складової швидкості вітру має широтний напрямок, а потоків прихованого тепла і різниці температур нагадує осередковий характер зі збереженням загальної структури протягом холодного періоду.

Дослідження, проведені вченими України [2, 20-22] за даними про температуру повітря протягом двадцятого століття на ряді метеорологічних станцій, вказують на своєрідність таких змін в Україні: проявляється ефект сезонно-географічного вирівнювання середнього поля приземних температур під впливом глобального потепління. За цей період температури підвищились, головним чином, у північних регіонах країни в холодне півріччя. При цьому це збільшення майже вдвічі більше відносно глобального рівня, який практично співпадає з середнім для всієї території України. Найбільш інтенсивно збільшується температура повітря в окремі місяці холодного періоду в Поліссі і Лісостепу. Середня місячна температура місяців теплого півріччя або практично не змінилась, або трохи знизилась. Тобто слід вважати, що змінюється континентальність клімату [22].

У роботі [23] на основі спільного аналізу полів фронтального параметра, відносного вихору та небезпечного приземного вітру (≥ 10 м·с$^{-1}$) визначено, що між вказаними полями існує якісний зв’язок, який дозволяє розглядати фронтальний параметр та відносний вихор як додаткові предиктори при прогнозі сильного вітру та шквалів.

З дев’яностих років минулого століття значно збільшилася кількість небезпечних явищ погоди в багатьох регіонах Земної кулі, в тому числі і в Україні. Ці явища, такі як смерчі, шквали, сильні зливи, як правило, пов’язані з мезомасштабними процесами, для вивчення яких потрібна більш детальна інформація, ніж та, яку містять у собі дані метеорологічних та аерологічних спостережень. Проте відомо, що локальні атмосферні процеси розвиваються на великомасштабному фоні, тому для виявлення умов розвитку небезпечних явищ погоди доцільно використовувати кількісні характеристики процесів синоптичного масштабу, зокрема, відносний вихор швидкості вітру, потенціальний вихор, різні види фронтального параметра, деякі критерії гідродинамічної нестійкості тощо [23].

Шурдою К.Е. [24] оцінено сучасний стан та економічні наслідки зміни клімату, досліджено економічні аспекти стабілізації концентрації парникових газів в атмосфері на відносно безпечному рівні. Особливу увагу приділено наслідкам зміни клімату в Україні та аналізу ступеня схильності до цих змін різних галузей економіки. З кінця 1980-х років у всьому світі наростає занепокоєння про кліматичні зміни. На початку 1990-х років у світовому співтоваристві підвищується стурбованість збільшенням швидкості змін, що відбуваються. В середині 1990-х років на глобальному рівні обговорюється, що зміни клімату відбуваються не без впливу антропогенних факторів, тобто необхідно скоротити тиск цивілізації на біосферу. В кінці 1990-х років у всьому світі намагаються якомога точніше оцінити, у що обійдуться економіці кліматичні трансформації. На початку першого десятиріччя нового століття у всьому світі підраховують збитки від стихійних лих. У середині першого десятиріччя встановлено, що 90% кліматичних змін обумовлені антропогенним фактором і лише 10% цих змін – природного походження [24].

На основі взаємного спектрального аналізу Гончаровою Л.Д. та Решетченко С.І. [25] був виявлений взаємозв’язок між Північною Атлантикою та температурою повітря, опадами, приземним тиском на території лівобережної України у другій половині ХХ століття.

Встановлено, що часова неоднорідність у змінах глобальної температури повітря залежить від атмосферної циркуляції. Для характеристики стану та інтенсивності атмосферної циркуляції в Північній Атлантиці використовують характеристики центрів дії атмосфери (ЦДА). Чисельні дослідження підтверджують думку про взаємозв’язок стану ЦДА, інтенсивності атмосферної циркуляції та змін кліматичних характеристик в Атлантико-Європейському регіоні в ХХ столітті [25].

У роботі [26] представлені результати аналізу та оцінки режиму атмосферних опадів у зимовий сезон для території України та зв'язок із Північно-Атлантичним та Північно-Морським Каспійським коливаннями. Встановлено тісний лінійний кореляційний зв'язок між розподілом опадів по території України у зимовий сезон з основними телеконекціями Північної півкулі .

Клімат сучасної епохи встановлено на основі статистичної обробки інструментальних метеорологічних спостережень, що проводяться системою світових кліматичних станцій. Але кліматичні умови постійно змінюються і особливо це стало відчутно наприкінці ХХ-го та на початку ХХІ-го століть. Дослідження Гончарової Л.Д. та Решетченко С.І. [27] підкреслюють особливості просторово-часової мінливості кліматичних полів атмосферного тиску на території лівобережної України у другій половині ХХ століття.

Великомасштабну атмосферну циркуляцію під час другого періоду глобального потепління вивчала Свердлик Т.А. Автор підкреслює, що в період 1984-1995 рр. впродовж зимових місяців спостерігались значні зміни середньої

атмосферної циркуляції. Північно-Атлантичний максимум змістився на схід, де охопив більшу частину території Європи та західні райони України. Помітне також зростання атмосферного тиску в центрі цього баричного утворення до 1025 гПа та поглиблення Ісландського мінімуму з 1000 гПа до 995 гПа. Зменшилася територія розповсюдження Сибірського антициклону. Так, у період 1964-1973 рр. західна периферія антициклону охоплювала територію до 20° сх. д., впливаючи на погодні умови більшої частини Східної Європи, надалі (1974-1983 рр.) вона поширилася до 40° сх. д., формуючи погоду лише на території Поволжя, а впродовж періоду 1986-1995 рр. його межа визначалась 50° сх. д.

Таким чином, Сибірський центр дії атмосфери перемістився на схід на 30°. Одночасно при зміщенні кліматичних областей високого тиску спостерігаються зміна положення осі баричної улоговини над Європою та зростання тиску з 1020 гПа в період 1974-1983 рр. до 1022,5 гПа в період 1986-1995 рр. Автор підкреслює, що на формування режиму приземної циркуляції повітря значно впливає її стан на високих рівнях тропосфери. Особливо добре це виявляється у зимовий період, коли вплив сонячної радіації найменший. В цей час положення висотної фронтальної зони Північної півкулі змінюється. Було встановлено зміщення кліматичних гребенів та улоговин на схід. Для періоду 1974-1995 рр. характерна значна амплітуда баричних хвиль у порівнянні з попереднім періодом (1967-1973 рр.), що можна пояснити посиленням меридіональних атмосферних процесів. Так, Азорський антициклон та Ісландський циклон переміщуються на схід, де більша частина Європи та України знаходиться під впливом теплих повітряних мас. Тому тут можна очікувати часті аномалії додатних температур повітря та дефіцит опадів [27].

У теплий період року зростає роль сонячної радіації у формуванні загальної циркуляції атмосфери. Під впливом термічної взаємодії материків змінюється розподіл середніх багаторічних приземних баричних полів. Периферія Азорського максимуму в період 1974-1983 рр. рухається на схід на 10°, у період 1984-1995 рр. – на 30°. Також відзначається зростання тиску в перехідній зоні між Азорським та Азіатським центрами дії атмосфери, скорочується зі сходу область Ісландського мінімуму. Східна Європа та Україна перебувають під впливом області низького тиску. Така синоптична ситуація формує над країною нестійку погоду, з великою ймовірністю вторгнення холодних повітряних мас у тилу циклону та випадання опадів [27].

1.3 Трансформація кліматичних умов України в першій половині XXI століття за модельними даними

На сьогодні факт глобального потепління не викликає сумнівів і вважається експериментально доведеним: збільшення глобальної температури повітря та океанів, зменшення площі морського льоду, підвищення рівня Світового океану підтверджено довготривалими інструментальними спостереженнями. Кліматичні зміни, що відбуваються протягом останніх десятиліть, не перестають хвилювати вчених. У зв'язку з цим, активніше розвиваються різні методи прогнозу глобальних змін клімату та їх можливих наслідків, серед яких на передній план виступають математичні методи моделювання атмосферних процесів [28].

У статті [28] представлені результати дослідження зміни основних кліматичних характеристик на території України з врахуванням розвитку різних сценаріїв зміни клімату. Визначено, що в Україні очікується поступове збільшення температури повітря. Найвищі температурні показники можливі при розвитку сценарію зміни клімату A1B, при цьому встановлено, що найтепліше двадцятиріччя очікується протягом 2031-2050 рр. Виявлено, що різких змін у розподілі опадів не прогнозується, проте є ймовірність незначного збільшення опадів над північно-західними регіонами країни.

Таким чином, за даними регіональних кліматичних моделей згідно сценаріїв зміни клімату A2 та A1B встановлено, що для більшості регіонів України очікується поступове збільшення температури повітря. Так, найбільші значення температури повітря фіксуватимуться для південних регіонів України протягом 2031-2050 рр. Проте, хоча за даними лінійного тренду для сценарію A1B очікується тенденція на зменшення показників в межах вказаного двадцятиріччя, однак значення середніх показників температури за даними цього сценарію є значно вищими, ніж A2. Результати дослідження розподілу опадів показали, що режим цієї характеристики в найближчі декілька десятиріч також буде зазнавати певних змін. Як за сюжетною лінією A2, так і A1B, для більшості регіонів України, за виключенням південних, очікується поступове збільшення річної суми опадів до 2050 року. Найбільша кількість опадів очікується в західних областях країни, найменша – у південних [28].

Семеновою І.Г. [29] розглянуті особливості просторово-часового розподілу посух на тривалих проміжках часу в Закарпатському регіоні за умов прогнозованого режиму температури та опадів на період 2020-2050 рр. Аналіз температурно-вологісних умов виконаний з використанням даних кліматичного моделювання проекту CORDEX для кліматичних сценаріїв РТК4.5 та РТК8.5. Показано, що зростання середньорічної температури повітря по станціях відбуватиметься переважно за рахунок підвищення зимових температур за обома сценаріями. Середньорічна кількість опадів буде незначно зростати, але спостерігатимуться протилежні тренди у зимових та літніх опадах. Оцінка просторово-часового розподілу посух за допомогою індексу посухи SPEI показала, що очікується загальне збільшення ступеню посушливості по регіону

протягом досліджуваного періоду. При цьому, за умов відносно м'якого сценарію РТК4.5 посухи прогнозуються більш інтенсивними, а за обома сценаріями загальна кількість помірних та сильних посух зростатиме на часових масштабах понад один рік.

Кліматичні умови України є сприятливими для утворення різних типів посух. Посуха як комплексне природне явище, пов'язана з дефіцитом атмосферної та ґрунтової вологи, який формується, насамперед, в результаті певних, стійких за часом атмосферних процесів. Для території країни частими є метеорологічні та сільськогосподарські (агрометеорологічні) посухи, які через несприятливий комплекс температурно-вологісних умов призводять до висушування ґрунту та надлишкової втрати води рослинами. Гідрологічні посухи характеризуються зменшенням кількості води, що надходить до річок та водойм, і зниженням їх рівня, а також зменшенням запасів ґрунтових вод. Гідрологічна посуха, зазвичай, йде як вторинне явище внаслідок метеорологічної та сільськогосподарської посухи, при цьому її інтенсивність та просторове розповсюдження можуть бути більшими, ніж осередок метеорологічної посухи, через складну гідрологічну мережу, що поєднує різні регіони. Інтенсивність гідрологічної посухи визначається для водозборів або річкових басейнів. Окрім дефіциту опадів, який формується кліматичними коливаннями регіональної циркуляції атмосфери, до змін гідрологічних характеристик та виникнення гідрологічної посухи може призвести антропогенна діяльність, якто зміни у землекористуванні, вирубка лісів, будова дамб тощо, при цьому поява гідрологічної посухи навіть може бути не пов'язана з метеорологічною посухою [29].

Дослідження посух зазвичай, виконуються з використанням даних про режим опадів, випаровуваність, дефіцит вологості повітря, температуру повітря, які комбінуються у різноманітні індекси посух та пристосовуються під просторово-часовий масштаб досліджуваного явища. Так, для оцінки гідрологічних посух потрібні індекси, які б враховували не тільки поточні умови зволоженості, але й попередні, на доволі тривалих проміжках часу з врахуванням метеорологічних та сільськогосподарських посух. Такій умові відповідає відносно новий стандартизований індекс опадів – евапотранспірації SPEI, досвід застосування якого показав задовільні результати у визначенні посух на тривалих проміжках часу.

Виконаний аналіз прогнозованого режиму температури повітря та опадів по території Закарпаття за даними регіонального кліматичного моделювання показав, що в короткостроковій перспективі до 2050 р. очікується загальне підвищення приземної температури повітря, при цьому більш інтенсивне її зростання спостерігатиметься взимку. В жорсткому сценарії РТК8.5 порівняно з РТК4.5 прогнозується більш висока середньорічна температура повітря (в середньому на 0,2 °С) за одночасно високій річній амплітуді, що свідчить про

підвищену ймовірність настання періодів екстремально високих та низьких температур [29].

На фоні річного підвищення температури загальна кількість опадів за обома сценаріями майже не змінюватиметься впродовж досліджуваного періоду. При цьому, за сценарієм РТК4.5 кількість опадів влітку буде знижуватися, а за сценарієм РТК8.5 – повільно збільшуватися, опади взимку матимуть протилежні тенденції в обох сценаріях.

Отримані результати свідчать про те, що в умовах прогнозованих змін клімату в короткостроковій перспективі слід очікувати зменшення водності та стоку річок Закарпатського регіону, і, як наслідок, настання гідрологічної посухи, з більшою ймовірністю та інтенсивністю за умови реалізації кліматичного сценарію РТК4.5, ніж у випадку сценарію РТК8.5 [29].

Іванов С.В. та інші у статті [30] розглядають можливість використання цифрових форматів радарних вимірювань в чисельних моделях коротко- і надкороткострокового прогнозу погоди. Відзначено переваги такого підходу перед інерційними схемами, заснованими на статистичних характеристиках розвитку конвективних процесів. Представлені провідні світові виробники метеорологічних радарів і програмного забезпечення для візуалізації вимірювань. Показана необхідність уніфікованого програмного забезпечення для цифрової обробки сигналів для наступного їхнього включення на етапах попередньої обробки, фільтрації, засвоєння і власне чисельних розрахунків. Описана інформаційна модель кодування і управління радарними спостереженнями, яка базується на форматі HDF5. Розглянута інформаційна модель являється Європейським стандартом другого покоління для формата обміну даними метеорологічних радарів різних виробників [30].

Польовий А.М. та інші. у роботах [31, 32] представляють показники радіаційно-теплового режиму по природно-кліматичних зонах України за період 1986-2005 рр. у порівнянні з очікуваними їх змінами, розрахованими за двома сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 на період 2015-2050 рр. Відзначається, що до 2050 р. буде спостерігатись підвищення надходження сонячної радіації за обома сценаріями, порівняно з середніми багаторічними значеннями. А це в свою чергу спричинить підвищення температурного режиму в усіх агрокліматичних зонах України. Потепління сприятиме підвищенню температури повітря в зимові місяці, що зменшить її амплітуду. Крім того, зростання ресурсів тепла зумовить краще теплозабезпечення сільськогосподарських культур.

Сільське господарство є найбільш чутливою галуззю економіки до коливань та змін клімату. Враховуючи інерційний характер сільського господарства та залежність його ефективності від погодних умов, уже зараз виникає необхідність у прийнятті своєчасних рішень щодо складних проблем, зумовлених змінами клімату. Для характеристики радіаційних і теплових ресурсів за період 1986-2005 рр. (базовий період) у Степовій зоні України та їх

зміни на період 2021-2050 рр. у роботі [33] були представлені розрахунки середніх багаторічних величин першої групи факторів навколишнього середовища: тривалості світлої пори доби, сумарної сонячної радіації за добу, інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ФАР), суми ФАР, радіаційного балансу рослинного покриву, температурного режиму. Відзначається, що до 2050 р. в Степовій зоні буде спостерігатись підвищення надходження сонячної радіації за обома сценаріями порівняно з середніми багаторічними значеннями, що спричинить підвищення температурного режиму.

У зв'язку з очікуваним підвищенням температури повітря у Північній півкулі продовольча безпека України буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується сільське господарство до змін клімату [33].

Дослідниками [34] була виконана оцінка стану водних ресурсів Закарпаття на основі сценаріїв зміни глобального клімату (CCCM, GISS, GFDL), адаптних для території Словаччини та України. На теперішній час прояв впливу кліматичнихзмін на річний стік річок Закарпаття не є суттєвим. Однак відзначено зменшення максимального та зростання мінімального стоку річок. Згідно зі сценаріями глобального потепління очікується зменшення водних ресурсів Закарпаття на 25-30% [34].

Кліматичний режим кожного регіону формується як синтез особливостей температури, вологості, опадів, вітру, які базуються на закономірностях розподілу радіаційного, теплового та водного балансів і впливу атмосферної циркуляції. Різноманітність і величезна кількість кліматоутворювальних факторів зумовлює стан клімату з дуже ускладненим спектром коливань, в яких детермінований характер мають гармоніки річного та добового ходу. Наприкінці минулого і на початку поточного століття науковцями відзначаються значні зміни кліматичних умов на всій Земній кулі через потепління.

Кліматичні зміни на майбутнє розраховуються з використанням кліматичних моделей. Глобальні кліматичні моделі є основними інструментами, які використовуються для проектування тривалості та інтенсивності змін клімату в майбутньому. Ці моделі розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів. В останній час для нових кліматичних розрахунків використовується набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP). Це сценарії, які включають часові ряди викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів [33].

2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Основи кластерного аналізу

У статистичних методах, здатних за допомогою швидкодіючих ПК обробляти багаторічний архів метеорологічних даних, міститься великий резерв поліпшення якості довгострокових прогнозів погоди (ДПП).

Гнучким інструментом виявлення прогностичних залежностей є такий прийом як кластерний аналіз. Головне призначення кластерного аналізу – кластерізація множини об'єктів і ознак, що досліджуються, на однорідні (у відповідному розумінні) групи або кластери. Це означає, що вирішується завдання класифікації даних і виявлення відповідної їх структури [35].

Велика перевага кластерного аналізу при дослідженні випадкових величин у тому, що він дозволяє виконувати розбиття об’єктів (кластерізувати) не за одним параметром, а за деякою визначеною кількістю ознак.

Кластерний аналіз дозволяє розглядати досить великий об’єм вихідної інформації та різко скорочувати, стискати масиви даних, представляти їх компактно та наочно. Кластерний аналіз має важливе значення для сукупностей часових рядів, що характеризують фізичні процеси. Тут можна виділяти періоди, коли значення відповідних показників були досить близькими, а також визначати групи часових рядів, динаміка яких найбільш схожа.

Кластерний аналіз можна використовувати циклічно. У цьому випадку дослідження виконується до тих пір, поки не будуть досягнуті необхідні результати. При цьому кожен цикл тут може давати інформацію, яка може суттєво змінити спрямованість та підходи щодо подальшого застосування кластерного аналізу. Цей процес можна представити системою оберненого зв'язку.

Для поглибленного розуміння сенсу кластерного аналізу розглянемо класифікацію на основі мінімума функції відстані [35].

Розглянемо вектори, компоненти яких характеризують ті чи інші параметри фізичного стану атмосфери, або ту чи іншу ситуацію, що склалася в повітряній оболонці Землі. Будемо називати ці вектори – векторами ситуацій або образами. Припустимо також, що за деякими властивостями вектори ситуацій можна об’єднати у класи. Класи векторів, що мають деяку схожість називають кластерами. Серед векторів ситуацій кластера є такий образ, котрий

є репрезентативним для усього кластера, тобто має деякі риси, притаманні всім образам цього кластера. Цей вектор (образ) називають еталоном або центром кластера. В деяких випадках кластер може мати декілька еталонів.

Задача класифікації складається з двох задач [35]:

а) побудови правила, за яким можна визначити еталон і, таким чином, сформувати кластер;

б) визначити міру близькості некластерізованого вектора до того чи іншого кластера.

Природною мірою близькості є відстань між некластерізованим вектором і кластером. За цією мірою, очевидно, вектор (рис. 2.1) треба віднести до кластера V_i ($X_1 \in V_i$). Видимих підстав для віднесення вектора X_2 до кластерів V_i чи V_j нема, але це можна зробити, якщо розглянути відстані між вектором X_2 і центрами кластерів, які позначаються жирною точкою на рис. 2.1.

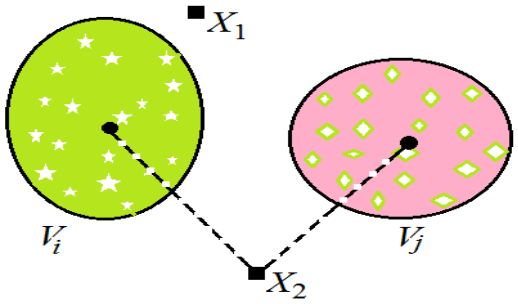


Рис. 2.1 – До поняття кластера

Будемо відносити некластерізований вектор до того кластера, деяка функція відстані від котрого до центра цього кластера, є найменшою порівняно з аналогічною функцією відстані до центрів інших кластерів. Це означає, що кластерізація проводиться на основі мінімуму функції відстані.

Розглянемо випадок єдиного еталона в кластері [35].

Будемо вважати, що в кластері тільки один еталон або центр кластера. Знайдемо відстань між вектором X і центром Z_i i-го кластера U_i. В якості відстані будемо розглядати евклідову відстань D_i:

$$D_i = \|X - Z_i\| = \sqrt{(X - Z_i)'(X - Z_i)}\ , \qquad (2.1)$$

де вертикальними дужками позначається норма вектора.

Очевидно, коли

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_j \\ \dots \\ x_m \end{pmatrix} \tag{2.2}$$

і

$$Z_i = \begin{pmatrix} z_{1i} \\ z_{2i} \\ \dots \\ z_{ji} \\ \dots \\ z_{mi} \end{pmatrix}. \tag{2.3}$$

Отримаємо:

$$D_i = \sqrt{(x_1 - z_{1i})^2 + (x_2 - z_{2i})^2 + \dots + (x_m - z_{mi})^2}\,. \tag{2.4}$$

Припустимо, що ми маємо M кластерів $U_i \left(i = \overline{1,m}\right)$, кожен з яких визначається єдиним еталоном $Z_1, Z_2, \dots Z_i, \dots Z_j, \dots Z_m$. Тоді, очевидно, $X \in U_i$, якщо $D_i < D_j \; \forall j = \overline{1,m},\; j \neq i$.

Можна розглянути й іншу функцію відстані, а саме:

$$D_i^2 = |X - Z_i|^2 = (X - Z_i)'(X - Z_i). \tag{2.5}$$

У матричному співвідношенні (2.5) виконаємо операцію множення:

$$D_i^2 = X'X - Z_i'X - X'Z_i + Z_i'Z_i\,. \tag{2.6}$$

Оскільки $Z_i'X = X'Z_i$, маємо:

$$D_i^2 = X'X + Z_i'Z_i - 2X'Z_i \tag{2.7}$$

або

$$D_i^2 = X'X - 2(X'Z_i - \frac{1}{2}Z_i'Z_i). \tag{2.8}$$

Впровадимо позначення

$$d_i(X) = X' Z_i - \frac{1}{2} Z_i' Z_i . \qquad (2.9)$$

Із формул (2.8) та (2.9) видно, що функція D_i^2 буде мінімальною, якщо функція $d_i(X)$ є максимальною. Такий же висновок відноситься і до евклідової відстані D_i. Отже, розв'язувальне правило має такий вигляд:

$$X \in U_i, \text{ якщо } d_i(X) > d_j(X), \forall j = \overline{1,m};\ i \neq j . \qquad (2.10)$$

Функція відстані $d_{i(X)}$ є лінійною формою відносно координат вектора X з коефіцієнтами - координатами відомого вектора Z_i, тобто:

$$d_i(X) = x_1 z_{1i} + x_2 z_{2i} + \ldots + x_m z_{mi} - \frac{1}{2} \sum_{s=1}^{m} z_{si}^2 . \qquad (2.11)$$

Розглянемо випадок декількох еталонів у кластері [35].

Нехай маємо M кластерів, але кожен з них характеризується деякою кількістю еталонів, тобто для i -го кластера U_i маємо еталони $z_i^{(1)}, z_i^{(2)}, \ldots, z_i^{(p)}$. Тоді знайдемо евклідову відстань між вектором X і кожним з центрів i-го кластера. Виберемо з них ту, яка є найменшою, нехай це буде відстань до l-го центра $z_i^{(l)}$, тобто

$$D_i = \min_l \left| X - z_i^{(K)} \right| \quad (K = 1,2,\ldots,l\ldots,p). \qquad (2.12)$$

Теж саме зробимо для інших кластерів [35].

Тоді розв'язувальним правилом є:

$$X \in U_i \text{ , якщо } D_i < D_j \quad \forall j = \overline{1,m} \ ; \ (j \neq i). \qquad (2.13)$$

Це розв'язувальне правило можна записати й для функції відстані:

$$d_i(X) = \max_l \{ X' z_i^{(K)} - \frac{1}{2} \left(z_i^K \right)' z_i^{(K)} \}, \ (K = 1,2,\ldots,l,\ldots,p). \qquad (2.14)$$

Воно має вигляд:

$$X \in U_i, \text{ якщо } d_i(X) > d_j(X) \ \ \forall \ j = \overline{1,m} \ ; \ (j \neq i). \qquad (2.15)$$

Найчастіше в алгоритмах класифікації застосовується критерій мінімуму евклідової відстані (максимуму функції відстані). Але треба мати на увазі, що встановлення критерію близькості, за допомогою якого ми можемо віднести

некластерізований вектор X до одного з уже відомих кластерів, ще не вирішує задачу кластерізації. Необхідно, крім того, встановити правило або систему правил, які у масиві даних дозволять ідентифікувати кожен з центрів кластерів і, таким чином, сформувати кластери. Такі правила складають міри схожості образів і критерії кластерізації [35].

Розрізняють метричні та неметричні міри схожості. Однією з метричних мір схожості може розглядатися вже знайома нам метрика – евклідова відстань $D=|X-Z|$. Іншою мірою схожості є число Махаланобіса

$$\Delta^2 = (X-\mu)' K^{-1}(X-\mu), \tag{2.16}$$

де

μ і K – відповідно вектор математичних сподівань і матриця коваріацій.

Звичайно, останню міру схожості можна використовувати тільки тоді, коли нам відомі ймовірнісні характеристики образів (вектори математичних сподівань і матриця коваріацій) для кожного з кластерів. Вона є дуже зручною для вирішення задачі віднесення некластерізованного вектора до того чи іншого кластера, але не може використовуватися для формування кластерів, якщо апріорі невідомі зазначені ймовірнісні характеристики.

Окрім метричних використовуються й неметричні міри схожості [35]. Однією з них може бути міра, що визначається таким співвідношенням:

$$S(X,Z)=\frac{X'Z}{|X|\cdot|Z|}. \tag{2.17}$$

У скалярній формі рівняння (2.17) має вигляд

$$S(X,Z)=\frac{x_1z_1+x_2z_2+\ldots+x_mz_m}{\sqrt{x_1^2+x_2^2+\ldots+x_m^2}\sqrt{z_1^2+z_2^2+\ldots+z_m^2}}. \tag{2.18}$$

Вираз (2.18), очевидно, має сенс косинуса кута між векторами X і Z або коефіцієнта кореляції між випадковими величинами X і Z, що визначені відповідними векторами:

$$S(X,Z)=\cos\left(\hat{X,Z}\right)=r_{xz}. \tag{2.19}$$

Звичайно, ця міра ніякого відношення до метричних критеріїв не має. Існують й інші непараметричні міри схожості.

Вибір міри схожості ще не вирішує проблему кластерізації, оскільки треба ще визначити критерій, за яким відбувається розбиття простору даних на кластери, тобто необхідно ще визначити критерій кластерізації.

Тут можливо використовувати два підходи. Перший з них є евристичним.

В його основу вкладається досвід та інтуїція. Інтуїтивно зрозуміло, що критерієм близькості образів у кластері може бути евклідова відстань. Але цей критерій є відносним. Його треба доповнювати порогом – деякою величиною евклідової відстані, починаючи з якої треба образ відносити до того чи іншого кластера.

Іншим підходом є підхід, що має в основі деякий критерій якості, який в залежності від характеру задачі підлягає мінімізації або максимізації [35].

Прикладом такого критерію є сума квадратів відхилів векторів від деякого середнього вектора кластера:

$$\Delta = \sum_{j=1}^{N_c} \sum_{X \in S_i} |X - m_i|^2 , \qquad (2.20)$$

де

$m_i = \frac{1}{N_i}$ – середній вектор i-го кластера;

N_c – кількість кластерів;

S_i – простір векторів, що відносяться до i-го кластера;

N_i – кількість векторів i-го кластера.

2.2 Дослідження статистичної структури нестаціонарних часових рядів. Теорія згладжування нестаціонарних часових послідовностей

Більшість метеорологічних величин являють собою нестаціонарні випадкові процеси. Основною причиною цього є те, що під впливом різного надходження до земної поверхні кількості сонячної радіації протягом доби, сезону і року величини мають добовий, сезонний, річний хід і т.п.

Багаторічні змінення характеру кліматоутворювальних факторів приводять до виникнення трендів, тобто однонаправлених змін метеорологічних величин протягом тривалого часу.

Дослідження статистичної структури гідрометеорологічних характеристик основуються на послідовності їх значень у вигляді еквідистантних часових рядів. Останні можуть бути зображені як сума детермінованої $\hat{X}(t)$ і випадкової $X_3(t)$ компонент. У свою чергу, детермінована компонента складається з тренду $X_1(t)$ і періодичної

компоненти $X_2(t)$, яка відбиває віковий, річний або добовий хід процесу $X(t)$ в залежності від інтервалу дискретності часового ряду [36].

Отже,

$$X(t) = X_1(t) + X_2(t) + X_3(t). \tag{2.21}$$

При правильному вилученні з випадкового процесу $X(t)$ детермінованої складової $\hat{X}(t)$, випадкова компонента може розглядатися як стаціонарні випадкові прирощення.

Детермінована основа випадкового процесу вилучається шляхом фільтрації (або згладжування) вихідного часового ряду. Позначимо оператор згладжування через L і застосуємо його до рівності (2.21):

$$L\left[X(t)\right] = L\left[X_1(t)\right] + L\left[X_2(t)\right] + L\left[X_3(t)\right]. \tag{2.22}$$

Припустимо, що оператор L точно вилучає трендову компоненту, тобто

$$L[X_1(t)] = X_1(t). \tag{2.23}$$

Якщо відняти від рівності (2.21) рівність (2.22), то з урахуванням (2.23) будемо мати:

$$X(t) - L\left[X(t)\right] = X_2(t) - L\left[X_2(t)\right] + X_3(t) - L\left[X_3(t)\right]. \tag{2.24}$$

Важливим є питання про те, у якій мірі члени $L[X_2(t)]$ і $L[X_3(t)]$ можуть спотворювати справжні коливання залишкового ряду (2.24) та індукувати хибні коливання.

Одним з видів згладжування є ковзне осереднення, яке у загальному вигляді може бути зображене таким чином [36]:

$$\hat{X}(t_k) = \frac{1}{n} \sum_{i=k-n/2}^{k+n/2} \alpha_i X(t_i)\ , \tag{2.25}$$

де α_i – ваговий множник;

n – кількість точок, по яких проводиться згладжування:

$k = 1 + \frac{n}{2}; 2 + \frac{n}{2}; ...; N' + \frac{n}{2}$; $N' = N(n-1)$; N – число членів ряду.

Якщо в рівності (2.25) $\alpha_i = 1 \ \ \forall \ \ i = \overline{1,n}$, то оператор згладжування визначає 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. Більш коректними є фільтри, що утримують тригонометричні

$$\alpha_i = 1+\cos\frac{2\pi(k-i)}{n} \tag{2.26}$$

або експоненціальні

$$\alpha_i = \exp\left[-\frac{|k-i|}{n}\right] \tag{2.27}$$

вагові множники. Вони зменшуються по відзначених формулами (2.26) і (2.27) законах від середини інтервалу згладжування до його кінців [36].

Дійсно, нехай в рівності (2.26) величина i приймає такі значення: $i=k-\frac{n}{2}$; $i=k$; $i=k+\frac{n}{2}$. Тоді, очевидно, α_i мають значення $\alpha_{k-\frac{n}{2}}=0$; $\alpha_k=2$; $\alpha_{k+\frac{n}{2}}=0$.

Окрім виду вагового множника, результат фільтрації залежить й від кількості точок (n), по яких виконується згладжування. Вона, очевидно, визначається рівністю:

$$n=\frac{\tau}{\Delta t}, \tag{2.28}$$

де Δt – інтервал дискретності ряду.

Чим більше n, тим швидше реакція фільтра, але тим гірші його фільтруючі якості, і навпаки. Отже, задача полягає у правильному виборі періоду згладжування.

Означені вище особливості ковзного осереднення приводять до того, що при надто великому періоді згладжування з детермінованої основи $\hat{X}(t)$ процесу $X(t)$ відфільтровується визначна частина періодичної компоненти $X_2(t)$, яка переходить до випадкової компоненти $X_3(t)$. Навпаки, за умови малого періоду осереднення, частина випадкової складової процесу $X(t)$ переходить до детермінованої частини процесу, а випадкова компонента $X_3(t)$ набуває властивостей «білого шуму» [36].

Для вибору періоду згладжування випадкової послідовності $X(t)$ при ковзному осередненні, треба дотримуватися таких рекомендацій. По-перше, необхідно, щоб період згладжування відповідав періодичності, яка існує в процесі $X(t)$. По-друге, значення періоду згладжування повинно відповідати

періодичності, яку досліджувач хоче зберегти в детермінованій складовій випадкової послідовності. Наприклад, якщо треба у складовій $\hat{X}(t)$ зберегти річний хід метеорологічної величини $\hat{X}(t)$, а коливання з меншими періодами необхідно відфільтрувати з вихідного часового ряду, то ковзне осереднення проводять при такому числі значень випадкової величини n, яке відповідає річному інтервалу. Тоді на виході з фільтра ми отримаємо процес, який утримує, крім трендів, коливання з періодом один рік і більше, а коливання з меншими періодами перейдуть у випадкову складову. Остання має, як правило, властивості квазістаціонарного процесу. Тому для дослідження її статистичної структури використовують розглянуті вище методи кореляційного або спектрального аналізів [36].

Важливо при побудові згладженого ряду враховувати початкову фазу коливання (h_i) тієї періодичності процесу $X(t)$, по якій проводилося згладжування часового ряду, а також величину періоду осереднення. Тобто при проведенні згладжування за допомогою тригонометричних множників не враховується k_i початкових точок та kk точок у кінці вихідного часового ряду.

Початок коливання в детермінованій основі (k_1) приходиться на значення часового ряду, яке розраховується так:

$$k_1 = h_i + n/2, \tag{2.29}$$

де

h_i – початкова фаза гармонічного коливання в одиницях часу, по якому проводилося згладжування;

n – період гармонічного коливання (кількість точок), по якому проводилося згладжування.

$$h_i = \begin{cases} \dfrac{(\pi + \varphi_i)}{2\pi} \cdot n & \text{за умови } \varphi_i \le 0; \\ \dfrac{\varphi_i \cdot n}{2\pi} & \text{за умови } \varphi_i > 0. \end{cases} \tag{2.30}$$

Початкова фаза гармонічного коливання (в радіанах), по якому проводиться згладжування, розраховується за допомогою рівняння:

$$\varphi_i = arctg\frac{U(t)}{V(t)}, \tag{2.31}$$

де

$U(t)$ та $V(t)$ – відповідно косинус- і синус-перетворення Фур'є [36].

