МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Динаміка повторюваності опадів на сході України

Виконала студентка 2 курсу групи МЗК-19
спеціальності 103 – "Науки по Землю"
Бондаренко Дар`я Сергіївна

Керівник к.геогр.н., доцент
Прокоф'єв Олег Милославович

Рецензент д.геогр.н., доцент
Овчарук Валерія Анатоліївна

Одеса 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 103 “Науки про Землю”
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма Кліматологія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Прокоф’єв О.М.
“ 26 ” жовтня 2020 року

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

Бондаренко Дар`ї Сергіївні
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи: Динаміка повторюваності опадів на сході України

керівник роботи Прокоф’єв Олег Милославович, к.геогр.н., доцент
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від 16 жовтня 2020р. № 124-с
2. Строк подання студентом роботи 07 грудня 2020р.
3. Вихідні дані до роботи. Дослідження динаміки опадів на сході України проводилось за даними метеорологічних спостережень, отриманих з бази даних проекту rp5. В якості вихідних даних використовувалися добові суми опадів за період з 2008 по 2018рр.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Проаналізувати статистичні характеристики поля опадів східної частини України за період з 2008 по 2018рр.; проаналізувати повторюваність опадів різної інтенсивності; використовуючи модельні дані, проаналізувати середньодобову та річну кількість опадів, а також кількість опадів за теплий період року для прогнозованого періоду 2021-2050 рр.; розрахувати та проаналізувати кліматичні індекси для сходу України за фактичний та прогнозований періоди.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень)
Графіки добової, річної кількості опадів та графіки кількості опадів за теплий період року для досліджуваних метеорологічних станцій; графіки повторюваності опадів для станцій досліджуваного регіону за градаціями; графіки прогнозованої кількості опадів (добової, річної та за теплий період року); графіки динаміки кліматичних індексів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання___26 жовтня 2020р.___

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Огляд літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи	26.10-02.11 2020р.	92	відмінно
2	Формування бази даних по опадам	03.11-09.11 2020р.	96	відмінно
3	Аналіз повторюваності опадів різної інтенсивності. Аналіз статистичних характеристик поля опадів.	10.11-17.11 2020р.	97	відмінно
	Рубіжна атестація	17.11 2020р.	95	відмінно
4	Аналіз річної, добової кількості опадів, а також кількості опадів за теплий період за модельними даними	18.11-23.11 2020р.	92	відмінно
5	Розрахунок кліматичних індексів для східної частини України за фактичний та прогнозний періоди.	24.11-29.11 2020р.	98	відмінно
6	Аналіз розрахованих кліматичних індексів	30.11-02.12 2020р.	93	відмінно
7	Узагальнення отриманих результатів, формування висновків.	03.12-05.12 2020р.	97	відмінно
8	Оформлення кваліфікаційної роботи, підготовка доповіді та презентації	06.12-07.12 2020р.	95	відмінно
9	**Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)**		**95**	відмінно

Студент _____ Бондаренко Д.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Прокоф'єв О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Тема: „Динаміка повторюваності опадів на Сході Україні ”

Автор: Бондаренко Д.С.

Актуальність проблеми. Актуальність теми визначається необхідністю моніторингу метеорологічного режиму України та його динаміки в світлі сучасних кліматичних змін.

Метою даної роботи є виявлення особливостей динаміки режиму опадів східної частини України.

Відповідно до поставленої мети розв’язані такі **задачі**:

- провести статистичний аналіз кількості опадів на території східної частини України за період 2008-2018рр.;

- провести комплексний статистичний аналіз кількості опадів за двома сценаріями з різною концентрацією парникових газів RCP2.6 (490 p.p.m) і RCP4.5 (650 p.p.m) за прогнозований період 2021-2050 рр. а саме за трьома модельними даними проекту CORDEX: CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5;

- порівняти та проаналізувати динаміку певних кліматичних індексів за періоди 2008-2018рр та 2021-2050рр.

Об’єкт дослідження – режим опадів Східної України.

Предмет дослідження – добова та річна кількість опадів на станціях Східної України.

Методи дослідження – фізико-статистичний та кліматичний аналіз.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в комплексному статистичному дослідженні просторово-часових особливостей режиму опадів східної частини України та прогнозу його змін за різними кліматичними сценаріями.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати динаміки режиму опадів Східної України можуть бути використані для ефективного вирішення проблем адаптації до змін клімату і пом’якшення наслідків змін клімату.

Магістерська робота в обсязі _97_ сторінок складається з -_5_ розділів, висновків, переліку посилань з _29_ джерел, _3_ додатків, містить _9_ рисунків та _30_ таблиць.

Ключові слова: кількість опадів, Схід України, сценарії змін клімату, кліматичні індекси, глобальне потепління.

Summary

Theme: „A dynamics of repetition of precipitations is on East to Ukraine.”
Author: Bondarenko D.S.

Urgency of the issue. Actuality of theme is determined by the necessity of monitoring of the meteorological mode of Ukraine and his dynamics in the light of modern climatic changes.

Aim of this study exposure of features of dynamics of the mode of precipitations of east part of Ukraine.

According to aim assigned **such tasks** are solved:

– conduct the statistical analysis of amount of precipitations on territory of east part of Ukraine for period of 2008-2018 years.;

– - to conduct the complex statistical analysis of amount of precipitations after two scenarios with the different concentration of greenhouse gases of RCP2.6 (490 p.p.m) and RCP4.5 (650 p.p.m) for forecast period 2021-2050 years namely from three model data of project CORDEX: CLMcom4, MPI - CSC2, SMHI5.

– to compare and analyse the dynamics of certain climatic indexes for periods of 2008-2018 years and 2021-2050 years.

Object of scientific research is mode of precipitations of East Ukraine.

Subject of scientific research is day's and annual amount of precipitations is on the stations of East Ukraine.

Methods of scientific research is statistical and climatic analysis.

Scientific novelty of results obtained consists in complex statistical research of spatio-temporal features of the mode of precipitations of east part of Ukraine and prognosis of his changes after different climatic scenarios.

Practical importance of results obtained. The got results of dynamics of the mode of precipitations of East Ukraine can be drawn on for the effective decision of problems of adaptation to the changes of climate and softening of consequences of changes of climate.

Master thesis of _97_ pages consists of five chapters, conclusions, bibliography of _29_ sources, _3_ annexes, contains _9_ figures and _30_ tables.

Keywords: amount of precipitations, East of Ukraine, scenarios of changes of climate, climate indices, global warming.

ЗМІСТ

ВСТУП 5
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ТА КЛІМАТИЧНИЙ ОПИС РЕГІОНУ 7
1.1 Фактори, що зумовлюють формування клімату 9
1.2 Режим опадів в різних районах України 9
1.3 Стислий фізико-географічний та кліматичний опис східної частини України 11
1.4 Основні споживачі прогнозу опадів 14
2 ВИХІДНІ ДАННІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ 16
2.1 Вихідні данні та методи дослідження 16
2.2 Екстремальні кліматичні індекси ETCCDMI 18
3 ОСОБЛИВОСТІ РЕЖИМУ ОПАДІВ НА СХОДІ УКРАЇНИ ЗА ПЕРІОД 2008-2018рр 22
3.1 Дослідження повторюваності опадів різної інтенсивності 22
3.2 Статистичні характеристики поля опадів 29
4 СЦЕНАРІЇ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЗМІНИ КЛІМАТУ 32
4.1 Аналіз річної кількості опадів на Сході України за період 2021-2050рр 36
4.2 Аналіз кількість опадів за теплий період за модельними даними на прогнозований період 2021-2050 рр. згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5 41
4.3 Аналіз середньодобової кількість опадів на Сході України за модельними даними на прогнозований період 2021-2050рр 46
5 ОЦІНКА ЗМІНИ КЛІМАТУ СХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНИ ЗА ДЕКІЛЬКОМА КЛІМАТИЧНИМИ ІНДЕКСАМИ 53
5.1 Максимальна одноденна кількість опадів 53
5.2 Максимальна п’ятиденна кількість опадів 58
5.3 Кількість днів з сильними опадами 64

5.4 Кількість днів з дуже сильними опадами 69
5.5 Індекс посушливості 74
ВИСНОВКИ.....80
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....83
ДОДАТКИ.....86

ВСТУП

Майбутні зміни клімату є однією з найбільших проблем, які постають перед людством в новому столітті. Потреба в інформації про зміни клімату необхідна для того, щоб оцінити їх вплив на людину і природні системи з метою розвитку відповідних засобів адаптації і стратегії пом'якшення негативного впливу кліматичних змін на національному і навіть міжнародному рівнях.

Крім того, в дослідженні як глобального, так і регіонального клімату важливо розрізняти поняття власне *змін клімату*, які визначаються як зміна або мінливість середнього стану атмосфери, що спостерігаються впродовж десятиріч та описуються постійним характером (напрямком) таких змін та мінливості клімату (екстремальні значення показників, стандартні відхилення та ін.), що розглядається як варіативність середньостатистичних станів атмосфери. Часові та просторові масштаби мінливості клімату менші, ніж змін клімату, але перевищують відповідні масштаби погодних процесів. Очевидно, що причинами змін та мінливості клімату можуть бути як зовнішні по відношенню до кліматичної системи чинники, так і внутрішні зміни її стану, що мають як природний, так і антропогеновий характер. Зауважимо, що певна направленість кліматичних змін може формувати визначений характер мінливості клімату. Наприклад, сучасне потепління глобального клімату призводить до підвищення повторюваності несприятливих метеорологічних процесів в Україні.

Метою кваліфікаційної роботи **є** виявлення особливостей динаміки режиму опадів східної частини України.

Відповідно до поставленої мети розв’язані такі задачі:

- проведений статистичний аналіз кількості опадів на території східної частини України за період 2008-2018рр.

- проведений комплексний статистичний аналіз кількості опадів за

двома сценаріями з різною концентрацією парникових газів RCP2.6 (490 p.p.m) і RCP4.5 (650 p.p.m) за прогнозований період 2021-2050 рр. а саме за трьома модельними даними проекту CORDEX: CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5

- проаналізовано динаміку певних кліматичних індексів за періоди 2008-2018рр та 2021-2050рр.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в комплексному статистичному дослідженні просторово-часових особливостей режиму опадів східної частини України та прогнозу його змін за різними кліматичними сценаріями.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ТА КЛІМАТИЧНИЙ ОПИС РЕГІОНУ

Рельєф України досить різноманітний. На рівнинній території України, що є частиною великої Східноєвропейської рівнини, чергуються низовини і височини. На її заході підносяться гірські пасма Українських Карпат, на крайньому півдні височать пасма Кримських гір [25].

Поверхня території України формувалася протягом багатьох геологічних епох. На її розвиток вплинули новітні (сучасні) тектонічні рухи, давні зледеніння і відкладання *лесів* (жовтувата пориста порода, що утворилась в льодовиковий період), коливання рівня моря, ерозійна робота річок і вітру, господарська діяльність людини. Близько 70 % сучасної поверхні України займають низовини, 25 % – це височини і тільки 5 % – гори. Низовини, височини і гори неоднакові за висотою і формами рельєфу. Перевищення рівнинної частини території України над рівнем моря становить у середньому 175 м. На Азово-Чорноморському узбережжі абсолютні висоти коливаються в межах 10-15 м, на височинах – 300-400 м. Гірські хребти досягають 1700-2000 м, і найвищою точкою всієї України є гора *Говерла* (2061 м) в Українських Карпатах [25].

Геоморфологічна будова і основні форми рельєфу. Основними типами ендогенного рельєфу є *тектонічний* та *вулканічний*. До першого можна віднести всі великі форми рельєфу території України, а до другого – куполи та інтрузивні тіла (утворені магмою, що підійшла до поверхні, але не вилилася, а остигла в надрах землі) Вулканічного хребта Карпат та Кримських гір. До тектонічного піднятого рельєфу можна віднести не тільки гірські хребти Карпат та Криму, але й усі височини (Волинську, Подільську, Придніпровську, Приазовську, Середньоросійську, Донецьку), в основі яких залягають відповідно Волино-Подільська плита, Український кристалічний щит, Воронезький масив та Донецька складчаста споруда. В свою чергу до

тектонічного опущеного ендогенного рельєфу належать гірські долини, низовини (Придніпровська, Причорноморська), що розміщені в межах тектонічних западин (Дніпровсько-донецької та Причорноморської). Найпоширенішими екзогенними типами рельєфу є схиловий, водний, гористий та озерний, льодовиковий, карстовий, еоловий, біогенний та техногенний. Самі форми поверхні кожного з цих типів бувають або *денудаційними (виробленими),* або *акумулятивними (накопичувальними)*. Переважно під впливом денудаційних процесів сформувалися комплекси форм рельєфу у Карпатах, Кримських горах, на Донецькій, Волинській та Приазовській височинах [25].

Височини. На південному сході країни розташована *Приазовська височина* з висотами 150-300 м. Тут на поверхню виходять кристалічні породи, що утворюють підвищення, які в народі називають «могилами» (г. Бельмак-Могила, 324 м). У тектонічному відношенні вона відповідає лівобережній частині кристалічного щита. В долинах річок, інколи, відслонюються граніти, а на вершинах залягають леси. На сході України знаходиться *Донецька височина*, її середні висоти становлять 75-300 м (найвища точка – г. Могила Мечетна, 367м). Її найвищу вододільну частину на південному сході називають *Донецьким кряжем*. Вона є залишком гір герцинського етапу горотворення. Тепер це горбиста височина, утворена декількома пасмами, складеними крейдяними породами. На територію України заходить південно-західними відрогами *Середньоросійська височина.* Висота її в межах нашої країни не перевищує 236 м. Тут дуже багато ярів, балок. В тектонічній її основі залягає Воронезький масив, в межах якого піднятий кристалічний фундамент платформи, перекритий незначною товщею пухких осадових відкладів (знизу – крейдою, а зверху – лісами). Хвилясте плато поступово знижується від 240 до 150м у південному та південне західному напрямках [25].

1.1 Фактори, що зумовлюють формування клімату

Радіаційний режим. Радіаційний баланс підстильної поверхні характеризує променисту енергію, яку ця поверхня отримує або втрачає, що призводить, відповідно, до її нагрівання або охолодження. Згідно із законом збереження енергії це спричинює фізичні процеси, під дією яких виникає теплообмін між атмосферою й іншими складовими кліматичної системи, а також між підстильною поверхнею і глибшими шарами суходолу та океану [26].

У теплообміні беруть участь також витрати тепла на танення снігу або льоду, тепло, що переноситься опадами, пов’язане з дисипацією кінетичної енергії, з тертям між підстильною поверхнею та потоком повітря, а також біологічний теплообмін, зумовлений перетвореннями радіаційної енергії на хімічну у процесі фотосинтезу й виділення тепла під час окислення біомаси тощо. Найбільшу роль у теплообміні між складовими кліматичної системи відіграють прихована й явна теплота. Швидкість випаровування, яка визначає першу з них, залежить від швидкості вітру, шорсткості та зволоження поверхні випаровування, особливостей вертикального розподілу водяної пари у приземному шарі повітря. У зв’язку з цим умови випаровування розрізняються у різні пори року над суходолом і океаном [26].

Більша частина довгохвильового випромінювання підстильної поверхні поглинається атмосферою, на зустрічне випромінювання атмосфери припадає 96, на енергію, що випромінюється у космічний простір – 72 одиниці (вона визначається випромінюванням верхньої межі хмарності та верхніх шарів атмосфери). Радіаційний баланс підстильної поверхні позитивний і дорівнює 29 одиниць, для атмосфери він від’ємний і має таке ж абсолютне значення. Циркуляційні фактори клімату. На формування клімату України впливають помірні, арктичні і тропічні повітряні маси. Пануючими повітряними масами в Україні є помірні континентальні повітряні маси, вони

і формують на значній території країни помірно континентальний тип клімату [5].

В Україні влітку і взимку переважає широтний (захід – схід) рух повітря, а навесні і восени – меридіональний (північ – південь) рух повітря. Підстильна земна поверхня впливає на розподіл сонячної радіації, рух повітряних мас. Рівнинний рельєф більшої частини України обумовлює збільшення показників сонячної радіації і середньої температури з півночі на південь; не перешкоджає проникненню повітряних мас з різних сторін. Карпатські**,** Кримські гори перешкоджають проникненню холодних повітряних мас. В горах збільшується кількість опадів і знижується температура повітря. На клімат України в значній мірі впливають повітряні маси з північної частини Атлантичного океану, у меншій мірі – збоку Північного Льодовитого океану. На мікроклімат території впливають річкова сіть, ґрунтово-рослинний покрив, забудова і т.д. [26].

Протягом року змінюється вітровий режим. Зміни відбуваються у напрямі і швидкості вітру. Ці зміни залежать від центрів атмосферного тиску. Через Україну проходить смуга високого тиску. На північ від цієї смуги переважають вітри західного напряму, на південь – східного. Середня швидкість вітру в Україні складає 4 м/сек [5].

1.2 Режим опадів в різних районах України

Опади в різних районах України істотно розрізнюються по кількості, характеру розподілу і річному ходу, інтенсивності, тривалості. На рівнинах північного заходу країни опади випадають в надлишку. Ще більше опадів спостерігається в передгір’ях і горах Карпат і Криму. На узбережжі Чорного моря випадає найменша кількість опадів. На рівнинах в літні місяці опадів більше, ніж взимку, а на південному березі Криму найбільші місячні

кількості опадів припадають на зиму. В Закарпатті багато опадів випадає весною. Загальною закономірністю розподілу річних сум опадів по території України є поступове зменшення їх із заходу і північного заходу на південний схід і південь. У західних областях України річна кількість опадів складає більше 600 мм, в центральній частині Карпат більше 1000 мм. У центральній частині України кількість опадів коливається від 450 до 500 мм. На півдні річна сума зменшується до 400 мм, а на узбережжі Чорного і Азовського морів – до 350 мм [2].

У січні і лютому випадає найменша в році кількість опадів. Кількість опадів, що випали збільшується весною аж до червня, коли на значній частині території України випадає їх максимальна кількість. Починаючи з липня, і по вересень відбувається зменшення кількості опадів. У жовтні спостерігається невелике, в порівнянні з вереснем, збільшення кількості опадів. Для України характерний континентальний тип річного ходу опадів з максимумом влітку. Опади теплих місяців в значній мірі переважають над опадами холодної частини року в Поліссі і Лісостепу і менше – в степовій зоні. У приморських районах спостерігається досить одноманітний річний хід опадів.

Найменші суми опадів по Україні відмічаються в лютому, крім ПБК і гірської частини Криму, де мінімум опадів доводиться на травень і серпень. Особливістю південних районів є збільшення кількості опадів в жовтні. Це пов’язано з посиленням циклонічної діяльності над Середземним морем. Деяку роль грає і ослаблення і припинення бризів в цьому місяці [2].

1.3 Стислий фізико-географічний та кліматичний опис східної частини України

В кваліфікаційній роботі під Сходом України розглядались Харківська,

Донецька та Луганська області.

Харківська область розташована на північному сході України на межі лісостепової та степової фізико-географічних зон та займає південно-західну окраїну Середньоруської височини. За природно-кліматичними умовами, територію області можна розділити на дві зони: лісостепову – центральні, північні і західні райони та степову – південні і східні райони. **С**тепова зона займає велику частину території області. Рельєф – хвиляста рівнина, помірно-континентальний клімат, переважають чорноземні ґрунти. По території області протікає одна з найбільших рік України – Сіверський Донець (довжина в межах регіону – 373 км), побудовано канали Дніпро-Донбас і Сіверський Донець-Донбас. Клімат помірний, багаторічні температури: літні + 21ºС, зимові – 7ºС. Кількість опадів – 540 мм (річна). На півночі і північному сході Харківська область межує з Бєлгородською областю Російської Федерації, на сході – з Луганською, на південному сході – з Донецькою, на південному заході – з Дніпропетровською, на заході і північному заході – з Полтавською та Сумською областями України [27].