2.3 Матриця кореляції та алгоритм її розрахування

Матриця кореляцій визначається таким матричним рівнянням [35]:

$$R_x = \sigma^{-1} K_x \sigma^{-1}, \tag{2.32}$$

де

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

Діагональна матриця [35] середніх квадратичних відхилів має вигляд:

$$\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 & ... & 0 \\ 0 & \sigma_2 & ... & 0 \\ ... & ... & ... & ... \\ 0 & 0 & ... & \sigma_n \end{pmatrix}. \tag{2.33}$$

Тоді обернена матриця σ^{-1} є:

$$\sigma^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sigma_1} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma_2} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \frac{1}{\sigma_n} \end{pmatrix}. \tag{2.34}$$

Оскільки

$$\frac{k_{is}}{\sigma_{x_i}\sigma_{x_s}} = \frac{k_{is}m}{\sqrt{m}\sigma_{x_i}\sqrt{m}\sigma_{x_s}} = \frac{\langle \Delta X_i \Delta X_s \rangle}{\|\Delta X_i\|\|\Delta X_s\|} = r_{is}. \tag{2.35}$$

Вираз (2.35) має сенс кореляції, яка визначає міру лінійного кореляційного зв'язку між метеорологічною величиною в точках ***i*** та ***s*** поля, і є нормованим скалярним добутком векторів ΔX_i та ΔX_S. Тому кореляцію й називають нормованим коваріаційним моментом.

З іншого боку, за визначенням скалярного добутку двох векторів евклідового простору [35] маємо:

$$\langle \Delta X_i \Delta X_s \rangle = \|\Delta X_i\| \|\Delta X_s\| \cos(\Delta X_i \hat{,} \Delta X_s). \tag{2.36}$$

Відповідно

$$\frac{\langle \Delta X_i \Delta X_s \rangle}{\|\Delta X_i\| \|\Delta X_s\|} = \cos(\Delta X_i \hat{,} \Delta X_s) = r_{is}. \tag{2.37}$$

Таким чином, кореляцію можна трактувати як косинус кута між векторами ΔX_i та ΔX_S. За умови некорельованості випадкових величин X_i та X_S $r_{iS}=0$. Вектори ортогональні, якщо скалярний добуток двох векторів дорівнює нулю $\langle \Delta X_i \Delta X_s \rangle = 0$, $i \neq s$.

Таким чином, поняття ортогональності та некорельованості є однозначними, коли йдеться про випадкові величини [35].

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

$$R_x = \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1j} & \dots & r_{1s} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2j} & \dots & r_{2s} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{ij} & \dots & r_{is} & \dots & r_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nj} & \dots & r_{ns} & \dots & 1 \end{pmatrix}. \tag{2.38}$$

Матриця кореляцій R_x випадкової величини *X* є симетричною $(r_{is} = r_{si})$, її елементи – дійсні числа; вона є додатно визначеною ($|K_x|>0$), на її головній діагоналі розташовуються одиниці.

У матриці кореляцій (2.38) міститься інформація про структуру *n* полів кореляцій. Дійсно, елемент r_{iS} цієї матриці характеризує лінійний кореляційний зв'язок між метеорологічною величиною на *i*-й та *s*-й станціях, тобто рядок чи відповідний стовпець матриці R_x складає поле кореляцій. Полюсом цього поля (центром кореляції) буде *i*-та метеорологічна станція, елемент кореляційної матриці для якої розташовується на перетину *i*-го рядка та *i*-го стовпця матриці R_x [35].

3 КЛАСТЕРІЗАЦІЯ КІЛЬКОСТІ ОПАДІВ ЗА ТЕПЛИЙ ТА ХОЛОДНИЙ ПЕРІОДИ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

3.1 Основні закономірності просторового розподілу опадів в Україні

Опади відносяться до важливої характеристики зволоження. Їх утворення і випадіння в Україні – наслідок складних макроциркуляційних процесів, що визначають тепло- і вологообмін в атмосфері. Суть цих процесів полягає в перенесенні на значну відстань тепла і вологи з Атлантики і Середземного моря, а також розвитку під впливом циклонічної діяльності великомасштабних вертикальних рухів, які призводять до підйому вологи в тропосфері [17].

Перенесення повітряних мас тісно пов’язане з циклонічною діяльністю. Основна кількість опадів випадає з фронтальних хмар. Зимою випадіння їх найчастіше пов’язано з середземноморськими циклонами, які переміщуються з Чорного моря у північному та північно-східному напрямках. Вплив середземноморських циклонів відмічається майже на всій території країни. Більшість атлантичних циклонів переміщуються північніше і рухаються за зональними траєкторіями з заходу на схід. Південні ділянки фронтів цих циклонів охоплюють всю Україну і зволожують її територію.

Влітку лише невелика частина опадів випадає у тилу циклонів безпосередньо з морських повітряних мас у вигляді так званих опадів конвективної нестійкості. Важливе значення мають опади з тропічного повітря. Останнє, переміщуючись з південного сходу через південну і південно-західну периферію антициклону, зволожується і, зустрічаючись з полярним повітрям, дає велику кількість опадів зливового характеру.

Певну роль у збільшенні літніх опадів має місцевий циклогенез. На східно-європейській гілці полярного фронту виникають циклони, які супроводжуються випаданням опадів з континентального повітря [17].

Основною закономірністю просторового розподілу опадів в Україні, яка зумовлена загальними циркуляційними умовами, є їх зменшення з півночі і північного заходу у напрямку на південь і південний схід. Такий розподіл властивий для рівнинної території. Рельєф, який визначає регіональні особливості циркуляції, вносить істотні зміни у поле опадів. У гірських районах виникає вимушене упорядковане сходження повітряних потоків, яке сприяє посиленню термічної і динамічної турбулентності, розвитку циклогенезу. Тому найбільша кількість опадів випадає в Українських

Карпатах і Кримських горах. Вплив Донецької, Волинської, Подільської, Придніпровської та Приазовської височин не істотний внаслідок їх незначної висоти. Інші умови на узбережжі Чорного моря, де випадає найменша кількість опадів [17].

Надмірна кількість опадів випадає на рівнинах північного заходу, а також в передгір'ях Українських Карпат: їх кількість за рік тут становить 650-700 мм. У центральній частині Карпат річна кількість опадів перевищує 1000 мм, а в окремих пунктах – навіть 1500 мм. Південно-західні схили взагалі отримують опадів приблизно на 100 мм більше, ніж північно-східні схили на тих же висотах.

У Лісостепу кількість опадів за рік становить 550-650 мм, на північному сході, у басейні Десни – 600 мм, на межі між Лісостепом і Степом – 500 мм. Під впливом височин відбувається деякий перерозподіл опадів. На навітряних західних і південних схилах височин випадає на 15-20% опадів більше, а на підвітряних схилах їх кількість зменшується на 25% порівняно з прилеглою місцевістю.

Південна частина Степу (Одеська, Миколаївська, Херсонська області та рівнинна частина Криму) відноситься до районів недостатнього зволоження. Тут відмічається зменшення опадів у напрямку на південь. На узбережжях Чорного і Азовського морів, у Присивашші опадів випадає ще менше (380-400 мм), що пов'язано з впливом бризової циркуляції [17].

У значній частині кримських яйл випадає більше 600 мм опадів, а в окремих пунктах – близько 1000 мм.

Градієнт річної суми опадів – додатний, тобто річна сума опадів зростає на території України з півдня на північ (приблизно +22 мм/рік на 1^{o} широти); довготний її градієнт – від'ємний, тобто річна сума опадів зменшується з заходу на схід (приблизно – 11 мм/рік на 1^{o} довготи).

Залежно від виду атмосферних опадів рік прийнято розділяти на два періоди: холодний (з листопада по березень), коли поряд з твердими опадами можуть випадати й рідкі; теплий (з квітня по жовтень) – з переважанням рідких опадів. У холодний період випадає 20-25%, у теплий 75-80% річної кількості опадів.

У теплий період розподіл опадів подібний до розподілу їх річної кількості: вони зменшуються з північного заходу на південний схід від 450 до 300 мм і менше [17].

На узбережжях морів кількість опадів сягає 230 мм, тобто зменшується майже вдвічі. У холодний період кількість опадів на переважній частині території становить 200-220 мм, на Донецькій височині – 250 мм; мінімум опадів (100-125 мм) припадає на південь України. Просторовий розподіл сум

опадів в загальних рисах співпадає з їх розподілом в теплий період. Відмінність полягає в тому, що в холодний період спостерігається два максимуми опадів – один на заході і другий – на північному сході країни [17].

Для України характерний континентальний тип річного ходу опадів з максимумом влітку. Опади теплих місяців найбільш перевищують їх кількість теплої частини року в Поліссі та Лісостепу, а найменш – у степовій зоні. Але в окремих районах мають місце деякі особливості в річному ході: він відрізняється за значеннями максимуму та мінімуму, за амплітудою коливання та мінливістю у межах року.

Напівконтинентальний тип річного ходу опадів з незначним перевищенням кількості опадів весняно-літнього сезону над осінньо-зимовим спостерігається на переважній території Криму (у центральній його частині), у Присивашші, на Керченському півострові, на північно-східних схилах Кримських гір (Карабі-Яйла) і у східній частині узбережжя. Максимум опадів тут відмічається влітку.

Особливий неконтинентальний тип річного ходу опадів з максимумом зимою спостерігається на західному узбережжі, а також на Південному березі Криму (Ялта) і на південно-західних схилах Кримських гір (Ай-Петрі). Тут кількість опадів в осінньо-зимовий сезон у півтори-два рази перевищує їх кількість у весняно-літній сезон [17].

3.2 Районування території України за кількістю опадів теплого та холодного періодів

Протягом останніх декількох десятиріч у просторово-часових розподілах багатьох метеорологічних величин та гідрометеорологічних параметрів простежуються істотні варіації, які переважна більшість вчених на сьогодні вважають проявом змін клімату. 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.

Цікавим є той факт, що в регіонах, зміни у режимі опадів не завжди співпадають, а в деяких випадках, навіть, істотно відрізняються. Інакше кажучи, регіональні особливості змін клімату можуть проявитися як у температурному тренді, так й у тренді опадів [17].

Для районування території України за кількістю опадів теплого та холодного періодів використовувався один з методів багатовимірного статистичного аналізу – кластерний аналіз.

Алгоритм кластерного аналізу, який наведено у підрозділі 2.1, було застосовано до місячної кількості опадів за період з 1961 по 2005 рр. (теплий період) та з 1962 по 2006 рр. (холодний період). Дослідженю підлягали 40 довгорядних станцій, рівномірно розташованих по території України (Додаток Б).

На основі вихідних даних про опади була здійснена кластерізація 40 векторів даної кліматичної характеристики за холодний та теплий періоди.

Для реалізації кластерного аналізу до вказаних емпіричних даних був застосований «Універсальний адаптивний ітераційний метод кластерного аналізу» («УАІМКА») [37].

У 2003 році на кафедрі фізики атмосфери та кліматології ОДЕКУ був розроблений алгоритм «УАІМКА», який добре показав себе при кластеризації територій, порівняних з територією України [37].

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'ємом m у n пунктах, які й повинні бути кластерізованими. Кластерізації підлягали 40 векторів кількості опадів теплого та холодного періодів (n = 40) розмірності 45 (m = 45).

В якості апріорної інформації, на відміну від інших методів, задається тільки мінімальна кількість векторів τ , які можуть скласти кластер.

Реалізація цього алгоритму виконувалась за допомогою комп’ютерної програми «Cla2003» (автор к.геогр.н. Серга Е.М.).

Нижче наводяться результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (Додаток В) , застосованого до кліматичних рядів опадів.

Це схематично представлено на рис. 3.1 та рис. 3.2.

В результаті реалізації алгоритму «УАІМКА» ми отримали розподіл 40 векторів по п’яти кластерах у теплий період та розподіл 40 векторів за чотирьма кластерами у холодний період.

Як видно з рис. 3.1, у теплий період територія України була поділена на п’ять основних регіонів: до першого кластера увійшли станції південно-західної України; до другого – станції західної та північно-східної її території; до третього кластера увійшли станції північної та центральної частин України; до четвертого – станції південної України; до п’ятого – станції східної та південно-західної України.

У холодний період розподіл опадів за кластерами спрощується і він має тенденцію змін в напрямку з північного заходу на південний схід.

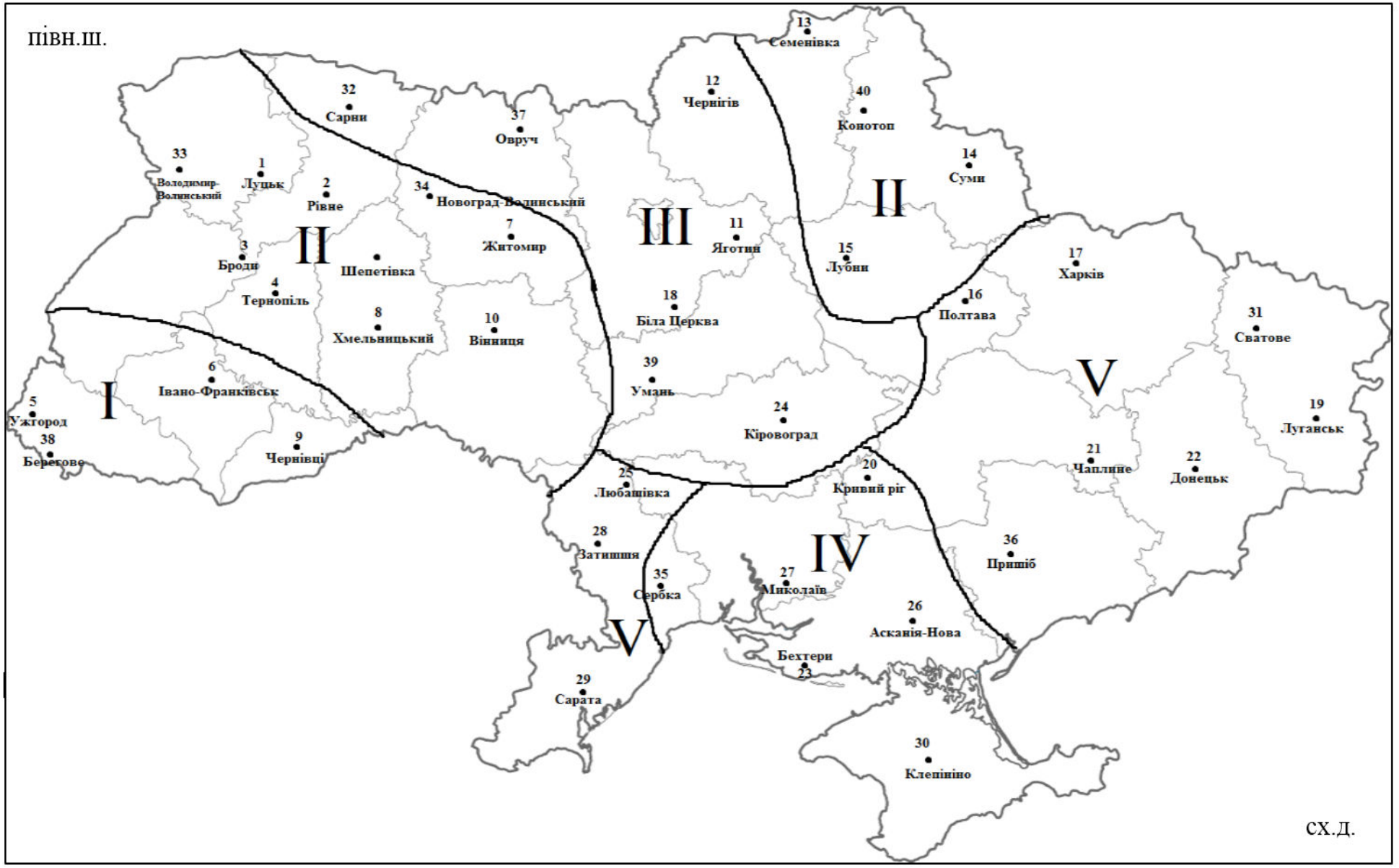


Рис. 3.1 – Результати кластерізації кількості атмосферних опадів на території України (теплий період)

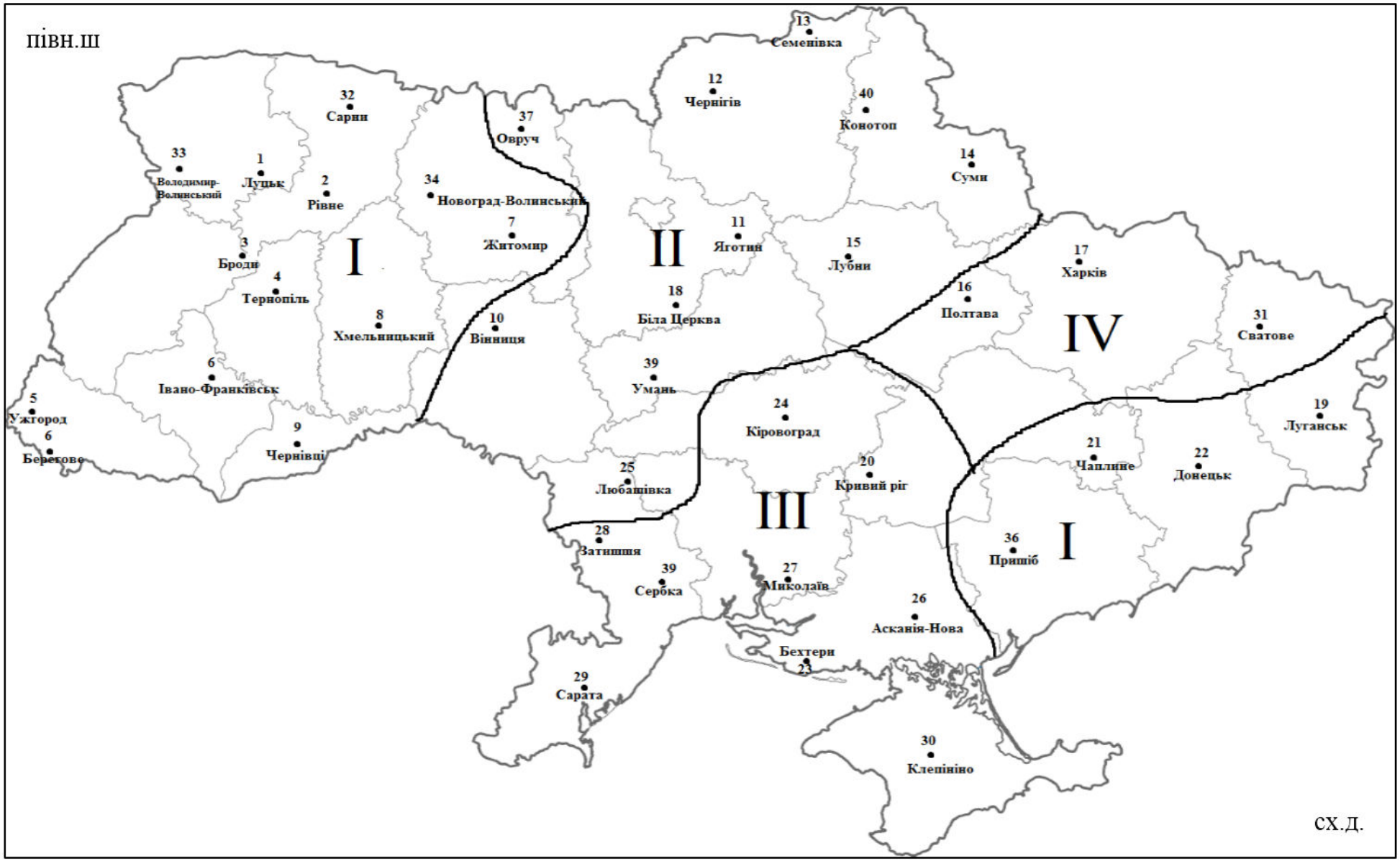


Рис. 3.2 – Результати кластерізації кількості атмосферних опадів на території України (холодний період)

Виділяється чотири кластери (рис. 3.2): до першого кластера увійшли станції західної та південно-східної України; до другого кластера відносяться станції північної та центральної України; до третього – південна частина країни; до четвертого кластера увійшли станції північно-східної України.

Такий розподіл, по-перше, відповідає загальному кліматичному розподілу опадів по території України за теплий та холодний періоди і, по-друге, відділяє зони з різними характерними типами погоди при випадінні опадів по регіону, що досліджувався.

3.3 Статистична структура середнього вектора визначених кластерів атмосферних опадів у теплий період

У підрозділі 3.2 за допомогою кластерного аналізу було проведено районування території України за кількістю опадів теплого періоду, яке схематично представлено на рис. 3.1 та у Додатку В.1.

Як видно з Додатку В.1 та рис. 3.1, результат кластеризації дав змогу отримати в теплий період значення середніх векторів кількості опадів по п’яти кластерах.

За методикою, що була викладена у підрозділі 2.2, було проведено згладжування часового ряду середнього вектора кожного кластера і отримана лінія тренду. На рис. 3.3-3.7 представлені часовий та згладжений ряди вказаної характеристики.

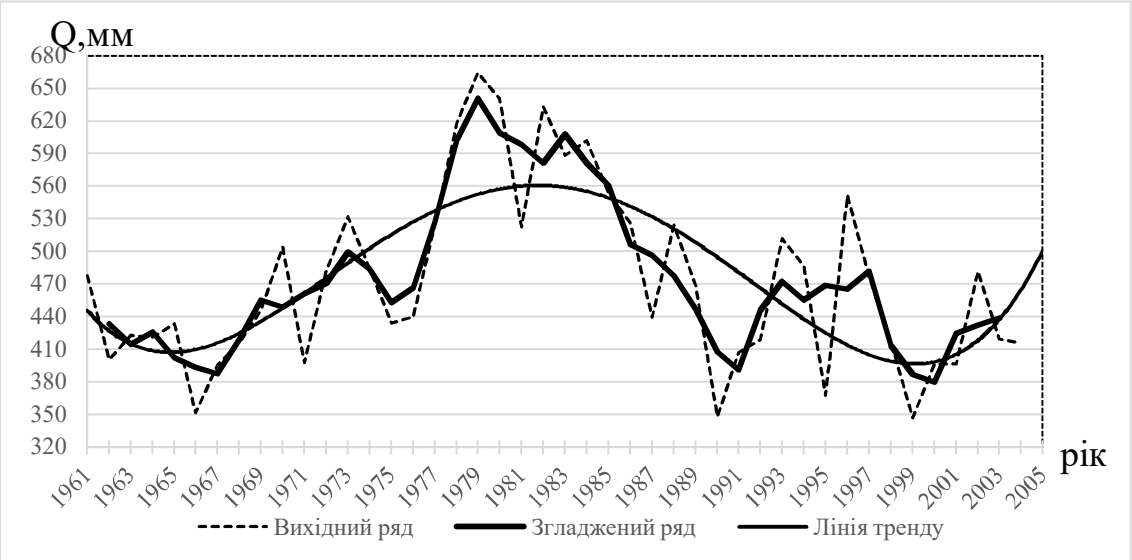


Рис. 3.3 – Вихідний та згладжений ряди кількості опадів середнього вектора першого кластера (теплий період)

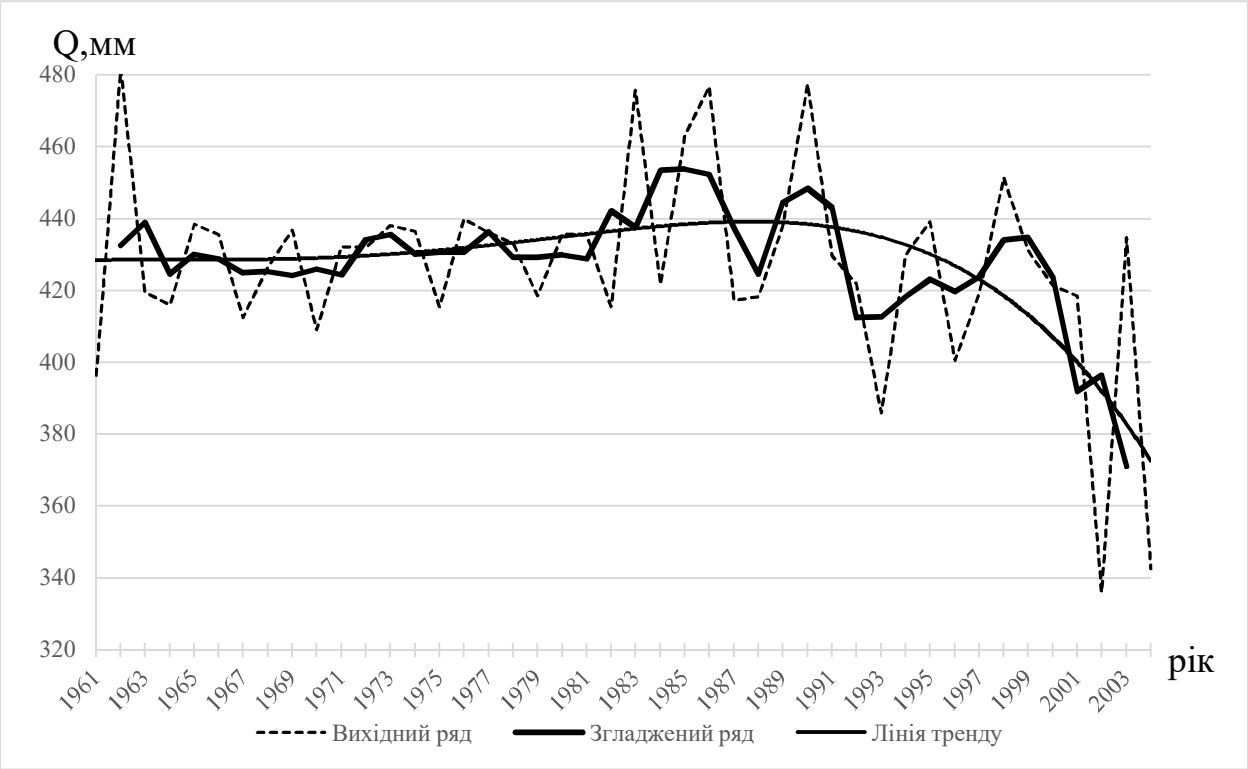


Рис. 3.4 – Вихідний та згладжений ряди кількості опадів середнього вектора другого кластера (теплий період)

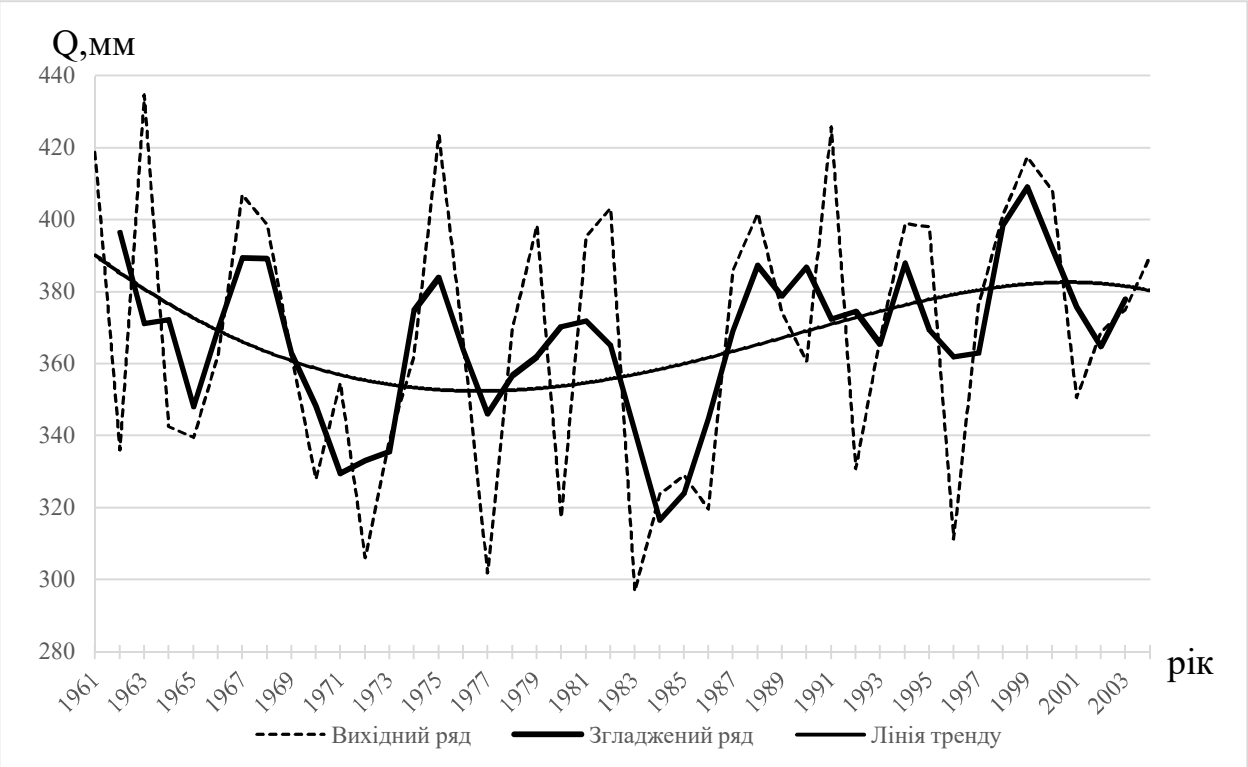


Рис. 3.5 – Вихідний та згладжений ряди кількості опадів середнього вектора третього кластера (теплий період)

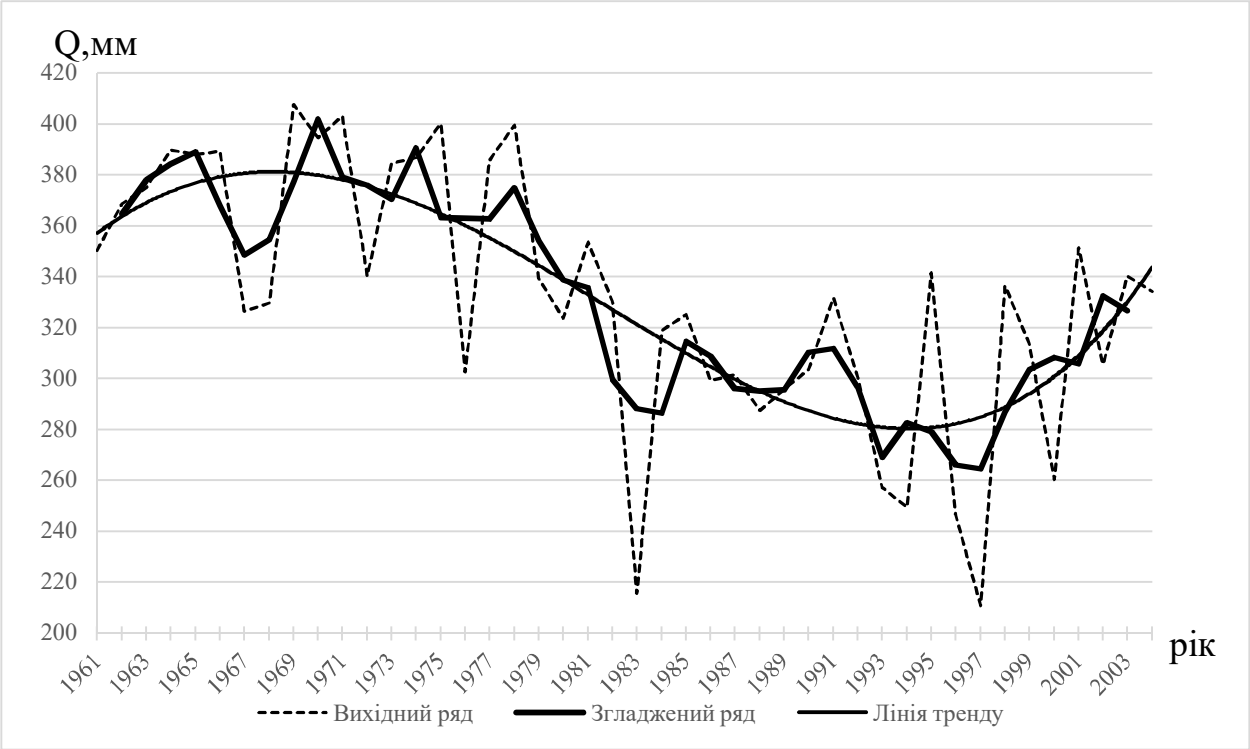


Рис. 3.6 – Вихідний та згладжений ряди кількості опадів середнього вектора четвертого кластера (теплий період)

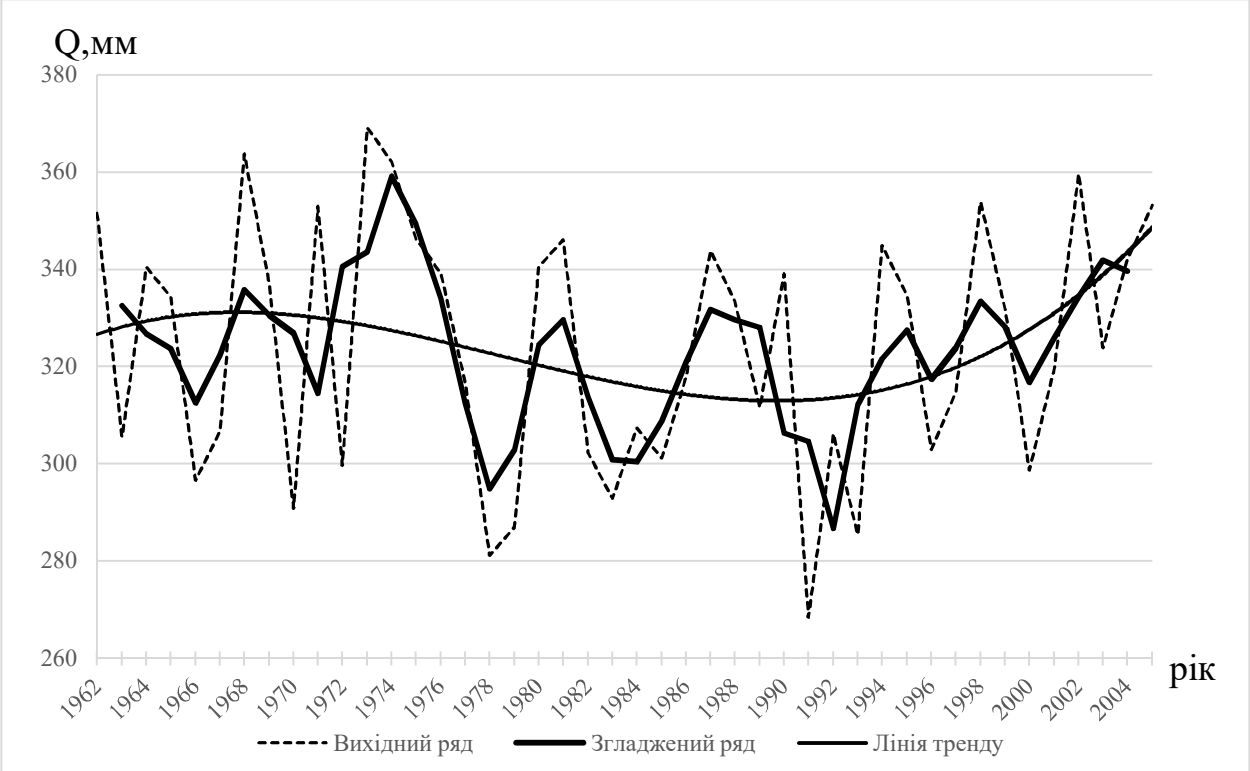


Рис. 3.7 – Вихідний та згладжений ряди кількості опадів середнього вектора п’ятого кластера (теплий період)

На території південно-західної України (I кластер) у теплий період спостерігався чітко визначений тренд з тенденціями зростання кількості опадів з 1965 по 1982 рр. і, навпаки, з 1983 по 2001 рік – зменшення їх кількості. Можна припустити, що в цьому регіоні України на наступні двадцять років слід очікувати зростання кількості опадів у теплий період (рис. 3.3).

На західній та північно-східній території України (II кластер) з 1962 по 1988 рік кількість опадів коливалася в межах 430 мм у теплий період. З 1989 року для цих районів України зафіксовано зменшення кількості опадів і ця тенденція на нашу думку залишиться на наступні 20 років (рис. 3.4).

З 1962 року по 1974 рік на території північної та центральної України (III кластер) в теплий період спостерігалась тенденція на зменшення кількості опадів, тенденція зростання спостерігалась з 1975 року по 2002 рік. Тренд має коливальний характер з мінімумом опадів у 1977 році та максимумом – у 2001 році. Можна припустити, що в цих районах України кількість атмосферних опадів до 2020 року буде зменшуватися (рис. 3.5).

На півдні України (IV кластер) спостерігалась тенденція зменшення кількості опадів з 1968 року по 1994 рік, а з 1995 року спостерігаємо тренд зростання кількості опадів, який, на наш погляд, залишиться незмінним до 2020 року (рис. 3.6).