Донецька область розташована у південно-східній частині України. На південному заході та заході вона межує з Дніпропетровською та Запорізькою областями, на північно-заході – з Харківською, на північному сході – з Луганською, на сході – з Ростовською областю Російської Федерації, з півдня – омивається Азовським морем. Територія області простягнулась з півночі на південь на 240 км та зі сходу на захід – на 170 км. Область займає західну частину Донецького кряжу та східну половину Приазовської височини. По території краю проходить вододіл річок басейнів Чорного та Азовського морів. Рельєф Донецької області горбисто-рівнинний, з характерною сильною ерозією ґрунтів. Північна та центральна частини області – це Донецький кряж, південна – Приазовська височина. У ландшафтній структурі території області переважають степові височини та схили, степові рівнинні комплекси терас, а також горбисті, піщані та лісові рівнини, річкові долини та мережа балок. Типові ландшафти області – сильно розчленовані балками

рівнини та височини, які переходять у заплавні ландшафти річкових долин, а також лиманні рівнини на морському узбережжі [28].

Середнє значення відносної вологості регіону складає 74 %. Середньорічні температури по регіону змінюються не дуже істотно. Середня температура повітря в січні коливається в межах від -4^0 С до -6^0 С, в липні – від 23^0 С до 24^0 С. Холодна пора року характеризується дуже нестійкою погодою: у січні – проходження активних циклонів та атмосферних фронтів, які обумовлюють випадання опадів різної інтенсивності у вигляді снігу та дощу, посилення східного, північно-східного, південно-східного вітру до небезпечних позначок та туманів. Влітку погода переважно спекотна та бездощова. Переважають західні і північно-західні вітри, які, доволі часто, приводять до засух.

Серед несприятливих кліматичних явищ, які можуть спостерігатись в цій області, слід виділити зимову відлигу, ожеледицю, промерзання ґрунту, весняні заморожування, сухі східні вітри, град і часті тумани [28].

Луганська область розташована на сході України у басейні середньої течії річки Сіверський Донець. Максимальна відстань з півночі на південь складає 275 км, із заходу на схід – 170 км, площа – 26,7 тис. кв. км. На півночі, сході та півдні межі області співпадають з державним кордоном України. Тут вона межує з Бєлгородською, Воронезькою та Ростовською областями Росії. На південному заході її землі прилягають до Донецької, а на північному заході – до Харківської області України. Територія області представляє собою переважно хвилясту рівнину на лівобережній частині долини Сіверського Донця. На півдні розташований Донецький кряж. В лівобережній частині області простягається Старобільська рівнина. На крайній півночі в межі області заходять вибалки Середньоруського узгір'я [29].

Клімат Луганської області помірно-континентальний з помітно вираженими посушливо-суховійними явищами. Формується він під впливом порівняно великої кількості сонячної радіації, домінування континентального

повітря помірних широт та відстані від океанів та морів та характеризується доволі спекотним літом із посухою та помірно холодною зимою із нестійким сніговим покровом. Температурний режим нестійкий і протягом року характеризується значними коливаннями. Зміна сезонів здійснюється поступово, без різких перепадів. Тривалість безморозного періоду 150 – 170 днів. Багаторічні дослідження виявили, що максимальна температура повітря не перевищувала +40°С, мінімальна не падала нижче за -42°С. Найхолодніший місяць – січень, найтепліший – липень. Середня багаторічна температура січня становить - 3,8^{0}С, липня – + 22,4^{0}С [3,6,29].

1.4 Основні споживачі прогнозу опадів

Атмосферні опади безпосередньо суттєво впливають на роботу різних галузей народного господарства.

В першу чергу слід назвати ***сільське господарство***, спеціалістів якого цікавить атмосферні опади, що найістотніше впливає на об’єкти сільськогосподарського виробництва і є важливим чинником для обґрунтування ведення і висвітлення систем землеробства, вегетації польових культур та ін.

Галузями господарства, яким необхідна прогностична інформація про опади , є також:

- ***енергетика,*** для якої зливи , як правило супроводжуються сильним вітром, який може визвати обрив проводів, перекидання опор ліній електропередач, вихід із ладу електричних підстанцій і, як наслідок, недоотримання енергії різними споживачами (в тому числі і комунальним господарством);

- ***зв’язок***, який порушується із-за льодяних дощів ,граду повітряних ліній зв’язку та деформації антен [3];

- ***транспорт***, всі його види: авіація, авто- і залізничний транспорт, а також морський і річковий транспорт несуть великі збитки із-за опадів, особливо сильних.

Данні про режим опадів вказується в прогнозах загального користування для населення і в спеціалізованих прогнозах погоди для різних галузей народного господарства.

Практичне значення мають дані про опади 10, 20, 30 мм і більше за добу у зв'язку з тим, що вони завдають значних збитків господарству:

- у роботі енергетичної галузі (відключення населенні пунктів від енергопостачання, завдяки випадінню мокрого снігу, сильного дощу та грозам);

- у роботі авіаційного транспорту (ускладнення в роботі аеропортів, зокрема ,припинення польотів літаків внаслідок густих туманів);

- у роботі залізничного транспорту (припинення руху пасажирських та вантажних поїздів внаслідок пошкодження колій);

- в агропромисловому секторі господарства через випадіння граду та сильні зливи в теплому півріччі;

- у життєдіяльності населення (пошкодження будівель і господарських споруд, підтоплення населенні пунктів, присадибних ділянок, пошкодження мостів або ділянок доріг).

В Україні найпоширенішим стихійним метеорологічним явищем є дуже сильний дощ, що зумовлює катастрофічні зливи, селі, повені, затоплює значні території сільськогосподарських угідь, житлові та виробничі приміщення і навіть призводить до зміни ландшафту [3].

2 ВИХІДНІ ДАННІ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Вихідні данні та методи дослідження

До Східної України належать Харківська, Донецька та Луганська області (рис.2.1).

Рисунок 2.1 – Район дослідження

База даних, яка використовувалась для статистичного дослідження, містила інформацію про денну кількість опадів на 6 станціях – по 2 в кожній області – (Біловодськ, Сватове, Ізюм, Куп'янськ, Бахмут, Маріуполь) та прогностичні данні за трьома моделями для 3 станцій (Маріуполь, Ізюм, Сватове).

Для статистичного аналізу кількості опадів над досліджуваній території були використані данні, які отримали з сайту, що містить кліматичну інформацію для території Європи [24]. Фактичні дані отримані за період 2008-2018рр.

В табл. 2.1 представлено перелік станцій, які було використано в дослідженні.

Таблиця 2.1

Перелік розглядуваних станцій

№ з/п	Назва станції	Географічні координати		Висота над рівнем моря, м
		широта	довгота	
1	Біловодськ	49° 13'	39° 35'	74 м
2	Сватове	49° 25'	38° 10'	86 м
3	Ізюм	49° 11'	37° 18'	77 м
4	Куп'янськ	49° 43'	37° 37'	87 м
5	Бахмут	48° 36'	37° 59'	123 м
6	Маріуполь	47° 02'	37° 30'	68 м

В роботі представлено аналіз щорічної кількості опадів, кількості днів з опадами, середньодобовий максимум, за рік та за теплий період окремо для кожної станції, а також була проаналізована загальна річна повторюваність опадів за градаціями.

Кліматичні сценарії, так само як і сценарії зміни клімату, слід розглядати не як прогноз, але лише як картини можливих в майбутньому станів клімату. Зміни клімату оцінюються в цій роботі двома сценаріями з різною концентрацією парникових газів RCP2.6 (490 p.p.m) і RCP4.5 (650 p.p.m) за прогнозований період 2021-2050 рр.

Можливі кліматичні зміни поля опадів України досліджуються на основі результатів моделювання зміни клімату за допомогою регіональних кліматичних моделей по проекту CORDEX:

1) CLMcom4, (Climate Limited-area Modelling Community),
2) MPI-CSC2 (Max Planck Institute for Meteorology),
3) SMHI5 (Swedish Meteorological and Hydrological Institute).

Так як не всі станції містили достатньо інформації для порівняння, то для RCP дослідження були використані тільки 3 станції, по одній з кожної області. За даними 3 моделей проведений аналіз річної кількості опадів, кількості опадів за теплий період та середньодобової кількість опадів окремо для кожної станції, для порівняння була використана норма за кліматичним кадастром (1961-1990) [9,13].

2.2 Екстремальні кліматичні індекси ETCCDMI

Екстремальні кліматичні індекси ETCCDMI представляють собою набір, що включає 27 екстремальних кліматичних індексів температурного режиму та режиму опадів, з яких 11 належать до індексів, які характеризують режим опадів. Індекси описують різні характеристики екстремумів, включаючи частоту, амплітуду та мінливість. Ці індекси широко використовуються для моніторингу змін клімату і кліматичних екстремумів, верифікації кліматичних моделей та оцінки майбутнього клімату. Один з ключових підходів передбачає підрахунок кількості днів у сезон чи рік, в які температура або кількість опадів перевищують конкретні пороги, зокрема процентилі в статистичному розподілі [11,17].

Зведена інформація щодо екстремальних індексів, які характеризують режим опадів, представлена в таблиці 2.2.

Один з ключових підходів концепції передбачає підрахунок кількості днів у році, що перевищують конкретні пороги. Прикладами таких показників "підрахунку днів" є кількість днів з кількістю опадів вище 10 або 20 мм. Багато індексів ETCCDI базуються на використанні встановлених порогових значень для оцінки помірних екстремальних явищ, які зазвичай трапляються кілька разів на рік, а не погодні явища, що реалізуються один раз в десятиріччя і мають надзвичайно руйнівний характер. Для опадів пороги обчислюються для всіх дощових днів базового періоду [11,17].

Таблиця 2.2

Екстремальні кліматичні індекси ETCCDI, які характеризують режим опадів [11]

Скорочена назва індексу	Назва індексу	Опис індексу	Обчислення індексу	Одиниці вимірювання
RX1day	Максимальна одноденна кількість опадів (Max 1-day precipitation amount)	Максимальна в певний період кількість опадів, що випала в один день	Якщо RRx_{kj} – кількість опадів за однодобовий інтервал в день k періоду j, тоді максимальна кількість опадів за період j визначатиметься як $Rx1day_j = \max(RR_{kj})$	мм
RX5day	Максимальна п'ятиденна кількість опадів (Max 5-day precipitation amount)	Максимальна в певний період кількість опадів, що випала протягом п'яти днів	Якщо RRx_{kj} – кількість опадів за п'ятиденний інтервал k періоду j, тоді максимальна кількість опадів за період j визначатиметься як $Rx5day_j = \max(RR_{kj})$	мм
SDII	Простий індекс добової інтенсивності (Simple daily intensity, index)	Відношення річної суми опадів до кількості дощових днів, тобто днів з опадами ≥ 1 мм	Якщо RR_{wj} – сума опадів в дощові дні, в які $RR \geq 1$ мм, періоду j, а W характеризує кількість дощових днів періоду j, $SDII_j = \frac{100 * \sum_{W=1}^{W} RRwj}{W}$	мм/день
R10 mm	Кількість днів з сильними опадами (Number of heavy precipitation days)	Річна кількість днів з опадами ≥ 10 мм	Якщо RR_{ij} – добова сума опадів в день i періоду j, тоді кількість днів з сильними опадами визначається як $RR_{ij} \geq 10$ мм.	дні
R20 mm	Кількість днів з дуже сильними опадами (Number of very heavy precipitation days)	Річна кількість днів з опадами ≥ 20 мм	Якщо RR_{ij} – добова кількість опадів в день i періоду j, тоді кількість днів з дуже сильними опадами визначається як $RR_{ij} \geq 20$ мм.	дні
CDD	Індекс посушливості (Consecutive dry days)	Максимальна за певний період кількість послідовних днів з опадами < 1 мм	Якщо RR_{ij} – кількість опадів в день i періоду j, тоді індекс посушливості визначається як найбільша послідовна кількість днів, коли $RR_{ij} < 1$ мм	дні

Продовження табл. 2.2

Скорочена назва індексу	Назва індексу	Опис індексу	Обчислення індексу	Одиниці вимірювання
CWD	Дощовий індекс (Consecutive wet days)	Максимальна за певний період кількість послідовних днів з опадами ≥ 1 мм	Якщо RR_{ij} – сума опадів в день i періоду j, тоді дощовий індекс визначається як найбільша послідовна кількість днів, коли $RR_{ij} \geq 1$ мм	дні
R95pTOT	Частка опадів завдяки дням з сильним зволоженням (Precipitation fraction due to very wet days)	Відношення кількості опадів у дні, коли сума опадів перевищувала 95-тий процентиль, визначену за період 1961-1990 рр., до загальної кількості опадів за певний період	Якщо RR_{wj} – добова кількість опадів в дощовий день w $RR_{wj} \geq 1$ мм періоду j, а $RR_{wn}95$ – 95-тий процентиль кількості опадів, визначена за період 1961-1990 рр., а W характеризує кількість дощових днів періоду j, то $R95pTOT\ j = 100 * \frac{\sum_{W=1}^{W} RR_{wj}}{RR_j}$, де $RR_{wj} > RR_{wn}95$	%
R99pTOT	Частка опадів завдяки дням з надзвичайним зволоженням (Precipitation fraction due to extremely wet days)	Відношення кількості опадів у дні, коли сума опадів перевищувала 99-тий процентиль, визначену за період 1961-1990 рр., до загальної кількості опадів за певний період	Якщо RR_{wj} – добова кількість опадів в дощовий день w $RR_{ij} \geq 1$ мм періоду j, а $Rn_{wn}99$ – 99-тий процентиль кількості опадів, визначена за період 1961-1990 рр. а W характеризує кількість дощових днів періоду j, то $R95pTOT\ j = 100 * \frac{\sum_{W=1}^{W} RR_{wj}}{RR_j}$, де $RR_{wj} > RR_{wn}99$	%
PRCPTOT	Загальна кількість опадів у дощові дні (Total wet-day precipitation)	Річна сума опадів в дощові дні, тобто днів з опадами ≥ 1 мм	Якщо RR_{ij} – сума опадів в день i періоду j, а I характеризує кількість днів періоду j, то $\text{PRCPTOT}_j = \sum(RR_{ij})$	мм
Rnn mm	Загальна кількість опадів в дні, коли кількість опадів перевищує довільно обраний поріг	Річна кількість днів, коли сума опадів перевищує поріг, встановлений користувачем	Якщо RR_{ij} – сума опадів в день i періоду j, тоді Rnn мм визначається як $RR_{ij} \geq nn$ мм, де nn – це поріг, визначений користувачем	дні

Такі індекси дозволяють легко відстежувати тенденції в повторюваності або інтенсивності подій, які можуть і не бути екстремальними, але принаймні є стресовими для суспільства. Значення абсолютних екстремумів, такі як річна максимальна п’ятиденна кількість опадів (RX5day), часто можуть бути пов'язані з екстремальними явищами, які впливають на людське суспільство та природне середовище. Наприклад, індекс RX5day можна використовувати як своєрідний індикатор повені, оскільки сильні повені на великих просторових масштабах зазвичай спричиняються не єдиним випадком сильних зливових опадів, а найбільш ймовірно тривалими сильними опадами, які спостерігаються над великою територією. Значення абсолютних екстремумів, такі як річна максимальна п’ятиденна кількість опадів (RX5day), часто можуть бути пов'язані з екстремальними явищами, які впливають на людське суспільство та природне середовище [17].

Єдиний індекс, який характеризує посушливі умови – це CDD, який пов'язаний з посушливими періодами і є індикатором вразливості регіону до посух. Дійсно посушливі умови, проте, спричиняються більш комплексними умовами, ніж ті, які враховуються індексом CDD, наприклад, взаємодією дефіциту опадів також з характеристиками ґрунту і землекористуванням. Використовуючи однакові визначення екстремальних явищ та аналізуючи дані стандартизованим способом, можна порівняти результати з різних місць та отримати цілісну картину змін клімату у всьому світі. Для екстремальних кліматичних індексів, які характеризують режим опадів східної частини України, для 3 станцій на території України дані була використана база даних, що була представлена на кафедрі метеорології та кліматології [11].

3 ОСОБЛИВОСТІ РЕЖИМУ ОПАДІВ НА СХОДІ УКРАЇНИ ЗА ПЕРІОД 2008-2018рр

3.1 Дослідження повторюваності опадів різної інтенсивності

За результатами спостережень щодо кількості опадів у східній частині України отримано наступні результати (табл. 3.1, рис.3.1-3.4) [1-2,6].

Таблиця 3.1

Щорічна кількість опадів у східній частині України 2008-2018рр.

Разом за рік, мм	Луганська область		Харківська область		Донецька область	
	Біловодськ	Сватове	Ізюм	Куп'янськ	Бахмут	Маріуполь
2008	366	338	425	434	457	483
2009	475	505	567	500	574	733
2010	556	594	614	576	602	482
2011	413	1422	539	462	567	429
2012	428	587	684	687	513	392
2013	525	512	493	511	550	401
2014	534	390	480	493	505	566
2015	195	262	556	492	429	508
2016	56	74	681	350	259	463
2017	271	39	449	215	--	393
2018	513	74	433	495	14	339
Середнє за рік	394	436	538	474	447	472

За даними табл. 3.1 середньорічна кількість опадів за населеними пунктами складає: Біловодськ – 394 мм, Сватове – 436 мм, Ізюм – 538 мм, Куп'янськ – 474 мм, Бахмут – 447 мм, Маріуполь – 472 мм (рис.3.1 – 3.3).

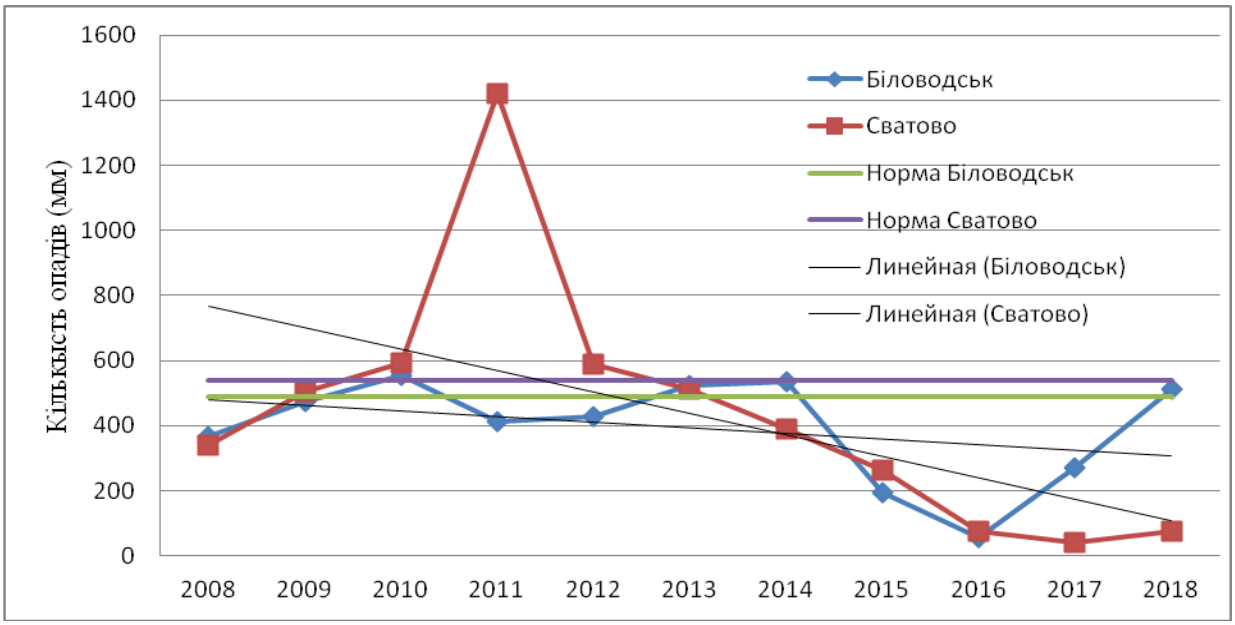


Рис.3.1 – Щорічна кількість опадів в містах Біловодськ та Сватове, Луганська область 2008-2018 рр., мм

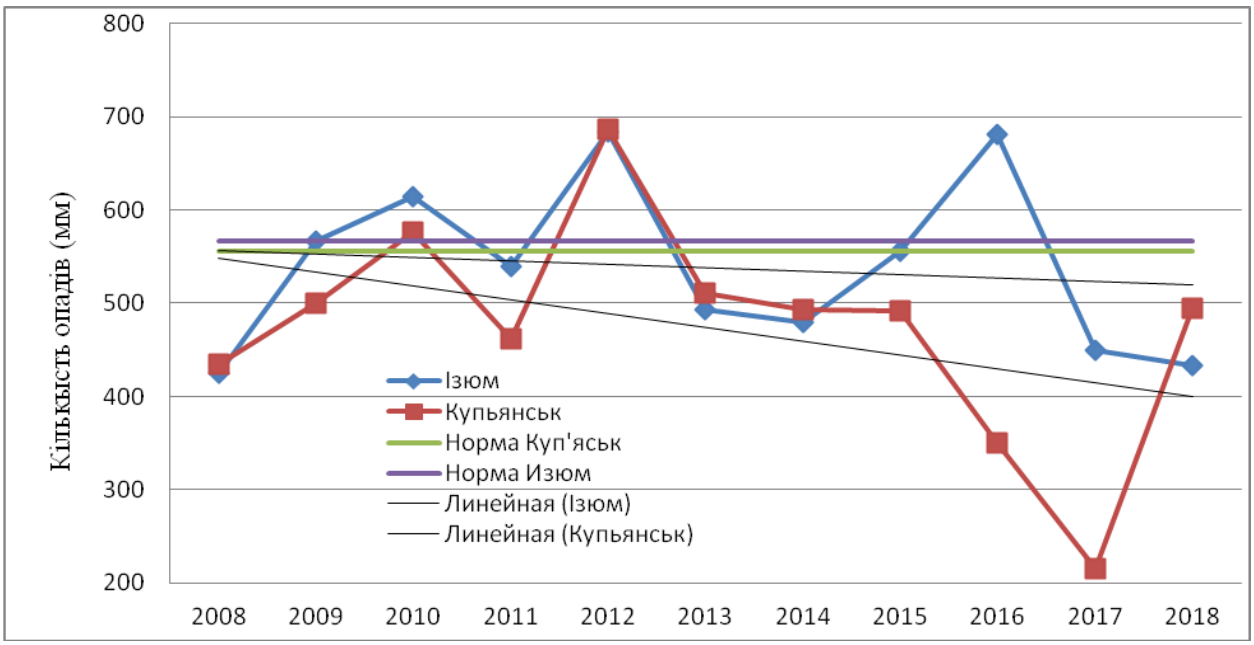


Рис.3.2 – Щорічна кількість опадів в містах Ізюм та Куп’янськ, Харківська область 2008-2018 рр., мм

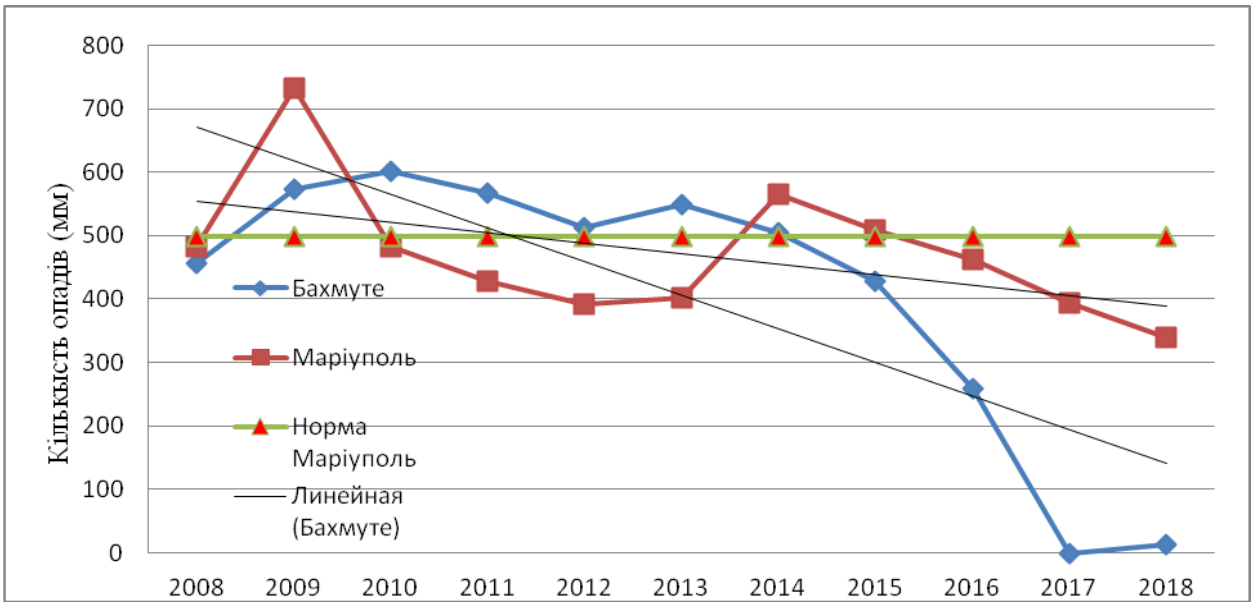


Рис.3.3 – Щорічна кількість опадів в містах Бахмут та Маріуполь, Донецька область 2008-2018 рр., мм

Впродовж 2008-2018 рр. у східній частині України усього випало 29924 мм опадів, з яких за даними метеостанцій: Біловодськ – 4332 мм, Сватове– 4797 мм, Ізюм – 5921 мм, Куп'янськ – 5215 мм, Бахмут – 4470 мм, Маріуполь – 5189 мм. Тобто за загальною кількістю опади розподілені у майже рівному співвідношенні (рис.3.3).

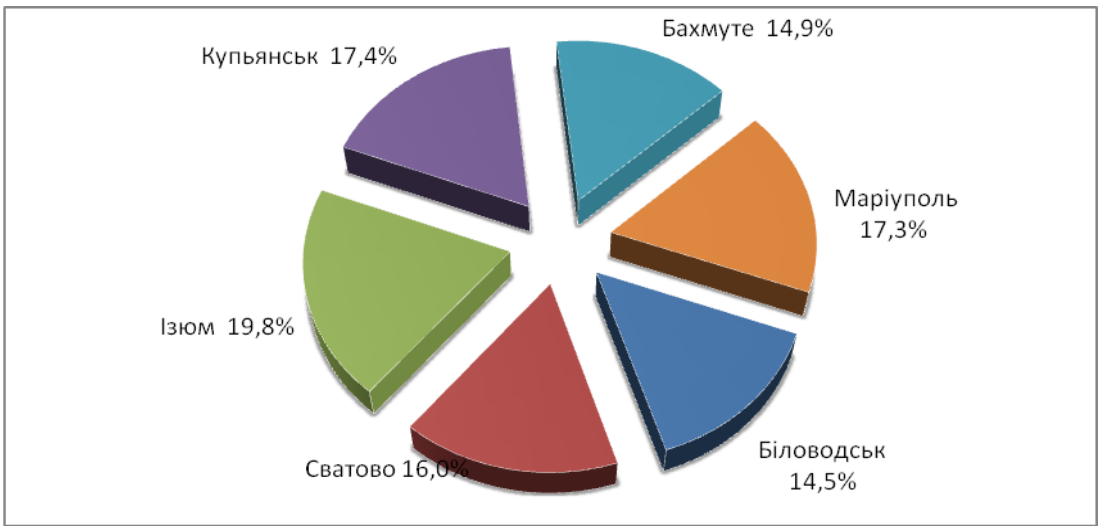


Рис 3.4 – Розподіл загальної кількості опадів впродовж 2008 – 2018 рр. за населенними пунктами.

Таблиця 3.2.

Кількість днів з опадами протягом року у східній частині України

Разом за рік, мм	Луганська область		Харківська область		Донецька область	
	Біловодськ	Сватове	Ізюм	Куп'янськ	Бахмут	Маріуполь
2008	160	114	169	164	120	149
2009	167	138	194	190	172	172
2010	150	122	188	187	153	155
2011	157	129	176	166	147	139
2012	159	149	193	186	158	144
2013	182	155	199	193	168	143
2014	123	118	160	153	131	154
2015	67	71	161	158	114	131
2016	20	24	211	108	90	160
2017	90	20	183	103	--	142
2018	107	40	156	139	2	132
Середнє за рік	126	98	181	156	126	147

З таблиці видно, що максимальне середнє значення кількості днів з опадами у східній частині України було в м. Ізюм – 181день.

За даними табл. 3.2 середньорічна кількість опадів за населеними пунктами складає: Біловодськ – 299 мм, Сватове – 216 мм, Ізюм – 325 мм, Куп'янськ – 280 мм, Бахмут – 273 мм, Маріуполь – 253 (рис.3.5 – 3.7).

В таблиці 3.3 представлено кількість опадів за теплий період року. Як бачимо, для станцій Луганської області спостерігається збільшення кількості опадів від початку досліджуваного періоду до його кінця (рис. 3.5).

Для Харківської та Донецької областей фіксується низхідний тренд, тобто кількість опадів теплого періоду в цих областях за досліджуваний період зменшується (рис. 3.6 – 3.7).

Середньодобовий максимум опадів за рік у східній частині України за 2008-2018 рр. (табл. 3.4) не має чіткої тенденції до змін. Протягом досліджуваного періоду середньодобовий максимум коливається в близьких межах від 20 до 50 мм.

Таблиця 3.3.

Кількість опадів у східній частині України за період 2008-2018 рр. в теплий період року (з 01.04 до 31.10)

Разом за рік, мм	Луганська область		Харківська область		Донецька область	
	Біловодськ	Сватове	Ізюм	Куп'янськ	Бахмут	Маріуполь
2008	255	232	289	304	337	369
2009	183	215	227	201	227	298
2010	294	311	370	307	287	204
2011	258	387	395	320	410	275
2012	196	350	447	450	331	222
2013	373	384	334	369	373	236
2014	304	247	321	332	335	355
2015	130	174	331	245	270	283
2016	30	42	394	201	144	202
2017	180	13	264	109	--	226
2018	311	18	185	242	14	112
Середнє за рік	299	216	325	280	273	253

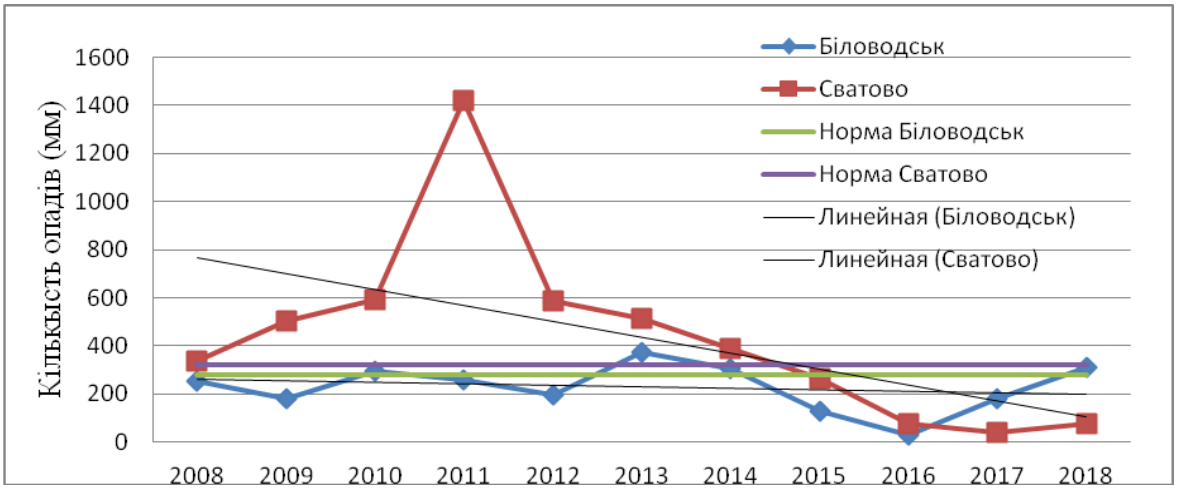


Рис 3.5 – Кількість опадів в теплий період року (з 01.04 до 31.10) Луганська область 2008-2018 рр., мм

Міжрічна мінливість середньодобового максимуму опадів за теплий період (табл. 3.5) подібна до міжрічної мінливості середньодобового максимуму за рік. Чіткої тенденції в змінах не виявлено.

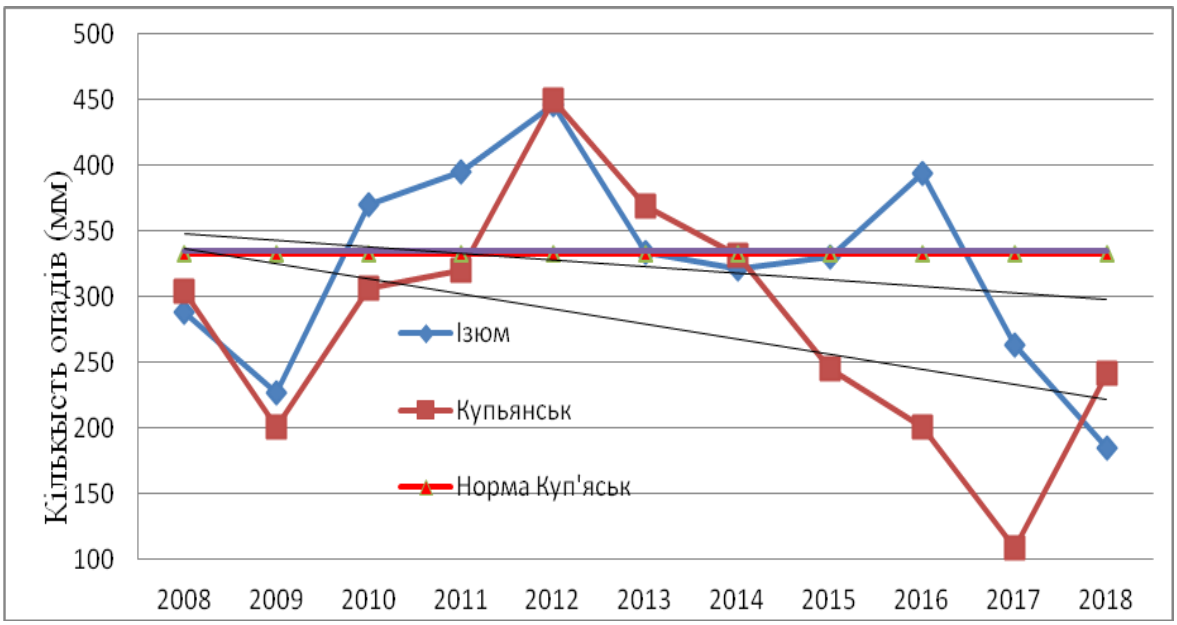


Рис 3.6 – Кількість опадів в теплий період року (з 01.04 до 31.10) Харківська область 2008-2018 рр., мм

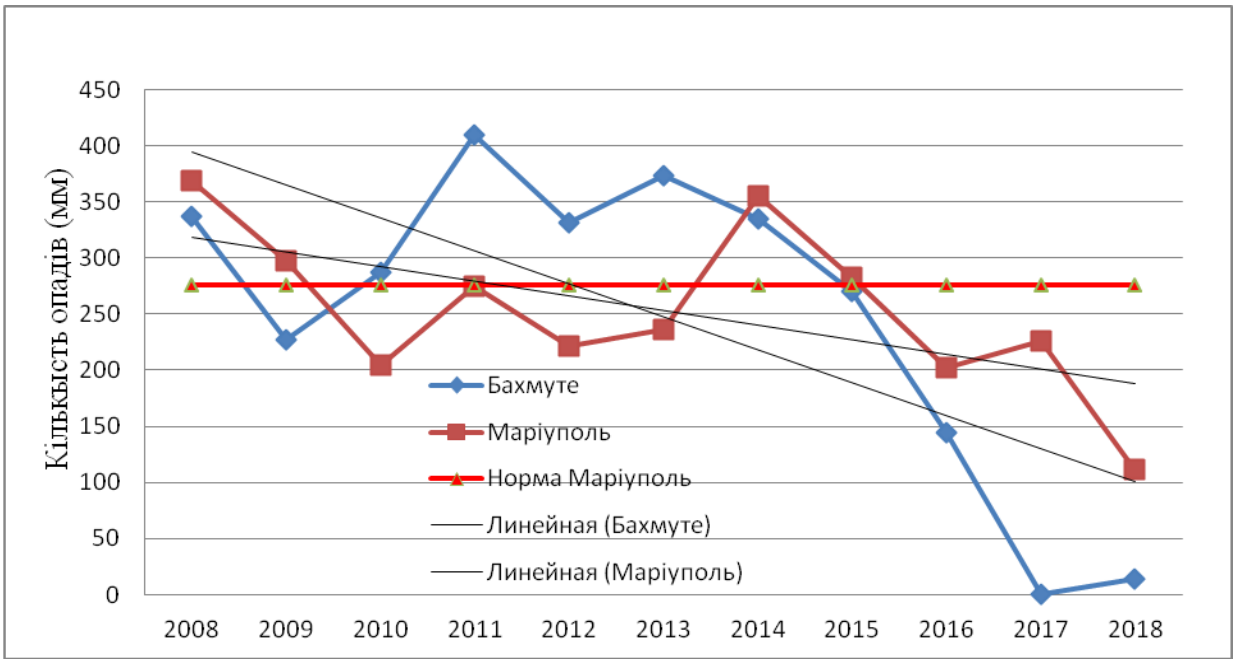


Рис 3.7 – Кількість опадів в теплий період року (з 01.04 до 31.10) Донецька область 2008-2018 рр., мм

Таблиця 3.4

Середньодобовий максимум опадів за рік у східній частині України 2008-2018 рр.