На території східної та південно-західної України (V кластер) також (як і в північній та центральній частинах країни) спостерігається тенденція на зменшення опадів у теплий період приблизно з 1967 року по 1989 рік, а те зростання кількості опадів, що спостерігалося з 1990 року може продовжуватися до 2020 року (рис. 3.7).

3.4 Статистична структура середнього вектора визначених кластерів атмосферних опадів у холодний період

У підрозділі 3.2 за допомогою кластерного аналізу було проведено районування території України за кількістю опадів холодного періоду, яке схематично представлено на рис. 3.2 та у Додатку В.2.

Як видно з Додатку В.2 та рис. 3.2, результат кластеризації дав змогу отримати у холодний період значення середніх векторів кількості опадів по чотирьох кластерах (рис. 3.8-3.11).

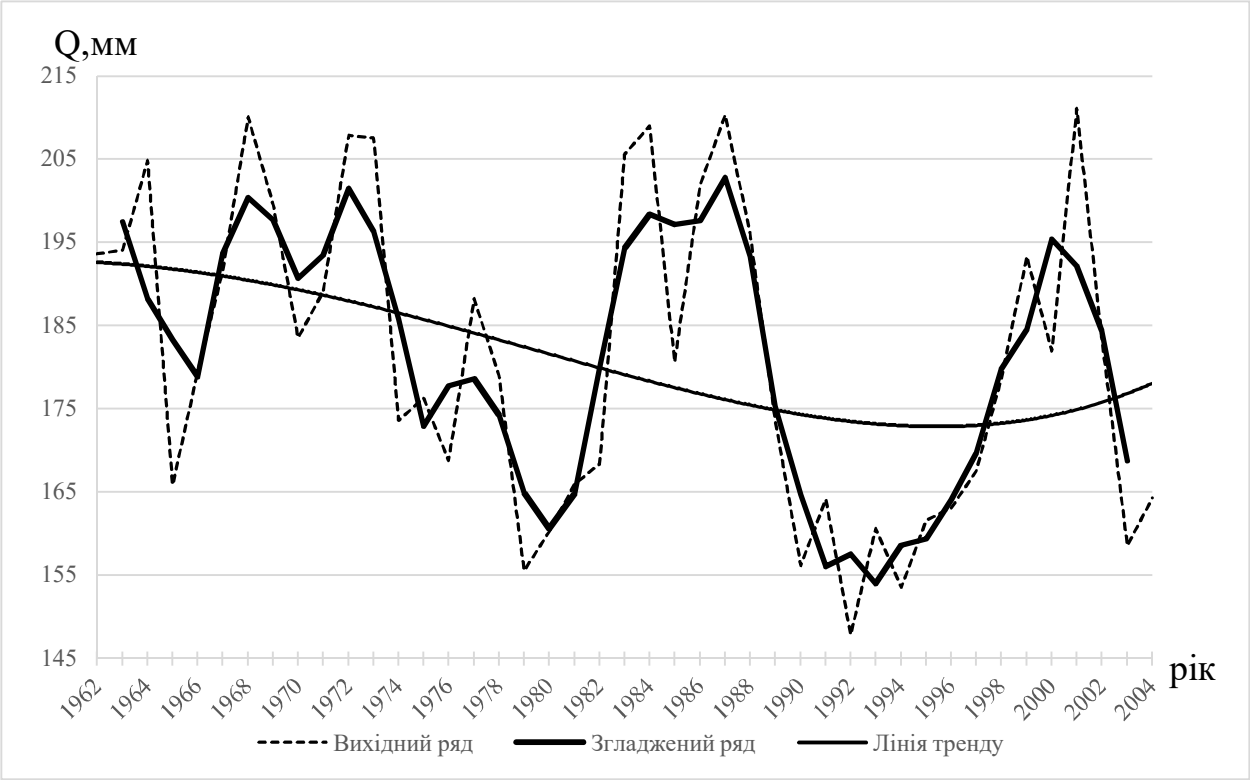


Рис. 3.8 – Вихідний та згладжений ряди кількості опадів середнього вектора першого кластера (холодний період)

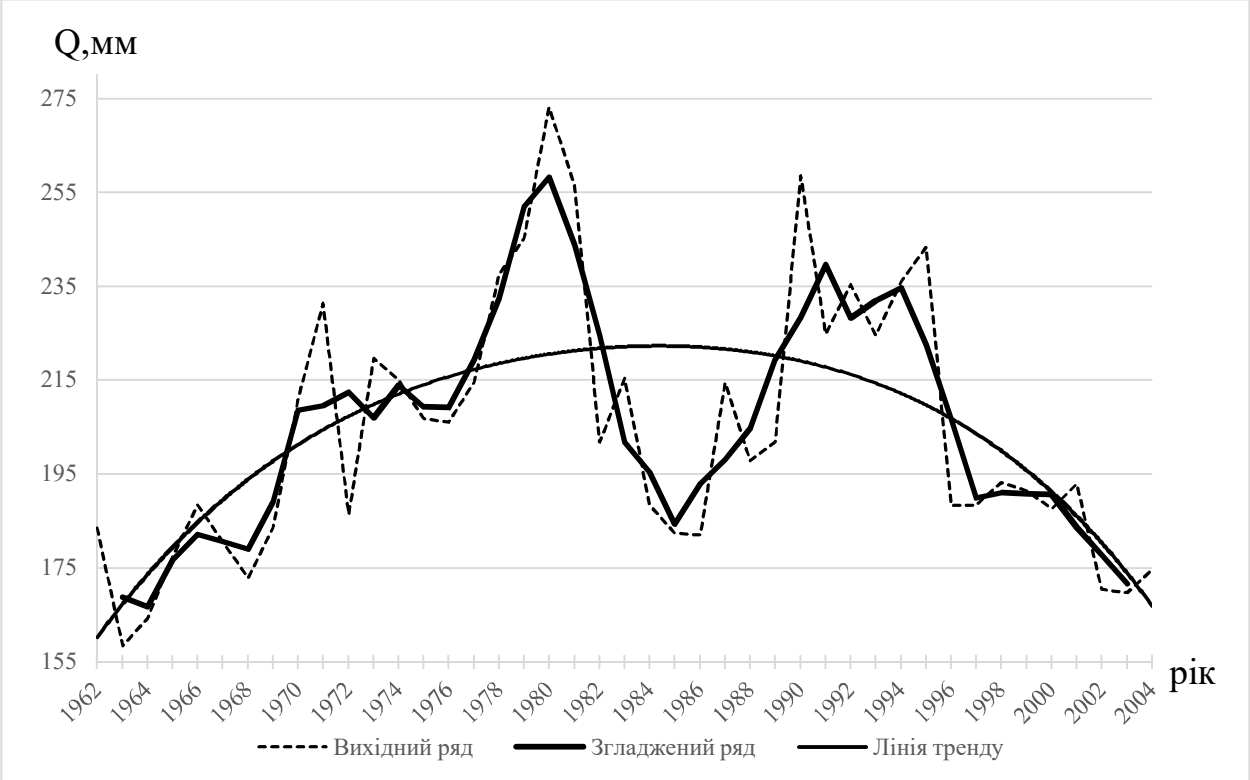


Рис. 3.9 – Вихідний та згладжений ряди кількості опадів середнього вектора другого кластера (холодний період)

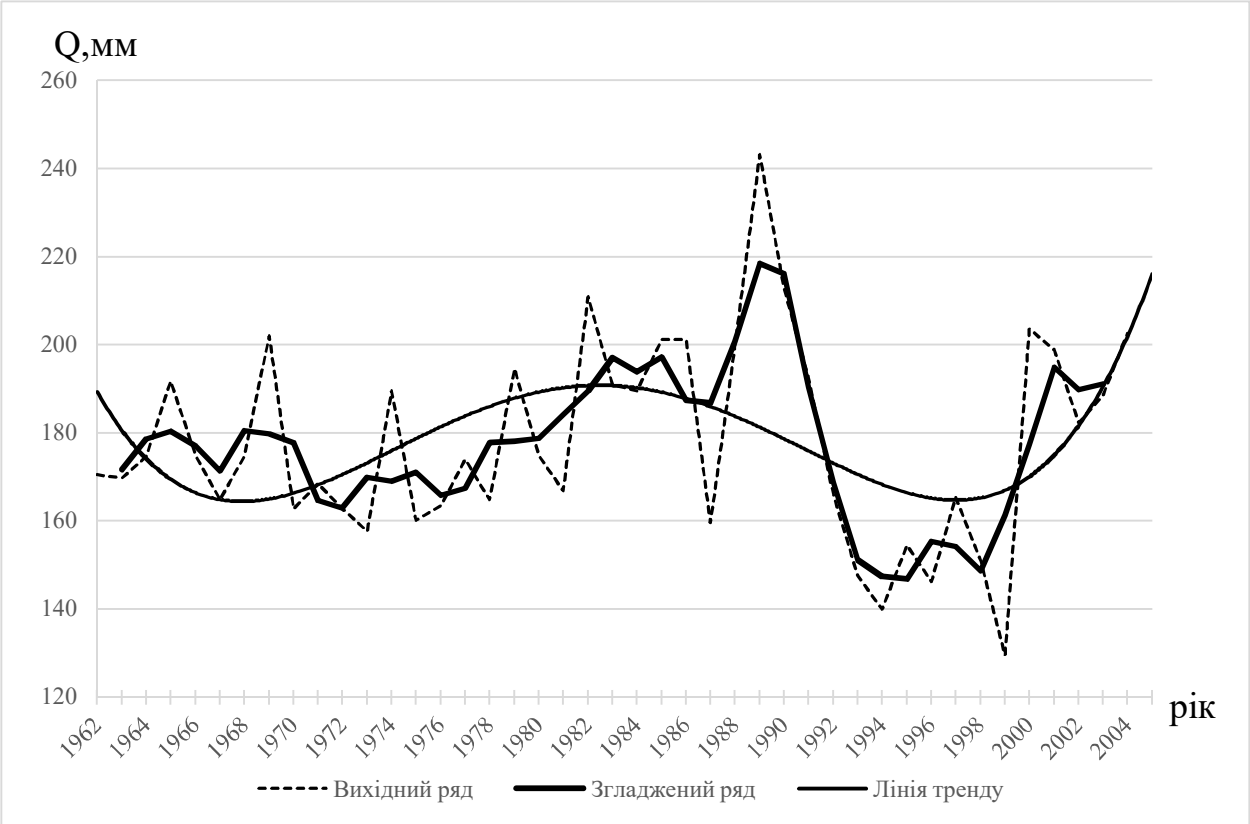


Рис. 3.10 – Вихідний та згладжений ряди кількості опадів середнього вектора третього кластера (холодний період)

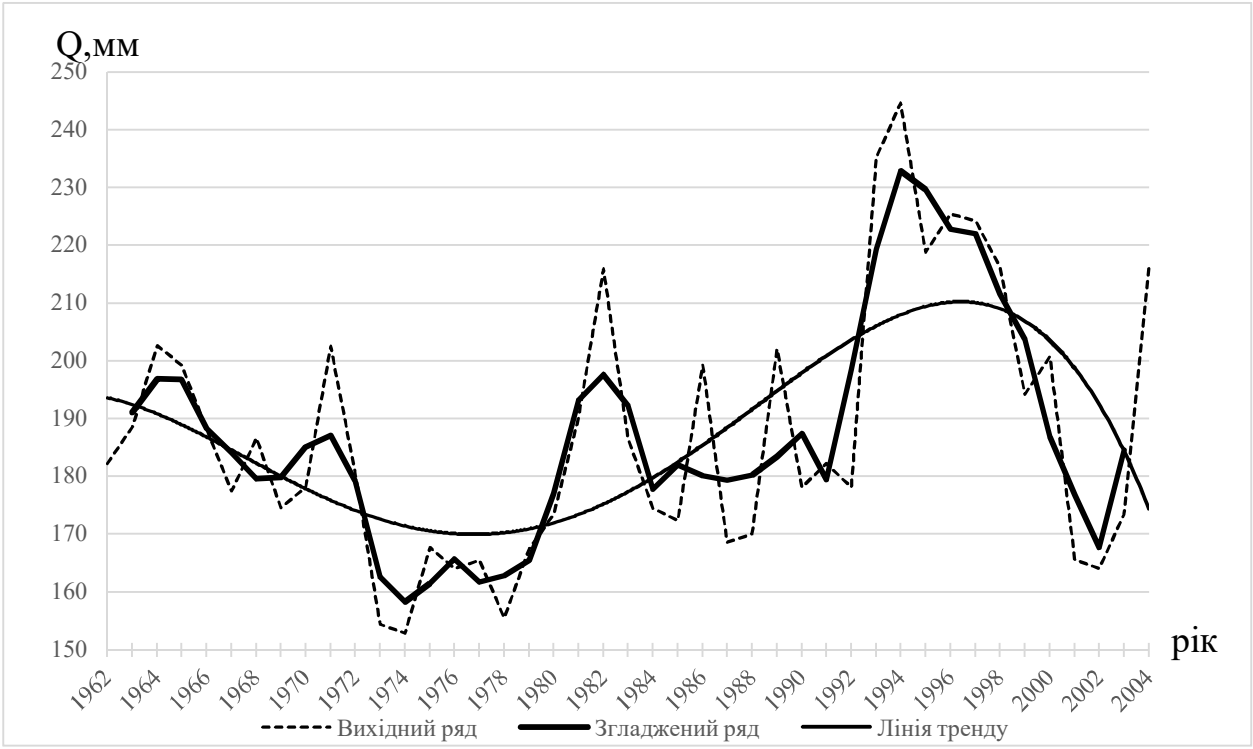


Рис. 3.11 – Вихідний та згладжений ряди кількості опадів середнього вектора четвертого кластера (холодний період)

За методикою, що була викладена у підрозділі 2.2, було проведено згладжування часових рядів середніх векторів місячної кількості опадів кожного кластера у холодний період і отримана лінія тренду (рис. 3.8-3.11).

На території західної та південно-східної України (I кластер) в холодний період (рис. 3.8) спостерігалась незначна тенденція на зменшення кількості опадів з 1962 року по 1993 рік, яка потім вказує на майбутнє зростання кількості опадів у цій частині країни.

З 1962 по 1983 рік на території північної та центральної України (II кластер) спостерігалась тенденція зростання кількості опадів, а з 1987 року чітко визначений тренд падіння кількості опадів (рис. 3.9).

На півдні України (III кластер) тренд має коливальний характер з рівномірним як падінням, так і зростанням кількості опадів у період 1961-2005 рр. (рис. 3.10).

У період 1962-2006 роки на території північно-східної України (IV кластер) у холодний період (рис. 3.11) мінімум опадів зафіксовано у 1976 році (170 мм) та максимум – 210 мм у 1997 році.

Таким чином, отримана детермінована основа середнього вектора кількості опадів по визначених кластерах у холодний та теплий періоди року вказує на складну статистичну структуру цих полів в окремих районах України, але дозволяє отримати тенденції в змінах атмосферних опадів на майбутнє.

4 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ МІСЯЧНОЇ КІЛЬКОСТІ ОПАДІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

4.1 Особливості режиму зволоження території України з листопада по березень

Як свідчать результати сучасних досліджень [4, 5, 20, 32, 38-41], кількість опадів в окремих регіонах України змінювалася у XX столітті і ці зміни спостерігаються і на початку XXI століття [42, 43].

Температурно-вологісний режим є важливою характеристикою клімату, що впливає на сільське, теплово-комунальне, паливно-енергетичне, водне та інші галузі господарства країни. На думку багатьох науковців [1-5, 21, 32, 38] внаслідок глобального потепління клімат на території України стане різко змінюватися. Тому необхідно вже сьогодні створювати водогосподарські, агротехнічні комплекси, які забезпечать раціональне використання, збереження та відновлення природних ресурсів. Вивчення регіональних змін клімату в межах загальної проблеми дає можливість поліпшити моделі очікуваних проекцій змін клімату в XXI столітті.

У процесі формування клімату України радіаційні умови тісно взаємодіють з атмосферною циркуляцією, яка сприяє перерозподілу по території тепла і вологи. Атмосферна циркуляція в значній мірі зумовлена тими фізико-географічними особливостями, що відрізняють Україну від інших регіонів. По-перше, це те, що територія України розташована в західній частині Європейсько-Азіатського материка, неподалік від великого водяного простору Атлантичного океану. Завдяки значній різниці у властивостях підстильної поверхні між цим континентом і океаном територія Східної та Західної Європи на протязі значної частини року являє собою район інтенсивних атмосферних процесів. Друга особливість полягає в тому, що західні, північні та східні райони, прилеглі до України, являють собою рівнину, південно-західні райони зайняті горами, а на півдні берега країни омивають Чорне і Азовське моря. Рівнинні простори території дають можливість арктичним вторгненням просуватися майже до південних кордонів. Чорне море впливає на температуру нижніх шарів повітряних мас, що проходять над ним [17].

Початок осіннього сезону позначається послабленням впливу Азорського антициклону: повторюваність виступів підвищеного тиску, орієнтованих з заходу, зменшується і окремі ядра антициклону над

Антлантикою все рідше виходять на територію Європи. Перша половина осені відрізняється переважанням циклонів у районі Ісландії. Однак атлантичні циклони виходять ще рідко. В цей час на Україні панує суха тепла погода без опадів. У подальшому поступово збільшується меридіональність висотного баричного поля. І в зв'язку з початком затоку холодного повітря з півночі з вересня відбувається помітне зниження температури повітря [17].

Протягом осіннього сезону Азорський кліматичний антициклон значно слабшає. Замість нього в жовтні-листопаді починається розвиток Сибірського антициклону, в систему якого також входять антициклони, що переміщуються з заходу. Одночасно в другу половину осені, внаслідок збільшення контрасту температури між суходолом і морем, посилюється циклонічна діяльність. Зростає повторюваність південних і західних циклонів, які приносять на Україну вологе повітря з Атлантики та Середземного моря і зумовлюють на більшій частині території України похмуру з дощами погоду [17].

Взимку на Україні, особливо в більш високих широтах дуже розвинута циклонічна діяльність і її територія знаходиться на південній периферії циклонів, що пересуваються, головним чином, зі східною складовою. Саме в цей сезон більшість циклонів перетинають територію країни, що визначає інтенсивний міжширотний обмін повітря. Звичайно, це західні, північно-західні і південно-західні циклони. Останні приходять з районів Чорного моря, Малої Азії, півночі Італії, так звані «південні» циклони, які пов'язані з середземноморською гілкою полярного фронту, інші – з центральних районів Європи. З ними пов'язані відлиги, опади, заметілі, що найбільш інтенсивні при виході південних і південно-західних циклонів, які в своїх теплих секторах приносять морське тропічне повітря зі Середземного моря. Для зими характерні і «пірнаючі» циклони, з якими на Україну відбувається вторгнення холодного арктичного повітря. У цей сезон акваторія Чорного моря та Українські Карпати є осередками місцевого циклогенезу [17].

Другим важливим для зими процесом є східний вплив, що зумовлено посиленням антициклону над Сибіром, виступ якого часто поширюється на Україну. Крім того, південний схід ЄТР і України під впливом комплексу факторів (циркуляційних, орографічних та радіаційних) може бути також районом антициклогенезу або стаціонування антициклонів, що приходять сюди з районів Атлантики і Арктичного басейну. Це посилює виступ східного антициклону, по периферії якого переміщуються маси вихолодженого над континентом Євразії повітря, які, головним чином, поширюються на лівобережжя Дніпра і зумовлюють тут різке зниження температури повітря, що супроводжується сильним вітром і низовими заметілями. Взимку значне вихолодження території України перетворює її в

район формування континентального повітря з атлантичного повітря завдяки його охолодженню і зменшенню вологості [17].

Для дослідження просторово-часового розподілу атмосферних опадів наприкінці XX та на початку XXI століть був застосований один з методів багатовимірного статистичного аналізу – кластерного аналізу, алгоритм якого викладено у підрозділі 2.1. Цей метод було застосовано до рядів місячної кількості опадів холодного періоду за листопад, грудень, січень, лютий, березень для 40 довгорядних станцій України. Результати реалізації методу «УАІМКА» по вказаних даних представлені у Додатку Г.

На основі вихідних даних про опади була здійснена кластерізація 40 векторів даної кліматичної характеристики за кожний місяць холодного періоду. Реалізація цього алгоритму виконувалась за допомогою комп'ютерної програми «Cla2003» (автор: к. геогр. н. Серга Е.М.).

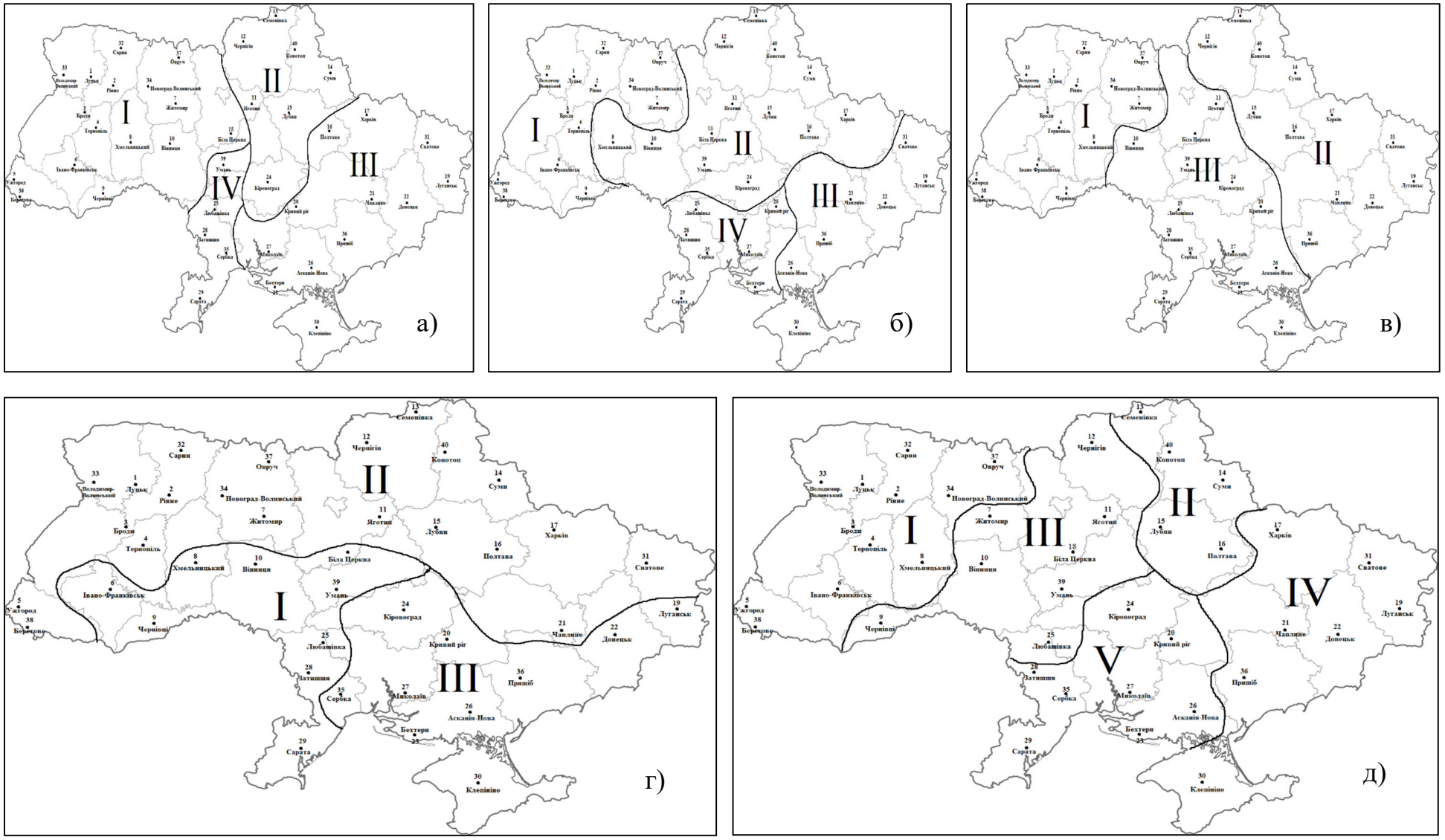
Нижче наводяться карти-схеми кластерізації місячної кількості опадів вказаного сезону, які представлені на рис 4.1.

У листопаді (рис. 4.1а) територія України була поділена на чотири основних регіони: до першого кластера увійшли станції західної та північно-західної її території; до другого – станції північної та північно-східної України; до третього кластера увійшли станції східної, південно-східної та південної частини країни; до четвертого – станції південно-західної України.

У перший зимовий місяць (рис. 4.1б) територія України була поділена також на чотири основних регіони: до першого – увійшли станції західної та північно-західної України; до другого – станції північної, північно-східної та центральної території України; до третього кластера увійшли станції східної та південно-східної частини України; до четвертого – станції південної України.

У січні (рис. 4.1в) територія України була поділена на три основних кластера: до першого – увійшли станції західної; до другого – станції північної, північно-східної та східної території України; до третього кластера увійшли станції центральної, південно-східної, південної та південно-західної її території.

В останній місяць зими (лютий) територія України була поділена також (як і у січні) на три однорідних (за особливостями режиму розподілу атмосферних опадів) класи: до першого відносяться станції центральної та південно-західної України, до другого кластера увійшли станції західної, північно-західної, північної, північно-східної та східної її території; до третього – станції південно-східної та південної України (рис. 4.1г).



а) – листопад; б) – грудень; в) – січень; г) – лютий; д) – березень

Рис. 4.1 – Результати кластерізації місячної кількості опадів на території України у холодний період

У березні (рис. 4.1д) на території України було визначено п’ять регіонів: до першого увійшли станції західної та північно-західної України; до другого – станції північно-східної її території; до третього кластера увійшли станції північної та ряд областей центральної частин України; до четвертого – станції південної та південно-західної; до п’ятого – ряд областей центральної та південної України.

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

4.2 Особливості детермінованої складової місячної кількості опадів (листопад-березень)

У підрозділі 4.1 були представлені результати районування території України, яке дозволило отримати однорідні класи за особливостями режиму розподілу атмосферних опадів у листопаді, грудні, січні, лютому, березні та визначити часові ряди середніх векторів виділених кластерів місячної кількості опадів.

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 та визначено тренди в рядах середніх векторів виділених кластерів місячної кількості опадів у період 1962-2006 рр..

За допомогою простого ковзного осереднення була отримана детермінована основа середнього вектора кожного з отриманих кластерів, яка є складною у кожному з них і потребує детального аналізу.

У листопаді (рис. 4.2) майже на всій території України (I, II, IV кластери) спостерігається тенденція зростання кількості опадів, починаючи приблизно з 90-х років. На території східної, південо-східної та південної частини України (III кластер) тренд за період дослідження є мало вираженим.

У перший зимовий місяць (рис. 4.3), починаючи приблизно з 90-х років, тенденція зростання кількості опадів спостерігається на території західної, північно-західної, північної, північно-східної та центральної України (I, II кластери). На території східної, південно-східної та південної України (III, IV кластери) спостерігається тенденція зменшення кількості опадів, починаючи приблизно з 2000-х років.

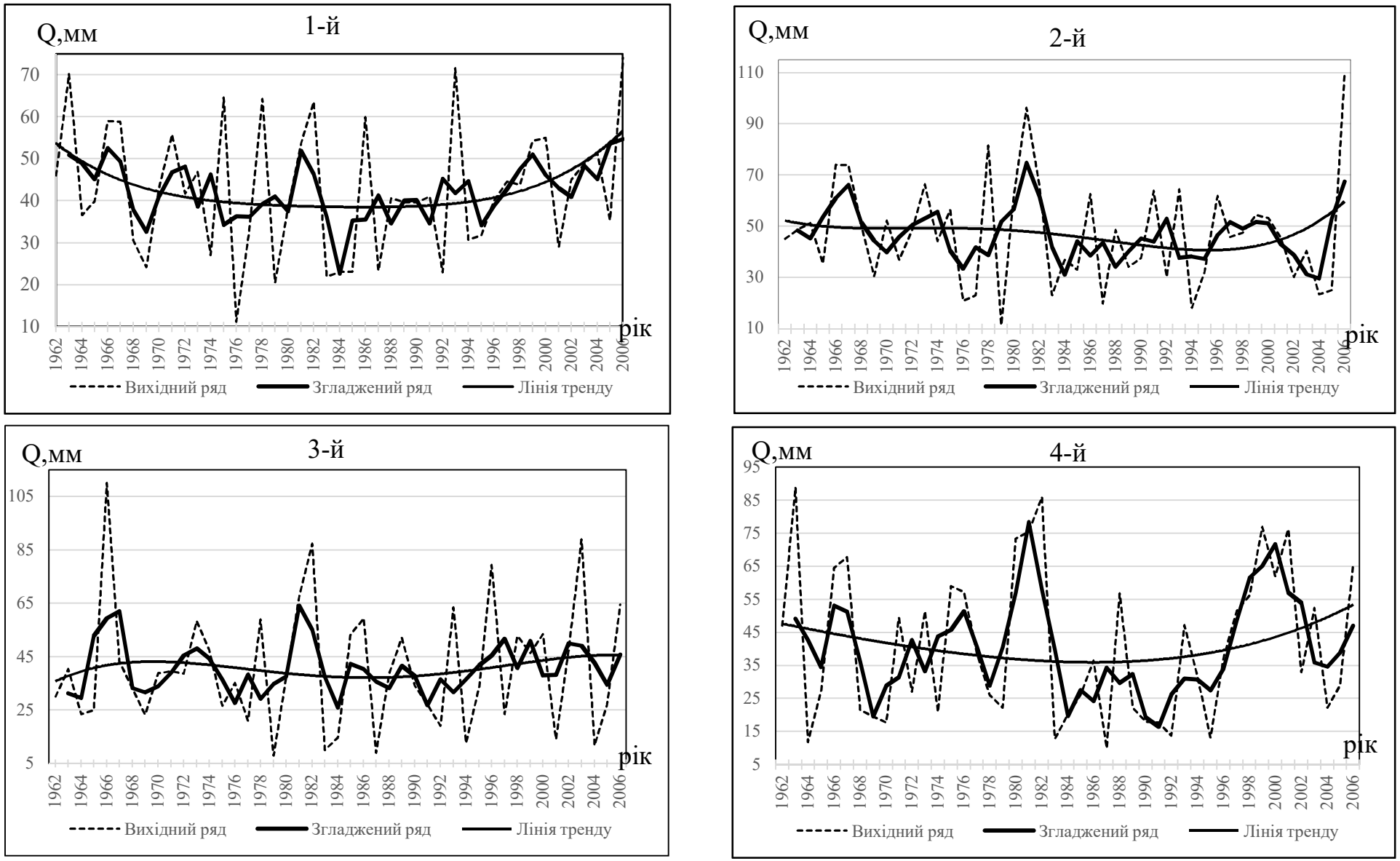


Рис. 4.2 – Вихідний ряд та детермінована основа місячної кількості опадів середнього вектора (листопад)

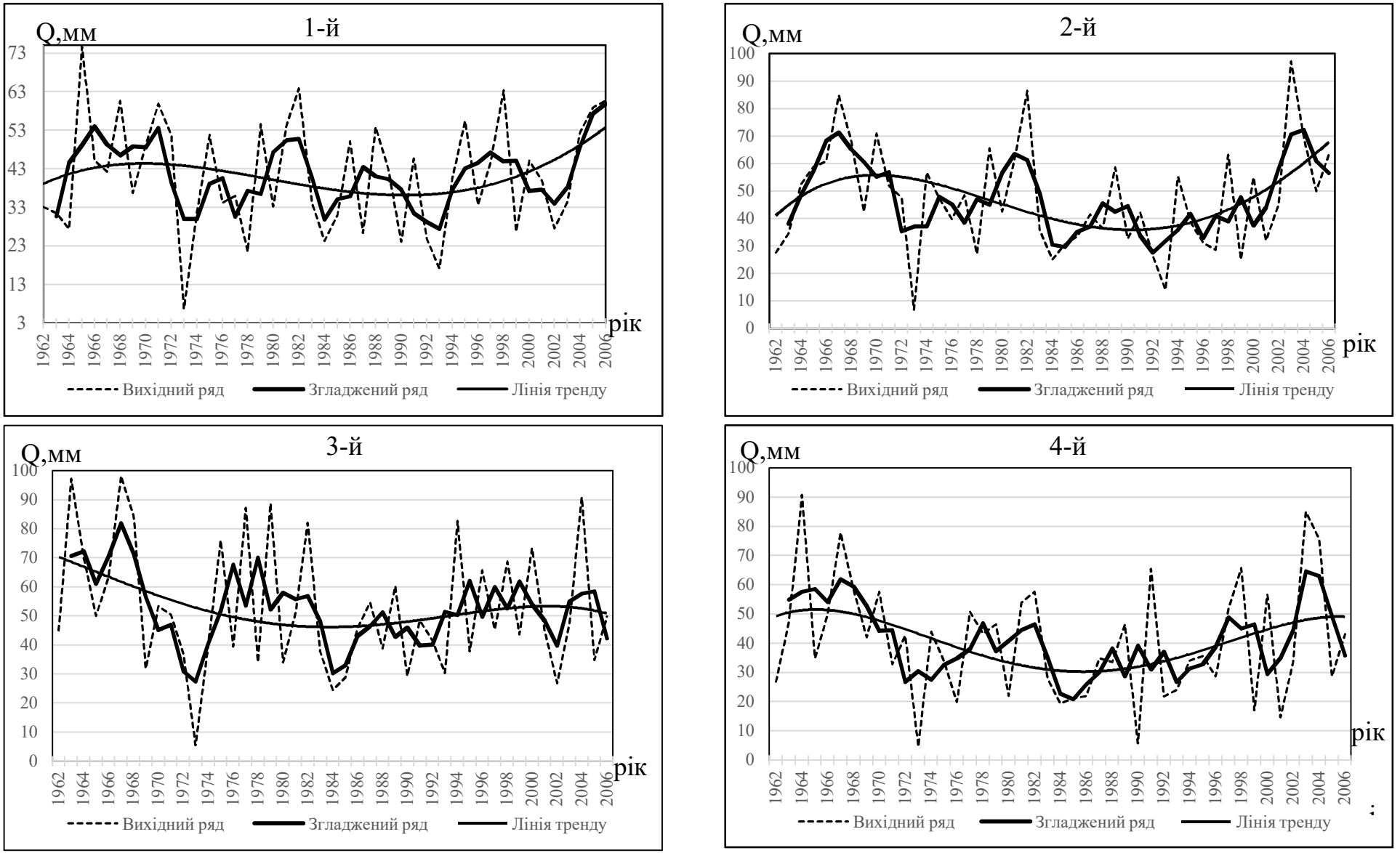


Рис. 4.3 – Вихідний ряд та детермінована основа місячної кількості опадів середнього вектора (грудень)

Зима на Україні – найхолодніший сезон року, обмежений датами стійкого переходу середньої добової температури повітря через 0 °С в період її зниження восени і підвищення навесні. Найраніше (середина листопада) вона розпочинається на північному сході і поступово поширюється на південь і південний захід. На більшій частині території настання зими припадає на третю декаду листопада [17].

Зимовий сезон відзначається мінімальною тривалістю сонячного сяйва та найбільшою хмарністю (близько 75% небосхилу закрито хмарами). Сумарна радіація набуває найменших значень (від 255 МДж/м^2 на північному заході до 450 МДж/м^2 у Криму). У її складі переважає розсіяна радіація, яка вдвічі перевищує пряму. В грудні – січні радіаційний баланс на переважній території від'ємний і змінюється від – 80 МДж/м^2 на північному заході до – 70 МДж/м^2 у Криму, а з лютого на значній частині території стає додатним.

У зимовий сезон відбувається широтний розподіл атмосферного тиску. Найбільших значень він досягає в січні: на крайньому сході та заході становить 1021 гПа, на півночі – 1020 гПа. На південному березі Криму тиск дещо нижчий [17].

У зимовий сезон спостерігаються різноманітні атмосферні явища (тумани, хуртовини, ожеледь, рідко – грози). Найраніше зима закінчується, а весна настає на південному заході та на Закарпатській низовині (середина і кінець другої декади лютого), на значній території – в середині березня, на крайньому північному сході – наприкінці березня. Найтриваліша зима (150 днів) у високогірних районах Українських Карпат. У північно-східних районах її тривалість становить 120-130 днів. На південному заході зима найкоротша (50-55 днів), на решті території вона триває 90-110 днів [17].