Разом за рік, мм	Луганська область		Харківська область		Донецька область	
	Біловодськ	Сватове	Ізюм	Куп'янськ	Бахмут	Маріуполь
2008	25,0	20,0	32,0	25,0	21,0	54,0
2009	23,0	25,0	20,0	15,0	33,0	49,0
2010	24,0	45,0	34,0	33,0	47,0	20,0
2011	20,0	91,0	44,0	33,0	29,0	29,0
2012	21,0	35,0	31,0	40,0	39,0	25,0
2013	50,0	20,0	31,0	34,0	33,0	18,0
2014	32,0	20,0	36,0	37,0	70,0	81,0
2015	20,0	26,0	32,0	31,0	47,0	74,0
2016	10,0	12,0	36,0	20,0	13,0	23,0
2017	20,0	10,0	26,0	17,0	--	44,0
2018	46,0	7,0	23,0	18,0	10,0	19,0
Середнє за рік	26,5	28,3	31,4	27,5	34,2	39,6

Таблиця 3.5

Середньодобовий максимум опадів у східній частині України 2008-2018 рр. в теплий період року (з 01.04 до 31.10)

Разом за рік, мм	Луганська область		Харківська область		Донецька область	
	Біловодськ	Сватове	Ізюм	Куп'янськ	Бахмут	Маріуполь
2008	25,0	22,0	32,0	25,0	21,0	54,0
2009	14,0	25,0	20,0	15,0	13,0	49,0
2010	24,0	45,0	34,0	33,0	47,0	20,0
2011	20,0	39,0	44,0	33,0	29,0	29,0
2012	21,0	35,0	30,0	40,0	39,0	25,0
2013	50,0	20,0	31,0	34,0	33,0	18,0
2014	32,0	20,0	36,0	37,0	70,0	81,0
2015	20,0	26,0	32,0	26,0	47,0	74,0
2016	10,0	12,0	36,0	20,0	13,0	22,0
2017	20,0	8,0	26,0	17,0	--	44,0
2018	46,0	7,0	23,0	18,0	10,0	13,0
Середнє за рік	25,6	23,5	31,3	27,1	32,2	39,0

3.2 Статистичні характеристики поля опадів

Кількість випадків повторюваності опадів на сході України за період 2008-2018 рр. наведено в табл.3.6.

Відповідно до визначених градацій, у період 2008 – 2018 рр. Досліджено 312 випадків з опадами. Відмічається приблизно однакова кількість випадків з опадами в інтервалі від 15 мм до 49 мм на всіх станціях. Мінімум повторюваності належить Бахмуту (36 випадків) – 11 %, а максимум відмічено в Ізюмі – 72 випадки (23%).

При цьому переважають опади найменшої градації від 15 до 49 мм – всього 299 епізодів – 96%, набагато більша частота ніж опадів від 50 до79 мм – 9 випадків (3%), а ≥80 мм – всього 4 випадки (2%).

Таблиця 3.6

Загальна повторюваність опадів на сході України за період 2008-2018 рр. (кількість випадків)

№ п/п	Станції	Градації опадів, мм			Всього кількість випадків	%
		жовтий 15-49 / 12 год	помаранчевий 50-79 / за 12 год.	червоний >80 / 12 год.		
1.	Бахмут	32	4	0	36	11
2.	Беловодск	58	3	1	62	19
3.	Изюм	72	0	0	72	22
4.	Купянск	62	0	0	62	19
5.	Мариуполь	48	2	2	52	16
6.	Сватово	37	0	1	38	12
Всього кількість випадків		309	9	4	322	100

На рисунку 3.8 представлена повторюваність опадів за градаціями окремо для кожного року та станцій.

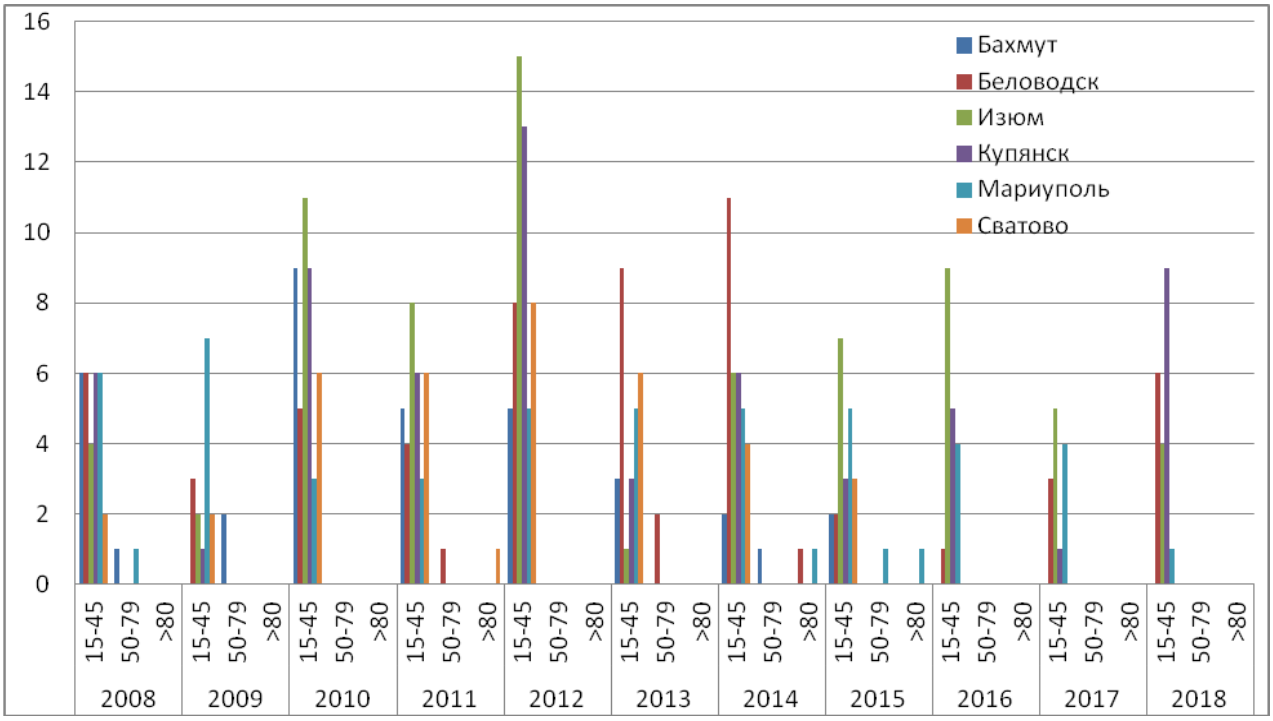


Рис. 3.8. Річна повторюваність опадів за градаціями на Сході України за період 2008 – 2018 рр.

Всередині років на станціях спостерігається чітка неоднорідність. Наприклад, взагалі не зафіксовані опади від 80 мм і більше майже у всіх роках окрім 2011, 2014, 2015 рр. у 2009 р. В 2012 році сумарно по всій східній частині України було найбільше випадків в градації 15-49мм.

У 2011, 2014, 2015, рр. на ряді станцій вказані градації від 80 і більше. Такі опади досягнуті одноразово. Взагалі спостерігається неоднорідність опадів в інтервалі від 15 мм до 49 мм і більше протягом досліджуваного періоду на всіх станціях. Мінімум повторюваності належить Бахмуту – 36 (11%), максимум відмічено в Ізюмі – 72 випадків (22%). Приблизно стільки ж опадів спостерігається в Куп'янську – 62 випадків (19%). При цьому переважають опади найменшої градації 15-49 мм – всього 309 в Ізюмі, приблизно в вдвічі нижча частота в Сватові – 37 випадків (12 %), Бахмуті – 32 випадки (11 %).

У 2008,2009 рр. у Бахмуті відмічається 4 випадків посилених опадів у градації 50-79 мм, В Ізюм, Куп'янську опадів градацій 50-79 мм і >80 мм не відзначено протягом усього періоду.

В окремі роки нетипово домінувала саме градація опадів >80мм: Біловодськ у 2014 р. – 1 випадок; Маріуполь – 2014 р.2015 р. – 2 випадки і Сватове 2011 р. – 1 випадок.

4 СЦЕНАРІЇ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЗМІНИ КЛІМАТУ

Діяльність людини змінила і продовжує змінювати поверхню Землі і склад її атмосфери. Деякі з цих змін мають прямий або опосередкований вплив на енергетичний баланс Землі і, таким чином, є чинниками, що впливають на зміну клімату. Радіаційний вплив (РВ) є результатом зміни енергетичного балансу системи Земля як реакції на певні зовнішні фактори, при цьому позитивний РВ веде до потепління, а негативний РВ до похолодання кліматичної системи. Крім глобального середнього радіаційного та енергетичного впливу просторовий розподіл і часова еволюція впливу та зворотній кліматичний зв'язок також відіграють значну роль у визначенні можливого впливу різних факторів на клімат [9,13].

Глобальні кліматичні моделі є основними інструментами, що використовуються для проектування тривалості та інтенсивності змін клімату в майбутньому. При цьому використовуються кліматичні моделі різних рівнів складності, від простих кліматичних до моделей перехідної складності, повних кліматичних моделей і моделей усієї Земної кліматичної системи. Ці моделі розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів. Для нових кліматичних розрахунків, виконаних у рамках проекту Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) Всесвітньої програми досліджень клімату (World Climate Research Programme), використовується новий набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP) [9].

Репрезентативні траєкторії концентрацій – сценарії, які включають часові ряди викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів [15]. Слово репрезентативний означає, що кожна RCP показує лише один з багатьох можливих сценаріїв, які призвели б до отримання конкретних характеристик радіаційного впливу.

Термін траєкторія підкреслює, що розглядаються не тільки рівні довгострокових концентрацій, але також і їх очікувана зміна, побудована в часі для визначення кінцевого результату. В усіх сценаріях RCP атмосферна концентрація CO_2 є вищою за сьогоднішній рівень унаслідок зростання сукупних викидів CO_2 протягом XXI століття.

Сценарії RCP визначаються приблизною сумарною величиною радіаційного впливу до 2100 року порівняно з 1750 р.: 2,6 Вт·м$^{-2}$ для RCP2.6; 4,5 Вт·м$^{-2}$ для RCP4.5; 6,0 Вт·м$^{-2}$ для RCP6.0 і 8,5 Вт·м$^{-2}$ для RCP8.5. Ці чотири RCP містять один сценарій зменшення викидів, який передбачає низький рівень впливу (RCP2.6); два сценарії стабілізації (RCP4.5 і RCP6.0) і сценарій з дуже високими рівнями викидів парникових газів (RCP8.5) [9,13]. Згідно RCP6.0 і RCP8.5, радіаційне вплив не досягає максимального значення до 2100 р., а продовжує постійно збільшуватись; в RCP2.6 цей вплив досягає максимуму і потім знижується; і в RCP4.5 він стабілізується до 2100 р. (рис.4.1).

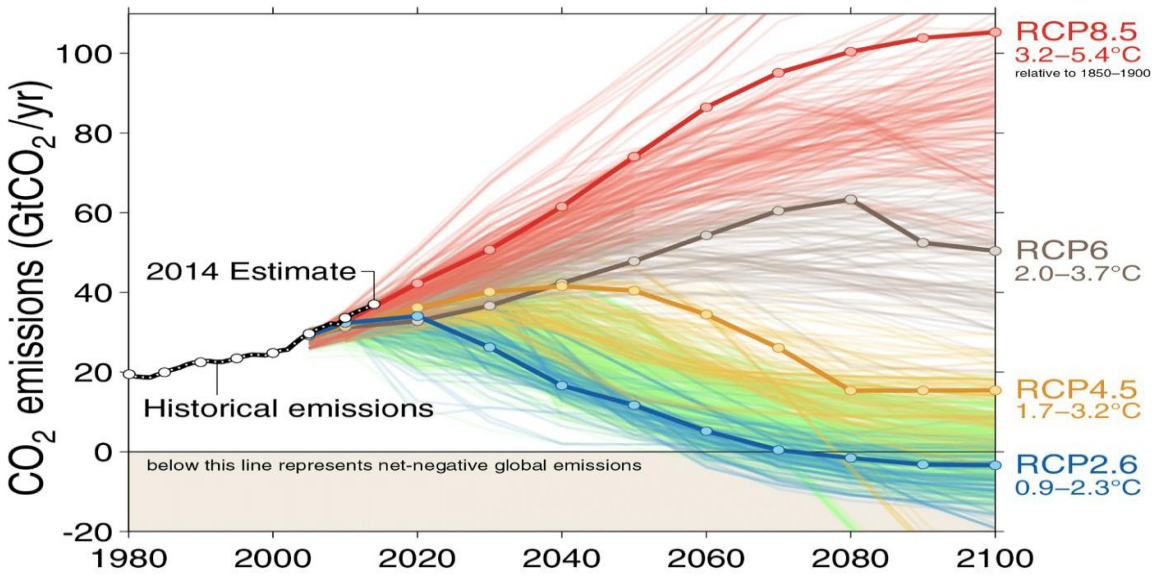


Рис.4.1 – Схематичне зображення радіаційного впливу (товсті лінії – рекомендовані траєкторії, пунктирні – траєкторії з врахуванням додаткових можливостей, визначених за альтернативними правилами) [9]

Таким чином, RCP можуть відображати результати цілого ряду заходів в області клімату в XXI-му столітті в порівнянні з їх відсутністю в Спеціальній доповіді про сценарії викидів (СДСВ), що використовувались в попередніх доповідях з питань зміни клімату. Сценарії СДСВ були розроблені лише з використанням послідовного підходу, іншими словами, соціально-економічних, демографічних та технологічних факторів, які потім використовувалися в простих кліматичних моделях для визначення концентрацій парникових газів [13].

З іншого боку, кожен сценарій RCP представляє набори даних з високим просторовим розділенням щодо змін у землекористуванні і викидів забруднюючих повітря речовин за секторами економіки, а також визначає річні концентрації парникових газів і антропогенних викидів.

Сценарії RCP ґрунтуються на комбінації комплексних оціночних моделей, простих кліматичних моделей та моделей атмосферної хімії і глобального вуглецевого циклу. Хоча RCP охоплюють широкий діапазон значень сукупних впливів, вони не включають весь спектр викидів, описаних в літературі, особливо по аерозолях [9,13].

В даній роботі при моделюванні прогностичних змін режиму температури та опадів використовувались дані експерименту CORDEX – Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment, що створений Всесвітньою програмою досліджень клімату для формування ансамблю прогностичних регіональних кліматичних моделей на всіх континентах в глобальному масштабі. Також CORDEX використовується для проектування клімату в регіональному масштабі, використовуючи статистичні та динамічні методи. Структура проектування клімату в межах CORDEX базується на новому наборі глобальних кліматичних моделей CMIP5. При проектування клімату CORDEX зосереджується на експериментах з використанням сценаріїв викидів – RCP2.6 і RCP4.5, які являють собою сценарії низького та середнього рівня викидів [13].

При всьому величезному і далеко не вичерпаному потенціалі кліматичних моделей їх можливості не безмежні. Проте, без сумніву, сучасні кліматичні моделі відповідають найвищому рівню знань, накопичених людством за час досліджень кліматичної системи, і їм немає альтернативи в оцінках можливих в майбутньому змін клімату. На основі сценаріїв майбутніх емісій парникових газів та аерозолів за допомогою сучасних моделей клімату отримані кліматичні сценарії. Під кліматичним сценарієм розуміють ймовірну еволюцію кліматичної системи в майбутньому, яка узгоджується з припущеннями про майбутні емісії (зі сценаріями емісій) парникових газів і інших атмосферних домішок. Відповідно, під сценарієм зміни клімату мається на увазі різниця між кліматичними сценарієм і сучасним станом клімату. Оскільки сценарії емісій ґрунтуються на тих чи інших припущеннях про майбутнє економічному, технологічному, демографічному і т.п. розвитку людства. Кліматичні сценарії, так само як і сценарії зміни клімату, слід розглядати не як прогноз, але лише як картини можливих в майбутньому станів клімату. Зміни клімату оцінюються в цій роботі двома сценаріями з різною концентрацією парникових газів RCP2.6 (490 p.p.m) і RCP4.5 (650 p.p.m) за прогнозований період 2021-2050 рр. [9].

Можливі кліматичні зміни поля опадів України досліджується на основі результатів моделювання зміни клімату за допомогою регіональних кліматичних моделей по проекту CORDEX:

1) CLMcom4, (Climate Limited-area Modelling Community),
2) MPI-CSC2 (Max Planck Institute for Meteorology),
3) SMHI5 (Swedish Meteorological and Hydrological Institute)[14].

4.1 Аналіз річної кількості опадів на Сході України за період 2021-2050рр.

Далі представлений аналіз річної кількості опадів отриманий за модельними даними за період 2021-2050 згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5. Нижче наведені таблиці річної кількості опадів на станціях Маріуполь(табл. 4.1), Ізюм (табл.4.2) та Сватове (табл.4.3).

Таблиця 4.1

Річна кількість опадів за модельними даними на прогнозований період (2021-2050 рр.) на ст. Маріуполь, згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	433	546	570	516	391	496	745	544
2022	534	637	602	591	414	475	646	512
2023	397	449	547	464	631	502	445	526
2024	432	508	718	553	472	426	568	488
2025	440	405	598	481	424	554	559	512
2026	375	480	480	445	295	607	463	455
2027	469	566	653	562	502	583	572	552
2028	488	634	575	566	417	412	698	509
2029	498	493	571	521	596	596	503	565
2030	533	473	563	523	327	394	661	461
2031	507	608	634	583	480	304	291	358
2032	589	490	520	533	587	559	661	602
2033	532	435	605	524	470	474	618	520
2034	495	605	714	605	503	612	563	559
2035	297	520	583	467	280	486	845	537
2036	408	560	830	599	440	584	577	534
2037	463	319	468	417	463	478	667	536
2038	413	779	1054	749	470	541	718	577
2039	491	559	656	569	524	570	645	580
2040	447	560	887	632	474	737	719	643
2041	454	560	609	541	379	472	637	496
2042	367	372	484	408	282	468	728	493
2043	445	681	1033	720	647	577	605	610
2044	315	518	547	460	410	424	569	467
2045	453	464	850	589	430	546	858	611

Продовження табл. 4.1

2046	388	538	579	501	528	401	686	538
2047	424	506	474	468	623	571	612	602
2048	335	460	555	450	340	540	631	504
2049	504	487	586	526	592	549	529	557
2050	480	586	615	560	455	646	686	596

Таблиця 4.2

Річна кількість опадів за модельними даними на прогнозований період (2021-2050 рр.) на ст. Ізюм, згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	461	618	555	545	419	629	971	673
2022	412	549	774	578	525	474	718	572
2023	391	455	717	521	663	588	739	663
2024	382	472	655	503	353	580	588	507
2025	554	401	701	552	403	584	745	577
2026	426	556	741	574	288	637	673	532
2027	604	585	724	638	670	732	692	698
2028	553	666	877	699	406	526	880	604
2029	513	601	609	575	603	573	582	586
2030	610	511	718	613	336	563	615	505
2031	489	527	632	549	306	377	539	407
2032	478	826	589	631	459	604	591	551
2033	706	541	654	634	420	560	744	575
2034	488	622	731	613	510	439	640	530
2035	351	591	662	535	370	512	786	556
2036	408	536	772	572	412	685	739	612
2037	577	565	637	593	545	670	629	615
2038	421	777	874	690	576	636	901	704
2039	447	577	704	576	622	603	812	679
2040	370	558	893	607	484	1003	703	730
2041	380	693	699	591	329	551	797	559
2042	512	506	683	567	430	598	1035	688
2043	522	714	1020	752	667	705	714	695
2044	319	466	841	542	495	691	737	641
2045	408	689	958	685	489	594	688	591
2046	357	654	694	568	418	461	700	527
2047	363	483	650	499	717	732	670	706
2048	381	599	678	553	379	595	816	597
2049	548	499	640	562	480	595	747	607
2050	445	707	810	654	364	731	721	605

Таблиця 4.3

Річна кількість опадів за модельними даними на прогнозований період (2021-2050 рр.) на ст. Сватове, згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	508	602	600	570	419	623	1021	687
2022	408	674	703	595	510	455	693	553
2023	372	464	707	514	698	648	678	675
2024	468	464	598	510	387	568	568	508
2025	487	517	582	529	430	634	791	618
2026	455	582	640	559	356	737	659	584
2027	633	626	632	631	626	735	744	702
2028	582	671	843	699	444	469	973	629
2029	563	583	682	609	526	688	519	578
2030	665	603	709	659	344	459	635	479
2031	569	451	636	552	299	374	460	378
2032	513	704	630	616	538	622	651	604
2033	738	575	603	639	486	566	696	583
2034	482	663	779	641	502	445	631	526
2035	426	626	593	548	349	608	787	582
2036	416	565	806	596	304	684	823	603
2037	510	549	728	596	451	741	717	637
2038	529	957	858	781	553	603	847	668
2039	432	573	725	577	585	606	797	663
2040	405	551	871	609	554	813	597	655
2041	401	693	658	584	344	574	865	594
2042	481	497	620	533	427	622	1031	693
2043	603	726	1051	793	662	688	661	670
2044	292	545	928	588	415	721	782	639
2045	454	727	1124	768	413	537	657	536
2046	311	627	735	558	530	532	741	601
2047	398	505	575	493	630	714	712	685
2048	367	522	642	511	472	683	784	646
2049	500	530	636	555	472	570	725	589
2050	445	749	855	683	365	716	795	625

Аналізуючи таблицю річної кількості опадів на станції Маріуполь за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за допомогою моделі CLMcom, видно, що максимальні значення спостерігаються в 2032 році (589 мм), а мінімальне – 2035р. (297 мм). В середньому по моделі CLMcom виходить 447 мм – що порівняно з нормою (498 мм) складає 90%.

Згідно модельним даними за моделлю MPI-CSC2 максимум спостерігався в 2038р. (779 мм) а мінімум – 319 мм в 2037р. Середнє значення дорівнює 527 мм – що станове 106 % від норми.

Кількість опадів, що розраховані за моделлю SMHI5 максимум мають в 2038р. (1054 мм), а мінімум в 2037р. – 468 мм. Середнє значення річної кількості опадів для ст. Маріуполь складає 639 мм (128% від норми).

За сценарієм RCP 4.5 на ст. Маріуполь по різним моделям можна зробити такі висновки:

1) CLMcom – мінімальне значення 280 мм (2035р.), максимальне значення 647 мм (2043р.), середнє – 462 мм (93% від норми);

2) MPI-CSC2 – мінімальне значення 304 мм (2031р.), максимальне – 737 мм (2040р.), середнє – 520 мм (104% від норми);

3) SMHI5 – мінімальне значення 291 мм (2031р.), максимальне – 858 мм (2045р.), середнє – 623 мм (125% від норми).

Аналізуючи табл.4.1 можна зробити висновок, що осереднена річна кількість опадів за розрахунковими даними різних моделей за прогнозований період (2021-2050 рр.) на ст. Маріуполь яка становить 580 мм вважається достатньою для нормального зволоження, порівняно з нормою станове 116%.

Таблиця 4.2 дає змогу охарактеризувати річну кількість опадів за модельними даними на станції Ізюм за сценарієм RCP 2.6. В середньому по моделі CLMcom очікується 463 мм, що складає 82% від норми (567 мм). Максимальне значення річної кількості опадів припадає на 2033р. що складає 706 мм. Мінімальне значення очікується 2044р. – 319 мм.

За моделлю MPI-CSC2 максимальні значення очікуються в 2032 р. – 826 мм, а мінімальні – в 2025 р.(401 мм). Середнє значення дорівнює – 585 мм (103% від норми).

Кількість опадів, що розраховані за моделлю SMHI5 максимум мають в 2043р. (1020 мм), а мінімум в 2021р. – 555 мм. Середнє значення річної кількості опадів для ст. Ізюм складає 730 мм (129% від норми).

За сценарієм RCP 4.5 на ст. Ізюм по різним моделям можна зробити такі висновки:

1) CLMcom – мінімальне значення 288 мм (2026р.), максимальне значення 717 мм (2047р.), середнє – 471 мм (83% від норми);

2) MPI-CSC2 – мінімальне значення 304 мм (2031р.), максимальне – 737 мм (2040р.), середнє – 608 мм (107% від норми);

3) SMHI5 – мінімальне значення 291 мм (2031р.), максимальне – 858 мм (2045р.), середнє – 731 мм (129% від норми).

Аналізуючи табл.4.2 можна зробити висновок, що осереднена річна кількість опадів за розрахунковими даними різних моделей за прогнозований період 2021-2050 рр. на ст. Ізюм, яка становить 662 мм, вважається достатньою для нормального зволоження, порівняно з нормою станове 117%.

Аналізуючи таблицю річної кількості опадів на станції Сватове за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за допомогою моделі CLMcom, видно, що максимальні значення спостерігаються в 2033 році (738 мм), а мінімальне – 2044р. (292 мм). В середньому по моделі CLMcom виходить 480 мм – що порівняно з нормою (538 мм) складає 90%.

Згідно модельним даними за моделлю MPI-CSC2 максимум очікується в 2038р. (957 мм) а мінімум – 451 мм в 2031р. Середнє значення дорівнює 604 мм – що станове 112% від норми.

Кількість опадів, що розраховані за моделлю SMHI5 максимум мають в 2045р. (1124 мм), а мінімум в 2047р. – 575 мм. Середнє значення річної кількості опадів для ст. Сватове складає 725 мм (128% від норми).

За сценарієм RCP 4.5 на ст. Сватове по різним моделям можна зробити такі висновки:

1) CLMcom – мінімальне значення 299 мм (2031р), максимальне значення 698 мм (2023р), середнє – 470 мм (87% від норми);

2) MPI-CSC2 – мінімальне значення 374 мм (2031р), максимальне – 813 мм (2040р), середнє – 615 мм (114% від норми);

3) SMHI5 – мінімальне значення 460 мм (2031р), максимальне – 1031 мм (2042р), середнє – 735 мм (137% від норми).

З табл.4.3 ми можемо зробити висновок, що осереднене значення річної кількості опадів за прогнозований період на станції Сватове складає 669 мм. При нормі 538 мм, осереднені данні за 30 років прогнозують незначне збільшення річної кількості опадів на 24% (додаток А, рис. А.1).

4.2 Аналіз кількості опадів за теплий період за модельними даними на прогнозований період 2021-2050 рр. згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5

Наступним етапом дослідження був аналіз кількості опадів за теплий період отриманий за модельними даними за період 2021-2050 згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5. Нижче наведені таблиці кількості опадів за теплий період на станціях Маріуполь(табл. 4.4), Ізюм (табл.4.5) та Сватове (табл.4.6).

Таблиця 4.4

Кількість опадів за теплий період за модельними даними на прогнозований період (2021-2050 рр.) на ст. Маріуполь, згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	211	291	272	258	165	348	404	306
2022	305	391	276	324	146	319	294	253
2023	181	232	188	200	259	351	222	277
2024	159	221	276	219	140	277	225	214
2025	167	149	359	225	156	264	164	195
2026	222	149	128	167	94	416	138	216
2027	245	219	237	234	307	264	233	268
2028	273	282	222	259	240	160	328	243
2029	235	144	272	217	324	305	205	278

Продовження табл.4.4

2030	321	160	185	222	142	197	241	193
2031	183	306	185	224	216	121	127	155
2032	333	233	249	271	361	291	187	280
2033	302	168	193	221	222	251	211	228
2034	238	334	462	345	194	361	250	268
2035	141	278	232	217	120	313	465	299
2036	202	316	492	337	188	272	323	261
2037	298	174	217	230	240	191	363	265
2038	280	348	373	334	110	293	343	249
2039	242	279	327	283	336	315	368	340
2040	287	281	477	348	191	333	297	274
2041	217	273	249	246	179	228	295	234
2042	219	189	258	222	124	246	366	245
2043	268	390	451	369	325	410	179	305
2044	82	240	256	193	175	192	168	178
2045	210	226	369	268	162	385	584	377
2046	240	221	188	216	282	227	300	270
2047	156	358	275	263	326	345	371	347
2048	196	300	262	253	148	237	241	209
2049	257	239	186	227	286	273	211	257
2050	369	311	305	328	353	315	444	371

Таблиця 4.5

Кількість опадів за теплий період за модельними даними на прогнозований період (2021-2050 рр.) на ст. Ізюм, згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	248	366	278	297	191	466	663	440
2022	239	383	556	393	248	314	406	323
2023	231	300	478	336	326	292	528	382
2024	180	248	336	255	123	415	279	272
2025	291	222	328	280	138	324	421	294
2026	255	203	442	300	107	395	369	290
2027	344	298	277	306	378	465	311	385
2028	355	455	550	453	237	294	517	349
2029	278	296	273	282	351	333	328	337
2030	303	258	357	306	176	323	322	274
2031	201	241	296	246	139	231	355	242
2032	247	606	303	385	272	294	249	272
2033	473	269	287	343	220	340	373	311
2034	290	310	485	362	311	310	304	308
2035	195	394	396	328	175	262	396	278

Продовження табл.4.5

2036	173	326	471	323	241	342	435	339
2037	356	329	403	362	300	331	356	329
2038	284	392	427	368	256	378	538	391
2039	257	314	400	324	387	365	467	406
2040	143	280	541	321	205	558	327	363
2041	236	481	418	378	155	272	479	302
2042	297	290	432	340	225	349	580	385
2043	342	414	572	443	404	535	347	429
2044	150	239	506	298	267	462	300	343
2045	168	328	557	351	276	401	452	376
2046	164	291	300	252	210	270	420	300
2047	169	267	408	281	446	465	345	419
2048	203	427	391	340	155	261	444	287
2049	387	234	361	327	262	328	410	333
2050	313	452	529	431	269	401	394	355

Таблиця 4.6

Кількість опадів за теплий період за модельними даними на прогнозований період (2021-2050 рр.) на ст. Сватове, згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	268	352	276	298	225	301	372	299
2022	222	533	449	402	321	380	454	385
2023	198	330	458	329	154	394	261	270
2024	250	259	289	266	192	366	429	329
2025	202	330	279	270	137	511	359	336
2026	271	277	344	297	381	422	374	392
2027	320	351	250	307	245	265	608	373
2028	387	480	499	455	291	395	272	319
2029	287	311	315	304	189	243	284	239
2030	343	307	349	333	113	223	280	205
2031	275	201	283	253	347	336	274	319
2032	280	509	358	383	286	339	328	318
2033	460	273	281	338	279	326	299	301
2034	288	353	538	393	172	371	394	312
2035	259	442	311	338	154	426	496	359
2036	165	349	490	335	194	425	424	348
2037	300	343	445	363	236	332	456	341
2038	386	625	407	473	344	358	450	384
2039	253	341	415	336	278	408	267	318
2040	168	312	541	340	154	315	544	338

Продовження табл. 4.6

2041	240	505	382	376	222	418	595	412
2042	263	339	337	313	399	532	304	412
2043	422	437	614	491	187	498	311	332
2044	110	328	575	338	222	356	440	339
2045	204	382	668	418	298	348	453	366
2046	122	289	300	237	334	470	350	385
2047	202	290	344	278	244	326	411	327
2048	184	354	371	303	246	320	341	302
2049	332	252	312	299	266	409	452	376
2050	317	471	544	444	225	301	372	299

Аналізуючи таблицю кількості опадів за теплий період на станції Маріуполь за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за допомогою моделі CLMcom, видно, що максимальні значення спостерігаються в 2050 році (369 мм), а мінімальне – 2044р. (82 мм). В середньому по моделі CLMcom виходе 235 мм – що порівняно з нормою (276 мм) складає 85%.

Згідно модельним даними за моделлю MPI-CSC2 максимум спостерігався в 2022р. (391 мм) а мінімум – 144 мм в 2029р. Середнє значення дорівнює 257 мм – що станове 93 % від норми.

Кількість опадів, що розраховані за моделлю SMHI5 максимум мають в 2036р. (492 мм), а мінімум в 2026р. – 128 мм. Середнє значення кількості опадів за теплий період для ст. Маріуполь складає 281 мм (102% від норми).

За сценарієм RCP 4.5 на ст. Маріуполь по різним моделям можна зробити такі висновки:

1) CLMcom – мінімальне значення 94 мм (2026р.), максимальне значення 361 мм (2032р.), середнє – 217 мм (79% від норми);

2) MPI-CSC2 – мінімальне значення 121 мм (2031р.), максимальне – 416 мм (2026р.), середнє – 283 мм (103% від норми);

3) SMHI5 – мінімальне значення 127 мм (2031р.), максимальне – 584 мм (2045р.), середнє – 285 мм (103% від норми).

Аналізуючи табл.4.4 можна зробити висновок, що осереднена кількість опадів за теплий період за розрахунковими даними різних моделей за прогнозований період 2021-2050 рр. на ст. Маріуполь яка становить 260 мм

вважається недостатньою для нормального зволоження, порівняно з нормою станове 94%.

Таблиця 4.5 дає змогу охарактеризувати кількість опадів за теплий період за модельними даними на станції Ізюм за сценарієм RCP 2.6. В середньому по моделі CLMcom очікується 259 мм, що складає 77% від норми (335 мм). Максимальне значення річної кількості опадів припадає на 2033р. що складає 473 мм. Мінімальне значення очікується 2040р. – 143 мм.

За моделлю MPI-CSC2 максимальні значення очікуються в 2032 р. – 606 мм, а мінімальні – в 2026 р.(203 мм). Середнє значення дорівнює – 330 мм (99% від норми).

Кількість опадів, що розраховані за моделлю SMHI5 максимум мають в 2043р. (572 мм), а мінімум в 2029р. – 273 мм. Середнє значення кількості опадів за теплий період для ст. Ізюм складає 412 мм (123% від норми).

За сценарієм RCP 4.5 на ст. Ізюм по різним моделям можна зробити такі висновки:

1) CLMcom – мінімальне значення 107 мм (2026р.), максимальне значення 446 мм (2047р.), середнє – 248 мм (76% від норми);

2) MPI-CSC2 – мінімальне значення 231 мм (2031р.), максимальне – 558 мм (2040р.), середнє – 359 мм (107% від норми);

3) SMHI5 – мінімальне значення 249 мм (2032р.), максимальне – 663 мм (2021р.), середнє – 404 мм (121% від норми).

Аналізуючи табл.4.5 можна зробити висновок, що осереднена кількість опадів за теплий період за розрахунковими даними різних моделей за прогнозований період 2021-2050 рр. на ст. Ізюм, яка становить 336 мм, вважається достатньою для нормального зволоження, порівняно з нормою станове 100%.

Аналізуючи таблицю кількості опадів за теплий період на станції Сватове за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за допомогою моделі CLMcom, видно, що максимальні значення спостерігаються в 2033 році (460 мм), а мінімальне – 2044р. (110 мм). В середньому по моделі CLMcom

виходе 480 мм – що порівняно з нормою (266 мм) складає 83%.

Згідно модельним даними за моделлю MPI-CSC2 максимум очікується в 2038р. (625 мм) а мінімум – 201 мм в 2031р. Середнє значення дорівнює 364 мм – що станове 113% від норми.

Кількість опадів, що розраховані за моделлю SMHI5 максимум мають в 2045р. (668 мм), а мінімум в 2027р. – 250 мм. Середнє значення кількості опадів за теплий період для ст. Сватове складає 401 мм (124% від норми).

За сценарієм RCP 4.5 на ст. Сватове по різним моделям можна зробити такі висновки:

1) CLMcom – мінімальне значення 113 мм (2030р), максимальне значення 399 мм (2042р), середнє – 245 мм (76% від норми);

2) MPI-CSC2 – мінімальне значення 223 мм (2030р), максимальне – 532 мм (2042р), середнє – 370 мм (115% від норми);

3) SMHI5 – мінімальне значення 261 мм (2023р), максимальне – 608 мм (2027р), середнє – 388 мм (120% від норми).

З табл.4.6 ми можемо зробити висновок, що осереднене значення річної кількості опадів за прогнозований період на станції Сватове складає 339 мм. При нормі 322 мм, осереднені данні за 30 років прогнозують незначне збільшення річної кількості опадів на 5%(додаток А, рис. А.2).

4.3 Аналіз середньодобової кількості опадів на Сході України за модельними даними на прогнозований період 2021-2050 рр.

Останнім етапом дослідження в цьому розділі був аналіз середньодобової кількості опадів отриманий за модельними даними за період 2021-2050 згідно сценаріям. Нижче наведені таблиці кількості опадів на станціях Маріуполь(табл. 4.7), Ізюм (табл.4.8) та Сватове (табл.4.9).