У січні (рис. 4.4) на території західної України (I кластер) спостерігається зростання кількості опадів, починаючи з 1996 року. На території північної, північно-східної, східної, південно-східної України (II кластер) спостерігається тенденція зменшення кількості опадів. Територія південної, південно-західної та центральної України (III кластер) співпадає з багаторічним змінюванням кількості опадів.

На всій території України у лютому (рис. 4.5) за останні 15 років спостерігається тенденція зростання кількості опадів.

У березні (рис. 4.6) на території західної та північно-західної України (I кластер) спостерігається тенденція зменшення кількості опадів з 1962 по 1977 рр.; з 1978 по 1988 рр. – тенденція залишається незмінною, а починаючи з 1989 року спостерігається зростання кількості опадів.

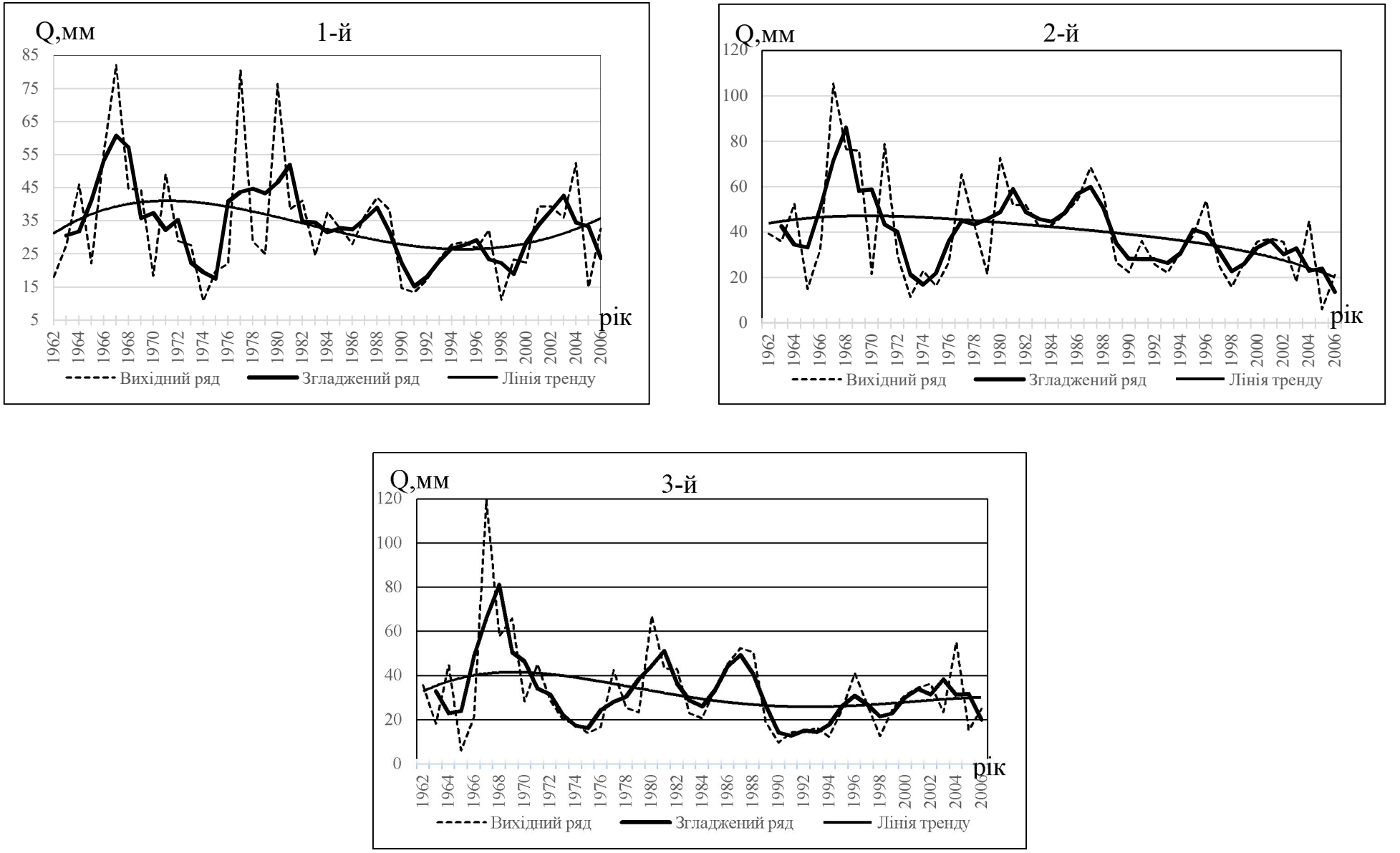


Рис. 4.4 – Вихідний ряд та детермінована основа місячної кількості опадів середнього вектора (січень)

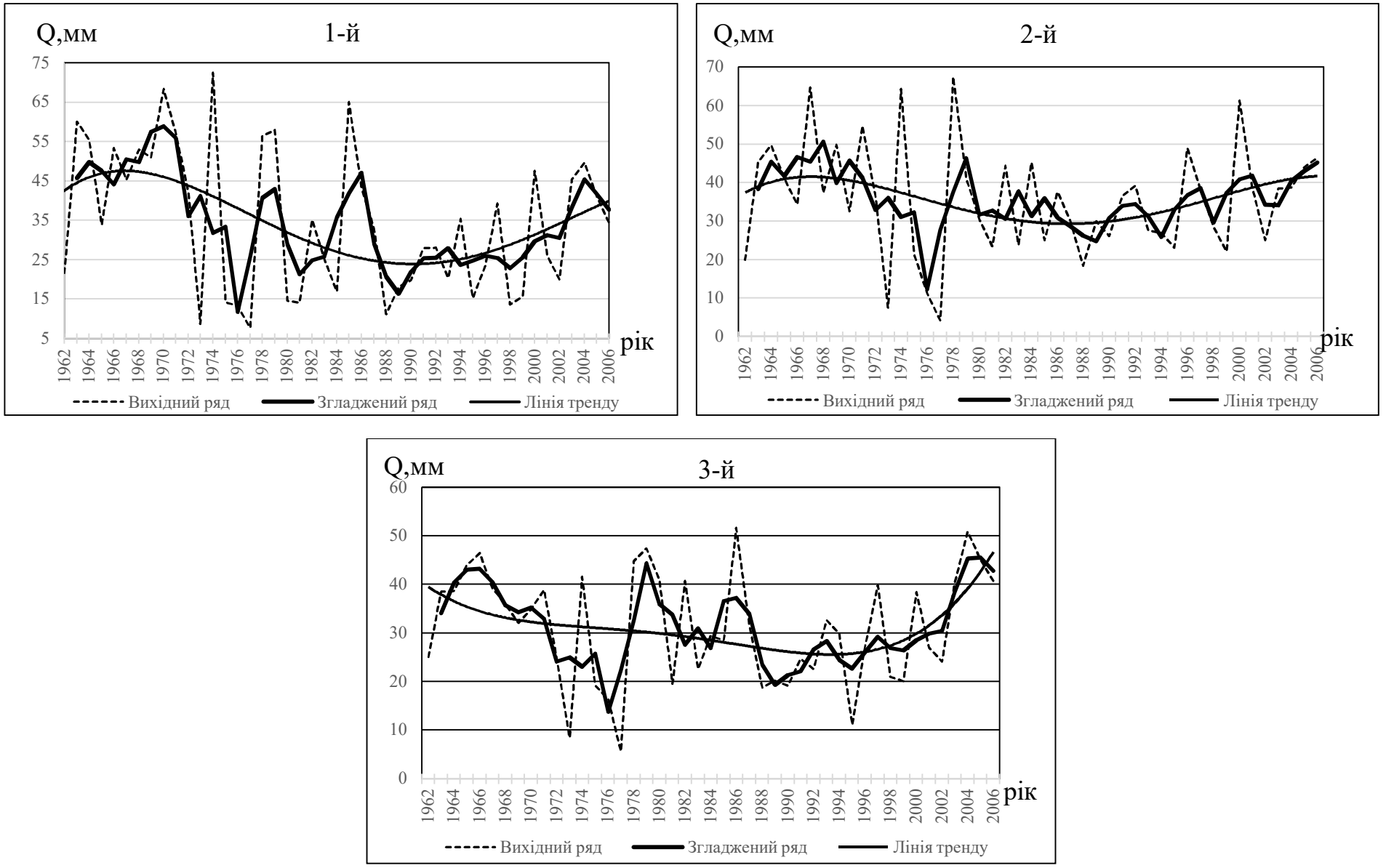


Рис. 4.5 – Вихідний ряд та детермінована основа місячної кількості опадів середнього вектора (лютий)

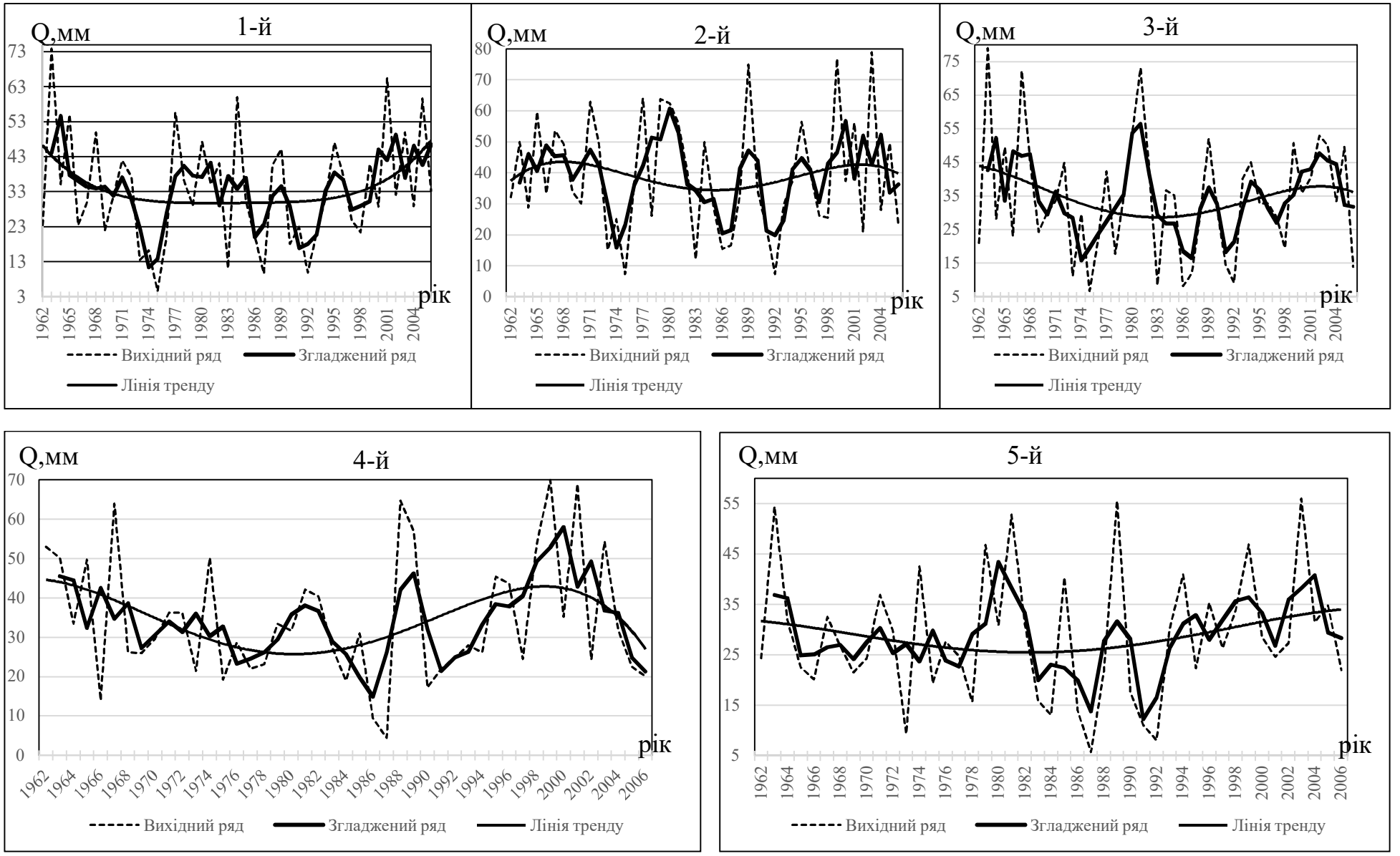


Рис. 4.6 – Вихідний ряд та детермінована основа місячної кількості опадів середнього вектора (березень)

На території північно-східної (II кластер), північної (III кластер), південної та ряду областей центральної України (V кластер), спостерігається також тенденція зменшення кількості опадів у період з 1964 по 1983 рр., з 1984 року зафіксовано чітке зростання кількості опідів. На території східної, південно-східної України (IV кластер) чітко виділяються два тренди падіння місячної кількості опадів у періоди: 1962-1980 рр. та 2000-2006 рр., а в період з 1981 по кінець 90-х років кількість опадів зростала (рис. 4.6).

Таким чином, аналіз детермінованої складової середнього вектора кожного з виділених кластерів розподілу атмосферних опадів дозволив для окремих регіонів України і конкретного місяця холодного періоду (листопад-березень) визначити тенденції зміни місячної кількості опадів на майбутнє.

4.3 Особливості режиму зволоження території України з квітня по жовтень

Весна на території України настає з переходом середньої добової температури повітря через 0 °С у бік її підвищення. В цю пору року послаблюється циркуляційна діяльність та посилюється роль радіаційного фактора й підстильної поверхні. Для весни характерне інтенсивне надходження сонячної радіації [17].

Навесні відбувається перебудова баричного поля, внаслідок чого спостерігається вітер різних напрямків. На півночі, сході й півдні переважає східний та південно-східний вітер, на заході – північно-західний, західний, а на південному заході – південний та південно-східний. З квітня починається послаблення вітру до 2-5 м/с. Інтенсивне зростання максимальної температури повітря відбувається після остаточного сходження снігового покриву. У квітні температура підвищується до 29-32 °С. У травні максимальні значення температури повітря дорівнюють 32-35 °С. Абсолютний мінімум температури повітря і в травні на значній території має від’ємні значення [17].

Перехід до весняного сезону характеризується підвищенням ролі радіаційного фактора і посиленням впливу підстильної поверхні. Зменшення температурних контрастів між морем і суходолом послаблює процеси адвекції. У зв’язку з поступовим прогрівом Євразійського материка руйнується Сибірський антициклон, а над Атлантикою розвивається Азорський антициклон. Виступ цього антициклону і окремі його ядра поступово поширюються на Європейський континент. Над Україною вони представлені у вигляді виступів орієнтованих із заходу на схід. Це часто зумовлює теплу сонячну погоду без опадів. Повторюваність північно-західних

циклонів весною зменшується, південні і південно-західні циклони виходять на західні райони України. У другу половину весняного сезону спостерігається подальше послаблення міжширотного обміну над півднем Східної Європи. Повторюваність циклонів зменшується, посилюється виступ Азорського антициклону. За рахунок прогріву земної поверхні підвищується температура повітря. У травні на фронтах оклюзії починаються зливи, розвивається грозова діяльність [17].

Для дослідження просторово-часового розподілу атмосферних опадів наприкінці XX та на початку XXI століть був застосований один з методів багатовимірного статистичного аналізу – кластерного аналізу, алгоритм якого викладено у підрозділі 2.1. Цей метод було застосовано до рядів місячної кількості опадів теплого періоду за квітень, травень, червень, липень, серпень, вересень, жовтень для 40 довгорядних станцій України. Результати реалізації методу «УАІМКА» по вказаних даних представлені у Додатку Д.

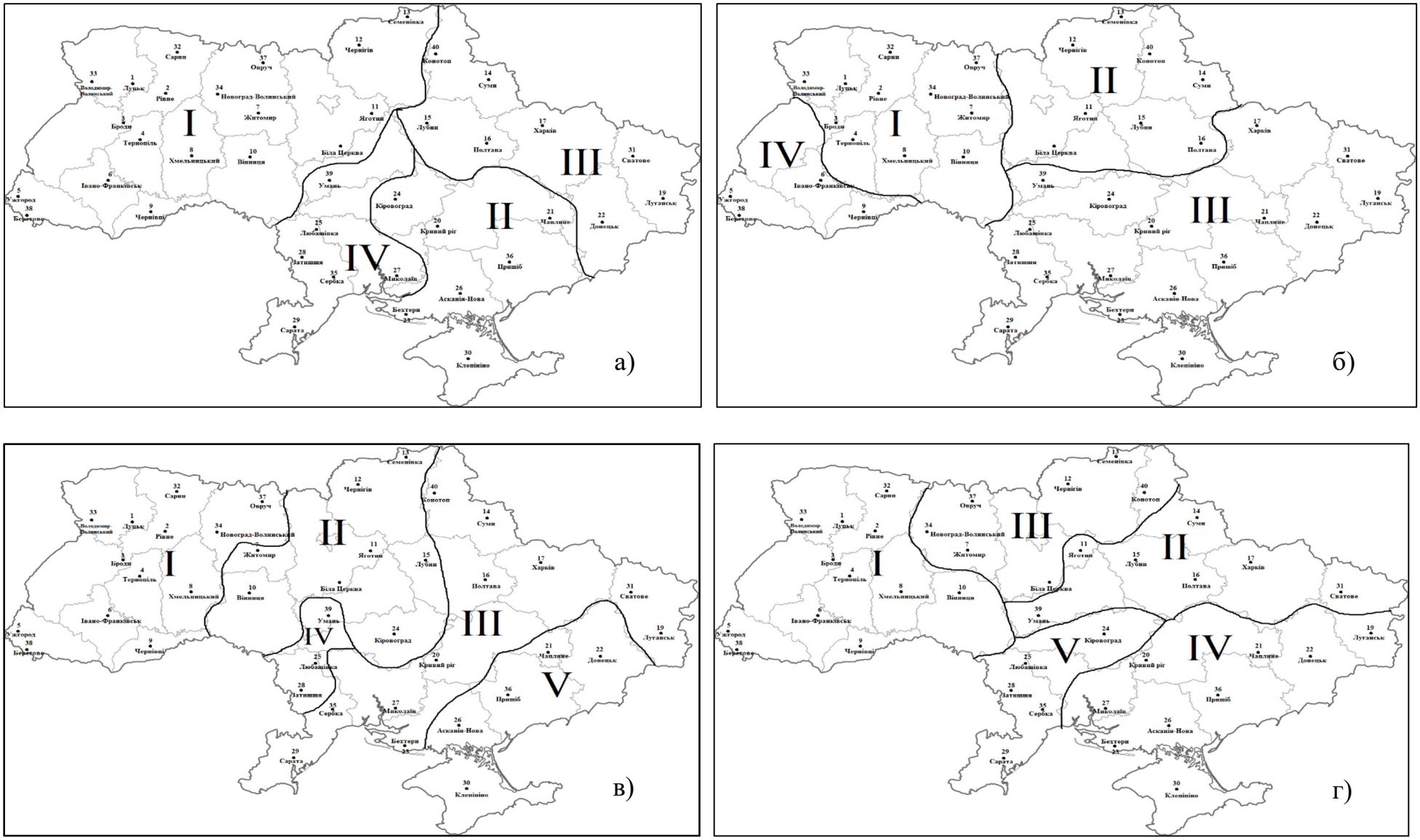
На основі вихідних даних про опади була здійснена кластерізація 40 векторів даної кліматичної характеристики за кожний місяць теплого періоду. Реалізація цього алгоритму виконувалась за допомогою комп'ютерної програми «Cla2003» (автор: к. геогр. н. Серга Е.М.).

Нижче наводяться карти-схеми кластерізації місячної кількості опадів теплого періоду, які представлені на рис 4.7-4.8.

У квітні (рис. 4.7а) територія України була поділена на чотири основних регіони: до першого кластера увійшли станції західної, північно-західної, північної та ряд областей центральної території України; до другого – станції південної та південно-східної України; до третього кластера увійшли станції східної, південно-східної частини країни; до четвертого – станції південно-західної України.

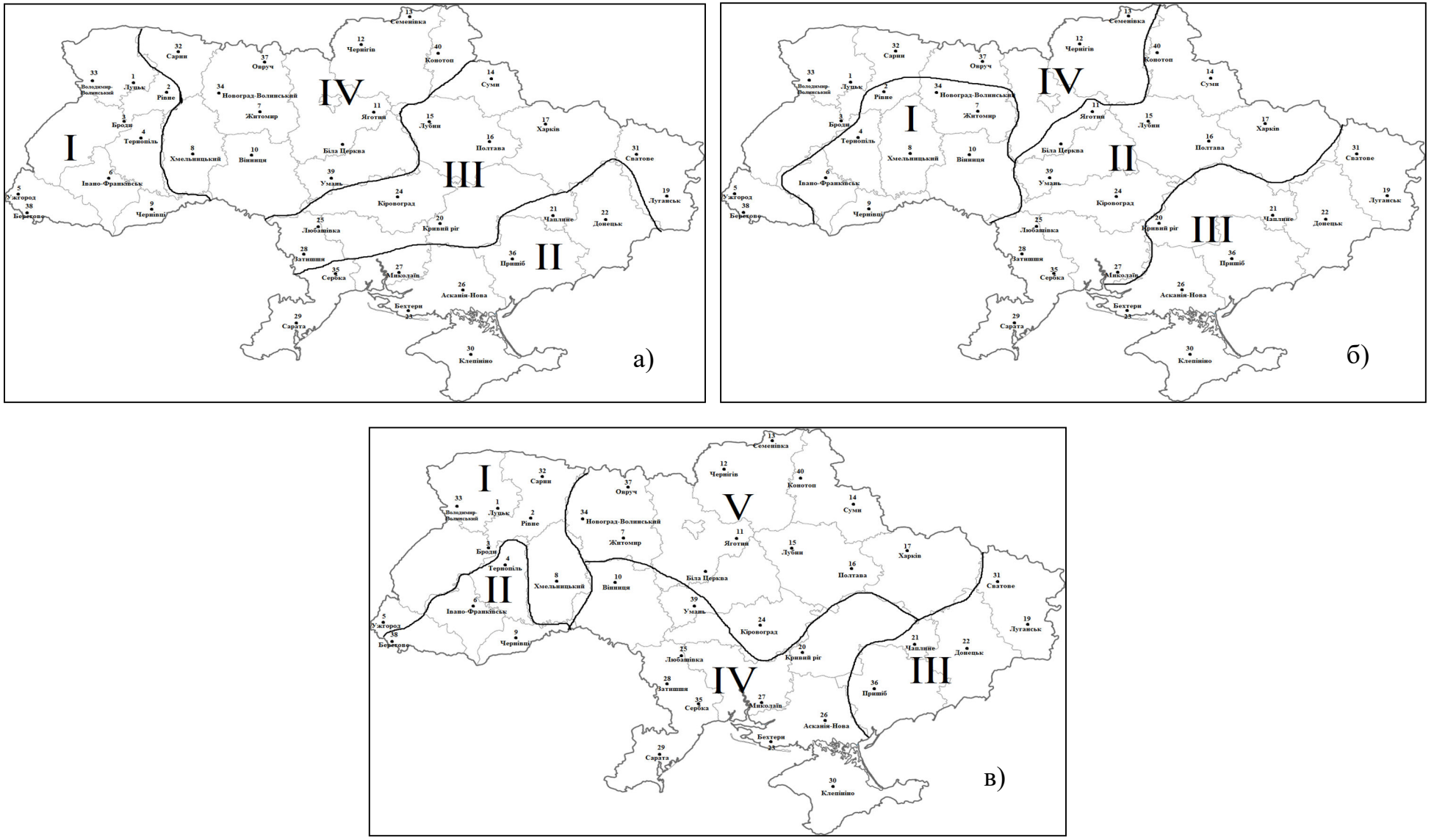
У травні (рис. 4.7б) територія України була поділена також на чотири основних регіони: до першого – увійшли станції північно-західної та центральної України; до другого – станції північної території України; до третього кластера увійшли станції східної та південно-східної та південної частини України; до четвертого – станції західної України.

У перший літній місяць (рис. 4.7в) територія України була поділена на п'ять основних регіони: до першого – увійшли станції західної та північно-західної України; до другого – станції північної та ряд областей центральної території України; до третього кластера увійшли станції північно-східної, східної та південної території; до четвертого – станції південно-східної України; до п'ятого кластера увійшли станції південно-західної України.



а) – квітень; б) – травень; в) – червень; г) – липень

Рис. 4.7 – Результати кластерізації місячної кількості опадів на території України у теплий період



а) – серпень; б) – вересень; в) – жовтень

Рис. 4.8 – Результати кластерізації місячної кількості опадів на території України у теплий період

У липні (рис. 4.7г) територія України була поділена також на п’ять однорідних (за особливостями режиму розподілу атмосферних опадів) класи: до першого відносяться станції західної та північно-західної України; до другого кластера увійшли станції центральної, північно-східної та східної її території; до третього – станції північної України; до четвертого – станції південно-східної території України; до п’ятого – станцій південної та південно-західної території.

В останній літній місяць (серпень) на території України було визначено чотири регіони: до першого – увійшли станції західної України; до другого – станції південної та південно-східної її території; до третього кластера увійшли станції східної, північно-східної та південно-західної частини України; до четвертого – станції північної, північно-західної та ряд областей центральної України (рис. 4.8а).

У перший осінній місяць (рис. 4.8б) територія України була поділена на чотири основних регіони: до першого – увійшли станції центральної та південно-західної України; до другого – станції північно-східної, південної та ряд областей центральної території України; до третього кластера увійшли станції східної та південної її території; до четвертого – станції північної, північно-західної та західної України.

У жовтні (рис. 4.8в) на території України було визначено п’ять регіонів: до першого – увійшли станції північно-західної України; до другого – станції західної території; до третього кластера увійшли станції східної, південно-східної частини України; до четвертого – станції південної, південно-західної та ряд областей центральної України; до п’ятого кластера увійшли станцій центральної, північної та північно-східної території України.

4.4 Статистична структура атмосферних опдів у теплий період (квітень-жовтень)

Літній сезон на Україні характеризується високою інтенсивністю сонячної радіації, зменшенням баричних градієнтів і слабкою адвекцією. Помітний вплив має підстильна поверхня, яка зумовлює, особливо на півдні країни, інтенсивну трансформацію повітря, що накладає відбиток на циркуляційні процеси [17].

Влітку значного розвитку набуває Азорський максимум, виступ якого поширюється далеко на схід. Антициклони його походження через Британські острови і Біскайську затоку виходять на Європейський континент і

просуваються далі, через Україну, на схід і південний схід. Інколи над півднем ЄТР спостерігаються виступи східних антициклонів, які в окремих випадках можуть стаціонувати над внутрішніми морями при спільній дії орографії (Кавказького хребта) і температури морської поверхні. Це зумовлює утворення над південними районами Західної і Східної Європи добре вираженої смуги підвищеного тиску, яка частіше за все має вигляд орієнтованих з заходу виступів стаціонарних антициклонів над Центральною Європою. Завдяки цьому над Україною встановлюється північно-західний потік повітря помірних широт, який пересуваючись над її великими рівнинами і, особливо, південними районами, значно прогрівається і висушується, тобто трансформується з морського в континентальний [17].

По північній периферії термічної дипресії, яка формується над прогрітими районами Середньої Азії, на Україну зрідка надходить сухе континентальне повітря помірних широт, а інколи тропічне континентальне повітря з Середньої Азії. А панування процесу антициклогенезу і сприятливі радіаційні умови призводять до того, що південні степні її райони самі можуть ставати осередком формування континентального тропічного повітря.

Для літнього сезону України взагалі характерне послаблення циклонічної діяльності, особливо на півдні. Загальна кількість циклонів помітно зменшується на початку літа. Області низького тиску представлені переважно слабко виразними циклонами та улоговинами, які переміщуються з заходу на схід. Інколи на території України виходять південно-західні циклони, які приносять сюди вологі середземноморські повітряні маси [17].

Висотна фронтальна зона піднімається до півночі і розташовується над центральними і північними районами ЄТР, тому північно-західні атлантичні циклони влітку проникають на Україну дуже рідко. Проходження неглибоких циклонів і пов’язаних з ними фронтів через територію України зумовлюють випадіння короткочасних опадів. Більша кількість їх спостерігається в північно-західній частині країни, де циклони проходять частіше, ніж на півдні. Фронтальні розділи звичайно приходять на Україну в розмитому вигляді і більше половини всіх атмосферних фронтів проходять через степові райони «сухими», тобто без опадів. Літні процеси продовжуються до середини серпня, в подальшому характер циркуляції змінюється на осінній [17].

У підрозділі 4.3 були представлені результати районування території України, яке дозволило отримати однорідні класи за особливостями режиму розподілу атмосферних опадів для кожного місяця теплого періоду та визначити часові ряди середніх векторів виділених кластерів місячної кількості опадів.

За допомогою простого ковзного осереднення була отримана

детермінована основа середнього вектора кожного з визначених кластерів, яка є складною у кожному з них і потребує детального аналізу.

Тому на наступному етапі дослідження були отримані згладжені часові ряди та визначено тренди в рядах середніх векторів виділених кластерів місячної кількості опадів у період 1961-2005 рр. (рис. 4.9-4.15).

У квітні (рис. 4.9) на території західної, північно-західної, північної України (I кластер) з 1961 року по 1969 рік спостерігається тенденція зростання кількості опадів, починаючи з 1970 року по 1995 рік спостерігається незмінна тенденція опадів, зменшення кількості опадів спостерігається з 1996 року по 2005 рік. На території південної, південно-східної, східної України (II, III кластер) починаючи з 1961 по 1980 рр. кількість опадів збільшилась, з 1981 по 2000 рр. – кількість опадів зменшилась. На території південно-західної Україні (IV кластер) з 1961 року по 1967 рік та з 1986-1999 рік спостерігалась тенденція зменшення кількості опадів, теденція збільшення кількості опадів спостерігалась з 1968 по 1985 рр. та з 2000 по 2005 рік.

У травні (рис. 4.10) на території північно-західної та центральної України (I кластер) спостерігається незмінна тенденція кількості опадів починаючи з 1961 по 1995 рр.; з 1996 по 2005 рік спостерігається зростання кількості опадів. На півночі України (II кластер) спостерігаються два тренди падіння починаючи з 1961 року по 1975 рік та з 2000 по 2005 рр.; з 1976 року по 1999 рік спостерігається тенденція збільшення опадів. На території східної, південно-східної та південної України з 1961 року по 1969 рік спостерігається тенденція зменшення кількості опадів, починаючи з 1995 року по 2005 рік спостерігається тенденція збільшення кількості опадів. На західній Україні (IV кластер) зростання кількості опадів відбувається у період з 1961 року по1982 рік та зменшення у перід з 1983 року по 2005 рік.

Літо – найтепліший сезон року, обмежений датами стійкого переходу середньої добової температури повітря через 15 °С у період її підвищення навесні та зниження восени. Основними факторами формування клімату є сонячна радіація й підстильна поверхня. Для літа характерна значна однорідність та стійкість атмосферних процесів.

Влітку атмосферний тиск продовжує знижуватися. У червні встановлюється літній тип розподілу вітру. У липні відмічається північно-західний та західний вітер, у південних районах – північний. Середня місячна швидкість вітру влітку менша, ніж в інші сезони. У липні-серпні вона зменшується до 2-3 м/с, у гірських районах – до 4-5 м/с [17].