Таблиця 4.7

Середньодобова кількість опадів за модельними даними на прогнозований період (2021-2050 рр.) на ст. Маріуполь, згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	1,2	1,5	1,6	1,4	1,1	1,4	2,0	1,5
2022	1,5	1,7	1,6	1,6	1,1	1,3	1,8	1,4
2023	1,1	1,2	1,5	1,3	1,7	1,4	1,2	1,4
2024	1,2	1,4	2,0	1,5	1,3	1,2	1,6	1,3
2025	1,2	1,1	1,6	1,3	1,2	1,5	1,5	1,4
2026	1,0	1,3	1,3	1,2	0,8	1,7	1,3	1,2
2027	1,3	1,6	1,8	1,5	1,4	1,6	1,6	1,5
2028	1,3	1,7	1,6	1,5	1,1	1,1	1,9	1,4
2029	1,4	1,3	1,6	1,4	1,6	1,6	1,4	1,5
2030	1,5	1,3	1,5	1,4	0,9	1,1	1,8	1,3
2031	1,4	1,7	1,7	1,6	1,3	0,8	0,8	1,0
2032	1,6	1,3	1,4	1,5	1,6	1,5	1,8	1,6
2033	1,5	1,2	1,7	1,4	1,3	1,3	1,7	1,4
2034	1,4	1,7	2,0	1,7	1,4	1,7	1,5	1,5
2035	0,8	1,4	1,6	1,3	0,8	1,3	2,3	1,5
2036	1,1	1,5	2,3	1,6	1,2	1,6	1,6	1,5
2037	1,3	0,9	1,3	1,1	1,3	1,3	1,8	1,5
2038	1,1	2,1	2,9	2,1	1,3	1,5	2,0	1,6
2039	1,3	1,5	1,8	1,6	1,4	1,6	1,8	1,6
2040	1,2	1,5	2,4	1,7	1,3	2,0	2,0	1,8
2041	1,2	1,5	1,7	1,5	1,0	1,3	1,7	1,4
2042	1,0	1,0	1,3	1,1	0,8	1,3	2,0	1,3
2043	1,2	1,9	2,8	2,0	1,8	1,6	1,7	1,7
2044	0,9	1,4	1,5	1,3	1,1	1,2	1,6	1,3
2045	1,2	1,3	2,3	1,6	1,2	1,5	2,3	1,7
2046	1,1	1,5	1,6	1,4	1,4	1,1	1,9	1,5
2047	1,2	1,4	1,3	1,3	1,7	1,6	1,7	1,6
2048	0,9	1,3	1,5	1,2	0,9	1,5	1,7	1,4
2049	1,4	1,3	1,6	1,4	1,6	1,5	1,4	1,5
2050	1,3	1,6	1,7	1,5	1,2	1,8	1,9	1,6

Таблиця 4.8

Середньодобова кількість опадів за модельними даними на прогнозований період (2021-2050 рр.) на ст. Ізюм, згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	1,3	1,7	1,5	1,5	1,1	1,7	2,7	1,8
2022	1,1	1,5	2,1	1,6	1,4	1,3	2,0	1,6
2023	1,1	1,2	2,0	1,4	1,8	1,6	2,0	1,8
2024	1,0	1,3	1,8	1,4	1,0	1,6	1,6	1,4
2025	1,5	1,1	1,9	1,5	1,1	1,6	2,0	1,6
2026	1,2	1,5	2,0	1,6	0,8	1,7	1,8	1,5
2027	1,7	1,6	2,0	1,7	1,8	2,0	1,9	1,9
2028	1,5	1,8	2,4	1,9	1,1	1,4	2,4	1,7
2029	1,4	1,6	1,7	1,6	1,7	1,6	1,6	1,6
2030	1,7	1,4	2,0	1,7	0,9	1,5	1,7	1,4
2031	1,3	1,4	1,7	1,5	0,8	1,0	1,5	1,1
2032	1,3	2,3	1,6	1,7	1,3	1,7	1,6	1,5
2033	1,9	1,5	1,8	1,7	1,1	1,5	2,0	1,6
2034	1,3	1,7	2,0	1,7	1,4	1,2	1,8	1,5
2035	1,0	1,6	1,8	1,5	1,0	1,4	2,2	1,5
2036	1,1	1,5	2,1	1,6	1,1	1,9	2,0	1,7
2037	1,6	1,5	1,7	1,6	1,5	1,8	1,7	1,7
2038	1,2	2,1	2,4	1,9	1,6	1,7	2,5	1,9
2039	1,2	1,6	1,9	1,6	1,7	1,7	2,2	1,9
2040	1,0	1,5	2,4	1,7	1,3	2,7	1,9	2,0
2041	1,0	1,9	1,9	1,6	0,9	1,5	2,2	1,5
2042	1,4	1,4	1,9	1,6	1,2	1,6	2,8	1,9
2043	1,4	2,0	2,8	2,1	1,8	1,9	2,0	1,9
2044	0,9	1,3	2,3	1,5	1,4	1,9	2,0	1,8
2045	1,1	1,9	2,6	1,9	1,3	1,6	1,9	1,6
2046	1,0	1,8	1,9	1,6	1,1	1,3	1,9	1,4
2047	1,0	1,3	1,8	1,4	2,0	2,0	1,8	1,9
2048	1,0	1,6	1,9	1,5	1,0	1,6	2,2	1,6
2049	1,5	1,4	1,8	1,5	1,3	1,6	2,0	1,7
2050	1,2	1,9	2,2	1,8	1,0	2,0	2,0	1,7

Таблиця 4.9

Середньодобова кількість опадів за модельними даними на прогнозований період (2021-2050 рр.) на ст. Сватове, згідно сценаріям RCP2.6, RCP4.5

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	1,4	1,7	1,6	1,6	1,1	1,7	2,8	1,9
2022	1,1	1,8	1,9	1,6	1,4	1,2	1,9	1,5
2023	1,0	1,3	1,9	1,4	1,9	1,8	1,9	1,8
2024	1,3	1,3	1,6	1,4	1,1	1,6	1,6	1,4
2025	1,3	1,4	1,6	1,4	1,2	1,7	2,2	1,7
2026	1,2	1,6	1,8	1,5	1,0	2,0	1,8	1,6
2027	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	2,0	2,0	1,9
2028	1,6	1,8	2,3	1,9	1,2	1,3	2,7	1,7
2029	1,5	1,6	1,9	1,7	1,4	1,9	1,4	1,6
2030	1,8	1,7	1,9	1,8	0,9	1,3	1,7	1,3
2031	1,6	1,2	1,7	1,5	0,8	1,0	1,3	1,0
2032	1,4	1,9	1,7	1,7	1,5	1,7	1,8	1,6
2033	2,0	1,6	1,7	1,8	1,3	1,6	1,9	1,6
2034	1,3	1,8	2,1	1,8	1,4	1,2	1,7	1,4
2035	1,2	1,7	1,6	1,5	1,0	1,7	2,2	1,6
2036	1,1	1,5	2,2	1,6	0,8	1,9	2,2	1,6
2037	1,4	1,5	2,0	1,6	1,2	2,0	2,0	1,7
2038	1,5	2,6	2,3	2,1	1,5	1,7	2,3	1,8
2039	1,2	1,6	2,0	1,6	1,6	1,7	2,2	1,8
2040	1,1	1,5	2,4	1,7	1,5	2,2	1,6	1,8
2041	1,1	1,9	1,8	1,6	0,9	1,6	2,4	1,6
2042	1,3	1,4	1,7	1,5	1,2	1,7	2,8	1,9
2043	1,7	2,0	2,9	2,2	1,8	1,9	1,8	1,8
2044	0,8	1,5	2,5	1,6	1,1	2,0	2,1	1,7
2045	1,2	2,0	3,1	2,1	1,1	1,5	1,8	1,5
2046	0,9	1,7	2,0	1,5	1,5	1,5	2,0	1,6
2047	1,1	1,4	1,6	1,3	1,7	2,0	1,9	1,9
2048	1,0	1,4	1,8	1,4	1,3	1,9	2,1	1,8
2049	1,4	1,5	1,7	1,5	1,3	1,6	2,0	1,6
2050	1,2	2,1	2,3	1,9	1,0	2,0	2,2	1,7

Аналізуючи таблицю 4.7 середньодобової кількості опадів на станції Маріуполь за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за допомогою моделі CLMcom, видно, що максимальні значення спостерігаються в 2032 році (1,6 мм/добу), а мінімальне – 2035р. (0,8 мм/добу). В середньому по моделі CLMcom виходе 1,2 мм/добу – що порівняно з нормою (4,5 мм/добу) складає 27%.

Згідно модельним даними за моделлю MPI-CSC2 максимум спостерігався в 2038р. (2,1 мм/добу) а мінімум – 0,9 мм/добу в 2037р. Середнє значення дорівнює 1,4 мм/добу – що станове 32 % від норми.

Кількість опадів, що розраховані за моделлю SMHI5 максимум мають в 2038р. (2,9 мм/добу), а мінімум в декількох роках 2026, 2037, 2042, 2047рр. – 1,3 мм/добу. Середнє значення середньодобової кількості опадів для ст. Маріуполь складає 1,7 мм/добу (39% від норми).

За сценарієм RCP 4.5 на ст. Маріуполь по різним моделям можна зробити такі висновки:

1) CLMcom – мінімальне значення 0,8 мм/добу (2026, 2035, 2042рр.), максимальне значення 1,8 мм/добу (2043р.), середнє – 1,3 мм/добу (28% від норми);

2) MPI-CSC2 – мінімальне значення 0,8 мм/добу (2031р.), максимальне – 2,0 мм/добу (2040р.), середнє – 1,4 мм/добу (32% від норми);

3) SMHI5 – мінімальне значення 0,8 мм/добу (2031р.), максимальне – 1,2 мм/добу (2035, 2045рр.), середнє – 1,7 мм/добу (38% від норми).

Аналізуючи табл.4.7 можна зробити висновок, що осереднена середньодобова кількість опадів за розрахунковими даними різних моделей за прогнозований період 2021-2050 рр. на ст. Маріуполь яка становить 1,5 мм/добу вважається дуже недостатньою для нормального зволоження, порівняно з нормою станове 33%.

Таблиця 4.8 дає змогу охарактеризувати середньодобову кількість опадів за модельними даними на станції Ізюм за сценарієм RCP 2.6. В середньому по моделі CLMcom очікується 1,3 мм/добу, що складає 31% від

норми (4,1 мм/добу). Максимальне значення річної кількості опадів припадає на 2033р. що складає 1,9 мм/добу. Мінімальне значення очікується 2044р. – 0,9 мм/добу.

За моделлю MPI-CSC2 максимальні значення очікуються в 2032 р. – 2,3 мм/добу, а мінімальні – в 2025 р.(1,1 мм/добу). Середнє значення дорівнює – 1,6 мм/добу (39% від норми).

Кількість опадів, що розраховані за моделлю SMHI5 максимум мають в 2028р. (2,8 мм/добу), а мінімум в 2031р. – 1,5 мм/добу. Середнє значення кількості опадів за теплий період для ст. Ізюм складає 2,0 мм/добу (49% від норми).

За сценарієм RCP 4.5 на ст. Ізюм по різним моделям можна зробити такі висновки:

1) CLMcom – мінімальне значення 0,8 мм/добу (2026, 2031рр.), максимальне значення 2,0 мм/добу (2047р.), середнє – 1,3 мм/добу (31% від норми);

2) MPI-CSC2 – мінімальне значення 1,0 мм/добу (2031р.), максимальне – 2,7 мм/добу (2040р.), середнє – 1,7 мм/добу (41% від норми);

3) SMHI5 – мінімальне значення 1,5 мм/добу (2031р.), максимальне – 2,8 мм/добу (2042р.), середнє – 2,0 мм/добу (49% від норми).

Аналізуючи табл.4.8 можна зробити висновок, що осереднена середньодобова кількість опадів за розрахунковими даними різних моделей за прогнозований період 2021-2050 рр. на ст. Ізюм, яка становить 1,6 мм/добу, вважається дуже недостатньою для нормального зволоження, порівняно з нормою станове лише 39%.

Аналізуючи таблицю середньодобової кількості опадів на станції Сватове за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за допомогою моделі CLMcom, видно, що максимальні значення спостерігаються в 2033 році (2,0 мм/добу), а мінімальне – 2044р. (0,8 мм/добу). В середньому по моделі CLMcom виходе 1,3 мм/добу – що порівняно з нормою (4,1 мм/добу) складає 32%.

Згідно модельним даними за моделлю MPI-CSC2 максимум очікується в 2038р. (2,6 мм/добу) а мінімум – 1,2 мм/добу в 2031р. Середнє значення дорівнює 1,7 мм/добу – що станове 40% від норми.

Кількість опадів, що розраховані за моделлю SMHI5 максимум мають в 2045р. (3,1 мм/добу), а мінімум в 2027р. – 1,6 мм/добу. Середнє значення середньодобової кількісті опадів для ст. Сватове складає 2,0 мм/добу (48% від норми).

За сценарієм RCP 4.5 на ст. Сватове по різним моделям можна зробити такі висновки:

1) CLMcom – мінімальне значення 0,8 мм/добу (2031, 2036рр), максимальне значення 1,9 мм/добу (2023р), середнє – 1,3 мм/добу (31% від норми);

2) MPI-CSC2 – мінімальне значення 1,0 мм/добу (2031р), максимальне – 2,2 мм/добу (2040р), середнє – 1,7 мм/добу (41 % від норми);

3) SMHI5 – мінімальне значення 1,3 мм/добу (2031р), максимальне – 2,8 мм/добу (2021,2042рр), середнє – 2,0 мм/добу (49% від норми).

З табл.4.9 ми можемо зробити висновок, що осереднене значення середньодобову кількість опадів за прогнозований період на станції Сватове складає 1,7 мм/добу. При нормі 4,1 мм/добу, осереднені данні за 30 років прогнозують значне зменшення середньодобової кількості опадів на 59 %(додаток А, рис.А.3).

5 ОЦІНКА ЗМІНИ КЛІМАТУ СХІДНОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНИ ЗА ДЕКІЛЬКОМА КЛІМАТИЧНИМИ ІНДЕКСАМИ

5.1 Максимальна одноденна кількість опадів

Для оцінки змін кліматичного розподілу опадів Сходу України використовувалось декілька кліматичних індексів. На першому етапі дослідження розраховано індекс RX1day, який представляє собою максимальну одноденну кількість опадів.

В таблиці 5.1 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.) на станції Маріуполь.

Таблиця 5.1

Значення індексу RX1day на ст. Маріуполь за періоди 2008-2018рр. та 2021-2050рр

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення, мм	54	50	24	29	25	23	81	85	35	44	22
Норма: 39 мм						Середнє значення:42,9 мм					

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	25	28	40	31	31	51	49	43
2022	76	51	57	61	27	24	52	34
2023	29	22	33	28	37	64	34	45
2024	21	24	40	28	34	58	48	47
2025	20	60	81	54	31	37	29	33
2026	34	24	31	30	17	68	23	36
2027	20	27	41	29	22	30	30	27
2028	27	83	33	48	21	20	34	25
2029	28	22	42	31	38	34	32	35
2030	51	26	38	38	25	14	44	28

Продовження табл. 5.1

2031	30	64	32	42	62	17	27	36
2032	42	35	24	33	64	43	31	46
2033	37	22	35	31	23	40	35	33
2034	28	28	30	29	23	41	29	31
2035	16	26	65	36	14	33	163	70
2036	20	45	40	35	43	30	30	34
2037	35	30	53	39	27	38	45	36
2038	39	37	56	44	23	58	49	43
2039	34	30	54	39	54	32	53	47
2040	47	42	54	48	24	45	41	37
2041	23	26	29	26	24	42	48	38
2042	38	23	30	31	25	22	36	28
2043	17	76	59	51	26	27	27	27
2044	18	34	40	31	47	23	33	35
2045	30	25	75	43	20	63	44	42
2046	35	34	41	37	45	28	39	38
2047	56	76	33	55	35	54	35	42
2048	43	21	62	42	19	18	25	21
2049	39	39	45	41	25	40	40	35
2050	28	31	34	31	51	45	123	73
Норма: 39 мм		Середнє значення RCP2.6:38мм			Середнє значення RCP 4.5: 38мм			

З таблиці 5.1 видно, що за період 2008-2018рр максимальна одноденна кількість опадів спостерігалась в 2015р. (85мм/24год), а мінімальна – 2018р. (22мм/24год). Осереднене значення за досліджуваний період складає 43 мм, що складає 110% від норми. На графіку з додатку Б (рис.Б.1) лінійний тренд вказує на збільшення максимальної одноденної кількості опадів на станції Маріуполь, за розглянуті 11 років.

Аналізуючи таблицю індексу Rx1day на станції Маріуполь за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за 3-ма моделями CLMcom, MPI-CSC2 та SMHI5 видно, що максимум спостерігається 2028р.(83мм) за моделлю MPI-CSC2. На рисунку (додаток В, рис.В.1), прогнозуються як дуже високі так і дуже малі значення опадів на всіх 3-х моделях, але в осередненому значенні отримуємо прогнозовану кількість опадів майже рівною нормі, за 2021-2050рр – 38 мм.

Аналізуючи другу частину таблиці 5.1 за сценарієм RCP 4.5, за моделями можна виділити тільки один дуже значний максимум 2035р. – 163 мм за моделлю SMHI5. Інші прогнозовані значення недалеко відходять

від норми. За цим сценарієм в середньому за 3-ма моделями прогнозується також 38 мм.

В таблиці 5.2 наведені результати розрахунків для станції Ізюм.

Таблиця 5.2

Значення індексу RX1day на ст. Ізюм за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення, мм	32	20	34	44	53	32	39	33	36	26	23
Норма: 40 мм						Середнє значення:25 мм					

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	25	35	30	30	22	39	52	38
2022	24	32	58	38	22	40	36	33
2023	25	25	32	27	27	30	51	36
2024	21	31	44	32	23	27	24	25
2025	23	31	39	31	26	31	36	31
2026	31	31	45	36	12	49	36	32
2027	54	24	30	36	30	62	28	40
2028	30	62	43	45	17	45	28	30
2029	16	33	30	27	28	24	28	27
2030	33	21	25	26	23	20	21	21
2031	16	18	30	21	15	16	33	21
2032	23	105	28	52	33	24	41	33
2033	43	43	22	36	21	22	31	25
2034	28	27	57	37	91	18	29	46
2035	16	23	33	24	20	29	22	24
2036	22	19	29	23	54	27	30	37
2037	35	30	38	34	36	32	19	29
2038	24	33	42	33	53	46	33	44
2039	39	39	34	38	41	36	28	35
2040	19	28	31	26	21	115	40	59
2041	31	31	29	30	33	34	39	35
2042	32	28	73	45	23	31	42	32
2043	35	28	25	29	41	42	66	50
2044	33	26	36	32	23	36	21	27
2045	15	26	35	25	53	28	46	42
2046	16	22	31	23	16	19	31	22
2047	15	27	57	33	34	65	29	43
2048	20	75	71	55	16	23	30	23
2049	39	37	27	34	21	36	26	28
2050	35	80	47	54	22	38	41	34
Норма: 34 мм		Середнє значення RCP2.6:34мм			Середнє значення RCP 4.5: 33мм			

З таблиці 5.2 видно, що за період 2008-2018рр максимальна одноденна кількість опадів спостерігалась в 2012р. (53мм/24год), а мінімальна – 2009р.(20мм/24год). Осереднене значення за досліджуваний період складає 25 мм, що складає всього лише 62,5% від норми. На графіку з додатку Б (рис.Б.2) лінійний тренд вказує на зменшення максимальної одноденної кількості опадів на станції Ізюм, за розглянуті 11 років.

Аналізуючи індекс Rx1day на станції Ізюм за сценарієм RCP 2.6, що розраховувалась за 3-ма моделями CLMcom, MPI-CSC2 та SMHI5 зазначимо, що максимум спостерігається 2032р.(105мм) за моделлю MPI-CSC2. На рисунку (додаток В, рис.В.2), прогнозуються як дуже високі так і дуже малі значення опадів на всіх 3-х моделях, але в осередненому значенні отримуємо прогнозовану кількість опадів рівною до норми, за 2021-2050рр – 34 мм.

Аналізуючи другу частину таблиці 5.2 за сценарієм RCP 4.5, за моделями можна виділити тільки один дуже значний максимум 2040р. – 115 мм за моделлю MPI-CSC2. Інші прогнозовані значення недалеко відходять від норми. За цим сценарієм в середньому за 3-ма моделями прогнозується майже рівною до норми 33 мм (додаток В, рис. В.4).

В таблиці 5.3 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.) на станції Сватове.

Таблиця 5.3

Значення індексу RX1day на ст. Сватове за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр.

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення, мм	20	25	45	44	35	24	24	18	16	10	9
Норма: 40 мм						Середнє значення:25 мм					

Продовження табл. 5.3

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	57	28	25	36	29	42	67	46
2022	21	52	51	42	23	21	30	25
2023	39	30	27	32	38	47	37	41
2024	49	31	34	38	19	38	37	32
2025	19	44	31	31	55	37	52	48
2026	20	39	33	31	27	36	32	32
2027	24	24	28	25	35	27	31	31
2028	45	38	32	39	22	35	32	30
2029	18	25	28	24	26	32	23	27
2030	27	23	35	28	26	25	25	25
2031	24	16	24	21	20	17	21	20
2032	19	47	26	31	35	26	29	30
2033	45	24	21	30	39	29	34	34
2034	26	48	43	39	27	25	29	27
2035	28	70	31	43	18	36	37	30
2036	26	23	44	31	20	33	43	32
2037	18	36	36	30	20	45	21	29
2038	68	122	33	74	23	49	53	42
2039	19	36	33	29	41	23	26	30
2040	21	24	38	27	40	26	18	28
2041	35	40	26	33	17	29	42	29
2042	27	33	35	31	17	78	31	42
2043	54	40	46	47	30	35	30	32
2044	19	70	73	54	25	41	25	30
2045	24	54	68	49	32	28	40	33
2046	14	27	54	32	46	37	26	36
2047	16	19	22	19	27	54	39	40
2048	14	29	46	29	29	31	46	35
2049	36	22	18	25	30	31	29	30
2050	35	89	46	57	16	44	42	34
Норма: 40 мм		Середнє значення RCP2.6:35мм			Середнє значення RCP 4.5: 33мм			

З таблиці 5.3 видно, що за період 2008-2018рр максимальна одноденна кількість опадів спостерігалась в 2010р.(45мм/24год), а мінімальна – 2018р.(9мм/24год). Осереднене значення за досліджуваний період складає 25 мм, що складає всього лише 62,5% від норми. На графіку з додатку Б (рис.Б.3) лінійний тренд вказує на зменшення максимальної одноденної кількості опадів на станції Сватове майже вдвічі, за розглянуті 11 років.