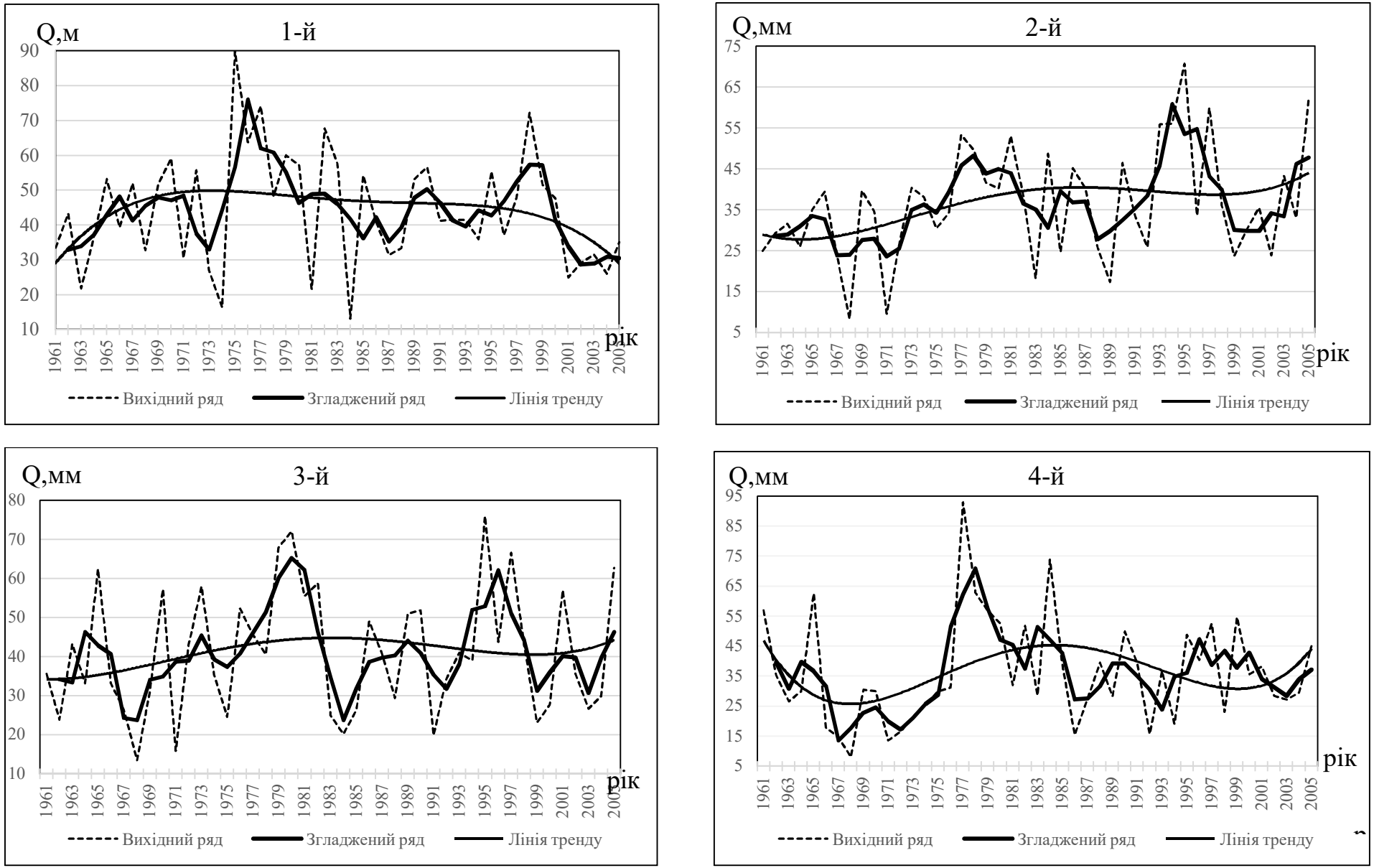


Рисунок 4.9 – Вихідний ряд та детермінована основа місячної кількості опадів середнього вектора (квітень)

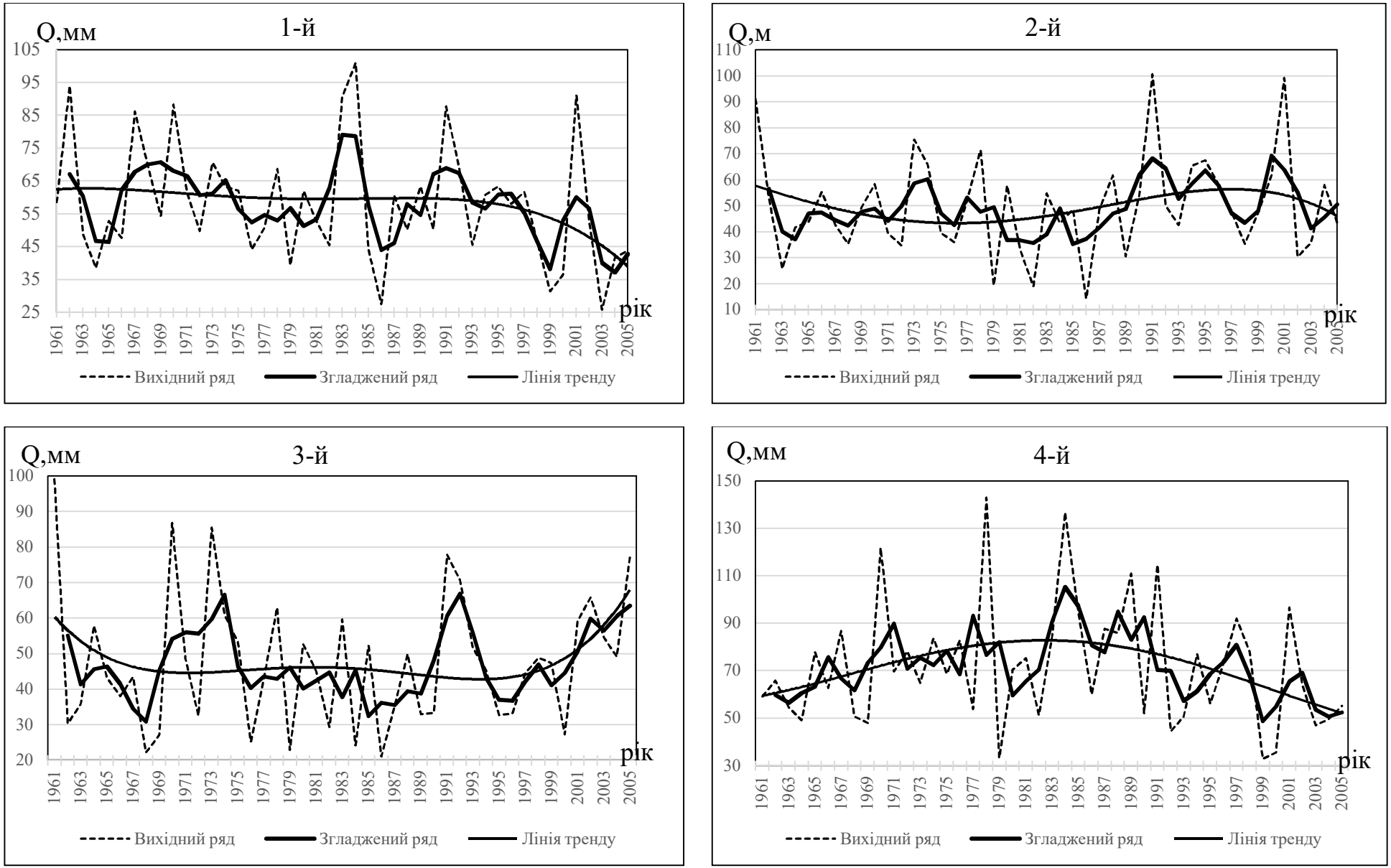


Рис. 4.10 – Вихідний ряд та детермінована основа місячної кількості опадів середнього вектора (травень)

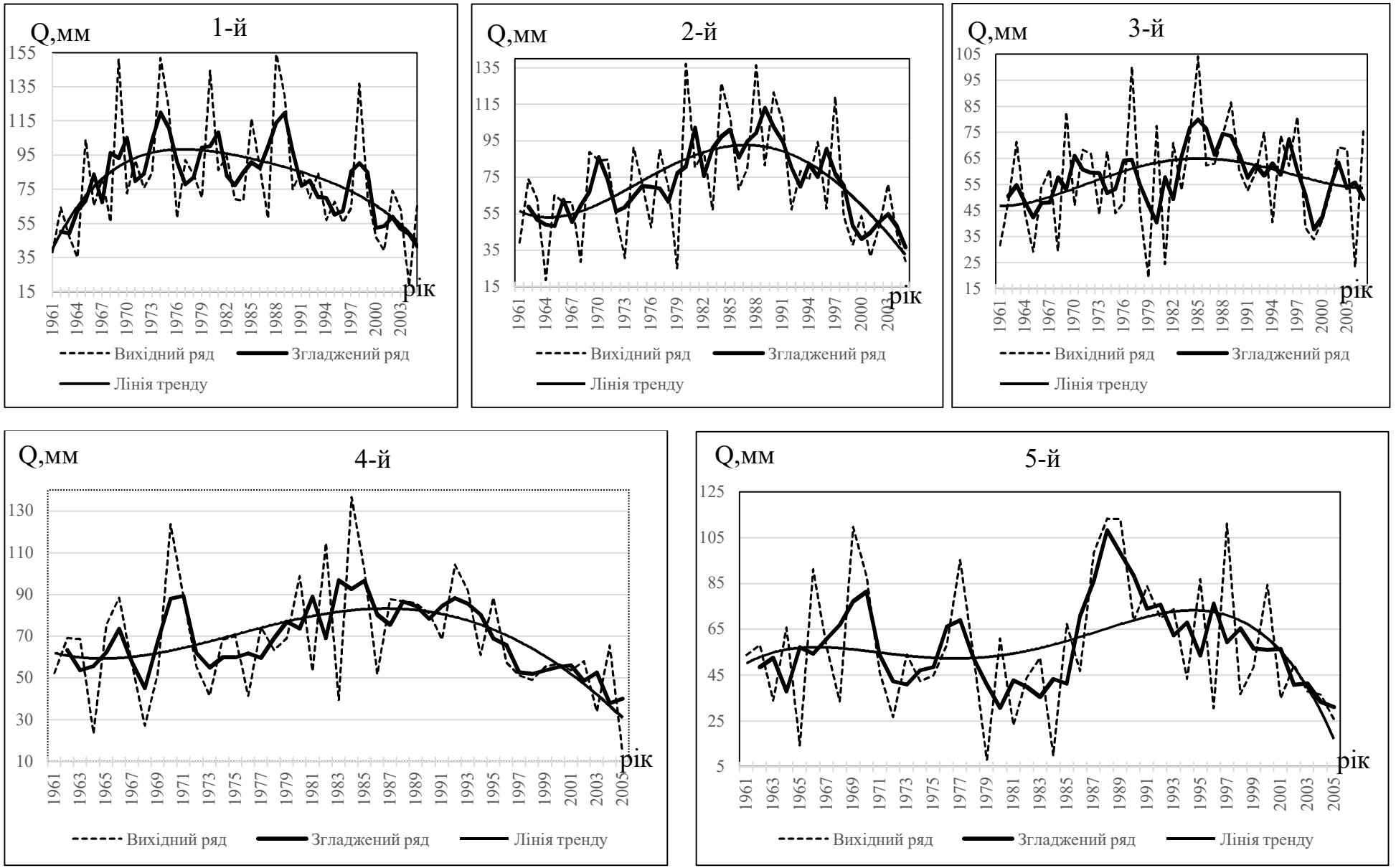


Рис. 4.11 – Вихідний ряд та детермінована основа місячної кількості опадів середнього вектора (червень)

У перший літній місяць (рис. 4.11) на території західної та північно-західної України (I кластер) спостерігається тренд зростання кількості опадів починаючи з 1961 року по 1978 рік та тренд падіння кількості опадів з 1979 року по 2005 рік. На території північної та ряду областей центральної України (II кластер), а також на території східної, північно-східної, південної України (III кластер) та на території південно-східної України (IV кластер) починаючи приблизно з 1962 року по 1988 рік спостерігається збільшення кількості опадів, зменшення опадів спостерігається у період з 1989 року по 2005 рік. На південному заході України спостерігається два тренди падіння кількості опадів у період з 1965 року по 1978 рік та з 1996-2005 роки, з 1979 по 1995 рр. спостерігається тенденція збільшення кількості опадів.

У липні (рис. 4.12) на західній та північно-західній території України (I кластер) у період 1961-1969 рр. та 1985-1999 рр. спостерігається тенденція збільшення кількості опадів, зменшення кількості опадів відбувається у період 1970-1984 рр. та 2000-2005 роки. На півночі країни (III кластер) тенденція збільшення кількості опадів спостерігається з 1961 по 1976 рік, з 1977 по 2005 рік спостерігається зменшення кількості опадів. На всій іншій території країни (II, IV, V кластер) починаючи з 1961 року приблизно по 1977 рік та з 1997 по 2005 рр. спостерігається тенденція зростання кількості опадів; з 1978 по 1996 рр. спостерігається тенденція зменшення кількості опадів.

В останній літній місяць (рис. 4.13) на території західної України (I кластер) спостерігається тренд росту, починаючи з 1961 року та тренд падіння – з 1979 по 2005 рр. На півдні, південному-сході (II кластер) та на сході, північному-сході, південному заході України (III кластер) у період з 1961 по 1970 рр. та з 1991 по 2005 рр. спостерігається збільшення кількості опадів, тренд падіння зафіксовано приблизно з 1971 року по 1990 рік. На півночі, північному заході та ряду областей центральної України спостерігається тенденція зменшення кількості опадів у період з 1961 по 1971 рр., з 1972 по 2005 рр. тенденція кількості опадів незмінна.

У літній сезон випадає найбільша кількість опадів (60-85 мм за місяць), за винятком Південного берега Криму, де відповідні найвищі показники відзначаються взимку. Переважають зливи. Найбільша кількість опадів буває в червні-липні, у серпні вона зменшується. Для літа характерна значна мінливість опадів: розмах коливання їхньої кількості може сягати 200 мм і більше. Опади супроводжуються грозою, градом, шквалом, сильним вітром. В окремі роки спостерігаються посушливі явища (посухи, суховії) [17].

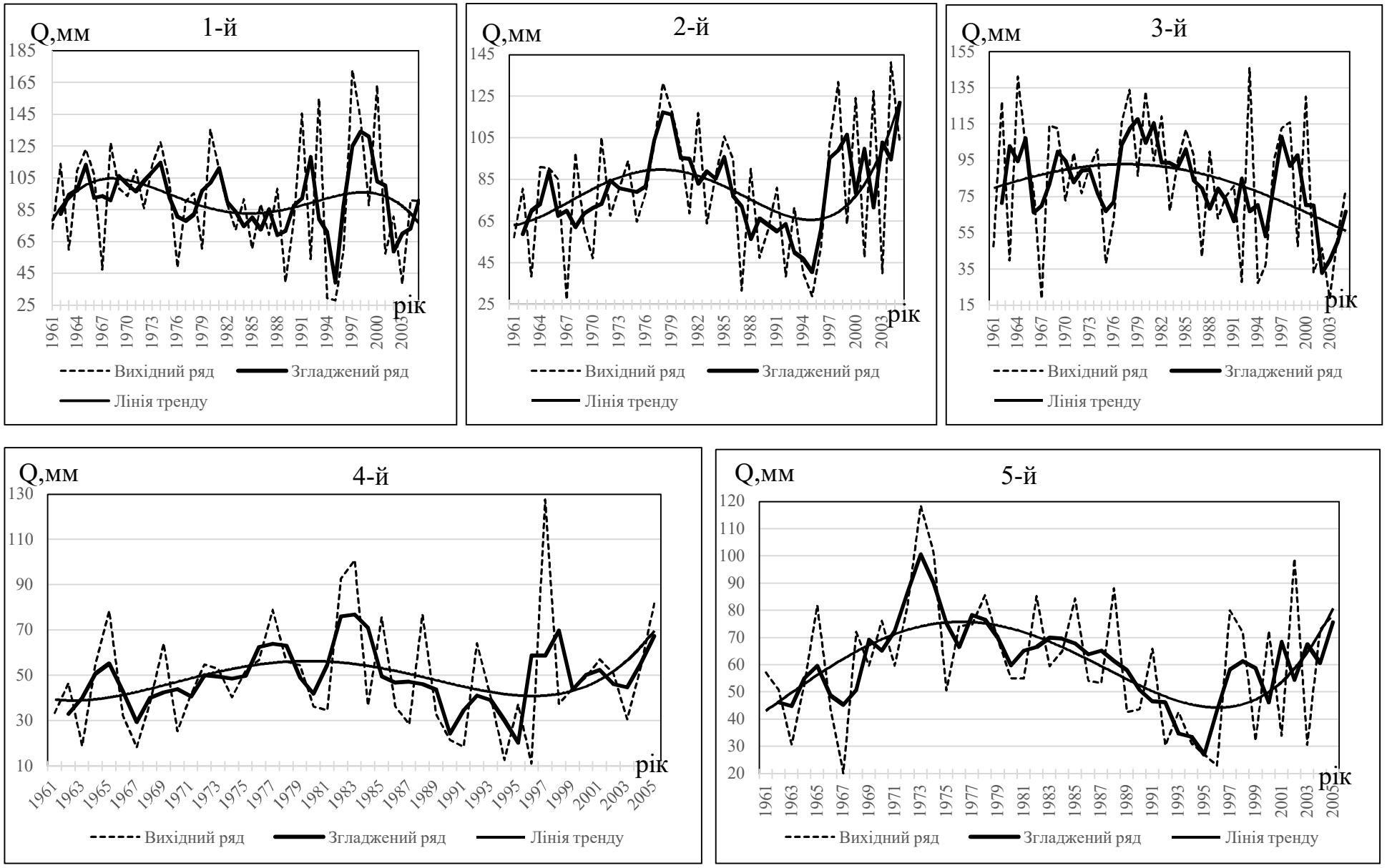


Рис. 4.12 – Вихідний ряд та детермінована основа місячної кількості опадів середнього вектора (липень)

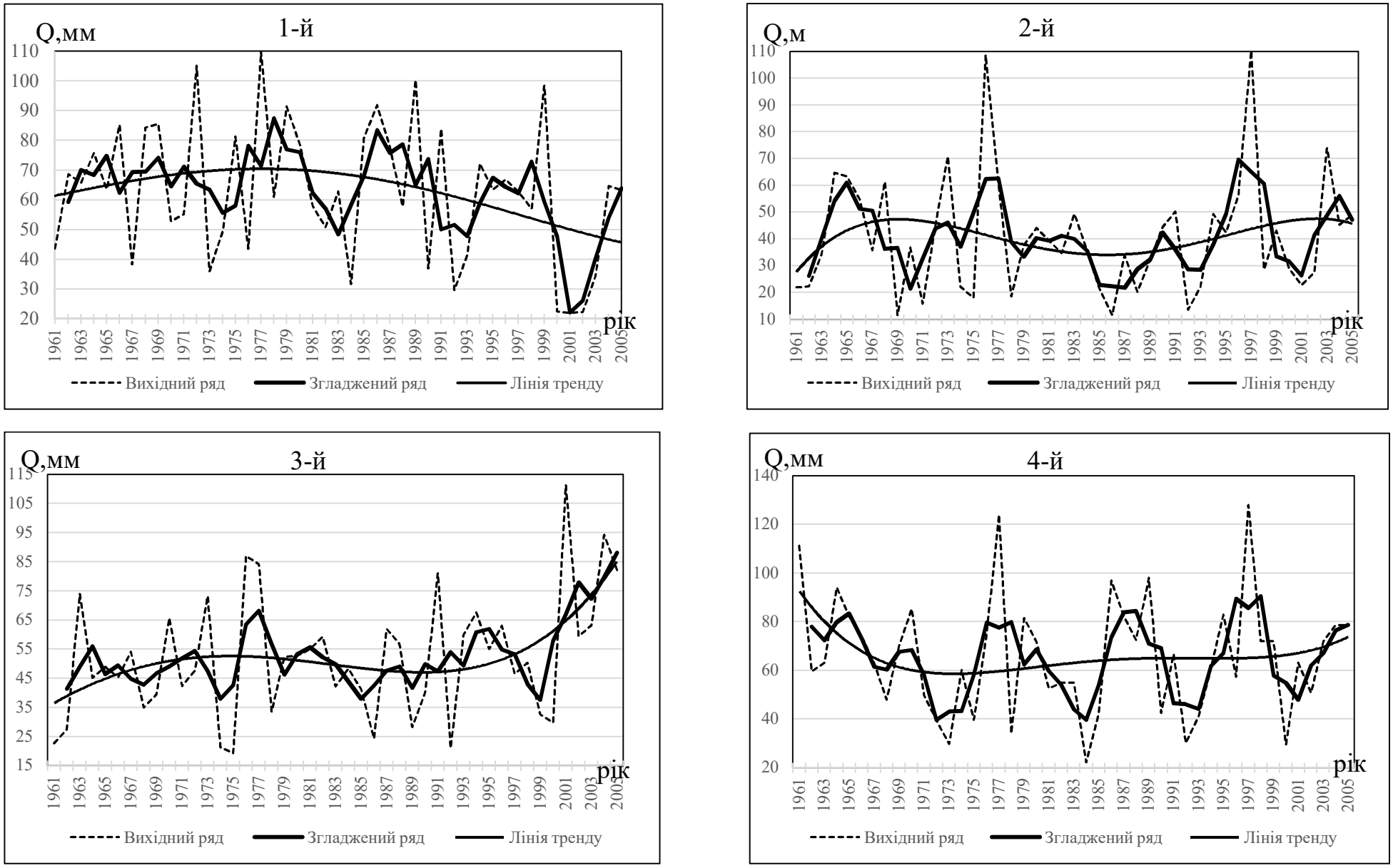


Рис. 4.13 – Вихідний ряд та детермінована основа місячної кількості опадів середнього вектора (серпень)

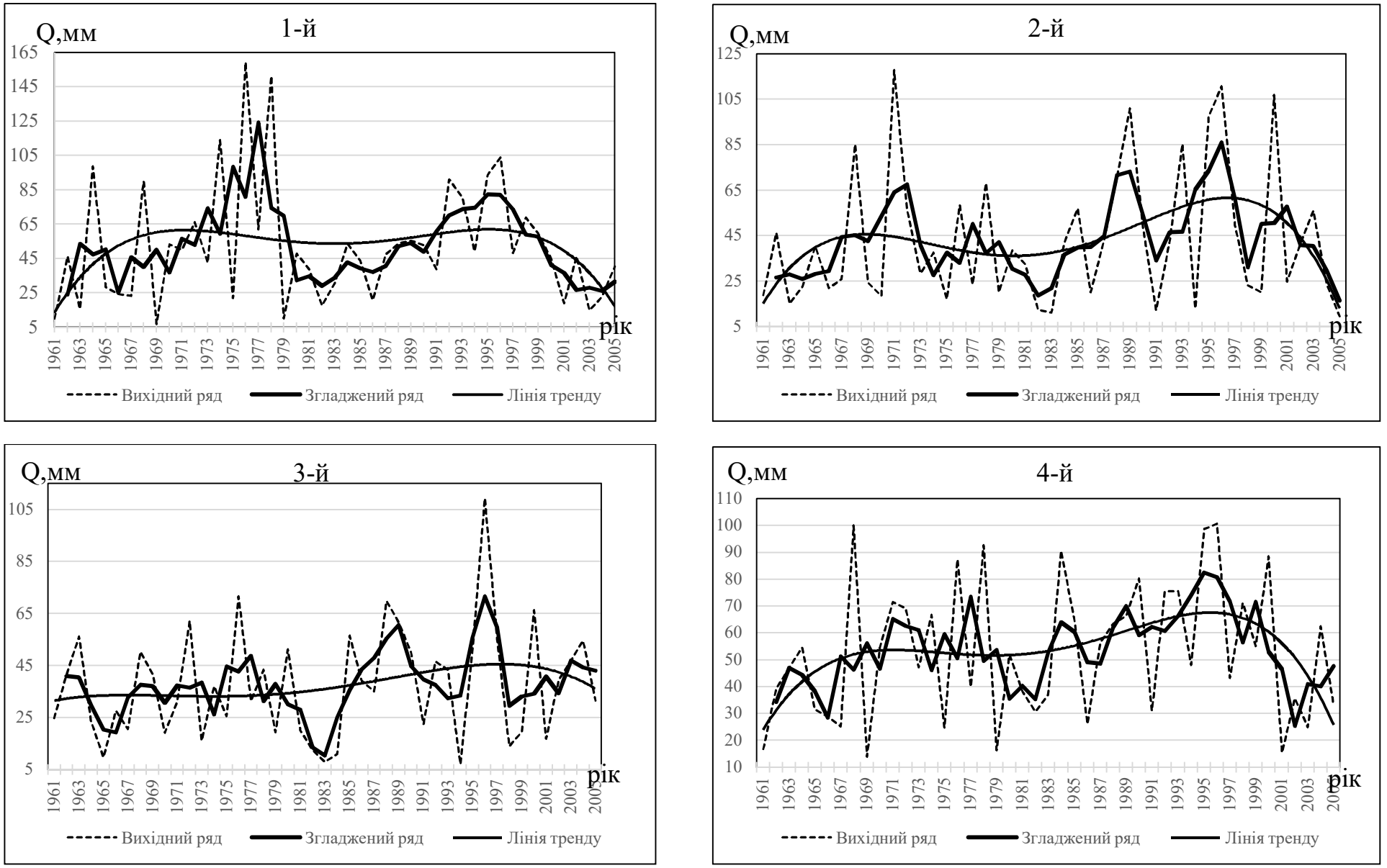


Рис. 4.14 – Вихідний ряд та детермінована основа місячної кількості опадів середнього вектора (вересень)

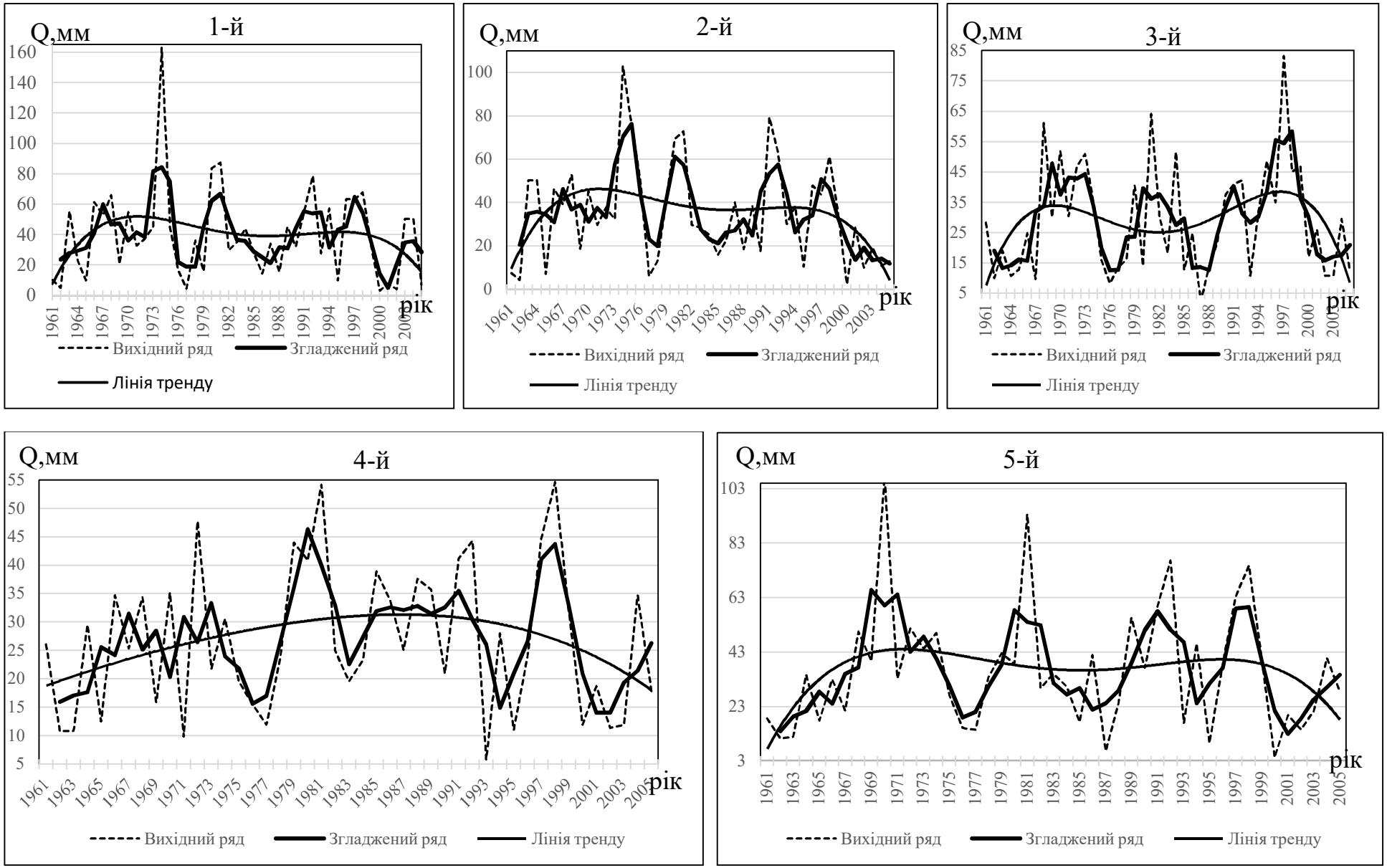


Рис. 4.15 – Вихідний ряд та детермінована основа місячної кількості опадів середнього вектора (жовтень)

Літо закінчується майже на всій території в першій декаді вересня. Найкоротший літній сезон (100-105 днів) – на півночі та в західних районах. У напрямку на південь його тривалість поступово збільшується до 140 днів на узбережжях морів. Найтриваліше літо (150 днів) – на Південному березі Криму [17].

У вересні (рис. 4.14) на території центральної та південно-західної України (I кластер), північно-східної та південної України (II кластер), а також на території північної, північно-західної та західної України (IV кластер) спостерігається два тренди росту кількості опадів: 1961-1971 рр. та 1983-1997 рр.; з 1972 року по 1982 рік та з 1998 року по 2005 рік спостерігається тренд падіння кількості опадів. На сході та півдні країни (III кластер) кількість опадів коливається в межах 35 мм, а потім зростає до 45 мм у 1999 році.

У жовтні (рис. 4.15) на всій території країни (I, II, III, V кластер), окрім південної, південно-західної та ряду областей центральної України спостерігається тенденція збільшення кількості опадів у період з 1961 року приблизно по 1970 рік та з 1983 року по 1997 рік; тенденція зменшення кількості опадів спостерігається у період з 1971 року по 1982 рік та з 1998 року по 2005 рік. На півдні та південому заході спостерігається тенденція збільшення кількості опадів з 1961 року по 1989 рік та тенденція зменшення кількості опадів, починаючи з 1990 року.

5 ВПЛИВ ОСНОВНИХ ТЕЛЕКОНЕКЦІЙ ПІВНІЧНОЇ ПІВКУЛІ НА РЕЖИМ ОПАДІВ ПО ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

5.1 Північно-Морське Каспійське коливання як одна з основних телеконекцій Північної півкулі

У 1989 році групою вчених [44-47] на чолі з Conte було виявлено новий режим аномальної атмосферної циркуляції над територією Європейсько-Середземноморського регіону – Північно-Морське Каспійське коливання (ПМКК) або North Sea-Caspian Pattern (NCP) [44, 47, 48]. Їх пропозиція була заснована на ефекті диполя, який вони виявили між Алжиром та Каїром в середньобагаторічних значеннях геопотенціальної висоти ізобаричної поверхні 500 гПа. Пізніше за допомогою методу лінійної кореляції були визначені основні центри (полюси) даного типу мінливості. Виявилося, 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 [44, 47, 49].

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

Вплив різних фаз NCP найбільш відчутно позначається на температурному режимі і в меншій мірі на сумарну кількість опадів. Так, для

додатної фази найбільш характерне переважання меридіональної циркуляції з північною складовою, що тягне за собою 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 [44, 45, 47, 48].

Оскільки Північно-Морське Каспійське коливання (NCP) 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.

За методикою, що була викладена у підрозділі 2.3, нами була отримана матриця кореляції 31-го порядку (табл. Е.1). Аналізу підлягали 480 парних коефіцієнтів кореляції, які виражали лінійну кореляційну залежність між рядами середніх векторів місячної кількості опадів визначених кластерів за листопад, грудень, січень, лютий, березень (n=19) та індексом NCP за січень, лютий, березень, квітень, травень, червень, липень, серпень вересень, жовтень, листопад та грудень (n=12).

Парні коефіцієнти кореляції приймалися статистично значущими на рівні значущості α = 0,10. За таких умов аналізу підлягали $| r_{xy} | \geq 0{,}32$.

В табл. 5.1 представлені вірогідні парні коефіцієнти кореляції для взаємозв'зків NCP та кількості опадів за місяці холодного періоду.

Таблиця 5.1 – Коефіцієнти кореляції (r_{xy}) (NCP – місячна кількість опадів)

Місяць (NCP)	Місяць (холодний період)									
	XI		XII		I		II		III	
	r_{xy}	клас-тер	r_{xy}	клас-тер	r_{xy}	клас-тер	r_{xy}	клас-тер	r_{xy}	клас-тер
01	-	-	-	-	-	-	-0,36	3	-	-
04	-	-	-	-	-	-	0,41	2	-	-
05	0,32	1	-	-	-	-	-	-	-	-
08	-	-	-	-	-	-	-0,46	3	-	-
09	-	-	-	-	0,38	1	-	-	-	-
10	-0,44	2	-	-	-	-	-	-	-	-
11	0,33	2	-	-	-	-	-	-	-	-
12	-0,33	3	-	-	-	-	-	-	-	-

Як випливає з табл. 5.1, у грудні та березні місячна кількість опадів не має статистично значущого зв’язку з Північно-Морським Каспійським коливанням. Наприклад, у листопаді місячна кількість опадів на території західної та північно-західної України має прямий лінійний кореляційний зв’язок з NCP у травні. На станціях північної та північно-східної України місячна кількість опадів також має прямий лінійний кореляційний зв'язок з індексами NCP у листопаді та тісний обернений лінійний кореляційний зв'язок у жовтні. У січні опади на території західної та північно-західної України мають тісний прямий лінійний кореляційний зв'язок з індексом NCP у вересні. Опади у лютому на станціях південно-східної та південної України мають статистично значущий обернений лінійний кореляційний зв'язок з індексом NCP у січні та серпні. Атмосферні опади на станціях західної, північно-західної, північної, північно-східної та східної України мають прямий тісний кореляційний зв'язок з індексами NCP у квітні.

Таким чином, розподіл атмосферних опадів у холодний період на території України у листопаді, січні та лютому мають тісний лінійний (прямий або обернений, в залежності від місяця) кореляційний зв'язок з Північно-Морським Каспійським коливанням.

В табл. 5.2 представлені вірогідні парні коефіцієнти кореляції для взаємозв’зків NCP та кількості опадів за місяці теплого періоду (табл. Е.2). У дужках вказано номер кластера.

Таблиця 5.2 – Коефіцієнти кореляції (NCP – місячна кількість опадів)

Місяць (NCP)	Місяць (теплий період)						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
01	-	-	-0,40 (4) 0,33 (5)	-	-	-	-
02	-	-	-0,37 (5)	-	-	-	-
03	-	-	-0,34 (4)	-	-	-	-
04	-0,58 (1)	-	-	-	-0,44 (1)	0,32 (1)	0,39 (1)
05	-	0,32 (4)	0,43 (5) 0,36 (2)	-	-	0,38 (3) 0,33 (2)	-
06	-	-	-0,47 (2) -0,49 (3) -0,36 (4)	-	-	-	-
07	-0,32 (2) -0,36 (4)	-	-0,34 (4)	-0,43 (1) -0,35 (2)	-	-	-

Продовження табл. 5.2

Місяць (NCP)	Місяць (теплий період)						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
08	-	0,39 (1)	-	-	-0,36 (4)	-	0,38 (1) 0,39 (2) 0,38 (3) 0,40 (5)
09	-	0,34 (3)	0,48 (5)	-	0,44 (4)	-0,38 (1) -0,47 (4)	-
10	0,47 (1)	-	-	0,41 (4)	0,32 (1)	-	-0,68 (1) -0,62 (2) -0,30 (3) -0,48 (4) -0,38 (5)
11	-	0,36 (4)	-	-	-	-	-
12	-0,41 (3)	-	0,48 (3)	-	-0,46 (2)	-	-

Як випливає з табл. 5.2, з імовірністю 90% встановлено тісній лінійний кореляційний зв'язок місячної кількості опадів на території України за визначеними кластерами у квітні, травні, червні, липні, серпні, вересні та жовтні з Північно-Морським Каспійським коливанням і цей зв'язок є більш вираженим, ніж у холодний період.

Атмосферні опади майже на всій території України у квітні мають тісний обернений лінійний кореляційний зв'язок з індексами NCP. У травні, навпаки, цей зв'язок є прямим. Слід зазначити, що у жовтні, крім станцій, які входять до четвертого кластера (південні, південно-західні та ряд областей центральної України), атмосферні опади майже на всій території України мають тісний прямий лінійний кореляційний зв'язок з Північно-Морським Каспійським коливанням у серпні. Атмосферні опади у жовтні на всій території України (I, II, III, IV, V кластери) мають тісний обернений лінійний кореляційний зв'язок з цим коливанням.

Атмосферні опади у червні, липні, серпні та вересні на території України мають тісний статистично значущий (як прямий, так і обернений) лінійний кореляційний зв'язок з Північно-Морським Каспійським коливанням.

Проведене дослідження міжширотних зв’язків атмосферних опадів на території України та Середземномор’я підтверджує існування тісного взаємообумовленого зв’язку в Європейському секторі, особливості яких треба враховувати при складанні довгострокових прогнозів погоди.

5.2 Північно-Атлантичне коливання як результат взаємодії атмосфери та океану в районі Північної Атлантики

Північно-Атлантичне коливання (ПАК) є однією з найважливіших характеристик макромасштабної циркуляції атмосфери в Північній півкулі. Воно виражено в усі сезони року і проявляється на масштабах від декількох діб до декількох століть. Кореляція зимових значень індексу ПАК (NAO) та аномалій температури повітря в Північній Європі становить 0,7-0,8 [50, 51].

Відтворення ПАК неможливо без врахування температури поверхні океану в Північній Атлантиці. Основний вплив океану на атмосферу відбувається через потоки тепла при випаровуванні.

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 [52]. 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 з додатної на від'ємну фазу ПАК часто пов'язано з формуванням блокуючих режимів в атмосфері, вивченню яких присвячена велика кількість робіт [53-57].

Як правило, за п'ять днів до формування блоку в північно-східній частині Північної Атлантики спостерігається активний циклогенез у західній частині океану. В роботах [56, 58, 59] наводяться приклади формування блокуючих режимів слідом за виникненням «вибухових циклонів» вище за потоком. «Вибуховим циклоном» або «метеорологічною бомбою» називається позатропічний циклон, який заглиблюється зі швидкістю 1 гПа в годину і більше (в залежності від широти) протягом 24 годин. Показано, що найбільш тривалі блоки формуються через 84 години після проходження «бомби».

По середньомісячних значеннях індексу ПАК за період з 1948 по 2001 рр. була визначена стійкість індексу за знаком в осінньо-зимовий період [53]. При переході від вересня до жовтня знак індексу зберігається в 51% випадків, від жовтня до листопада – в 49%, від листопада до грудня − 62%, від грудня до січня – в 60% і від січня до лютого – в 66%. Ці результати свідчать про необхідність розгляду умов формування ПАК, починаючи з листопада [52].

За період з 1948 по 2001 рр. була розрахована кореляція середньомісячних значень індексу ПАК у листопаді-лютому з середньомісячними полями АТПО та аномалією тиску на рівні моря з зсувом до 12 місяців. Оцінка впливу теплового режиму Північної Атлантики на циркуляцію атмосфери в січні була отримана іншим шляхом. Були вибрані по 8 років з найбільшими додатними та від'ємними значеннями індексу ПАК у січні. Для цих груп років побудовані середньомісячні композитні АТПО. Виявилось, що найбільша різниця АТПО відстежується у вересні, притому додатній фазі ПАК передує додатна АТПО в області Гольфстріму та від'ємна АТПО в області Північно-Атлантичної течії, для від'ємної фази ПАК АТПО має обернений зв'язок [52, 59].

Відомо, що атлантична циркуляція в Північній півкулі є важливою компонентою загальної циркуляції атмосфери і її специфіка обумовлена процесами взаємодії з діяльним шаром та течіями океану.

Оскільки атмосферна циркуляція є головним проявом зміни клімату, тому що охоплює всі складові погодних умов [60], представляє інтерес дослідити вплив саме цього кліматоутворювального фактора на формування полів атмосферних опадів на території України у зв'язку з глобальними кліматичними змінами.

Враховуючи перевагу циркуляційного фактора у формуванні атмосферних опадів на території України у холодний період, за допомогою кореляційного аналізу було проведено дослідження лінійних зв'язків між місячною кількістю опадів (ряди середнього вектора кожного з виділених кластерів) та основним індикатором кліматичної мінливості Північної півкулі – Північно-Атлантичним коливанням (індекс NAO).

Як відомо, формування багатьох кліматичних полів залежить від північно-атлантичних макропроцесів [51, 52, 54, 59]. Тому нами, за визначеною у підрозділі 2.3 методикою, була отримана матриця кореляції 31-го порядку. Аналізу підлягали 480 парних коефіцієнтів кореляції, які виражають лінійну кореляційну залежність між рядами середніх векторів місячної кількості опадів визначених кластерів у листопаді, грудні, січні, лютому, березні та індексом NAO за січень, лютий, березень, квітень, травень, червень, липень, серпень, вересень, жовтень, листопад та грудень (табл. Є.1).

Парні коефіцієнти кореляції приймалися статистично значущими на рівні значущості $\alpha = 0{,}10$. За таких умов аналізу підлягали $|r_{xy}| \geq 0{,}32$.

В табл. 5.3 представлені вірогідні парні коефіцієнти кореляції для взаємозв'зків NAO та кількості опадів за місяці холодного періоду .

Таблиця 5.3 – Коефіцієнти кореляції (r_{xy}) (NAO – місячна кількість опадів)

Місяць (NAO)	Місяць (холодний період)									
	XI		XII		I		II		III	
	r_{xy}	клас-тер	r_{xy}	клас-тер	r_{xy}	клас-тер	r_{xy}	клас-тер	r_{xy}	клас-тер
01	-	-	-0,34 -0,47 -0,34	2 3 4	-0,41	1	-0,47 -0,32	1 3	-0,32	3
02	-	-	-	-	-	-	-0,50 - 0,37 -0,53	1 2 3	-	-
04	-0,32	1	-	-	-	-	-	-	-	-
09	-	-	-	-	-	-	0,38	2	-	-
10	-	-	-	-	-	-	0,33 0,36	1 2	-	-
11	0,37 0,34	1 2	-	-	-	-	-	-	-	-

Як випливає з табл. 5.3, формування опадів на території України в холодний період тісно залежить від стану Північно-Атлантичного коливання, вираженого індексом NAO. Спостерігається як прямий, так і обернений лінійний кореляційний зв'язок між середніми векторами виділених кластерів місячної кількості опадів з однією з основних телеконекцій Північної півкулі – Північно-Атлантичним коливанням.

В табл. 5.4 представлені вірогідні парні коефіцієнти кореляції для взаємозв’зків NAO та кількості опадів за місяці теплого періоду. У дужках вказано номер кластера (табл. Є.2).

Таблиця 5.4 – Коефіцієнти кореляції (NAO – місячна кількість опадів)

Місяць (NAO)	Місяць (теплий період)						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
01	-	0,33 (4)	-	-	-0,44 (3)	-	-
02	-	-	0,33 (2) 0,32 (4)	-	-0,38 (1)	-	-
03	-	-	-	-0,56 (1) -0,38 (3)	-	-	-
04	-	-	0,40 (2) 0,38 (3)	-	-	-	-

Продовження табл. 5.4

Місяць (NAO)	Місяць (теплий період)						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
05	-	0,41 (4)	-	-	-	-	-
06	-	-	-0,43 (2) -0,41 (3) -0,42 (4)	-	-	-	-
07	0,33 (1)	-	-	-	-	-0,32 (3)	
08	-	-	-0,37 (5)	-0,44 (1) -0,36 (3)	-0,44 (1)	-	-
09	-	-	-	-	-0,35 (2)	-0,33 (4)	-
10	-	-	-	-0,34 (1)	-	-	-0,40 (2) -0,42 (3) -0,35 (4) -0,36 (5)
11	-	-	-	0,35 (2)	-	-	-
12	-	-	0,41 (1)	0,32 (1) 0,34 (2) 0,32 (4)	-	-0,34 (3)	-

Як випливає з табл. 5.4, міжширотні зв’язки між атмосферними опадами на території України у квітні і ПАК чітко проявляються тільки для західної та північно-західної України (І кластер). У травні впливу Північної Атлантики на атмосферні опади підлягали станції південно-східної території України. На всій території України атмосферні опади у червні та липні з імовірністю 90% залежать від процесів у Північній Атлантиці. Коефіцієнти кореляції, які представлені в табл. 5.4, у ці літні місяці змінюються від 0,32 до -0,56. Останній коефіцієнт виражає тісний обернений лінійний кореляційний зв'язок липневих атмосферних опадів у західній та північно-західній Україні (І кластер) з індексом NAO.

Формування атмосферних опадів у серпні, вересні та жовтні теплого періоду на території України має тісний обернений лінійний кореляційний зв'язок зі станом Північно-Атлантичного коливання. І це підтверджується значеннями парних коефіцієнтів кореляції, які змінюються від -0,32 до -0,44.

Таким чином, в результаті проведеного дослідження було з’ясовано і підтверджено наявність статистично значущих взаємозв’язків між ПАК та розподілом атмосферних опадів на території України у теплий та холодний періоди.

ВИСНОВКИ

Дослідження просторово-часових змін кліматичних ресурсів України наприкінці XX та на початку XXI століть, яке проведено за багаторічними даними з застосуванням фізико-статистичного підходу, свідчать про неоднозначність цих змін в різні пори року і в різних регіонах країни.

1. В результаті реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА», застосованого до кліматичних рядів опадів було отримано розподіл 40 векторів по 5-ти кластерах у теплий період та розподіл 40 векторів за чотирма кластерами у холодний період.
2. Районування території України за кластерами розподілу кількості опадів у теплий період: до першого кластера увійшли станції південно-західної України; до другого – станції західної та північно-східної її території; до третього кластера увійшли станції північної та центральної частин України; до четвертого – станції південної України; до п’ятого – станції східної та південно-західної України.
3. У холодний період розподіл опадів за кластерами спрощується і він має тенденцію змін в напрямку з північного заходу на південний схід. Виділяється чотири кластери: до першого кластера увійшли станції західної та південно-східної України; до другого кластера відносяться станції північної та центральної України; до третього – південна частина країни; станції північно-східної України – четвертий кластер.
4. На території південно-західної України у теплий період спостерігався чітко визначений тренд з тенденціями зростання кількості опадів з 1965 по 1982 рр. і, навпаки, з 1983 по 2001 рік – зменшення їх кількості. Можна припустити, що в цьому регіоні України на наступні двадцять років слід очікувати зростання кількості опадів у теплий період.
5. На західній та північно-східній території України з 1962 по 1988 рік кількість опадів коливалася в межах 430 мм у теплий період. З 1989 року для цих районів України зафіксовано зменшення кількості опадів і ця тенденція, на нашу думку, залишиться на наступні 20 років.
6. З 1962 по 1974 рр. на території північної та центральної України в теплий період спостерігалась тенденція на зменшення кількості опадів, тенденція зростання спостерігалась з 1975 року по 2002 рік. Тренд має коливальний характер з мінімумом опадів у 1977 році та максимумом – у 2001 році. Можна припустити, що в цих районах України кількість атмосферних опадів до 2020 року буде зменшуватися.

7. На півдні України спостерігалась тенденція зменшення кількості опадів з 1968 по 1994 рр., а з 1995 року спостерігаємо тренд зростання кількості

опадів, який, на наш погляд, залишиться незмінним до 2020 року.

8. На території східної та південно-західної України також (як і в північній та центральній частинах країни) спостерігається тенденція на зменшення опадів у теплий період приблизно з 1967 року по 1989 рік, а те зростання кількості опадів, що спостерігалося з 1990 року може продовжуватися до 2020 року.
9. З листопада по березень на території західної та південно-східної України у період 1962-1993 рр., спостерігалось зменшення кількості опадів, яке змінилося їх зростанням у цій частині країни.
10. На території північної та центральної України з 1962 по 1983 рік зафіксована тенденція зростання кількості опадів, а з 1987 року чітко визначений тренд падіння кількості опадів.
11. На півдні України тренд має коливальний характер з рівномірним як падінням, так і зростанням кількості опадів у період 1961-2005 рр.
12. На території північно-східної України у холодний період мінімум опадів зафіксовано у 1976 році (170 мм) та максимум – 210 мм у 1997 році.
13. Отримана детермінована основа середнього вектора кількості опадів по визначених кластерах у холодний та теплий періоди року вказує на складну статистичну структуру цих полів в окремих районах України, але дозволяє отримати тенденції в змінах атмосферних опадів на майбутнє.
14. Використання достатньо великої кількості даних за декілька останніх десятиріч дозволило побудувати вірогідні статистичні моделі у вигляді карт-схем розподілу атмосферних опадів за кожний місяць холодного та теплого періодів, які, на наш погляд, більш детально представляють динаміку режиму опадів на території України у порівнянні з опублікованими раніше картами провідних науковців.
15. Отримана детермінована основа середнього вектора місячної кількості опадів визначених кластерів у квітні, травні, червні, липні, серпні, вересні, жовтні (ТП) та у листопаді, грудні, січні, лютому березні (ХП) дозволила провести уточнення тенденцій у часових змінах режиму опадів на території України на початку XXI століття.
16. Розподіл атмосферних опадів по території України у грудні та березні не має статистично значущого зв’язку з Північно-Морським Каспійським коливанням. Формування опадів на території України у листопаді, січні та лютому з імовірністю 90% має тісний лінійний (прямий або обернений, в залежності від місяця ХП) кореляційний зв'язок з ПМКК.
17. З імовірністю 90% встановлено тісний лінійний кореляційний зв'язок (як прямий, так і обернений) розподілу місячної кількості опадів по території України за визначеними кластерами у теплий період (квітень-жовтень)

з Північно-Морським Каспійським коливанням і цей зв'язок є більш вираженим, ніж у холодний період.

18. Формування опадів на території України в холодний період тісно залежить від стану Північно-Атлантичного коливання, вираженого індексом NAO. Спостерігається як прямий, так і обернений лінійний кореляційний зв'язок між середніми векторами виділених кластерів місячної кількості опадів з Північно-Атлантичним коливанням. Зафіксовані коефіцієнти кореляції – від |0,32| до |0,53|.
19. Міжширотні зв’язки між атмосферними опадами на території України у квітні і ПАК чітко проявляються тільки для західної та північно-західної України. У травні впливу Північної Атлантики на атмосферні опади підлягали станції південно-східної України. На всій території країни атмосферні опади у червні та липні з імовірністю 90% залежать від процесів у Північній Атлантиці. Коефіцієнти кореляції у ці літні місяці змінюються від 0,32 до -0,56 в залежності від регіону.
20. Формування атмосферних опадів у серпні, вересні та жовтні теплого періоду на території України має тісний обернений лінійний кореляційний зв'язок зі станом Північно-Атлантичного коливання. І це підтверджується значеннями парних коефіцієнтів кореляції, які змінюються від -0,32 до -0,44.
21. Проведене дослідження міжширотних зв’язків атмосферних опадів на території України з телеконекціями Північної півкулі (NAO і NCP) підтверджує існування тісного взаємообумовленого зв’язку, особливості яких треба враховувати при складанні ДПП.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бойченко С.Г., Волощук В.М., Дорошенко І.А. Глобальне потепління та його наслідки на території України // Український географічний журнал. – 2000. – № 2. – С. 59-68.
2. Светличный А.А., Ибрагимова М.С. К вопросу о современных изменениях климата Северо-Западного Причерноморья // Вісник ОНУ. Сер.: Географічні та геологічні науки. – 2016. – Т. 21. – Вип. 1. – С. 22-41.
3. Руденко В.П. Критичний екологічний стан компонентів природи в регіонах України // Український географічний журнал. – 2010. – № 2. – С. 60-68.
4. Польовий А.М., Трофімова І.В., Кульбіда М.І., Адаменко Т.І. Вплив зміни клімату на сільське господарство півдня України // Метеорологія, кліматологія та гідрологія: Міжвід. наук. зб. України. – 2008. – Вип. 49. – С. 252-261.
5. 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.
6. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / За редакцією Степаненка С.М., Польового А.М. – Одеса: «Екологія», 2011. – 694 с.
7. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / За ред. В.М. Ліпінського, В.І. Осадчого, В.М. Бабіченко. – К., 2006. – 311 с.
8. Балабух В.О., Зібцев С.В. Вплив зміни клімату на кількість та площу лісових пожеж у Північно-Чорноморському регіоні України // Український гідрометеорологічний журнал. – 2016. – №.18. – С. 60-71.
9. Хохлов В.М., Єрмоленко Н.С. Про зв'язок середнього річного стоку р. Південний Буг з посухами в період 1951-2010 рр. // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2013. – №.16. – С. 51-59.
10. Семенова І.Г. Метеорологічні та синоптичні умови посухи в Україні восени 2011 року // Український гідрометеорологічний журнал. – 2012. – №. 10. – С. 58-64.
11. Нажмудінова О.М., Єрмоленко Н.С. Деякі аспекти формування інтенсивних посушливих явищ влітку 2010 р. над Східною Європою // Український гідрометеорологічний журнал. – 2011. – №. 9. – С. 79-84.

12. Хохлов В.М., Боровська Г.О., Уманська О.В., Тенетко М.С. Зміна погодних умов на території України в умовах зміни кліміту // Український гідрометеорологічний журнал. – 2016. – №. 17. – С. 31-37.
13. Хохлов В.М., Бондаренко В.М., Латиш Л.Г. Просторовий розподіл аномалій опадів в Україні у 2011-2025 роках // Український гідрометеорологічний журнал. – 2009. – №. 5. – С. 54-62.
14. Хохлов В.М. Просторово-часовий розподіл засух на території України в умовах зиіни клімату // Український гідрометеорологічний журнал. – 2011. – №. 8. – С. 38-43.
15. Волошина О.В., Книш І.Ф. Статистичне дослідження випадків дуже сильних дощів на території Західної України // Український гідрометеорологічний журнал. – 2010. – №. 6. – С. 102-108.
16. Заставний Ф. Д., Довгань Г.Д. Підручник загальноосвітніх навчальних закладів: Географія України. – Харків: Видавництво «Ранок», 2015 – 304 с.
17. Врублевська О.О., Катеруша Г.П. Навчальний посібник: Клімат України та прикладні аспекти його використання – Одеса: ОДЕКУ, 2012. – 180 с.
18. Івус Г.П., Агайар Е.В., Гурська Л.М., Семергей-Чумаченко А.Б. Циркуляційні умови виникнення сильного та стихійного вітру над Південним заходом України // Український гідрометеорологічний журнал. – 2016. – №.17. – С. 38-48.
19. Сєрга Е.М. Особливості розподілу однорідних зон в полях гідрометеорологічних характеристик Північнотихоокеанського регіону в холодний період року // Український гідрометеорологічний журнал. – 2016. – №.17. – С. 49-60.
20. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
21. Осадчий В.І., Бабіченко В.М. Температура повітря на території України в сучасних умовах клімату // Український географічний журнал. – 2013. – № 4. – С. 32-39.
22. Врублевська О.О., Касаджик Т.Л Річна амплітуда температури повітря як показник динаміки клімату України // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2012. – №.14. – С. 86-92.
23. Івус Г.П., Зубкович С.О., Хоменко Г.В., Ковальков І.А. Умови формування зон небезпечного ввітру на території України // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2014. – №.18. – С. 48-55.
24. Шурда К.Е. Реалії України у процесі сучасної зміни клімату // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2014. – №.18. – С. 56-64.

25. Гончарова Л.Д., Решетченко С.І Вплив Північної Атлантики на температуру повітря, опади, приземний тиск на Лівобережній Україні // Український гідрометеорологічний журнал. – 2010. – №. 7. – С. 45-52.
26. Гончарова Л.Д., Косолапова Н.І. Вплив основних телеконекцій Північної півкулі на режим опадів по території України // Вісник ОНУ. Сер: Географічні та геологічні науки. – 2017. – Т. 22. – Вип. 1 (30). – С. 11-27.
27. Гончарова Л.Д., Решетченко С.І Особливості статистичної структури полів атмосферного тиску у другій половині XX століття на території лівобережної України // Український гідрометеорологічний журнал. – 2010. – №. 6. – С. 54-61.
28. Хохлов В.М., Єрмоленко Н.С. Майбутні зміни клімату та їх вплив на режим опадів та температури в Україні // Український гідрометеорологічний журнал. – 2015. – №. 16. – С. 76-82.
29. Семенова І.Г. Оцінка просторово-часового розподілу посух в Закарпатському регіоні в короткостроковій перспективі до 2050 року // Український гідрометеорологічний журнал. – 2016. – №. 18. – С. 29-39.
30. Паламарчук Ю.О., Іванов С.В., Рубан І.Г. Алгоритм цифрового представлення опадів в атмосфері на основі радарних вимірювань // Український гідрометеорологічний журнал. – 2016. – №.18. – С. 40-47.
31. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Характеристика радіаційно-теплових ресурсів в Україні на період до 2050р. в умовах зміни клімату // Український гідрометеорологічний журнал. – 2016. – №.17. – С. 70-78.
32. Барабаш М.Б., корж Т.В., Татарчку О.Г. Дослідження змін та коливань опадів на рубежі XX і XXI ст. в умовах потепління глобального клімату // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2004. – Вип. 253. – С. 92-102.
33. Польовий А.М., Шаблій О.В. Радіаційно-теплові ресурси степової зони України на період до 2050р. під впливом змін клімату // Український гідрометеорологічний журнал. – 2016. – №.18. – С. 82-89.
34. Лобода Н.С., Божко Ю.В. Мінливість клімату та водних ресурсів Закарпаття // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2016. – №.12. – С. 161-167.
35. Гончарова Л.Д. Методи багатовимірного статистичного аналізу метеорологічних полів та атмосферних процесів: Навчальний посібник / Одеськ. держ. екол-ний ун-т. – Одеса: «ТЕС», 2016. – 196 с.
36. Гончарова Л.Д., Школьний Є.П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ): Навчальний посібник. – Одеса : «Екологія», 2007. – 464 с.
37. Серга Э.Н. Универсальный адаптивный итерационный метод кластерного анализа // Метеорологія, кліматологія та гідрологія: Міжвід. Наук. зб. України. – Одеса. – 2003. – Вип. 47. – С. 83-89.

38. Кліматичні ресурси Одеської області для сталого розвитку: науково-практичний довідник / За ред. Ж.В. Волошиної. Одеса: Державна гідрометслужба України, 2010. – 180 с.
39. Гончарова Л.Д. Режим зволоження території Одеського регіону протягом XX століття (осінній та весняний сезони) // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. – 2009. – № 1 (9). – С. 77-83.
40. Гончарова Л.Д. Динаміка режиму зволоження на території Одеського регіону протягом XX століття // Вестник Гидрометцентра Черного и Азовского морей. – 2009. – № 4 (8). – С. 94-100.
41. Гончарова Л.Д. Особливості зміни місячної кількості атмосферних опадів на території Одеської області протягом XX століття // Укр. гідрометеорол. ж. – 2009. – Вип. 5 – С. 77-83.
42. Івус Г.П., Гончарова Л.Д., Косолапова Н.І. Характер розподілення атмосферних опадів в Одеському регіоні на початку XXI століття // Тези доповідей Першого Всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду з міжнародною участю (22-23 березня 2017 р., м. Одеса, Україна). – Одеса, «ТЕС». – 2017. – С. 210-211.
43. Косолапова Н.І., Івус Г.П., Гончарова Л.Д. Просторово-часове розподілення добової кількості опадів в Одеському регіоні на початку XXI століття // Матеріали наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ (03-12 травня 2017 р.). – Харків. – 2017. – С. 176.
44. 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 // J. Climate. – 2008. – Vol. 21. – No. 23. – P. 6354-6371.
45. Saito K. Changes in the sub-decadal co variability between Northern Hemisphere snow cover and the general circulation of the atmosphere / K. Saito, T. Yasunari, J. Cohen // Int. J. Climatol. – 2004. – Vol. 24. – P. 33-44.
46. (http://jan.ucc.nau.edu/~rcb7/global_history.html)
47. H. Kutiel, Y. Benaroch North Sea-Caspian (NCP) – an upper level atmospheric teleconnection affecting the Eastern Mediterranean: Identification and definition // Theor. Appl. Clamatol. – 2002. – Vol. 71. – P. 17-28.
48. Korres G. The ocean response to low-frequency interannual atmospheric variability in the Mediterranean Sea. Part. I: Sensitivity experiments and energy analysis / G. Korres, N. Pinardi, A. Lascaratos // J. Clamate. – 2000. – Vol. 13. – P. 705-731.
49. (http://www.nsidc.org)

50. Rodwell M.J., Rowell D.P., Folland C.K. Simulating the winter North Atlantic Oscillation and European Climate, 1947–1997 // Research activities in atmosphericand oceanic modelling. – Rep. – No. 28. – 1999. – WMO/TD 942. – P. 633-634.
51. Нестеров Е.С. Особенности состояния океана и атмосферы в разных фазах Североатлантического колебания // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 8. – С. 74-82.
52. Нестеров Е.С. О фазах североатлантического колебания // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 1. – С. 64-75.
53. Bodri L. High frequency variability in recent climate and the north Atlantic oscillation / L. Bodri, V. Cermak // Theor. Appl. Climatol. – 2003. – Vol. 74. – P. 33-40.
54. Deser C. On the teleconnectivity of the “Arctic oscillation” / C. Deser // Geophys. Res. Lett. – 2000. – Vol. 27. – P. 779-782.
55. Eckhardt S. The North Atlantic Oscillation controls air pollution to the Arctic / S. Eckhardt, A. Stohl, S. Beirle // Atmos. Chem. Phys.– 2003. – Vol. 3. – P. 1769-1778.
56. Glowienska Hense R. The North Atlantic Oscillation in the Atlantic European SLP / H. R. Glowienska // Tellus. – 1990. – 42 A. – № 5. – P. 497-507.
57. Hurrell J. W. Decadal trends in the North Atlantis Oscillation: Regional temperature and precipitation / J. W. Hurrell // Science. – 1995. – Vol. 269. – P. 676-679.
58. Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата – Киев: Наукова Думка. – 184 с.
59. Polonsky A. Coupled octan-atmosphere system and its impacts on European climate / A. Polonsky, E. Voskresenskaya, D. Basharin // Climate in Transition / Ed. L.C. Nkemdirim. – Washington, DC: Minuteman Press. – 2003. – P. 15-27.
60. Гончарова Л.Д., Косолапова Н.І. Вплив основних телеконекцій Північної півкулі на режим опадів по території України // Вісник Одеського національного університету. Сер: Географічні та геологічні науки. – Том 22. – Вип. 1 (30). – 2017. – С. 11-27.

ДОДАТОК А

ДОВІДКА

кафедри метеорології та кліматології
про науково-дослідну роботу студента групи МНЗ-61к
факультету магістерської та аспірантської підготовки ОДЕКУ
Черниченко Анастасії Василівни
протягом 2016-2017, 2017-2018 навчальних років

Магістерську кваліфікаційну роботу виконано
в рамках науково-дослідної роботи кафедри метеорології та кліматології
Одеського державного екологічного університету
з теми **«Прогнозування небезпечних метеорологічних явищ над південними районами України».**
Реєстраційний номер 0115U006532.

Завідувач кафедри
метеорології та кліматології,
професор Івус Г.П.

Таблиця А.1 – Список конференцій та публікацій

Вид наукової роботи (теми наукових робіт, автор, керівник роботи)	**Кількість кредитів**
Призове третє місце у ІІ турі Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт 2017-2018 н.р.	1,50
Призове третє місце у І турі Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт 2017-2018 н.р.	0,50
Міжнародні конференції :	
1. Перший Всеукраїнський гідрометеорологічний з'їзд з міжнародною участю (22-23 березня 2017 р., м. Одеса, Україна). Тема доповіді: «Просторово-часові зміни кліматичних ресурсів України наприкінці ХХ та на початку ХХІ століть».	0,75
2. ІІІ Міжнародна наукова конференція молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: Актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» (21-23 березня 2018 р., м. Одеса, Україна). Тема доповіді: «Розподіл місячної кількості опадів за кластерами у холодний період на території України».	0,75
Всеукраїнські конференції:	
Науково-практична конференція з підведення підсумків ІІ туру Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт за спеціальністю «Науки про Землю (гідрометеорологія)» (19-20 березня 2018 року, м. Одеса, Україна, Одеський державний екологічний університет.	0,50
Університетські конференції, семінари, гуртки (інші):	
Конференція молодих вчених ОДЕКУ (03-12 травня 2017 р.). Тема доповіді: «Районування території України по характеру розподілення атмосферних опадів».	0,25
Опубліковані тези конференцій:	
1. Черниченко А.В. «Районування території України по характеру розподілення атмосферних опадів» // Матеріали конференції молодих вчених ОДЕКУ (03-12 травня 2017 р.). Харків, 2017. – С. 183-184.	0,25

Опубліковані тези конференцій:	
2. Черниченко А.В., Гончарова Л.Д. «Просторово-часові зміни кліматичних ресурсів України наприкінці XX та на початку XXI століть» // Тези доповідей Першого Всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду з міжнародною участю (22-23 березня 2017 р., м. Одеса, Україна). Одеса: «ТЕС», 2017. – С. 198-199.	0,25
3. Черниченко А.В. Стаття «Розподіл місячної кількості опадів за кластерами у холодний період на території України» до збірника Всеукраїнського конкурсу наукових студентських робіт за спеціальністю «Науки про Землю (гідрометеорологія)». Електр. версія.	0,25
4. Черниченко А.В., Маклигін А.І., Гончарова Л.Д. «Розподіл місячної кількості опадів за кластерами у холодний період на території України» // Матеріали III Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Сучасна гідрометеорологія: Актуальні проблеми та шляхи їх вирішення» (21-23 березня 2018 р., м. Одеса, Україна). Електр. версія.	0,25
Всього	5,25

Рис. Б.1 – Карта-схема району дослідження

ДОДАТОК В

Таблиця В.1 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (теплий період)

Центр 1-го кластера: 9-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 5 6 9
центр 2-го кластера: 13-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 3 4 7 8 10 13 14 15 33 34 38 40
центр 3-го кластера: 18-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 2 11 12 18 24 32 37 39
центр 4-го кластера: 19-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 19 20 23 26 30 35
центр 5-го кластера: 29-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 16 17 21 22 25 27 28 29 31 36
Середній вектор 1-го кластера
477.67 400.67 423.00 421.00 433.67 351.67 395.33 416.00 445.67 504.33 397.33 482.00 532.00 484.33 434.00 440.00 525.67 618.33 664.33 640.33 522.67 633.00 588.67 602.33 554.00 526.00 439.67 524.00 468.67 348.00 407.00 419.00 512.00 486.67 367.67 552.00 476.33 417.00 347.00 396.33 396.38 481.85 419.54 416.00
Середній вектор 2-го кластера
396.38 481.85 419.54 416.00 438.54 435.69 412.46 426.54 436.92 409.08 432.31 432.15 438.23 436.54 415.54 440.00 436.23 433.08 418.62 435.77 435.46 412.54 475.69 421.77 463.08 476.77 417.38 418.31 437.92 477.62 429.77 422.00 385.92 429.92 439.15 400.62 419.46 451.54 431.23 421.46 418.63 336.00 434.75 342.63
Середній вектор 3-го кластера
418.63 336.00 434.75 342.63 339.50 362.38 406.88 398.50 362.25 328.00 354.63 306.13 338.88 362.13 423.50 366.50 301.88 370.00 398.38 317.25 395.38 403.13 296.88 323.88 329.00 319.63 386.00 401.75 374.25 360.75 425.75 330.88 366.88 399.00 398.00 311.25 376.50 401.50 417.50 408.00 350.50 368.83 375.17 390.00
Середній вектор 4-го кластера
350.50 368.83 375.17 390.00 388.17 389.50 326.50 329.67 407.83 394.67 403.17 340.33 384.67 386.83 400.33 302.67 385.83 399.83 339.33 323.67 353.67 330.33 215.50 319.00 325.33 299.33 301.67 287.50 295.83 303.50 331.67 300.67 257.17 249.50 341.50 246.50 210.67 336.67 313.67 260.33 351.50 305.60 340.40 334.40
Середній вектор 5-го кластера
351.50 305.60 340.40 334.40 296.60 306.80 363.80 337.00 290.90 353.00 299.60 369.10 362.20 346.30 339.30 316.60 281.20 287.00 340.60 346.10 302.30 292.90 307.40 301.20

318.00 343.90 333.50 311.60 339.10 268.50 306.20 285.50 344.90 334.70 302.90 314.80 353.90 331.90 298.70 319.60 359.70 323.90 342.10 353.20

Таблиця В.2 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (холодний період)

Центр 1-го кластера: 7-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 2 3 6 7 8 9 18 19 21 22 32 36
центр 2-го кластера: 12-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 5 10 11 12 13 14 15 25 37 39
центр 3-го кластера: 23-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 4 20 23 24 26 35
центр 4-го кластера: 33-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 16 17 27 28 29 30 31 33 34 38 40
Середній вектор 1-го кластера
193.62 194.08 204.85 165.85 179.38 191.46 210.15 199.54 183.54 189.08 207.85 207.54 173.62 176.31 168.77 188.23 178.92 155.54 160.23 166.00 168.38 205.62 209.00 180.62 201.92 210.38 196.00 173.69 156.15 164.15 147.85 160.62 153.54 161.62 163.08 167.54 178.54 193.31 181.92 211.08 183.60 158.50 164.30
Середній вектор 2-го кластера
183.60 158.50 164.30 177.40 188.40 180.70 172.90 183.70 210.90 231.40 186.40 219.70 215.10 206.90 206.00 214.60 237.50 245.30 273.20 256.50 201.80 215.40 188.40 182.40 182.10 214.50 197.90 207.80 258.60 224.90 235.40 224.60 236.00 243.50 188.30 188.40 193.20 191.40 187.60 193.00 170.50 169.83 174.67
Середній вектор 3-го кластера
170.50 169.83 174.67 191.67 174.83 164.83 174.67 202.00 162.83 168.50 162.83 157.67 189.50 160.17 163.50 174.00 164.83 194.67 174.83 166.83 211.00 191.00 189.50 207.17 201.17 159.67 199.50 243.17 212.83 192.67 166.00 147.50 140.00 154.50 149.17 165.50 151.00 129.50 203.67 198.83 182.27 188.55 202.64
Середній вектор 4-го кластера
182.27 188.55 202.64 199.36 188.27 177.45 186.64 174.64 178.18 202.55 180.73 156.36 152.91 167.73 164.00 165.55 155.55 167.45 173.36 190.27 215.91 186.64 174.45 172.36 199.36 168.64 170.09 202.09 178.18 182.18 178.18 235.27 244.64 218.82 225.45 224.27 216.27 194.18 200.73 165.64 164.00 173.45 216.28

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (листопад)

Центр 1-го кластера: 2-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 2 3 4 6 7 8 9 1018 19 20 32 33 34 37 38
центр 2-го кластера: 11-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 5 11 12 13 14 15 17 24 40
центр 3-го кластера: 23-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 16 21 22 23 26 27 30 31 35 36
центр 4-го кластера: 28-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 25 28 29 39
Середній вектор 1-го кластера
46.06 70.29 36.59 39.94 59.00 58.76 30.47 24.24 43.06 55.76 41.76 46.94 27.12 64.59 11.18 33.12 64.24 20.47 38.41 53.71 63.53 21.94 23.06 23.06 59.88 23.41 40.65 39.76 39.65 41.06 23.00 71.59 30.76 31.82 40.06 44.65 43.88 54.29 55.06 29.12 45.00 48.78 51.33 35.44 74.00
Середній вектор 2-го кластера
45.00 48.78 51.33 35.44 74.00 73.89 50.56 30.44 52.11 36.89 48.67 66.33 44.22 56.33 20.89 23.11 81.56 11.44 62.22 96.33 65.56 23.11 36.89 33.11 62.56 19.78 48.56 34.11 37.67 63.89 30.22 64.44 18.11 31.89 61.78 45.78 47.44 54.33 53.33 45.44 30.20 40.40 23.40 25.00 110.10
Середній вектор 3-го кластера
30.20 40.40 23.40 25.00 110.10 43.30 33.10 23.30 38.90 39.60 38.60 58.50 47.50 26.60 35.20 21.00 59.00 7.90 37.50 67.60 87.40 10.10 14.70 53.10 59.50 8.90 38.70 52.50 34.20 27.10 19.20 63.50 12.60 33.60 79.40 23.40 52.80 46.30 53.50 14.00 47.00 89.00 11.75 27.25 64.50
Середній вектор 4-го кластера
47.00 89.00 11.75 27.25 64.50 67.75 21.50 19.50 17.75 49.50 27.00 51.50 21.00 59.00 57.25 38.25 26.00 22.25 73.50 75.50 86.00 12.75 20.25 26.00 36.50 10.00 56.75 22.25 18.00 17.75 13.75 47.25 31.75 13.25 37.50 51.50 56.25 77.00 62.00 76.25 33.00 52.50 22.25 29.00 65.25

Таблиця Г.2 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (грудень)

Центр 1-го кластера: 2-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 2 3 4 6 7 9 32 33 37
центр 2-го кластера: 11-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 8 10 11 12 13 14 15 16 17 18 23 24 34 36 39 40
центр 3-го кластера: 22-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 5 19 21 22 26 31 38
центр 4-го кластера: 25-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 20 25 27 28 29 30 35
Середній вектор 1-го кластера
33.20 31.60 27.50 74.70 45.20 42.30 60.60 36.80 49.20 59.90 51.70 6.70 31.70 51.80 34.20 36.00 21.60 54.60 33.30 54.10 63.90 34.30 24.30 31.10 50.10 26.40 53.90 43.00 24.10 45.70 24.80 17.20 40.60 55.40 33.60 44.80 63.40 26.70 45.20 40.00 27.56 34.50 52.44 59.00 60.81
Середній вектор 2-го кластера
27.56 34.50 52.44 59.00 60.81 84.88 68.25 42.50 71.06 52.00 47.63 6.81 56.75 47.50 39.75 48.44 27.13 65.63 42.44 61.81 86.50 35.69 25.00 30.69 33.50 41.56 36.50 58.56 32.69 42.19 26.44 14.06 55.19 38.75 31.25 28.69 63.13 25.13 55.06 32.06 45.00 97.29 69.86 50.00 63.29
Середній вектор 3-го кластера
45.00 97.29 69.86 50.00 63.29 98.29 84.43 31.86 53.43 50.57 36.86 5.43 39.86 76.14 39.43 87.29 34.14 88.86 34.00 51.14 82.14 37.71 24.57 28.86 45.86 54.71 38.86 60.29 29.29 48.43 41.57 30.29 82.71 37.86 65.71 45.43 68.86 43.57 73.43 45.00 26.86 47.29 90.86 34.86 49.86
Середній вектор 4-го кластера
26.86 47.29 90.86 34.86 49.86 77.86 58.29 42.00 57.71 32.86 42.71 4.57 44.00 33.86 19.86 50.86 43.29 46.43 22.00 54.00 57.71 27.86 19.43 21.14 22.00 34.86 33.57 46.43 5.71 65.43 21.86 24.00 34.14 35.71 28.71 52.29 65.71 17.00 56.71 14.57 33.29 85.00 75.86 28.57 43.14

Таблиця Г.3 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (січень)

Центр 1-го кластера: 2-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 2 3 4 6 78 9 20 32 33 37 38
центр 2-го кластера: 17-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 5 12 13 14 15 16 17 21 22 31 34 36 40
центр 3-го кластера: 35-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 10 11 18 19 23 24 25 26 27 28 29 30 35 39
Середній вектор 1-го кластера
18.08 27.62 46.00 22.15 55.62 82.23 44.77 44.54 18.46 49.23 29.00 27.69 10.77 19.92 22.08 80.54 28.77 25.08 76.31 38.54 41.15 24.54 37.62 32.77 27.92 36.62 42.08 38.31 14.69 13.46 17.31 23.54 27.77 28.69 26.69 32.23 11.15 23.38 22.38 39.46 39.38 36.00 52.46 15.00 32.69
Середній вектор 2-го кластера
39.38 36.00 52.46 15.00 32.69 105.46 76.62 76.00 21.69 78.85 30.00 11.69 23.00 16.46 26.69 65.46 43.00 21.77 72.69 52.23 51.85 42.6243.23 48.00 54.38 68.62 57.00 26.69 22.46 36.15 26.00 22.38 31.31 38.69 53.85 25.54 16.00 27.00 36.00 37.15 35.79 18.21 44.86 6.21 21.36
Середній вектор 3-го кластера
35.79 18.21 44.86 6.21 21.36 119.79 58.00 66.00 28.43 45.36 28.86 20.43 18.21 14.07 16.79 42.64 25.64 23.43 67.21 43.50 43.07 23.14 20.79 34.71 45.29 52.64 50.64 19.14 9.79 14.43 14.29 16.71 12.50 24.64 41.21 26.93 12.79 24.93 31.29 34.64 36.43 23.50 55.21 15.36 25.14