Аналізуючи таблицю індексу Rx1day на станції Сватове за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за 3-ма моделями CLMcom, MPI-CSC2 та

SMHI5 видно, що значний максимум спостерігається у 2038р.(122мм) за моделлю MPI-CSC2. На рисунку (додаток В, рис.В.3), прогнозуються як дуже високі так і дуже малі значення опадів на всіх 3-х моделях, але в осередненому значенні отримуємо прогнозовану кількість опадів рівною за 2021-2050рр – 35 мм, що складає тільки 87,5% від норми.

Аналізуючи другу частину таблиці 5.3 за сценарієм RCP 4.5, за моделями можна виділити один максимум 2042р. – 78 мм за моделлю MPI-CSC2. Інші прогнозовані значення значно відходять від норми. За цим сценарієм в середньому за 3-ма моделями прогнозується тільки 33 мм.(82,5% від норми), що видно в додатку В, рис.В.6.

5.2 Максимальна п’ятиденна кількість опадів

На наступному етапі дослідження розраховано індекс RX5day, який представляє собою максимальну п’ятиденну кількість опадів.

В таблиці 5.4 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.).

Таблиця 5.4

Значення індексу RX5day на ст. Маріуполь за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр.

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення, мм	30	76	45	38	31	35	41	49	48	54	36
Середнє значення:44 мм											

Продовження табл. 5.4

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	30	36	54	40	38	53	71	54
2022	76	85	96	86	36	38	100	58
2023	45	49	78	57	61	109	45	71
2024	38	42	50	43	43	66	84	64
2025	31	80	133	81	47	54	51	51
2026	35	46	47	43	24	81	45	50
2027	41	31	41	38	41	74	57	58
2028	49	87	46	61	37	35	39	37
2029	48	58	49	51	74	43	35	51
2030	54	36	61	50	37	29	51	39
2031	36	72	62	57	87	30	32	50
2032	72	67	54	64	73	79	75	76
2033	48	34	66	49	66	46	60	57
2034	42	56	56	51	44	54	62	53
2035	33	46	113	64	21	66	164	83
2036	37	54	85	59	60	45	51	52
2037	80	32	55	56	39	50	86	58
2038	64	56	125	82	48	80	54	61
2039	64	39	57	54	59	41	64	55
2040	47	49	71	56	44	72	57	58
2041	44	41	57	47	39	58	48	48
2042	40	50	77	56	29	28	55	37
2043	33	85	81	66	57	53	48	53
2044	38	40	40	40	56	30	35	40
2045	43	38	138	73	63	81	74	73
2046	46	50	63	53	67	33	46	49
2047	90	111	42	81	85	57	64	69
2048	58	41	111	70	22	32	43	32
2049	53	50	71	58	42	45	45	44
2050	67	41	75	61	57	68	143	89
Середнє значення RCP2.6: 58мм Середнє значення RCP 4.5: 56мм								

З таблиці 5.4 видно, що за період 2008-2018рр максимальна п’ятиденна кількість опадів спостерігалась в 2009р. (76мм/24год), а мінімальна – 2008р. (30мм/24год). Осереднене значення за досліджуваний період складає 44 мм. На графіку з додатку Б (рис.Б.1) видно, що лінійний тренд не змінюється на станції Маріуполь, за розглянуті 11 років.

Аналізуючи таблицю індексу Rx5day на станції Маріуполь за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за 3-ма моделями CLMcom, MPI-CSC2 та SMHI5 видно, що максимум спостерігається 2045р.(138мм) за моделлю SMHI5. На рисунку (додаток В, рис.В.1), прогнозуються як дуже високі так і дуже малі значення опадів на всіх 3-х моделях, але в осередненому значенні отримуємо прогнозовану кількість опадів за 2021-2050рр – 58 мм.

Аналізуючи другу частину таблиці 5.1 за сценарієм RCP 4.5, за моделями можна виділити тільки один дуже значний максимум 2035р. – 164 мм за моделлю SMHI5. Інші прогнозовані значення недалеко відходять від норми. За цим сценарієм в середньому за 3-ма моделями прогнозується 56 мм, що видно в додатку В, рис.В.4.

В таблиці 5.5 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.) на станції Ізюм.

Таблиця 5.5

Значення індексу RX5day на ст. Ізюм за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр.

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення, мм	49	39	76	56	76	42	60	48	63	55	43
Середнє значення:55 мм											

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	53	42	31	42	34	42	73	50
2022	36	45	68	49	44	43	40	43
2023	36	40	68	48	48	47	98	64
2024	27	40	68	45	32	47	36	38
2025	30	52	81	54	42	34	48	42
2026	34	70	62	56	27	54	73	51
2027	67	33	62	54	48	65	50	54
2028	40	94	53	63	36	52	42	43
2029	32	52	41	42	40	40	50	43
2030	51	30	40	40	47	39	36	40
2031	40	38	51	43	22	30	42	32

Продовження табл.5.5

2032	41	188	53	94	45	36	64	48
2033	57	63	42	54	30	37	46	37
2034	34	48	69	50	96	22	55	58
2035	31	31	57	40	36	59	43	46
2036	54	31	54	46	54	38	52	48
2037	44	48	61	51	53	43	40	46
2038	49	48	46	48	55	62	52	56
2039	43	43	49	45	64	42	83	63
2040	30	55	69	51	38	223	74	112
2041	40	50	47	46	33	67	75	58
2042	47	32	74	51	39	48	124	70
2043	36	45	43	41	50	58	86	65
2044	34	32	53	40	42	50	54	49
2045	25	30	82	45	82	41	47	57
2046	26	38	59	41	26	31	42	33
2047	30	45	62	45	53	98	41	64
2048	30	79	110	73	31	28	64	41
2049	43	46	58	49	44	75	60	60
2050	39	118	52	70	29	56	55	47
Середнє значення RCP2.6: 51мм Середнє значення RCP 4.5: 52мм								

З таблиці 5.5 видно, що за період 2008-2018рр максимальна п’ятиденна кількість опадів спостерігалась в 2010р.і 2012р.(76мм/24год), а мінімальна – 2019р.(39мм/24год). Осереднене значення за досліджуваний період складає 55 мм. На графіку з додатку Б (рис.Б.2) лінійний тренд вказує на зменшення максимальної п’ятиденної кількості опадів на станції Ізюм , за розглянуті 11 років.

Аналізуючи таблицю індексу Rx5day на станції Ізюм за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за 3-ма моделями CLMcom, MPI-CSC2 та SMHI5 видно, що спостерігається один максимум 2032р.(188мм) за моделлю MPI-CSC2. На рисунку (додаток В, рис.В.2), прогнозуються як дуже високі так і дуже малі значення опадів на всіх 3-х моделях, але в осередненому значенні отримуємо прогнозовану кількість опадів майже рівною нормі , за 2021-2050рр – 51 мм.

Аналізуючи другу частину таблиці 5.5 за сценарієм RCP 4.5, за моделями можна виділити тільки один дуже значний максимум 2040р. – 223 мм за моделлю MPI-CSC2. Інші прогнозовані значення недалеко

відходять від норми. За цим сценарієм в середньому за 3-ма моделями прогнозується також 52 мм. В цілому середнє значення зменшується на 3-4 мм, що видно в додатку В, рис.В.5.

В таблиці 5.6 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.) на станції Сватове.

Таблиця 5.6

Значення індексу RX5day на ст. Сватове за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр.

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення, мм	29	41	51	74	50	27	42	44	33	11	29
Середнє значення:39 мм											

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	80	44	37	53	35	48	80	54
2022	40	91	78	70	43	24	53	40
2023	58	37	64	53	60	58	81	67
2024	51	46	37	45	28	62	71	54
2025	25	84	55	55	55	53	56	55
2026	32	54	39	42	30	53	72	52
2027	45	34	62	47	59	54	49	54
2028	54	53	59	55	37	48	60	49
2029	39	40	56	45	34	49	48	44
2030	53	31	56	47	54	47	40	47
2031	56	38	49	48	30	23	30	28
2032	35	64	46	49	56	37	59	51
2033	59	42	49	50	39	44	44	42
2034	28	84	50	54	56	40	51	49
2035	41	87	51	60	39	72	46	52
2036	47	30	77	51	29	62	59	50
2037	26	54	56	45	34	51	42	42
2038	105	128	53	95	45	60	57	54
2039	37	42	58	46	53	47	56	52
2040	30	53	53	45	51	46	42	46
2041	53	64	39	52	28	64	56	50
2042	56	34	44	45	30	86	103	73
2043	56	44	62	54	48	54	40	48
2044	32	92	79	68	27	76	52	52

Продовження табл. 5.6

2045	28	57	92	59	54	44	41	46
2046	22	34	60	39	47	37	49	44
2047	28	40	48	38	37	84	49	57
2048	21	45	92	53	34	35	55	41
2049	41	35	37	38	42	42	47	44
2050	36	142	58	79	32	44	71	49
Середнє значення RCP2.6: 53мм Середнє значення RCP 4.5: 49мм								

З таблиці 5.6 видно, що за період 2008-2018рр максимальна п’ятиденна кількість опадів спостерігалась в 2011р.(74мм/24год), а мінімальна – 2017р.(11мм/24год). Осереднене значення за досліджуваний період складає 39 мм. На графіку з додатку Б (рис.Б.3) лінійний тренд вказує на зменшення максимальної п’ятиденної кількості опадів на станції Сватове на 58%, за розглянуті 11 років.

Аналізуючи першу частину таблиці 5.6 за сценарієм RCP 2.6, за моделями можна виділити тільки один дуже значний максимум 2050р. – 142 мм (2038р. – 128 мм)за моделлю MPI-CSC2. Інші прогнозовані значення недалеко відходять від норми. За цим сценарієм в середньому за 3-ма моделями прогнозується середнє значення максимальної п’ятиденної кількісті опадів – 53 мм. Це більше на третину від фактичних даних (період 2008-2018рр.)

Аналізуючи таблицю індексу Rx5day на станції Сватове за сценарієм RCP 4.5, що розраховуються за 3-ма моделями CLMcom, MPI-CSC2 та SMHI5 видно, що максимум спостерігається 2042р.(103мм) за моделлю SMHI5. На рисунку (додаток В, рис.Д.6), прогнозуються як дуже високі так і дуже малі значення опадів на всіх 3-х моделях, але в осередненому значенні отримуємо прогнозовану кількість опадів майже на четверть більшою за середнє значення реальних даних (період 2008-2018рр.) , за 2021-2050рр – 49 мм.

5.3 Кількість днів з сильними опадами

На третьому етапі дослідження розраховано індекс R10mm, який представляє собою кількість днів з сильними опадами.

В таблиці 5.7 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.) на станції Маріуполь.

Таблиця 5.7

Значення індексу R10mm на ст. Маріуполь за різні періоди

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення, мм	17	26	14	16	14	10	16	12	12	10	12
Норма: 14 днів			Середнє значення:14 днів								

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	12	16	17	15	7	14	22	14
2022	11	17	17	15	8	13	14	12
2023	7	15	16	13	20	9	10	13
2024	11	12	26	16	12	5	12	10
2025	10	6	16	11	13	14	12	13
2026	9	17	10	12	4	15	11	10
2027	11	18	15	15	13	13	20	15
2028	13	15	17	15	12	12	23	16
2029	14	9	11	11	17	14	12	14
2030	13	12	11	12	5	10	14	10
2031	11	18	20	16	16	6	5	9
2032	15	10	15	13	16	15	24	18
2033	14	8	16	13	12	8	21	14
2034	12	14	21	16	13	17	18	16
2035	4	13	15	11	6	13	16	12
2036	12	12	26	17	15	16	13	15
2037	10	5	8	8	9	8	22	13
2038	11	21	29	20	15	14	22	17
2039	11	11	18	13	12	16	18	15
2040	12	15	28	18	17	19	19	18

Продовження табл. 5.7

2041	12	18	20	17	10	9	17	12
2042	7	8	13	9	5	8	22	12
2043	14	17	35	22	22	17	20	20
2044	6	17	13	12	8	6	20	11
2045	15	7	24	15	11	13	26	17
2046	10	13	15	13	19	9	20	16
2047	9	8	12	10	20	18	15	18
2048	8	12	11	10	9	18	18	15
2049	15	12	16	14	19	10	12	14
2050	17	15	16	16	9	18	17	15
Норма: 14 днів		Середнє значення RCP2.6: 14днів			Середнє значення RCP 4.5: 14днів			

З таблиці 5.7 видно, що за період 2008-2018рр кількість днів з сильними опадами більше 10 мм спостерігалась в 2009р.(26 днів), а мінімальна – 2013р та 2017рр.(10 днів). Осереднене значення за досліджуваний період складає 14 днів, що складає норму. На графіку з додатку Б (рис.Б.1) лінійний тренд вказує на зменшення кількості днів з сильними опадами на станції Маріуполь майже вдвічі, за розглянуті 11 років.

Аналізуючи таблицю індексу R10mm на станції Маріуполь за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за 3-ма моделями CLMcom, MPI-CSC2 та SMHI5 видно, що максимум спостерігається 2043р.(35 днів) за моделлю SMHI5. На рисунку (додаток В, рис.В.4). за сценарієм RCP 4.5, за моделями можна виділити значний максимум 2045р. – 26 днів за моделлю SMHI5. І прогнозуються як дуже високі так і дуже малі значення індексу R10mm на всіх 3-х моделях за двома сценаріями, але в осередненому значенні отримуємо прогнозовану кількість днів рівною нормі, за 2021-2050рр – 14 днів.

В таблиці 5.8 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.) на станції Ізюм.

Таблиця 5.8

Значення індексу R10mm на ст. Ізюм за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр.

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення, мм	10	15	18	17	18	15	12	13	21	12	14
Норма: 15 днів			Середнє значення:15 днів								

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	8	10	13	10	7	17	25	16
2022	7	11	15	11	14	8	26	16
2023	7	10	24	14	20	14	13	16
2024	8	11	17	12	7	15	15	12
2025	15	7	17	13	10	13	14	12
2026	10	15	20	15	4	19	15	13
2027	13	14	16	14	15	22	21	19
2028	14	14	27	18	9	9	30	16
2029	13	12	13	13	15	11	15	14
2030	16	12	22	17	7	15	10	11
2031	12	11	17	13	4	7	15	9
2032	10	18	11	13	13	13	13	13
2033	15	11	16	14	8	7	18	11
2034	12	16	14	14	9	13	15	12
2035	5	16	18	13	9	10	22	14
2036	11	8	24	14	7	19	21	16
2037	9	16	16	14	12	15	16	14
2038	9	18	21	16	17	16	30	21
2039	9	11	12	11	19	16	24	20
2040	5	14	29	16	10	28	17	18
2041	5	18	17	13	5	13	15	11
2042	11	11	14	12	10	13	31	18
2043	13	15	32	20	17	17	19	18
2044	7	3	24	11	11	11	25	16
2045	9	17	32	19	13	11	21	15
2046	6	19	22	16	7	10	16	11
2047	10	9	14	11	22	19	19	20
2048	7	10	17	11	11	11	26	16
2049	13	12	17	14	8	10	25	14
2050	11	15	18	15	6	16	17	13
Норма: 15 днів		Середнє значення RCP2.6: 14днів			Середнє значення RCP 4.5: 15днів			

З таблиці 5.8 видно, що за період 2008-2018рр на ст. Ізюм максимальна кількість днів з сильними опадами більше 10 мм спостерігалась в 2016р.(21 день), а мінімальна – 2018р.(10 днів). Осереднене значення за досліджуваний період складає 14 днів, близький до норми. Аналізуючи таблицю індексу R10mm на станції Ізюм за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за 3-ма моделями CLMcom, MPI-CSC2 та SMHI5 видно, що максимум спостерігається в 2043, 2045рр.(32 дні) за моделлю SMHI5 (додаток Б, рис.Б.2). Аналізуючи другу частину таблиці 5.8 за сценарієм RCP 4.5, за моделями можна виділити три дуже значних максимуми 2028р., 2038р, 2042р. – 30-31 дні за моделлю SMHI5. За цим сценарієм середнє значення індексу R10mm за 3-ма моделями прогнозується 15 днів, що дорівнює нормі.

В таблиці 5.9 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.) на станції Сватове.

Таблиця 5.9

Значення індексу R10mm на ст. Сватове за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр.

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення, мм	5	14	16	21	16	14	11	7	2	1	0
Норма: 12 днів			Середнє значення:10 днів								

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	9	13	16	13	7	13	28	16
2022	8	15	17	13	12	8	19	13
2023	6	11	19	12	21	16	13	17
2024	9	11	17	12	7	11	9	9
2025	11	13	13	12	5	14	20	13
2026	14	13	12	13	9	21	15	15
2027	15	12	10	12	13	17	25	18
2028	13	12	24	16	6	7	29	14
2029	17	11	21	16	12	18	11	14
2030	15	17	18	17	7	9	12	9
2031	11	7	17	12	2	8	10	7

Продовження табл. 5.9

2032	13	13	14	13	14	13	17	15
2033	13	15	16	15	12	12	18	14
2034	8	18	24	17	9	8	14	10
2035	10	13	15	13	9	15	22	15
2036	11	10	18	13	7	18	26	17
2037	11	13	22	15	9	21	18	16
2038	10	20	29	20	18	11	27	19
2039	6	8	16	10	13	18	23	18
2040	7	15	21	14	12	19	12	14
2041	5	18	16	13	7	15	24	15
2042	14	10	14	13	8	14	30	17
2043	14	18	28	20	14	14	13	14
2044	6	9	27	14	3	15	22	13
2045	7	17	37	20	8	11	14	11
2046	2	16	23	14	11	13	17	14
2047	11	11	15	12	14	15	20	16
2048	6	9	18	11	13	16	19	16
2049	8	15	15	13	8	12	20	13
2050	11	14	23	16	5	16	20	14
Норма: 12 днів		Середнє значення RCP2.6: 14 днів Середнє значення RCP 4.5: 12 днів						

З таблиці 5.9 видно, що за період 2008-2018рр на ст. Сватове максимальна кількість днів з сильними опадами більше 10 мм спостерігалась в 2011р.(21 день), а мінімальна – 2018р.(0 днів). Осереднене значення за досліджуваний період складає 14 днів, близько до норми.

Аналізуючи таблицю індексу R10mm на станції Сватове за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за 3-ма моделями CLMcom, MPI-CSC2 та SMHI5 видно, що максимум спостерігається в 2045р.(37 днів) за моделлю SMHI5 (додаток Б, рис.Б.3).

Аналізуючи другу частину таблиці 5.9 за сценарієм RCP 4.5, за моделями можна виділити два дуже значних максимуми 2028р., 2042р – 29-30 днів за моделлю SMHI5. За цим сценарієм середнє значення індексу R10mm за 3-ма моделями прогнозується 12 днів, що дорівнює нормі.