Таблиця Г.4 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (лютий)

Центр 1-го кластера: 10-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 6 8 9 10 18 25 28 29 39
центр 2-го кластера: 17-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 2 3 5 11 12 13 14 15 16 17 21 31 32 33 34 37 38 40
центр 3-го кластера: 26-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 4 7 19 20 22 23 24 26 27 30 35 36
Середній вектор 1-го кластера
21.67 60.11 55.56 33.89 53.33 45.33 53.00 51.00 68.44 57.33 42.22 8.67 72.56 14.22 13.33 7.78 56.44 58.00 14.56 14.11 35.22 25.22 17.00 65.11 43.44 32.89 11.11 18.11 19.78 28.00 28.11 20.33 35.44 15.33 23.44 39.33 13.67 15.67 47.56 26.11 20.00 45.42 49.74 41.16 34.32
Середній вектор 2-го кластера
20.00 45.42 49.74 41.16 34.32 64.74 37.42 49.89 32.58 54.74 36.47 7.47 64.37 21.37 11.32 4.26 67.47 41.11 30.53 23.47 44.42 23.79 45.21 25.00 37.63 30.21 18.42 30.05 26.11 36.58 39.16 27.58 26.95 23.16 48.95 38.32 28.58 22.16 61.32 39.05 25.08 38.50 38.67 44.00 46.50
Середній вектор 3-го кластера
25.08 38.50 38.67 44.00 46.50 39.25 35.92 32.08 34.83 38.92 25.00 8.42 41.58 19.25 16.33 5.67 44.83 47.42 40.92 19.50 40.75 22.58 29.42 28.58 51.67 31.58 18.75 20.17 19.17 24.67 22.58 32.67 29.92 11.08 27.00 39.83 20.92 20.08 38.42 27.00 24.17 40.25 50.83 45.00 40.67

Таблиця Г.5 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (березень)

Центр 1-го кластера: 1-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 2 3 4 6 8 17 31 32 33 34 37
центр 2-го кластера: 14-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 13 14 15 16 38 40
центр 3-го кластера: 18-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 7 9 10 11 12 18 25 39
центр 4-го кластера: 21-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 21 22 30 36
центр 5-го кластера: 23-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 19 20 23 24 26 27 28 29 35
Середній вектор 1-го кластера
23.46 73.85 35.15 55.08 23.46 29.92 49.92 21.92 31.85 42.00 37.38 13.54 16.31 4.62 20.54 55.77 36.23 29.15 47.38 39.15 41.23 11.15 60.08 30.15 20.54 9.62 40.69 45.23 18.08 22.92 9.92 21.38 31.00 47.08 37.77 24.62 21.46 40.92 28.69 65.54 32.17 50.00 28.83 59.67 33.33
Середній вектор 2-го кластера
32.17 50.00 28.83 59.67 33.33 53.67 49.33 34.17 30.17 63.00 49.00 15.17 25.17 7.33 37.00 64.17 26.17 63.83 62.50 56.00 41.00 12.33 50.00 29.33 13.50 16.67 32.67 75.00 34.33 22.67 7.33 29.83 37.50 56.50 40.17 26.33 25.50 76.83 37.33 56.17 21.00 79.00 28.13 49.63 23.13
Середній вектор 3-го кластера
21.00 79.00 28.13 49.63 23.13 72.38 45.63 24.38 30.38 33.63 44.88 11.25 29.63 6.75 22.25 42.38 17.75 34.50 53.63 73.13 42.88 8.50 36.75 35.25 8.25 12.13 29.38 52.13 31.38 14.50 9.25 40.25 45.13 32.75 32.75 28.75 19.50 50.75 35.88 40.25 53.00 50.25 33.50 49.75 14.00
Середній вектор 4-го кластера
53.00 50.25 33.50 49.75 14.00 64.00 26.25 26.00 29.75 36.25 36.25 21.50 50.25 19.25 28.75 22.00 23.25 33.50 31.75 42.25 40.50 27.50 19.00 31.00 9.50 4.50 64.75 57.00 17.25 22.00 25.00 28.00 26.25 45.50 43.75 24.50 53.50 70.00 35.25 69.00 24.33 54.44 31.89 22.56 20.22
Середній вектор 5-го кластера
24.33 54.44 31.89 22.56 20.22 32.56 26.78 21.56 24.33 36.89 29.78 9.33 42.56 19.33 27.67 24.78 15.78 46.78 30.89 52.78 31.11 15.89 13.11 40.33 14.00 5.78 21.67 55.56 17.67 11.11 8.11 30.33 41.00 22.33 35.33 26.33 34.00 46.89 28.56 24.67 27.33 56.00 31.56 34.78 22.00

ДОДАТОК Д

Таблиця Д.1 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (квітень)

Центр 1-го кластера: 2-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 18 32 33 34 37 38
центр 2-го кластера: 26-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 14 20 21 23 24 26 30 36
центр 3-го кластера: 31-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 15 16 17 19 22 31 40
центр 4-го кластера: 35-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 25 27 28 29 35 39
Середній вектор 1-го кластера
33.53 43.26 21.84 36.58 53.16 39.37 52.05 32.79 51.74 59.11 30.47 55.74 26.84 16.37 89.95 63.79 74.26 48.32 60.11 57.26 21.63 67.74 57.58 13.16 54.32 41.00 31.47 33.47 53.26 56.63 41.16 41.58 41.42 35.89 55.53 37.16 48.05 72.26 51.58 47.68 25.00 29.25 31.63 26.00 35.13
Середній вектор 2-го кластера
25.00 29.25 31.63 26.00 35.13 39.50 23.63 8.38 39.75 34.50 9.63 26.63 40.38 38.13 30.50 34.25 53.38 49.75 41.63 40.25 53.13 38.50 18.25 48.75 24.75 45.25 40.25 25.63 17.38 46.50 33.63 25.88 55.88 56.13 70.75 33.63 60.00 36.13 23.75 30.13 35.57 23.86 43.29 33.14 62.43
Середній вектор 3-го кластера
35.57 23.86 43.29 33.14 62.43 33.14 26.43 13.43 31.43 57.29 15.86 42.86 58.00 35.14 24.57 52.29 45.57 40.57 68.00 72.14 55.57 58.86 24.86 20.14 26.29 49.00 40.71 29.43 51.00 51.86 19.86 34.29 41.00 39.00 76.00 43.71 66.57 43.00 23.14 27.71 57.00 35.50 26.67 30.00 62.67
Середній вектор 4-го кластера
57.00 35.50 26.67 30.00 62.67 17.83 14.67 8.17 30.50 30.00 13.67 16.50 21.50 25.50 30.00 31.17 93.00 62.83 56.83 52.50 32.00 51.83 28.67 73.83 39.00 15.50 27.50 39.50 28.33 50.00 39.33 15.83 36.83 19.17 48.83 40.50 52.50 23.17 54.67 35.67 38.33 28.50 27.33 29.50 45.00

Таблиця Д.2 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (травень)

Центр 1-го кластера: 2-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 2 3 4 7 8 10 20 32 33 34 37
центр 2-го кластера: 12-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 11 12 13 14 15 16 28 29 40
центр 3-го кластера: 36-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 17 19 21 22 23 24 25 26 27 30 31 35 36 39
центр 4-го кластера: 38-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 5 6 9 18 38
Середній вектор 1-го кластера
58.58 94.08 48.75 38.58 52.92 47.67 86.17 69.75 54.42 88.25 61.75 49.75 70.67 63.17 62.17 44.25 50.92 68.75 39.42 62.00 52.67 45.50 90.67 101.08 44.08 27.58 60.58 50.25 63.42 50.33 87.67 68.92 45.58 60.83 63.42 58.08 61.67 46.58 31.42 36.42 91.11 52.89 25.89 41.67 43.89
Середній вектор 2-го кластера
91.11 52.89 25.89 41.67 43.89 55.44 42.78 35.44 49.33 58.44 39.44 34.78 75.56 65.89 39.56 36.11 52.22 71.44 19.44 57.78 33.33 19.11 54.89 43.33 48.67 14.33 48.89 61.78 30.67 53.78 100.67 50.11 42.56 65.44 67.56 58.22 47.78 35.44 47.33 61.78 99.14 30.43 35.86 57.93 43.29
Середній вектор 3-го кластера
99.14 30.43 35.86 57.93 43.29 38.07 43.43 22.29 27.14 86.86 48.64 32.64 85.57 60.93 53.36 25.21 42.71 63.07 22.93 52.64 45.21 29.43 59.64 24.14 52.29 21.14 35.43 50.00 33.00 33.43 77.93 70.79 51.79 45.29 32.71 33.21 44.50 48.93 47.36 27.29 59.20 65.80 54.60 49.20 77.80
Середній вектор 4-го кластера
59.20 65.80 54.60 49.20 77.80 62.80 86.80 50.60 48.00 121.80 69.60 78.20 64.80 83.60 68.80 82.80 53.80 143.00 33.20 70.40 75.40 51.20 84.60 136.80 94.60 60.00 87.80 86.00 111.00 52.00 114.60 44.40 50.60 77.00 56.20 72.80 92.00 77.80 32.80 35.60 96.60 64.00 47.00 49.60 55.20

Таблиця Д.3 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (червень)

Центр 1-го кластера: 2-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 2 3 4 5 6 8 9 32 33 34 37 38
центр 2-го кластера: 18-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 7 10 11 12 13 15 18 24
центр 3-го кластера: 27-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 14 16 17 19 20 23 27 29 31 35
центр 4-го кластера: 28-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 25 28 39 40
центр 5-го кластера: 36-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 21 22 26 30 36
Середній вектор 1-го кластера
38.23 64.62 47.77 35.15 104.23 65.31 81.46 56.00 151.15 72.54 91.62 75.77 85.15 151.85 122.77 58.46 92.15 83.54 70.31 144.46 86.46 94.62 69.31 68.31 116.38 88.38 58.15 154.08 130.23 75.15 86.23 70.00 84.62 57.08 67.85 55.62 64.00 136.85 70.62 47.23 39.25 74.13 63.25 18.50 65.13
Середній вектор 2-го кластера
39.25 74.13 63.25 18.50 65.13 61.38 61.38 28.75 88.88 84.25 84.88 53.50 30.75 91.50 71.25 47.63 90.13 69.50 25.25 137.13 80.63 89.25 57.13 126.63 108.50 68.50 80.25 136.38 81.50 121.63 105.13 57.38 78.63 73.63 94.50 57.88 119.38 53.63 38.00 53.75 31.80 48.60 71.30 44.50 29.20
Середній вектор 3-го кластера
31.80 48.60 71.30 44.50 29.20 53.80 60.80 29.70 82.90 47.10 68.30 66.80 43.50 67.70 44.00 48.30 100.20 44.90 19.40 77.60 24.50 71.10 52.90 73.50 104.20 62.40 63.10 74.10 86.60 60.50 52.70 59.90 75.00 40.50 73.90 62.20 81.00 38.50 34.00 41.10 52.50 69.25 68.75 23.50 75.50
Середній вектор 4-го кластера
52.50 69.25 68.75 23.50 75.50 88.50 56.75 27.25 52.00 123.75 89.00 55.50 41.75 68.50 70.00 41.50 74.50 63.50 69.25 99.00 53.50 114.75 39.50 136.75 101.75 51.75 88.00 86.75 86.00 81.00 68.50 104.50 92.00 61.00 88.50 57.50 81.50 49.25 55.50 57.00 53.80 58.20 34.00 65.80 14.40
Середній вектор 5-го кластера
53.80 58.20 34.00 65.80 14.40 91.40 57.60 33.60 109.80 88.60 46.20 26.80 54.00 42.40 45.00 58.20 95.40 53.80 8.00 61.00 23.20 44.00 52.60 10.00 67.40 46.80 98.60 113.40 113.20 68.60 84.00 70.00 74.00 43.40 87.00 30.60 111.20 36.80 48.60 84.80 35.00 49.60 38.00 36.60 25.80

Таблиця Д.4 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (липень)

Центр 1-го кластера: 2-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 2 3 4 5 6 8 9 10 32 33
центр 2-го кластера: 14-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 11 13 14 15 16 38 39
центр 3-го кластера: 18-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 7 12 18 25 34 37 40
центр 4-го кластера: 23-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 19 20 21 22 23 26 27 30 36
центр 5-го кластера: 35-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 17 24 28 29 31 35
Середній вектор 1-го кластера
73.27 113.82 60.00 109.91 123.09 107.18 47.27 127.00 98.73 93.64 110.18 86.00 113.45 127.73 103.09 48.82 90.45 95.45 60.64 135.73 109.73 88.09 72.36 91.64 60.45 88.55 69.36 98.36 39.64 77.82 145.45 53.82 155.00 29.36 28.18 60.27 172.91 141.73 88.00 163.36 57.29 80.71 38.43 91.00 90.43
Середній вектор 2-го кластера
57.29 80.71 38.43 91.00 90.43 85.29 27.43 97.71 61.57 47.14 105.29 67.57 81.14 94.14 64.86 78.29 102.29 131.57 118.00 99.43 68.71 116.86 63.86 86.57 105.71 95.00 31.57 90.29 47.43 61.00 81.00 38.29 71.71 40.43 29.00 52.14 102.00 131.86 63.71 124.29 47.57 127.43 39.86 141.43 102.71
Середній вектор 3-го кластера
47.57 127.43 39.86 141.43 102.71 77.57 18.71 114.43 112.71 73.00 99.29 77.00 91.57 101.14 38.29 61.86 116.14 134.14 86.43 133.00 94.86 119.29 67.43 94.43 112.00 97.57 42.14 99.86 63.00 75.29 81.29 27.86 146.29 27.43 37.29 94.86 112.86 116.00 47.71 130.29 33.33 46.56 18.89 55.00 78.44
Середній вектор 4-го кластера
33.33 46.56 18.89 55.00 78.44 32.22 18.33 37.78 64.22 25.33 42.00 54.89 52.89 40.33 52.33 56.67 78.89 56.11 54.56 36.33 34.67 92.78 101.00 36.67 75.67 36.33 28.44 77.00 32.89 21.56 18.44 64.22 40.56 12.67 37.22 11.00 127.78 37.56 44.33 49.11 57.17 50.83 30.67 53.00 81.83
Середній вектор 5-го кластера
57.17 50.83 30.67 53.00 81.83 44.00 20.17 72.17 59.67 76.17 59.67 81.67 118.50 101.33 50.50 74.33 74.83 85.67 69.50 55.17 55.00 85.33 59.50 65.00 84.33 54.17 53.33 88.17 42.67 43.67 65.83 30.33 42.67 31.17 27.00 23.00 80.00 72.00 32.00 72.50 34.00 99.00 30.50 73.17 78.17

Таблиця Д.5 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (серпень)

Центр 1-го кластера: 3-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 2 3 4 5 6 9 15 33 38
центр 2-го кластера: 23-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 21 22 23 26 27 29 30 35 36
центр 3-го кластера: 31-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 14 16 17 19 20 24 25 28 31
центр 4-го кластера: 37-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 7 8 10 11 12 13 18 32 34 37 39 40
Середній вектор 1-го кластера
43.70 68.70 65.70 75.80 63.60 85.30 38.30 84.40 85.60 52.90 55.20 105.20 36.00 49.40 81.30 43.40 109.90 61.00 91.50 78.60 57.90 50.80 62.80 31.60 80.90 91.90 77.70 57.80 100.40 36.90 83.90 29.60 41.40 72.30 63.50 66.80 62.90 57.00 98.50 22.40 21.89 22.22 34.33 64.67 63.33
Середній вектор 2-го кластера
21.89 22.22 34.33 64.67 63.33 54.89 35.67 61.33 11.56 36.78 15.78 45.22 70.89 22.11 18.00 108.78 60.33 18.44 37.67 44.00 39.22 34.78 49.44 35.56 21.44 11.44 33.89 20.11 32.33 44.44 50.22 13.56 22.00 49.44 42.33 56.44 110.33 28.56 43.00 28.89 22.78 27.44 74.00 45.22 49.00
Середній вектор 3-го кластера
22.78 27.44 74.00 45.22 49.00 45.33 56.11 35.00 39.56 65.67 42.33 47.78 79.22 21.44 19.33 87.11 84.22 33.56 52.44 52.67 55.11 59.33 42.22 48.33 41.22 24.33 62.00 56.78 28.33 40.11 81.11 21.00 59.89 67.56 55.00 63.11 46.56 50.33 32.67 29.89 111.33 59.50 63.25 94.25 82.17
Середній вектор 4-го кластера
111.33 59.50 63.25 94.25 82.17 73.75 63.00 47.92 70.00 85.33 49.75 39.42 29.67 60.08 39.75 75.00 124.08 34.00 81.50 71.75 52.58 54.92 54.83 22.17 42.08 96.92 82.25 72.50 98.17 42.50 66.67 30.08 41.25 61.17 82.92 57.33 128.00 72.00 72.00 29.58 63.25 50.77 71.97 78.60 78.74

Таблиця Д.6 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (вересень)

Центр 1-го кластера: 6-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 2 4 6 8 9 34
центр 2-го кластера: 17-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 11 14 15 16 17 18 24 27 28 29 35 39 40
центр 3-го кластера: 30-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 19 20 21 22 23 26 30 31 36
центр 4-го кластера: 37-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 3 5 7 10 12 13 25 32 33 37 38
Середній вектор 1-го кластера
10.17 46.17 15.67 98.50 28.17 24.17 23.17 90.00 6.83 53.33 50.17 66.17 42.50 114.00 21.83 159.33 61.83 151.33 10.17 47.83 38.83 17.67 31.00 53.50 43.50 20.67 47.33 53.83 55.50 52.83 38.67 91.17 80.67 49.33 93.50 104.00 48.17 68.83 59.33 45.00 18.92 46.31 15.00 22.69 40.38
Середній вектор 2-го кластера
18.92 46.31 15.00 22.69 40.38 21.92 26.00 85.23 24.46 18.54 117.85 56.23 28.46 37.54 17.08 58.46 23.62 68.23 20.08 38.69 32.62 12.38 11.31 42.08 57.08 20.15 43.08 70.62 101.08 48.08 12.23 42.00 85.38 13.00 97.46 110.77 49.85 23.23 20.08 107.00 24.78 41.67 56.11 23.56 9.67
Середній вектор 3-го кластера
24.78 41.67 56.11 23.56 9.67 27.56 20.56 50.33 41.67 19.11 31.11 62.11 16.00 37.00 25.44 71.56 31.33 43.44 19.22 51.22 20.00 12.44 8.00 10.89 56.56 39.11 35.11 69.78 61.67 50.11 22.56 46.56 43.44 7.11 50.11 109.44 55.11 13.89 19.44 66.22 16.83 39.33 47.00 54.50 31.58
Середній вектор 4-го кластера
16.83 39.33 47.00 54.50 31.58 28.83 25.17 100.00 13.83 54.75 71.58 69.25 47.25 66.75 24.67 87.42 40.00 92.75 16.25 51.92 38.25 30.75 37.08 90.58 64.58 26.08 56.42 63.42 66.42 80.33 31.00 75.50 75.58 48.08 98.67 100.75 43.17 71.17 55.17 88.58 15.42 35.67 24.83 62.42 33.08

Таблиця Д.7 – Результати реалізації алгоритму кластерного аналізу «УАІМКА» (жовтень)

Центр 1-го кластера: 2-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 1 2 3 5 8 32 33
центр 2-го кластера: 6-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 4 6 9 38
центр 3-го кластера: 22-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 19 21 22 31 36
центр 4-го кластера: 35-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 10 20 23 25 26 27 28 29 30 35 39
центр 5-го кластера: 40-й вектор номери векторів, що входять в цей кластер: 7 11 12 13 14 15 16 17 18 24 34 37 40
Середній вектор 1-го кластера
10.29 5.14 55.57 22.86 9.71 61.43 52.86 66.14 20.86 54.86 32.86 37.43 45.00 163.14 45.29 16.43 4.29 36.14 16.00 83.86 87.43 29.71 35.14 44.14 27.86 14.29 34.00 15.71 45.29 32.29 55.14 78.71 27.71 57.43 9.71 63.43 63.43 67.71 32.00 3.14 7.75 4.25 50.25 50.25 7.00
Середній вектор 2-го кластера
7.75 4.25 50.25 50.25 7.00 46.50 39.25 53.00 18.75 45.25 29.75 37.75 32.50 103.00 75.75 50.00 6.25 13.00 41.00 69.50 73.00 29.75 28.50 25.00 16.00 22.75 40.00 18.50 38.50 17.75 79.50 63.00 30.25 38.50 10.50 48.00 43.75 61.25 34.50 2.50 28.40 10.00 19.20 10.80 13.00
Середній вектор 3-го кластера
28.40 10.00 19.20 10.80 13.00 24.80 9.80 61.20 30.20 52.00 30.40 47.00 51.00 35.20 15.80 8.40 13.60 16.20 40.60 14.20 64.20 30.40 18.40 51.60 12.80 24.80 2.40 13.80 22.00 37.60 41.00 42.20 10.80 32.20 48.60 35.00 83.20 45.20 47.00 17.20 26.09 10.82 10.91 29.55 12.45
Середній вектор 4-го кластера
26.09 10.82 10.91 29.55 12.45 34.73 25.36 34.36 15.91 35.18 9.82 47.73 21.82 30.55 19.55 15.55 11.91 23.55 44.00 40.82 54.18 24.91 19.64 23.27 38.91 33.73 25.09 37.64 35.73 21.00 41.18 44.36 5.82 28.00 11.00 24.00 44.64 54.64 32.00 11.91 18.69 11.38 11.92 34.69 17.85
Середній вектор 5-го кластера
18.69 11.38 11.92 34.69 17.85 33.00 21.62 50.62 39.85 107.38 33.38 51.69 44.38 50.08 27.38 15.23 14.46 33.69 42.69 38.77 93.77 29.92 35.00 30.31 17.31 41.92 6.77 24.38 55.69 37.31 60.08 76.62 17.08 46.15 9.69 38.85 63.38 74.85 40.23 4.46 19.85 14.64 21.22 40.82 28.60

ДОДАТОК Е

Таблиця Е.1 – Матриця кореляції (ПМКК – ряди середнього вектора місячної кількості опадів за холодний період)

Місяць (ПМКК)												Місяць (опади, номер кластера)																
												Листопад				Грудень				Січень			Лютий			Березень				
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5
1	-0,03	0,45	0,04	0,21	-0,11	0,44	0,36	0,46	-0,19	0,23	-0,03	-0,09	0,05	0,00	-0,18	-0,30	0,01	-0,08	0,26	-0,01	-0,11	-0,02	-0,16	-0,08	-0,36	-0,19	-0,10	-0,03	0,13	0,08
-0,03	1	0,09	0,18	-0,26	-0,15	0,18	0,04	0,03	0,15	0,11	-0,25	-0,01	-0,04	-0,02	0,25	0,24	0,13	0,00	-0,14	-0,03	0,01	0,02	-0,22	-0,02	-0,01	-0,14	0,06	0,02	0,11	0,15
0,45	0,09	1	0,05	0,01	-0,18	0,58	0,33	0,20	-0,12	-0,05	-0,02	0,02	0,09	0,12	0,08	-0,29	-0,22	-0,18	-0,16	-0,02	-0,07	-0,09	-0,18	-0,11	-0,26	-0,11	-0,22	0,01	-0,27	-0,21
0,04	0,18	0,05	1	-0,09	-0,31	-0,15	0,02	-0,32	-0,40	0,09	-0,33	-0,16	0,09	-0,03	0,04	-0,17	0,03	-0,13	0,06	0,03	0,19	0,11	0,06	0,41	0,20	0,09	0,16	0,25	0,18	0,15
0,21	-0,26	0,01	-0,09	1	-0,11	-0,09	0,10	0,16	-0,05	0,20	0,22	0,32	0,30	0,31	0,01	-0,17	-0,26	-0,26	-0,01	-0,14	-0,24	-0,30	-0,09	-0,03	-0,16	0,10	-0,03	-0,05	0,00	0,06
-0,11	-0,15	-0,18	-0,31	-0,11	1	-0,06	-0,02	-0,05	-0,07	0,14	-0,37	0,17	0,15	0,20	0,23	0,12	0,18	0,19	0,07	-0,01	-0,13	0,06	0,07	-0,06	0,09	0,00	-0,01	0,03	0,21	0,11
0,44	0,18	0,58	-0,15	-0,09	-0,06	1	0,29	0,46	0,12	-0,07	0,18	-0,10	-0,16	-0,07	-0,01	-0,06	0,12	0,13	0,20	0,06	0,25	0,20	0,03	0,03	-0,27	-0,20	-0,12	-0,01	-0,09	0,01
0,36	0,04	0,33	0,02	0,10	-0,02	0,29	1	-0,08	-0,29	0,22	0,18	-0,09	0,14	-0,15	-0,13	-0,20	-0,07	-0,24	0,00	-0,10	-0,13	-0,18	-0,27	-0,14	-0,46	-0,24	-0,26	-0,17	-0,25	-0,22
0,46	0,03	0,20	-0,32	0,16	-0,05	0,46	-0,08	1	0,20	-0,24	-0,03	0,06	0,02	0,20	0,23	0,06	0,18	0,08	0,20	0,38	0,19	0,27	-0,08	-0,22	-0,16	-0,04	0,12	0,07	0,06	0,11
-0,19	0,15	-0,12	-0,40	-0,05	-0,07	0,12	-0,29	0,20	1	-0,22	0,17	-0,08	-0,44	-0,27	-0,20	0,09	-0,26	-0,08	-0,26	-0,06	-0,04	-0,12	0,07	-0,13	-0,05	0,12	0,02	-0,23	-0,13	-0,18
0,23	0,11	-0,05	0,09	0,20	0,14	-0,07	0,22	-0,24	-0,22	1	0,06	0,26	0,33	-0,07	-0,03	-0,10	-0,13	-0,05	0,09	-0,05	0,13	0,12	-0,25	0,10	-0,04	-0,02	-0,23	-0,11	0,06	-0,17
-0,03	-0,25	-0,02	-0,33	0,22	-0,37	0,18	0,18	-0,03	0,17	0,06	1	0,08	-0,22	-0,33	-0,24	-0,06	-0,19	0,05	-0,01	-0,05	0,12	-0,02	0,07	0,05	-0,18	0,05	-0,11	-0,20	-0,13	-0,19
-0,09	-0,01	0,02	-0,16	0,32	0,17	-0,10	-0,09	0,06	-0,08	0,26	0,08	1	0,73	0,58	0,60	0,21	0,15	0,31	0,21	0,11	0,04	0,09	0,08	0,25	0,25	0,16	-0,03	0,22	0,15	0,09
0,05	-0,04	0,09	0,09	0,30	0,15	-0,16	0,14	0,02	-0,44	0,33	-0,22	0,73	1	0,67	0,49	0,06	0,14	0,01	0,28	0,15	0,11	0,22	0,00	0,22	0,18	0,01	-0,13	0,21	0,09	0,00
0,00	-0,02	0,12	-0,03	0,31	0,20	-0,07	-0,15	0,20	-0,27	-0,07	-0,33	0,58	0,67	1	0,53	0,11	0,21	-0,01	0,07	0,13	-0,06	0,00	0,15	0,08	0,22	0,00	-0,02	0,14	0,06	0,17
-0,18	0,25	0,08	0,04	0,01	0,23	-0,01	-0,13	0,23	-0,20	-0,03	-0,24	0,60	0,49	0,53	1	0,18	0,17	0,30	0,01	0,35	0,16	0,23	-0,23	-0,11	0,01	0,25	0,21	0,46	0,33	0,32
-0,30	0,24	-0,29	-0,17	-0,17	0,12	-0,06	-0,20	0,06	0,09	-0,10	-0,06	0,21	0,06	0,11	0,18	1	0,68	0,44	0,33	0,04	0,09	0,07	0,13	0,12	0,31	0,24	0,37	0,27	0,30	0,25
0,01	0,13	-0,22	0,03	-0,26	0,18	0,12	-0,07	0,18	-0,26	-0,13	-0,19	0,15	0,14	0,21	0,17	0,68	1	0,69	0,70	0,31	0,26	0,36	0,33	0,35	0,38	0,16	0,42	0,46	0,34	0,42
-0,08	0,00	-0,18	-0,13	-0,26	0,19	0,13	-0,24	0,08	-0,08	-0,05	0,05	0,31	0,01	-0,01	0,30	0,44	0,69	1	0,68	0,35	0,27	0,29	0,24	0,20	0,26	0,32	0,35	0,45	0,24	0,41
0,26	-0,14	-0,16	0,06	-0,01	0,07	0,20	0,00	0,20	-0,26	0,09	-0,01	0,21	0,28	0,07	0,01	0,33	0,70	0,68	1	0,31	0,32	0,37	0,40	0,45	0,30	0,22	0,20	0,35	0,29	0,31
-0,01	-0,03	-0,02	0,03	-0,14	-0,01	0,06	-0,10	0,38	-0,06	-0,05	-0,05	0,11	0,15	0,13	0,35	0,04	0,31	0,35	0,31	1	0,75	0,74	-0,12	0,05	0,05	0,37	0,48	0,43	0,10	0,11
-0,11	0,01	-0,07	0,19	-0,24	-0,13	0,25	-0,13	0,19	-0,04	0,13	0,12	0,04	0,11	-0,06	0,16	0,09	0,26	0,27	0,32	0,75	1	0,90	0,09	0,29	0,18	0,20	0,24	0,29	0,09	0,01
-0,02	0,02	-0,09	0,11	-0,30	0,06	0,20	-0,18	0,27	-0,12	0,12	-0,02	0,09	0,22	0,00	0,23	0,07	0,36	0,29	0,37	0,74	0,90	1	0,09	0,26	0,19	0,06	0,19	0,33	0,23	0,05
-0,16	-0,22	-0,18	0,06	-0,09	0,07	0,03	-0,27	-0,08	0,07	-0,25	0,07	0,08	0,00	0,15	-0,23	0,13	0,33	0,24	0,40	-0,12	0,09	0,09	1	0,70	0,71	0,06	-0,04	0,08	0,05	0,29
-0,08	-0,02	-0,11	0,41	-0,03	-0,06	0,03	-0,14	-0,22	-0,13	0,10	0,05	0,25	0,22	0,08	-0,11	0,12	0,35	0,20	0,45	0,05	0,29	0,26	0,70	1	0,76	0,18	0,12	0,22	0,20	0,19
-0,36	-0,01	-0,26	0,20	-0,16	0,09	-0,27	-0,46	-0,16	-0,05	-0,04	-0,18	0,25	0,18	0,22	0,01	0,31	0,38	0,26	0,30	0,05	0,18	0,19	0,71	0,76	1	0,16	0,08	0,11	0,02	0,13
-0,19	-0,14	-0,11	0,09	0,10	0,00	-0,20	-0,24	-0,04	0,12	-0,02	0,05	0,16	0,01	0,00	0,25	0,24	0,16	0,32	0,22	0,37	0,20	0,06	0,06	0,18	0,16	1	0,73	0,72	0,37	0,42
-0,10	0,06	-0,22	0,16	-0,03	-0,01	-0,12	-0,26	0,12	0,02	-0,23	-0,11	-0,03	-0,13	-0,02	0,21	0,37	0,42	0,35	0,20	0,48	0,24	0,19	-0,04	0,12	0,08	0,73	1	0,77	0,45	0,62
-0,03	0,02	0,01	0,25	-0,05	0,03	-0,01	-0,17	0,07	-0,23	-0,11	-0,20	0,22	0,21	0,14	0,46	0,27	0,46	0,45	0,35	0,43	0,29	0,33	0,08	0,22	0,11	0,72	0,77	1	0,60	0,72
0,13	0,11	-0,27	0,18	0,00	0,21	-0,09	-0,25	0,06	-0,13	0,06	-0,13	0,15	0,09	0,06	0,33	0,30	0,34	0,24	0,29	0,10	0,09	0,23	0,05	0,20	0,02	0,37	0,45	0,60	1	0,62
0,08	0,15	-0,21	0,15	0,06	0,11	0,01	-0,22	0,11	-0,18	-0,17	-0,19	0,09	0,00	0,17	0,32	0,25	0,42	0,41	0,31	0,11	0,01	0,05	0,29	0,19	0,13	0,42	0,62	0,72	0,62	1

ії (ПМКК – ряди середнього вектора місячної кількості опадів за теплий період)

					Місяць (опади, номер кластера)																
					Квітень				Травень				Червень					Лиаень			
	09	10	11	12	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
4	0,36	-0,16	0,22	-0,09	0,08	-0,23	0,11	-0,26	-0,03	0,11	0,18	-0,13	0,09	-0,23	0,11	-0,40	0,33	0,01	-0,24	0,06	0,08	0,08
4	0,08	0,14	0,13	-0,26	0,28	-0,27	-0,06	-0,04	-0,04	-0,25	-0,08	-0,03	0,07	-0,03	-0,08	0,03	-0,37	-0,09	0,08	-0,11	0,20	-0,09
5	0,32	-0,12	0,02	-0,09	-0,14	-0,04	0,00	-0,14	-0,21	0,18	0,18	-0,30	-0,23	-0,22	0,04	-0,34	-0,09	-0,12	-0,30	-0,31	-0,06	0,01
2	-0,26	-0,41	0,09	-0,33	-0,58	0,09	-0,08	0,03	0,06	0,16	-0,06	0,09	-0,06	0,11	-0,18	-0,01	-0,23	0,22	0,03	0,11	-0,25	-0,03
7	0,02	0,00	0,18	0,14	-0,06	0,19	0,19	0,01	-0,24	0,04	0,10	0,32	0,26	0,36	0,29	0,21	0,43	-0,04	0,03	0,15	-0,20	-0,02
8	0,01	-0,15	0,13	-0,26	0,04	-0,09	0,08	-0,23	0,11	-0,07	0,14	-0,10	-0,24	-0,47	-0,49	-0,36	-0,11	0,00	0,01	-0,07	-0,01	0,03
7	0,39	0,15	-0,06	0,12	0,22	-0,32	-0,23	-0,36	-0,09	-0,25	-0,17	-0,27	-0,14	-0,25	0,23	-0,34	0,16	-0,43	-0,35	-0,30	0,16	-0,19
1	-0,13	-0,27	0,21	0,13	0,04	0,00	-0,20	-0,07	0,39	0,25	0,31	0,16	0,01	0,09	-0,07	-0,07	-0,04	0,26	-0,17	-0,08	0,02	0,08
3	1	0,17	-0,15	-0,09	0,23	-0,25	0,22	-0,11	-0,21	0,19	0,34	-0,30	0,08	-0,17	0,17	-0,09	0,48	-0,18	-0,26	-0,14	0,09	-0,08
7	0,17	1	-0,24	0,24	0,47	-0,18	-0,14	0,22	-0,08	-0,05	-0,12	-0,07	0,07	-0,01	0,22	0,06	0,11	-0,05	0,22	0,23	0,41	0,11
1	-0,15	-0,24	1	0,08	-0,11	-0,19	-0,15	-0,07	0,22	0,07	0,22	0,36	-0,18	-0,09	-0,25	-0,23	-0,06	-0,04	-0,05	-0,04	-0,03	-0,09
3	-0,09	0,24	0,08	1	0,03	-0,26	-0,41	-0,06	0,22	0,01	0,02	0,19	0,08	0,28	0,48	0,31	0,23	-0,19	-0,17	-0,24	-0,13	-0,07
4	0,23	0,47	-0,11	0,03	1	0,01	0,26	0,24	-0,15	-0,18	-0,08	-0,13	0,18	0,00	0,11	0,05	0,18	-0,24	0,07	-0,07	0,40	-0,06
0	-0,25	-0,18	-0,19	-0,26	0,01	1	0,52	0,55	-0,17	0,05	-0,09	0,06	0,06	0,27	0,01	0,23	-0,07	0,11	0,18	0,19	-0,05	0,15
0	0,22	-0,14	-0,15	-0,41	0,26	0,52	1	0,31	-0,37	-0,14	0,05	-0,13	0,09	0,01	-0,15	0,13	-0,08	-0,05	0,08	0,07	-0,01	0,19
7	-0,11	0,22	-0,07	-0,06	0,24	0,55	0,31	1	0,02	0,21	0,05	0,13	0,05	0,33	0,13	0,38	-0,08	0,00	0,37	0,30	0,33	0,19
9	-0,21	-0,08	0,22	0,22	-0,15	-0,17	-0,37	0,02	1	0,37	0,24	0,54	-0,08	0,14	-0,06	0,22	-0,05	0,10	-0,28	-0,14	-0,14	-0,06
5	0,19	-0,05	0,07	0,01	-0,18	0,05	-0,14	0,21	0,37	1	0,77	0,26	0,07	0,11	-0,04	-0,02	0,31	0,26	-0,05	0,05	-0,01	0,31
1	0,34	-0,12	0,22	0,02	-0,08	-0,09	0,05	0,05	0,24	0,77	1	0,22	-0,02	-0,11	-0,19	-0,04	0,13	0,18	-0,10	-0,08	0,00	0,31
6	-0,30	-0,07	0,36	0,19	-0,13	0,06	-0,13	0,13	0,54	0,26	0,22	1	0,12	0,35	0,17	0,43	0,09	-0,15	-0,07	-0,07	-0,09	0,15
1	0,08	0,07	-0,18	0,08	0,18	0,06	0,09	0,05	-0,08	0,07	-0,02	0,12	1	0,61	0,48	0,27	0,31	0,24	0,18	0,23	0,26	0,27
9	-0,17	-0,01	-0,09	0,28	0,00	0,27	0,01	0,33	0,14	0,11	-0,11	0,35	0,61	1	0,63	0,71	0,30	0,11	0,05	0,17	0,01	-0,01
7	0,17	0,22	-0,25	0,48	0,11	0,01	-0,15	0,13	-0,06	-0,04	-0,19	0,17	0,48	0,63	1	0,43	0,50	-0,22	-0,02	0,11	0,15	-0,02
7	-0,09	0,06	-0,23	0,31	0,05	0,23	0,13	0,38	0,22	-0,02	-0,04	0,43	0,27	0,71	0,43	1	0,11	-0,04	0,07	0,02	-0,07	0,03
4	0,48	0,11	-0,06	0,23	0,18	-0,07	-0,08	-0,08	-0,05	0,31	0,13	0,09	0,31	0,30	0,50	0,11	1	-0,17	-0,28	-0,03	0,01	-0,11
6	-0,18	-0,05	-0,04	-0,19	-0,24	0,11	-0,05	0,00	0,10	0,26	0,18	-0,15	0,24	0,11	-0,22	-0,04	-0,17	1	0,42	0,62	0,08	0,36

Продовження табл. Е.2

Місяць (ПМКК)												Місяць (опади, номер кластера)												
												Серпень				Вересень				Жовтень				
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5
1	-0,04	0,36	0,04	0,19	-0,04	0,42	0,34	0,36	-0,16	0,22	-0,09	0,11	0,29	0,00	0,06	0,24	0,06	0,14	0,11	0,20	0,25	-0,02	0,05	0,16
-0,04	1	0,13	0,18	-0,28	-0,18	0,18	0,04	0,08	0,14	0,13	-0,26	-0,17	0,06	-0,19	-0,21	-0,07	0,10	-0,13	-0,10	-0,10	0,13	-0,22	-0,09	-0,26
0,36	0,13	1	0,08	-0,12	-0,12	0,51	0,25	0,32	-0,12	0,02	-0,09	-0,24	0,30	0,08	-0,10	-0,12	-0,22	-0,01	-0,03	0,02	-0,01	0,12	-0,14	-0,21
0,04	0,18	0,08	1	-0,09	-0,38	-0,14	0,02	-0,26	-0,41	0,09	-0,33	-0,44	0,06	-0,04	-0,23	0,32	0,23	-0,01	0,31	0,39	0,28	-0,01	0,00	-0,16
0,19	-0,28	-0,12	-0,09	1	0,03	-0,14	0,07	0,02	0,00	0,18	0,14	0,00	-0,13	0,02	0,03	0,25	0,33	0,38	0,31	0,02	-0,03	-0,03	0,07	0,27
-0,04	-0,18	-0,12	-0,38	0,03	1	0,03	0,08	0,01	-0,15	0,13	-0,26	-0,23	0,28	0,12	0,13	0,04	-0,24	-0,21	-0,19	-0,07	0,04	0,24	-0,04	0,33
0,42	0,18	0,51	-0,14	-0,14	0,03	1	0,27	0,39	0,15	-0,06	0,12	0,00	0,17	0,19	-0,10	-0,07	-0,05	0,08	-0,06	-0,15	-0,02	-0,01	-0,25	-0,09
0,34	0,04	0,25	0,02	0,07	0,08	0,27	1	-0,13	-0,27	0,21	0,13	-0,31	0,22	0,02	-0,36	0,22	-0,07	-0,24	0,26	0,38	0,39	0,38	-0,04	0,40
0,36	0,08	0,32	-0,26	0,02	0,01	0,39	-0,13	1	0,17	-0,15	-0,09	0,19	0,04	0,17	0,44	-0,38	-0,13	0,03	-0,47	-0,25	-0,15	-0,15	0,02	-0,01
-0,16	0,14	-0,12	-0,41	0,00	-0,15	0,15	-0,27	0,17	1	-0,24	0,24	0,32	-0,09	-0,03	-0,01	-0,10	0,18	0,14	-0,04	-0,68	-0,62	-0,30	-0,48	-0,38
0,22	0,13	0,02	0,09	0,18	0,13	-0,06	0,21	-0,15	-0,24	1	0,08	-0,22	-0,11	-0,25	-0,13	0,27	0,17	-0,01	0,28	-0,06	0,00	-0,08	0,09	0,06
-0,09	-0,26	-0,09	-0,33	0,14	-0,26	0,12	0,13	-0,09	0,24	0,08	1	0,17	-0,46	-0,07	-0,09	-0,09	0,26	0,22	0,23	-0,09	-0,14	-0,02	-0,18	-0,09
0,11	-0,17	-0,24	-0,44	0,00	-0,23	0,00	-0,31	0,19	0,32	-0,22	0,17	1	-0,10	-0,13	0,39	-0,12	0,06	0,29	-0,19	-0,17	-0,01	-0,16	0,26	0,00
0,29	0,06	0,30	0,06	-0,13	0,28	0,17	0,22	0,04	-0,09	-0,11	-0,46	-0,10	1	0,62	0,09	0,40	-0,05	0,00	0,24	-0,07	0,11	0,02	-0,09	-0,05
0,00	-0,19	0,08	-0,04	0,02	0,12	0,19	0,02	0,17	-0,03	-0,25	-0,07	-0,13	0,62	1	0,12	0,11	-0,16	0,02	0,07	-0,17	-0,05	-0,03	-0,13	-0,07
0,06	-0,21	-0,10	-0,23	0,03	0,13	-0,10	-0,36	0,44	-0,01	-0,13	-0,09	0,39	0,09	0,12	1	-0,14	-0,20	0,02	-0,42	-0,29	-0,15	-0,37	-0,02	-0,08
0,24	-0,07	-0,12	0,32	0,25	0,04	-0,07	0,22	-0,38	-0,10	0,27	-0,09	-0,12	0,40	0,11	-0,14	1	0,44	0,40	0,76	0,21	0,21	-0,07	-0,02	0,04
0,06	0,10	-0,22	0,23	0,33	-0,24	-0,05	-0,07	-0,13	0,18	0,17	0,26	0,06	-0,05	-0,16	-0,20	0,44	1	0,53	0,68	0,01	-0,09	0,04	0,02	0,01
0,14	-0,13	-0,01	-0,01	0,38	-0,21	0,08	-0,24	0,03	0,14	-0,01	0,22	0,29	0,00	0,02	0,02	0,40	0,53	1	0,48	-0,01	0,03	-0,22	0,14	-0,16
0,11	-0,10	-0,03	0,31	0,31	-0,19	-0,06	0,26	-0,47	-0,04	0,28	0,23	-0,19	0,24	0,07	-0,42	0,76	0,68	0,48	1	0,21	0,09	0,18	0,04	0,08
0,20	-0,10	0,02	0,39	0,02	-0,07	-0,15	0,38	-0,25	-0,68	-0,06	-0,09	-0,17	-0,07	-0,17	-0,29	0,21	0,01	-0,01	0,21	1	0,83	0,36	0,35	0,45
0,25	0,13	-0,01	0,28	-0,03	0,04	-0,02	0,39	-0,15	-0,62	0,00	-0,14	-0,01	0,11	-0,05	-0,15	0,21	-0,09	0,03	0,09	0,83	1	0,24	0,38	0,41
-0,02	-0,22	0,12	-0,01	-0,03	0,24	-0,01	0,38	-0,15	-0,30	-0,08	-0,02	-0,16	0,02	-0,03	-0,37	-0,07	0,04	-0,22	0,18	0,36	0,24	1	0,43	0,73
0,05	-0,09	-0,14	0,00	0,07	-0,04	-0,25	-0,04	0,02	-0,48	0,09	-0,18	0,26	-0,09	-0,13	-0,02	-0,02	0,02	0,14	0,04	0,35	0,38	0,43	1	0,59
0,16	-0,26	-0,21	-0,16	0,27	0,33	-0,09	0,40	-0,01	-0,38	0,06	-0,09	0,00	-0,05	-0,07	-0,08	0,04	0,01	-0,16	0,08	0,45	0,41	0,73	0,59	1

ДОДАТОК Є

Таблиця Є.1 – Матриця кореляції (ПАК – ряди середнього вектора місячної кількості опадів за холодний період)

Місяць (ПАК)												Місяць (опади, номер кластера)																
												Листопад				Грудень				Січень			Лютий			Березень				
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	5
1	0,34	0,21	0,03	-0,01	0,08	-0,18	0,36	-0,19	0,05	0,18	0,06	-0,17	0,04	-0,15	-0,28	-0,11	-0,34	-0,47	-0,34	-0,41	-0,26	-0,29	-0,47	-0,11	-0,32	-0,25	-0,25	-0,32	0,02	-0,28
0,34	1	0,21	0,19	-0,01	-0,29	-0,01	0,44	0,07	-0,34	-0,05	0,04	-0,06	0,02	0,09	0,18	-0,03	0,02	-0,21	-0,21	-0,13	-0,18	-0,10	-0,50	-0,37	-0,53	-0,05	0,19	0,15	0,28	0,16
0,21	0,21	1	-0,17	-0,05	0,17	0,29	0,23	0,01	0,07	0,47	0,13	0,04	0,03	0,29	-0,02	-0,06	0,12	0,07	-0,10	0,03	-0,02	0,03	0,01	0,09	0,10	-0,17	-0,03	-0,03	-0,13	0,00
0,03	0,19	-0,17	1	-0,20	-0,39	-0,04	-0,16	0,08	0,10	-0,17	0,15	-0,32	-0,19	-0,15	-0,17	-0,25	-0,08	-0,29	-0,15	0,16	0,25	0,20	-0,25	-0,07	-0,17	-0,13	0,10	0,06	-0,07	-0,12
-0,01	-0,01	-0,05	-0,20	1	0,07	-0,08	0,03	0,02	0,45	0,16	-0,34	0,17	0,00	0,09	-0,01	-0,13	-0,22	-0,10	0,08	-0,26	-0,16	-0,22	0,18	0,13	0,04	0,12	-0,13	-0,05	0,06	0,11
0,08	-0,29	0,17	-0,39	0,07	1	-0,04	0,04	-0,18	0,12	0,13	-0,20	-0,06	0,10	0,01	-0,20	-0,04	0,04	-0,03	0,17	-0,04	-0,14	0,08	0,24	0,13	0,23	-0,11	-0,09	-0,09	0,11	-0,07
-0,18	-0,01	0,29	-0,04	-0,08	-0,04	1	-0,05	0,21	0,00	-0,03	0,39	-0,08	-0,15	-0,01	-0,15	0,09	0,23	0,09	0,12	0,07	-0,07	-0,01	0,04	-0,02	-0,01	-0,26	-0,12	-0,11	-0,19	0,05
0,36	0,44	0,23	-0,16	0,03	0,04	-0,05	1	-0,07	0,16	0,13	-0,09	-0,11	-0,17	-0,23	-0,09	0,14	0,02	-0,07	-0,12	-0,29	-0,16	-0,19	-0,19	-0,01	-0,29	-0,04	0,12	0,02	0,18	-0,02
-0,19	0,07	0,01	0,08	0,02	-0,18	0,21	-0,07	1	0,21	0,07	0,05	0,28	-0,06	-0,01	0,13	-0,01	0,19	0,26	0,17	0,05	-0,12	-0,06	0,12	0,38	0,13	0,19	0,27	0,24	0,25	0,31
0,05	-0,34	0,07	0,10	0,45	0,12	0,00	0,16	0,21	1	0,35	-0,09	0,06	-0,23	-0,14	-0,31	-0,23	-0,30	-0,10	-0,04	-0,21	-0,05	-0,15	0,33	0,36	0,20	-0,04	-0,17	-0,19	-0,06	-0,03
0,18	-0,05	0,47	-0,17	0,16	0,13	-0,03	0,13	0,07	0,35	1	0,04	0,37	0,34	0,29	0,04	0,00	0,06	0,09	0,13	0,03	0,10	0,11	0,05	0,29	0,29	-0,17	-0,16	-0,26	-0,23	-0,18
0,06	0,04	0,13	0,15	-0,34	-0,20	0,39	-0,09	0,05	-0,09	0,04	1	-0,02	0,03	0,16	0,00	0,31	0,17	-0,18	-0,13	-0,04	-0,07	-0,04	0,02	0,14	0,30	-0,25	-0,11	-0,18	-0,07	-0,13
-0,17	-0,06	0,04	-0,32	0,17	-0,06	-0,08	-0,11	0,28	0,06	0,37	-0,02	1	0,73	0,58	0,60	0,21	0,15	0,31	0,21	0,11	0,04	0,09	0,08	0,25	0,25	0,16	-0,03	0,22	0,15	0,09
0,04	0,02	0,03	-0,19	0,00	0,10	-0,15	-0,17	-0,06	-0,23	0,34	0,03	0,73	1	0,67	0,49	0,06	0,14	0,01	0,28	0,15	0,11	0,22	0,00	0,22	0,18	0,01	-0,13	0,21	0,09	0,00
-0,15	0,09	0,29	-0,15	0,09	0,01	-0,01	-0,23	-0,01	-0,14	0,29	0,16	0,58	0,67	1	0,53	0,11	0,21	-0,01	0,07	0,13	-0,06	0,00	0,15	0,08	0,22	0,00	-0,02	0,14	0,06	0,17
-0,28	0,18	-0,02	-0,17	-0,01	-0,20	-0,15	-0,09	0,13	-0,31	0,04	0,00	0,60	0,49	0,53	1	0,18	0,17	0,30	0,01	0,35	0,16	0,23	-0,23	-0,11	0,01	0,25	0,21	0,46	0,33	0,32
-0,11	-0,03	-0,06	-0,25	-0,13	-0,04	0,09	0,14	-0,01	-0,23	0,00	0,31	0,21	0,06	0,11	0,18	1	0,68	0,44	0,33	0,04	0,09	0,07	0,13	0,12	0,31	0,24	0,37	0,27	0,30	0,25
-0,34	0,02	0,12	-0,08	-0,22	0,04	0,23	0,02	0,19	-0,30	0,06	0,17	0,15	0,14	0,21	0,17	0,68	1	0,69	0,70	0,31	0,26	0,36	0,33	0,35	0,38	0,16	0,42	0,46	0,34	0,42
-0,47	-0,21	0,07	-0,29	-0,10	-0,03	0,09	-0,07	0,26	-0,10	0,09	-0,18	0,31	0,01	-0,01	0,30	0,44	0,69	1	0,68	0,35	0,27	0,29	0,24	0,20	0,26	0,32	0,35	0,45	0,24	0,41
-0,34	-0,21	-0,10	-0,15	0,08	0,17	0,12	-0,12	0,17	-0,04	0,13	-0,13	0,21	0,28	0,07	0,01	0,33	0,70	0,68	1	0,31	0,32	0,37	0,40	0,45	0,30	0,22	0,20	0,35	0,29	0,31
-0,41	-0,13	0,03	0,16	-0,26	-0,04	0,07	-0,29	0,05	-0,21	0,03	-0,04	0,11	0,15	0,13	0,35	0,04	0,31	0,35	0,31	1	0,75	0,74	-0,12	0,05	0,05	0,37	0,48	0,43	0,10	0,11
-0,26	-0,18	-0,02	0,25	-0,16	-0,14	-0,07	-0,16	-0,12	-0,05	0,10	-0,07	0,04	0,11	-0,06	0,16	0,09	0,26	0,27	0,32	0,75	1	0,90	0,09	0,29	0,18	0,20	0,24	0,29	0,09	0,01
-0,29	-0,10	0,03	0,20	-0,22	0,08	-0,01	-0,19	-0,06	-0,15	0,11	-0,04	0,09	0,22	0,00	0,23	0,07	0,36	0,29	0,37	0,74	0,90	1	0,09	0,26	0,19	0,06	0,19	0,33	0,23	0,05
-0,47	-0,50	0,01	-0,25	0,18	0,24	0,04	-0,19	0,12	0,33	0,05	0,02	0,08	0,00	0,15	-0,23	0,13	0,33	0,24	0,40	-0,12	0,09	0,09	1	0,70	0,71	0,06	-0,04	0,08	0,05	0,29
-0,11	-0,37	0,09	-0,07	0,13	0,13	-0,02	-0,01	0,38	0,36	0,29	0,14	0,25	0,22	0,08	-0,11	0,12	0,35	0,20	0,45	0,05	0,29	0,26	0,70	1	0,76	0,18	0,12	0,22	0,20	0,19
-0,32	-0,53	0,10	-0,17	0,04	0,23	-0,01	-0,29	0,13	0,20	0,29	0,30	0,25	0,18	0,22	0,01	0,31	0,38	0,26	0,30	0,05	0,18	0,19	0,71	0,76	1	0,16	0,08	0,11	0,02	0,13
-0,25	-0,05	-0,17	-0,13	0,12	-0,11	-0,26	-0,04	0,19	-0,04	-0,17	-0,25	0,16	0,01	0,00	0,25	0,24	0,16	0,32	0,22	0,37	0,20	0,06	0,06	0,18	0,16	1	0,73	0,72	0,37	0,42
-0,25	0,19	-0,03	0,10	-0,13	-0,09	-0,12	0,12	0,27	-0,17	-0,16	-0,11	-0,03	-0,13	-0,02	0,21	0,37	0,42	0,35	0,20	0,48	0,24	0,19	-0,04	0,12	0,08	0,73	1	0,77	0,45	0,62
-0,32	0,15	-0,03	0,06	-0,05	-0,09	-0,11	0,02	0,24	-0,19	-0,26	-0,18	0,22	0,21	0,14	0,46	0,27	0,46	0,45	0,35	0,43	0,29	0,33	0,08	0,22	0,11	0,72	0,77	1	0,60	0,72
0,02	0,28	-0,13	-0,07	0,06	0,11	-0,19	0,18	0,25	-0,06	-0,23	-0,07	0,15	0,09	0,06	0,33	0,30	0,34	0,24	0,29	0,10	0,09	0,23	0,05	0,20	0,02	0,37	0,45	0,60	1	0,62
-0,28	0,16	0,00	-0,12	0,11	-0,07	0,05	-0,02	0,31	-0,03	-0,18	-0,13	0,09	0,00	0,17	0,32	0,25	0,42	0,41	0,31	0,11	0,01	0,05	0,29	0,19	0,13	0,42	0,62	0,72	0,62	1

Таблиця Є.2 – Матриця кореляції (ПАК – ряди середнього вектора місячної кількості опадів за теплий період)

Місяць (ПАК)												Місяць (опади, номер кластера)																	
												Квітень				Травень				Червень					Липень				
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0,32	0,22	-0,01	-0,02	0,13	-0,17	0,35	-0,18	0,07	0,15	0,02	-0,12	0,02	-0,16	0,06	0,29	0,16	-0,02	0,33	0,18	0,16	-0,12	-0,18	-0,14	0,08	0,03	0,02	0,10	0,17
0,32	1	0,23	0,15	-0,02	-0,24	0,00	0,42	0,08	-0,33	-0,08	-0,01	0,00	-0,06	0,21	0,01	0,21	0,00	0,06	0,14	0,10	0,33	0,16	0,32	0,10	-0,27	-0,27	-0,24	-0,15	0,03
0,22	0,23	1	-0,18	-0,06	0,17	0,28	0,26	0,03	0,07	0,46	0,10	0,14	-0,08	0,15	-0,16	-0,20	-0,16	-0,12	0,08	-0,08	-0,10	0,09	-0,06	0,02	-0,56	-0,05	-0,38	-0,11	-0,07
-0,01	0,15	-0,18	1	-0,17	-0,40	0,00	-0,21	0,03	0,07	-0,14	0,20	0,01	0,25	0,15	0,10	-0,05	0,00	-0,30	-0,09	0,23	0,40	0,38	0,09	0,29	0,09	-0,15	0,22	-0,04	-0,13
-0,02	-0,02	-0,06	-0,17	1	0,06	-0,07	0,02	0,01	0,44	0,17	-0,31	-0,28	0,00	-0,05	-0,23	-0,05	-0,14	-0,01	0,41	-0,12	-0,03	0,17	0,08	0,22	-0,31	-0,29	-0,20	-0,14	-0,09
0,13	-0,24	0,17	-0,40	0,06	1	-0,08	0,09	-0,15	0,13	0,13	-0,21	0,05	-0,01	0,08	-0,11	0,02	0,18	0,18	0,05	-0,22	-0,43	-0,41	-0,42	-0,01	-0,08	0,00	-0,01	-0,04	0,01
-0,17	0,00	0,28	0,00	-0,07	-0,08	1	-0,04	0,20	-0,02	0,00	0,42	0,33	-0,12	0,10	-0,12	-0,30	-0,28	0,05	-0,14	0,07	-0,13	0,07	0,01	0,08	-0,27	-0,11	-0,20	0,26	-0,07
0,35	0,42	0,26	-0,21	0,02	0,09	-0,04	1	-0,05	0,18	0,09	-0,14	0,11	-0,16	-0,09	0,12	0,31	-0,03	0,01	0,27	-0,26	-0,11	-0,23	-0,01	-0,37	-0,44	-0,08	-0,36	0,13	0,07
-0,18	0,08	0,03	0,03	0,01	-0,15	0,20	-0,05	1	0,23	0,04	0,00	0,27	0,05	0,18	0,27	-0,05	-0,02	0,06	-0,12	0,28	0,12	0,25	0,24	0,06	-0,19	-0,12	-0,14	-0,08	-0,23
0,07	-0,33	0,07	0,07	0,44	0,13	-0,02	0,18	0,23	1	0,34	-0,11	0,03	0,08	-0,17	0,12	-0,17	-0,01	-0,03	0,15	-0,13	-0,09	0,26	-0,13	-0,02	-0,34	0,02	-0,02	0,12	-0,11
0,15	-0,08	0,46	-0,14	0,17	0,13	0,00	0,09	0,04	0,34	1	0,06	0,23	0,31	0,10	0,08	-0,20	-0,25	-0,21	0,23	-0,05	-0,02	0,02	0,05	-0,04	-0,19	0,35	0,12	-0,01	-0,02
0,02	-0,01	0,10	0,20	-0,31	-0,21	0,42	-0,14	0,00	-0,11	0,06	1	0,00	0,17	0,23	-0,01	-0,29	-0,18	-0,12	-0,22	0,41	0,25	0,06	0,25	-0,19	0,32	0,34	0,21	0,32	0,29
-0,12	0,00	0,14	0,01	-0,28	0,05	0,33	0,11	0,27	0,03	0,23	0,00	1	0,01	0,26	0,24	-0,15	-0,18	-0,08	-0,13	0,18	0,00	0,11	0,05	0,18	-0,24	0,07	-0,07	0,40	-0,06
0,02	-0,06	-0,08	0,25	0,00	-0,01	-0,12	-0,16	0,05	0,08	0,31	0,17	0,01	1	0,52	0,55	-0,17	0,05	-0,09	0,06	0,06	0,27	0,01	0,23	-0,07	0,11	0,18	0,19	-0,05	0,15
-0,16	0,21	0,15	0,15	-0,05	0,08	0,10	-0,09	0,18	-0,17	0,10	0,23	0,26	0,52	1	0,31	-0,37	-0,14	0,05	-0,13	0,09	0,01	-0,15	0,13	-0,08	-0,05	0,08	0,07	-0,01	0,19
0,06	0,01	-0,16	0,10	-0,23	-0,11	-0,12	0,12	0,27	0,12	0,08	-0,01	0,24	0,55	0,31	1	0,02	0,21	0,05	0,13	0,05	0,33	0,13	0,38	-0,08	0,00	0,37	0,30	0,33	0,19
0,29	0,21	-0,20	-0,05	-0,05	0,02	-0,30	0,31	-0,05	-0,17	-0,20	-0,29	-0,15	-0,17	-0,37	0,02	1	0,37	0,24	0,54	-0,08	0,14	-0,06	0,22	-0,05	0,10	-0,28	-0,14	-0,14	-0,06
0,16	0,00	-0,16	0,00	-0,14	0,18	-0,28	-0,03	-0,02	-0,01	-0,25	-0,18	-0,18	0,05	-0,14	0,21	0,37	1	0,77	0,26	0,07	0,11	-0,04	-0,02	0,31	0,26	-0,05	0,05	-0,01	0,31
-0,02	0,06	-0,12	-0,30	-0,01	0,18	0,05	0,01	0,06	-0,03	-0,21	-0,12	-0,08	-0,09	0,05	0,05	0,24	0,77	1	0,22	-0,02	-0,11	-0,19	-0,04	0,13	0,18	-0,10	-0,08	0,00	0,31
0,33	0,14	0,08	-0,09	0,41	0,05	-0,14	0,27	-0,12	0,15	0,23	-0,22	-0,13	0,06	-0,13	0,13	0,54	0,26	0,22	1	0,12	0,35	0,17	0,43	0,09	-0,15	-0,07	-0,07	-0,09	0,15
0,18	0,10	-0,08	0,23	-0,12	-0,22	0,07	-0,26	0,28	-0,13	-0,05	0,41	0,18	0,06	0,09	0,05	-0,08	0,07	-0,02	0,12	1	0,61	0,48	0,27	0,31	0,24	0,18	0,23	0,26	0,27
0,16	0,33	-0,10	0,40	-0,03	-0,43	-0,13	-0,11	0,12	-0,09	-0,02	0,25	0,00	0,27	0,01	0,33	0,14	0,11	-0,11	0,35	0,61	1	0,63	0,71	0,30	0,11	0,05	0,17	0,01	-0,01
-0,12	0,16	0,09	0,38	0,17	-0,41	0,07	-0,23	0,25	0,26	0,02	0,06	0,11	0,01	-0,15	0,13	-0,06	-0,04	-0,19	0,17	0,48	0,63	1	0,43	0,50	-0,22	-0,02	0,11	0,15	-0,02
-0,18	0,32	-0,06	0,09	0,08	-0,42	0,01	-0,01	0,24	-0,13	0,05	0,25	0,05	0,23	0,13	0,38	0,22	-0,02	-0,04	0,43	0,27	0,71	0,43	1	0,11	-0,04	0,07	0,02	-0,07	0,03
-0,14	0,10	0,02	0,29	0,22	-0,01	0,08	-0,37	0,06	-0,02	-0,04	-0,19	0,18	-0,07	-0,08	-0,08	-0,05	0,31	0,13	0,09	0,31	0,30	0,50	0,11	1	-0,17	-0,28	-0,03	0,01	-0,11
0,08	-0,27	-0,56	0,09	-0,31	-0,08	-0,27	-0,44	-0,19	-0,34	-0,19	0,32	-0,24	0,11	-0,05	0,00	0,10	0,26	0,18	-0,15	0,24	0,11	-0,22	-0,04	-0,17	1	0,42	0,62	0,08	0,36
0,03	-0,27	-0,05	-0,15	-0,29	0,00	-0,11	-0,08	-0,12	0,02	0,35	0,34	0,07	0,18	0,08	0,37	-0,28	-0,05	-0,10	-0,07	0,18	0,05	-0,02	0,07	-0,28	0,42	1	0,78	0,49	0,55
0,02	-0,24	-0,38	0,22	-0,20	-0,01	-0,20	-0,36	-0,14	-0,02	0,12	0,21	-0,07	0,19	0,07	0,30	-0,14	0,05	-0,08	-0,07	0,23	0,17	0,11	0,02	-0,03	0,62	0,78	1	0,41	0,45
0,10	-0,15	-0,11	-0,04	-0,14	-0,04	0,26	0,13	-0,08	0,12	-0,01	0,32	0,40	-0,05	-0,01	0,33	-0,14	-0,01	0,00	-0,09	0,26	0,01	0,15	-0,07	0,01	0,08	0,49	0,41	1	0,52
0,17	0,03	-0,07	-0,13	-0,09	0,01	-0,07	0,07	-0,23	-0,11	-0,02	0,29	-0,06	0,15	0,19	0,19	-0,06	0,31	0,31	0,15	0,27	-0,01	-0,02	0,03	-0,11	0,36	0,55	0,45	0,52	1

Продовження табл. Є.2

Місяць (ПАК)												Місяць (опади, номер кластера)												
												Серпень				Вересень				Жовтень				
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5
1	0,32	0,22	-0,01	-0,02	0,13	-0,17	0,35	-0,18	0,07	0,15	0,02	-0,25	-0,05	-0,44	-0,23	0,30	0,21	0,08	0,31	0,10	-0,01	0,15	0,02	0,08
0,32	1	0,23	0,15	-0,02	-0,24	0,00	0,42	0,08	-0,33	-0,08	-0,01	-0,38	0,08	0,16	-0,08	-0,04	0,21	0,13	0,16	0,06	0,04	0,26	0,15	0,24
0,22	0,23	1	-0,18	-0,06	0,17	0,28	0,26	0,03	0,07	0,46	0,10	-0,03	0,06	-0,08	-0,02	0,05	0,08	0,17	0,14	0,04	0,01	0,03	0,28	-0,01
-0,01	0,15	-0,18	1	-0,17	-0,40	0,00	-0,21	0,03	0,07	-0,14	0,20	0,02	0,11	0,09	0,06	0,08	0,11	0,14	0,08	0,03	-0,07	-0,25	-0,16	-0,17
-0,02	-0,02	-0,06	-0,17	1	0,06	-0,07	0,02	0,01	0,44	0,17	-0,31	0,06	-0,15	0,14	0,09	0,17	0,11	0,26	0,14	-0,08	-0,02	-0,13	-0,07	0,08
0,13	-0,24	0,17	-0,40	0,06	1	-0,08	0,09	-0,15	0,13	0,13	-0,21	0,00	0,17	-0,07	0,19	0,15	-0,23	-0,01	-0,13	-0,14	-0,11	0,08	0,23	0,25
-0,17	0,00	0,28	0,00	-0,07	-0,08	1	-0,04	0,20	-0,02	0,00	0,42	0,12	0,08	0,00	0,01	-0,30	-0,21	-0,32	-0,26	-0,12	0,12	-0,03	0,18	0,10
0,35	0,42	0,26	-0,21	0,02	0,09	-0,04	1	-0,05	0,18	0,09	-0,14	-0,44	0,14	0,12	-0,27	0,13	0,23	-0,12	0,20	-0,24	-0,27	0,15	-0,18	-0,03
-0,18	0,08	0,03	0,03	0,01	-0,15	0,20	-0,05	1	0,23	0,04	0,00	0,00	-0,35	-0,18	0,10	-0,31	-0,16	-0,08	-0,33	0,01	-0,01	-0,13	-0,27	-0,12
0,07	-0,33	0,07	0,07	0,44	0,13	-0,02	0,18	0,23	1	0,34	-0,11	0,14	-0,31	-0,23	0,11	0,11	-0,03	0,08	-0,05	-0,31	-0,40	-0,42	-0,35	-0,36
0,15	-0,08	0,46	-0,14	0,17	0,13	0,00	0,09	0,04	0,34	1	0,06	0,13	-0,26	-0,18	-0,04	0,25	0,03	0,05	0,07	-0,15	-0,09	-0,14	0,16	-0,02
0,02	-0,01	0,10	0,20	-0,31	-0,21	0,42	-0,14	0,00	-0,11	0,06	1	-0,01	-0,14	-0,13	-0,13	-0,31	-0,15	-0,34	-0,27	0,19	0,17	0,05	0,25	0,03
-0,25	-0,38	-0,03	0,02	0,06	0,00	0,12	-0,44	0,00	0,14	0,13	-0,01	1	-0,10	-0,13	0,39	-0,12	0,06	0,29	-0,19	-0,17	-0,01	-0,16	0,26	0,00
-0,05	0,08	0,06	0,11	-0,15	0,17	0,08	0,14	-0,35	-0,31	-0,26	-0,14	-0,10	1	0,62	0,09	0,40	-0,05	0,00	0,24	-0,07	0,11	0,02	-0,09	-0,05
-0,44	0,16	-0,08	0,09	0,14	-0,07	0,00	0,12	-0,18	-0,23	-0,18	-0,13	-0,13	0,62	1	0,12	0,11	-0,16	0,02	0,07	-0,17	-0,05	-0,03	-0,13	-0,07
-0,23	-0,08	-0,02	0,06	0,09	0,19	0,01	-0,27	0,10	0,11	-0,04	-0,13	0,39	0,09	0,12	1	-0,14	-0,20	0,02	-0,42	-0,29	-0,15	-0,37	-0,02	-0,08
0,30	-0,04	0,05	0,08	0,17	0,15	-0,30	0,13	-0,31	0,11	0,25	-0,31	-0,12	0,40	0,11	-0,14	1	0,44	0,40	0,76	0,21	0,21	-0,07	-0,02	0,04
0,21	0,21	0,08	0,11	0,11	-0,23	-0,21	0,23	-0,16	-0,03	0,03	-0,15	0,06	-0,05	-0,16	-0,20	0,44	1	0,53	0,68	0,01	-0,09	0,04	0,02	0,01
0,08	0,13	0,17	0,14	0,26	-0,01	-0,32	-0,12	-0,08	0,08	0,05	-0,34	0,29	0,00	0,02	0,02	0,40	0,53	1	0,48	-0,01	0,03	-0,22	0,14	-0,16
0,31	0,16	0,14	0,08	0,14	-0,13	-0,26	0,20	-0,33	-0,05	0,07	-0,27	-0,19	0,24	0,07	-0,42	0,76	0,68	0,48	1	0,21	0,09	0,18	0,04	0,08
0,10	0,06	0,04	0,03	-0,08	-0,14	-0,12	-0,24	0,01	-0,31	-0,15	0,19	-0,17	-0,07	-0,17	-0,29	0,21	0,01	-0,01	0,21	1	0,83	0,36	0,35	0,45
-0,01	0,04	0,01	-0,07	-0,02	-0,11	0,12	-0,27	-0,01	-0,40	-0,09	0,17	-0,01	0,11	-0,05	-0,15	0,21	-0,09	0,03	0,09	0,83	1	0,24	0,38	0,41
0,15	0,26	0,03	-0,25	-0,13	0,08	-0,03	0,15	-0,13	-0,42	-0,14	0,05	-0,16	0,02	-0,03	-0,37	-0,07	0,04	-0,22	0,18	0,36	0,24	1	0,43	0,73
0,02	0,15	0,28	-0,16	-0,07	0,23	0,18	-0,18	-0,27	-0,35	0,16	0,25	0,26	-0,09	-0,13	-0,02	-0,02	0,02	0,14	0,04	0,35	0,38	0,43	1	0,59
0,08	0,24	-0,01	-0,17	0,08	0,25	0,10	-0,03	-0,12	-0,36	-0,02	0,03	0,00	-0,05	-0,07	-0,08	0,04	0,01	-0,16	0,08	0,45	0,41	0,73	0,59	1