5.4 Кількість днів з дуже сильними опадами

На четвертому етапі дослідження розраховано індекс R20mm, який представляє собою кількість днів з дуже сильними опадами.

В таблиці 5.10 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.) на станції Маріуполь.

Таблиця 5.10

Значення індексу R20mm на ст. Маріуполь за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр.

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення, мм	3	9	3	3	3	1	4	4	3	4	1
Норма: 4 дні			Середнє значення:4 дні								

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	1	3	4	3	1	4	7	4
2022	3	7	6	5	3	1	7	4
2023	4	1	7	4	4	4	1	3
2024	1	2	11	5	3	2	4	3
2025	1	3	5	3	4	1	2	2
2026	2	1	2	2	0	6	1	2
2027	1	4	5	3	1	5	4	3
2028	3	5	2	3	2	0	3	2
2029	3	2	6	4	3	7	3	4
2030	6	2	3	4	2	0	4	2
2031	4	4	4	4	4	0	1	2
2032	4	2	3	3	6	3	5	5
2033	7	1	2	3	2	3	4	3
2034	2	8	9	6	3	6	2	4
2035	0	4	3	2	0	3	5	3
2036	0	2	8	3	1	4	5	3
2037	3	1	3	2	3	1	6	3

Продовження табл. 5.10

2038	1	7	10	6	2	1	3	2
2039	7	3	5	5	6	2	3	4
2040	4	5	10	6	1	5	5	4
2041	2	2	4	3	1	4	5	3
2042	2	1	4	2	1	2	3	2
2043	0	4	10	5	4	4	2	3
2044	0	2	4	2	2	1	3	2
2045	3	2	7	4	1	4	11	5
2046	4	4	4	4	4	3	8	5
2047	2	4	3	3	5	1	6	4
2048	2	2	6	3	0	0	4	1
2049	4	2	7	4	2	3	4	3
2050	3	2	6	4	5	4	6	5
Норма: 4 дні		Середнє значення RCP2.6: 4 дні			Середнє значення RCP 4.5: 3дні			

З таблиці 5.10 видно, що за період 2008-2018рр на ст. Маріуполь максимальна кількість днів з дуже сильними опадами (більше 20 мм) спостерігалась в 2009р.(9 днів), а мінімальна – по одному дню 2013, 2018рр. Осереднене значення за досліджуваний період складає 4 дні, що дорівнює нормі.

Аналізуючи таблицю індексу R20mm на станції Маріуполь за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за 3-ма моделями CLMcom, MPI-CSC2 та SMHI5 спостерігається декілька максимумів – в 2024р.(11 днів), в 2038, 2040, та 2043рр. – по 10 днів. за моделлю SMHI5. За цим сценарієм середнє значення індексу R20mm за 3-ма моделями прогнозується 4 дні., дорівнює нормі. Аналізуючи іншу частину таблиці 5.10 за сценарієм RCP 4.5, за моделями можна виділити тільки один дуже значний максимум 2045р. – 11 днів за моделлю SMHI5. Інші прогнозовані значення недалеко відходять від норми. За цим сценарієм в середньому прогнозується значення індексу R20mm – 3 дні.

В таблиці 5.11 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.) на станції Ізюм.

Таблиця 5.11

Значення індексу R20mm на ст. Ізюм за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр.

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення, мм	2	1	5	5	6	1	5	6	5	2	3
Норма: 3 дні			Середнє значення:4 дні								

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	1	2	1	1	1	4	7	4
2022	1	3	5	3	2	2	2	2
2023	2	1	2	2	2	1	8	4
2024	1	1	4	2	1	3	1	2
2025	2	2	4	3	2	1	3	2
2026	1	5	5	4	0	3	4	2
2027	3	3	6	4	6	2	4	4
2028	5	2	3	3	0	3	3	2
2029	0	3	2	2	5	3	3	4
2030	2	1	3	2	1	1	1	1
2031	0	0	3	1	0	0	2	1
2032	2	6	2	3	1	2	1	1
2033	4	1	3	3	1	1	5	2
2034	2	3	4	3	1	0	3	1
2035	0	2	5	2	0	2	2	1
2036	1	0	5	2	3	4	4	4
2037	2	1	4	2	2	3	0	2
2038	2	3	5	3	3	4	6	4
2039	2	3	4	3	4	3	4	4
2040	0	4	9	4	1	7	3	4
2041	2	5	7	5	1	2	8	4
2042	5	2	5	4	2	2	6	3
2043	2	6	5	4	2	4	2	3
2044	1	1	5	2	2	4	1	2
2045	0	3	2	2	6	3	4	4
2046	0	1	4	2	0	0	5	2
2047	0	1	4	2	5	3	3	4
2048	0	2	3	2	0	2	4	2
2049	3	1	4	3	1	4	3	3
2050	3	2	7	4	2	4	5	4
Норма: 3 дні		Середнє значення RCP2.6: 3 дні			Середнє значення RCP 4.5: 3 дні			

З таблиці 5.11 видно, що за період 2008-2018рр на ст. Ізюм кількість днів з сильними опадами (більше 20 мм) спостерігалась в 2012, 2015рр.(6 днів), а мінімальна – по одному дню 2009, 2013рр. Осереднене значення за досліджуваний період складає 4 дні, при нормі 3 дні. На графіку з додатку Б (рис.Б.2) лінійний тренд вказує на збільшення індексу R20mm на станції Ізюм, за розглянуті 11 років.

Аналізуючи таблицю індексу R20mm на станції Ізюм за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за 3-ма моделями CLMcom, MPI-CSC2 та SMHI5 видно, що максимум спостерігається 2040р.(9 днів) за моделлю SMHI5..На рисунку (додаток В, рис.В.2).

Аналізуючи іншу частину таблиці 5.11 за сценарієм RCP 4.5, за моделями можна виділити два значних максимуми 2013, 2041р.р. – 8 днів за моделлю SMHI5. Інші прогнозовані значення недалеко відходять від норми. За цим сценарієм в середньому за всіма моделями прогнозується осереднене індексу R20mm – 3 дні, що дорівнює нормі.

В таблиці 5.12 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.) на станції Сватове.

Таблиця 5.12

Значення індексу R20mm на ст. Сватове за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр.

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення, мм	1	1	4	4	6	3	3	3	0	0	0
Норма: 3 дні			Середнє значення:2 дні								

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	2	1	2	2	1	1	7	3
2022	1	5	2	3	1	1	2	1
2023	1	2	8	4	6	3	7	5

Продовження табл.5.12

2024	2	2	3	2	0	2	2	1
2025	0	4	3	2	1	2	4	2
2026	1	6	5	4	1	9	3	4
2027	2	2	2	2	4	2	4	3
2028	4	3	4	4	1	2	9	4
2029	0	2	3	2	2	4	3	3
2030	4	4	4	4	1	1	1	1
2031	2	0	4	2	1	0	2	1
2032	0	5	3	3	6	3	5	5
2033	6	3	2	4	2	2	3	2
2034	3	4	7	5	2	1	3	2
2035	3	3	2	3	0	3	2	2
2036	3	1	7	4	1	4	6	4
2037	0	2	5	2	1	3	1	2
2038	2	3	5	3	2	1	3	2
2039	0	1	4	2	4	2	6	4
2040	1	3	8	4	2	6	0	3
2041	2	5	4	4	0	3	9	4
2042	3	2	4	3	0	2	5	2
2043	2	5	7	5	3	5	2	3
2044	0	2	7	3	2	5	4	4
2045	1	6	7	5	2	3	4	3
2046	0	2	3	2	3	2	4	3
2047	0	0	4	1	1	3	3	2
2048	0	2	3	2	1	4	4	3
2049	2	1	0	1	2	3	3	3
2050	2	3	8	4	0	2	9	4
Норма: 3 дні		Середнє значення RCP2.6: 3 дні			Середнє значення RCP 4.5: 2 дні			

З таблиці 5.12 видно, що за період 2008-2018рр на ст. Сватове кількість днів з сильними опадами (більше 20 мм) спостерігалась в 2012р.(6 днів), днів з сильними опадами більше 20 мм не зафіксовано с 2016р. по 2018.рр. Осереднене значення за досліджуваний період складає 2 дні, при нормі 3 дні. На графіку з додатку Б (рис.Б.3) лінійний тренд вказує на різке зменшення індексу R20mm на станції, за розглянуті 11 років. Аналізуючи таблицю індексу R20mm на станції Сватове за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за 3-ма моделями видно, що максимум спостерігається в 2013, 2040, 2050р.р.(8 днів) за моделлю SMHI5 (додаток В, рис.В.3).

Аналізуючи другу частину таблиці 5.12 за сценарієм RCP 4.5, за моделями можна виділити три значних максимуми 2028, 2041, та 2050рр. – 9 днів за моделлю SMHI5 і один максимум 2026 р. (9 днів) за моделлю MPI-CSC2. Інші прогнозовані значення недалеко відходять від норми. За цим сценарієм в середньому за всіма моделями прогнозується осереднене індексу R20mm до 2 днів, що менше норми.

5.5 Індекс посушливості

На п’ятому етапі дослідження розраховано індекс CDD, який представляє собою індекс посушливості – кількість днів поспіль без опадів.

В таблиці 5.13 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.).

Таблиця 5.13

Значення індексу CDD на ст. Маріуполь за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр.

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення	36	21	44	22	24	57	29	84	22	46	39
Середнє значення:39 днів											

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	27	20	60	36	57	24	23	35
2022	53	22	30	35	45	31	32	36
2023	64	31	39	45	24	25	38	29
2024	64	25	26	38	48	25	30	34
2025	43	23	33	33	63	47	46	52
2026	63	31	33	42	62	34	45	47

Продовження табл. 5.13

2027	47	31	21	33	35	34	49	39
2028	30	25	26	27	32	47	21	33
2029	50	20	43	38	46	19	44	36
2030	47	37	56	47	37	31	42	37
2031	35	29	40	35	42	33	49	41
2032	24	22	35	27	32	24	29	28
2033	60	21	26	36	36	37	24	32
2034	28	31	27	29	61	29	45	45
2035	37	19	23	26	51	51	21	41
2036	45	22	23	30	43	23	42	36
2037	52	28	30	37	60	25	32	39
2038	29	16	31	25	47	17	20	28
2039	24	27	20	24	21	22	36	26
2040	46	19	28	31	49	20	33	34
2041	38	26	30	31	34	45	23	34
2042	34	31	40	35	45	20	16	27
2043	28	37	28	31	39	33	33	35
2044	84	41	32	52	68	22	52	47
2045	29	28	27	28	36	28	30	31
2046	50	35	42	42	55	25	54	45
2047	33	32	23	29	42	24	29	32
2048	56	37	49	47	50	24	23	32
2049	28	29	20	26	41	28	26	32
2050	55	22	22	33	56	16	32	35
Середнє значення RCP2.6: 34 дні Середнє значення RCP 4.5: 36 дні								

З таблиці 5.13 видно, що за період 2008-2018рр на ст. Маріуполь максимальне значення індексу посушливості спостерігався в 2015р. (84 дні), а мінімальне – в 2009р. (21 день,). Осереднене значення за досліджуваний період складає 39 днів. На графіку з додатку Б (рис.Б.1) лінійний тренд вказує на збільшення максимальної кількості днів без опадів на станції Маріуполь майже в півтора рази, за розглянуті 11 років. Аналізуючи таблицю індексу CDD на станції Маріуполь за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за моделями CLMcom, MPI-CSC2 та SMHI5 спостерігається один дуже значний максимум – в 2044р.(84 дні.) за моделлю CLMcom, На рисунку (додаток В, рис.В.1), прогнозуються як дуже високі так і дуже малі значення індексу CDD на всіх 3-х моделях, але в осередненому значенні отримуємо прогнозовану кількість днів майже на 5 днів меншу, за 2021-2050рр – 34 дні.

Аналізуючи іншу частину таблиці 5.13 за сценарієм RCP 4.5, за моделями можна виділити тільки один дуже значний максимум 2044р. – 68 днів за моделлю CLMcom. Інші прогнозовані значення недалеко відходять від норми. За цим сценарієм в середньому за 3-ма моделями прогнозується осереднене індексу CDD – 36 днів.

В таблиці 5.14 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: період 2008-2018рр. та 2021-2050рр. Зазначимо, що за період 2008-2018рр на ст. Ізюм максимальне значення індексу посушливості спостерігався в 2018р.(44 дні), а мінімальний – в 2009р. (16 днів,). Осереднене значення за досліджуваний період складає 29 днів. На графіку з додатку Б (рис.Б.2) лінійний тренд вказує на збільшення максимальної кількості днів без опадів на станції Ізюм більше ніж на 10 днів.

Таблиця 5.14

Значення індексу CDD на ст. Ізюм за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр.

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення	34	16	27	31	23	23	37	37	19	33	44
Середнє значення:29 днів											

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	16	19	19	18	58	27	28	38
2022	26	30	14	23	33	29	30	31
2023	33	30	19	27	46	19	28	31
2024	38	31	22	30	42	25	19	29
2025	31	22	29	27	48	20	39	36
2026	58	32	29	40	55	24	34	38
2027	25	24	18	22	30	33	23	29
2028	26	24	22	24	32	19	17	23
2029	26	19	22	22	33	19	43	32
2030	33	22	40	32	34	27	45	35
2031	24	36	48	36	57	33	30	40

Продовження табл.5.14

2032	20	23	19	21	21	27	18	22
2033	35	22	25	27	39	20	19	26
2034	28	20	13	20	27	44	24	32
2035	31	30	30	30	33	55	17	35
2036	47	32	21	33	58	26	17	34
2037	39	28	24	30	41	17	29	29
2038	27	18	13	19	39	24	18	27
2039	28	25	31	28	34	29	53	39
2040	41	16	18	25	32	14	18	21
2041	65	27	26	39	30	24	35	30
2042	27	22	21	23	34	26	14	25
2043	30	25	15	23	32	31	24	29
2044	68	30	42	47	37	16	42	32
2045	38	20	14	24	24	22	16	21
2046	43	31	23	32	40	23	36	33
2047	25	38	21	28	31	30	25	29
2048	35	20	28	28	44	22	15	27
2049	21	28	18	22	36	18	20	25
2050	38	20	18	25	39	21	27	29
Середнє значення RCP2.6: 28 днів Середнє значення RCP 4.5: 30 днів								

Аналізуючи таблицю індексу CDD на станції Ізюм за сценарієм RCP 2.6, що розраховуються за 3-ма моделями спостерігається один дуже значний максимум в 2044р.(68 днів) за моделлю CLMcom, На рисунку (додаток В, рис.В.2), прогнозуються різноманітні значення індексу CDD на всіх 3-х моделях, але в осередненому значенні отримуємо прогнозовану кількість днів менше майже на 1 день, за 2021-2050рр – 28 днів.

Аналізуючи таблиці 5.14 за сценарієм RCP 4.5, за моделями прогнозуються до шести максимумів 53-58 днів. Кожні п’ять років, починаючи з 2021р. (57-58 днів) за моделлю CLMcom. Інші прогнозовані значення недалеко відходять від норми (до 10 днів). За цим сценарієм в середньому за 3-ма моделями прогнозується осереднене індексу CDD – 30 днів.

Таблиця 5.15

Значення індексу CDD на ст. Сватове за період 2008-2018рр. та 2021-2050рр.

Рік	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Значення	34	16	28	41	27	22	37	48	359	231	124
Середнє значення:88 днів											

Рік	RCP2.6				RCP4.5			
	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення	CLMcom4	MPI-CSC2	SMHI5	Середнє значення
2021	18	20	37	25	54	27	33	38
2022	74	23	13	37	42	20	36	33
2023	40	37	24	34	36	19	35	30
2024	38	35	26	33	33	37	26	32
2025	31	20	40	30	55	20	22	32
2026	64	32	29	42	53	27	21	34
2027	25	18	21	21	27	25	24	25
2028	30	24	22	25	36	18	28	27
2029	26	24	21	24	39	29	42	37
2030	41	23	40	35	63	24	19	35
2031	28	29	41	33	30	33	27	30
2032	20	22	19	20	21	21	17	20
2033	35	22	36	31	37	24	34	32
2034	29	25	21	25	24	44	17	28
2035	53	22	19	31	40	51	28	40
2036	57	31	15	34	56	33	29	39
2037	39	23	24	29	46	14	26	29
2038	25	10	19	18	62	24	28	38
2039	21	15	30	22	43	25	45	38
2040	34	16	18	23	31	13	31	25
2041	35	42	21	33	57	28	29	38
2042	26	22	19	22	31	31	51	38
2043	27	25	15	22	33	32	16	27
2044	69	31	40	47	34	17	20	24
2045	38	20	19	26	31	22	22	25
2046	43	43	23	36	46	36	29	37
2047	31	31	24	29	18	30	11	20
2048	36	20	58	38	38	19	57	38
2049	26	28	19	24	34	18	33	28
2050	39	24	18	27	51	19	19	30
Середнє значення RCP2.6: 29 днів Середнє значення RCP 4.5: 32 дні								

В таблиці 5.15 наведені результати розрахунків зазначеної характеристики для двох часових періодів: реальні дані (період 2008-2018рр.) та модельні дані (2021-2050рр.). Так, за період 2008-2018рр на ст. Сватове максимальне значення індексу посушливості спостерігався в 2016р. (359днів), а мінімальний – в 2009р. (16 днів). Осереднене значення за досліджуваний період складає 88 днів. На графіку з додатку Б (рис.Б.3) лінійний тренд вказує на різьке збільшення максимальної кількості днів без опадів на станції Сватове, за розглянуті 11 років.

Аналізуючи таблицю індексу CDD на станції Сватове за сценарієм RCP 2.6, для 3-х моделей CLMcom, MPI-CSC2 та SMHI5 спостерігається один дуже значний максимум – в 2022р.(74 дні) за моделлю CLMcom, На рисунку (додаток В, рис.В.3), прогнозуються різні значення індексу CDD на всіх 3-х моделях, але в осередненому значенні отримуємо прогнозовану кількість днів майже в три рази менше за фактичні данні, за 2021-2050рр – 29 днів. Аналізуючи другу частину таблиці 5.15 за сценарієм RCP 4.5, за моделями прогнозуються декілька максимумів, два з них 2030 р. (63 дні) та 2038 р. (62 дні) за моделлю CLMcom . За цим сценарієм в середньому за 3-ма моделями прогнозується осереднене індексу CDD – 32 днів.

ВИСНОВКИ

Аналіз динаміки опадів в Східній частині України дозволив зробити наступні висновки:

1) За загальною кількістю, опади розподілені по досліджуваному регіоні у майже рівному співвідношенні. Впродовж 2008-2018р.р. у східній частині України усього випало 29924 мм опадів, з яких за даними метеостанцій: Біловодськ – 4332 мм, Сватове – 4797 мм, Ізюм – 5921 мм, Куп'янськ – 5215 мм, Бахмут – 4470мм, Маріуполь – 5189мм.

2) Середньорічна кількість опадів за населеними пунктами складає: Біловодськ – 394 мм, Сватове – 436 мм, Ізюм – 538 мм, Куп'янськ – 474 мм, Бахмут – 447 мм, Маріуполь – 472 мм;

3) Максимальний середньодобовий максимум опадів у регіоні становить 31,25 мм; за населеними пунктами: у м. Біловодськ – 26,5 мм, Сватове– 28,3 мм, Ізюм – 31,4 мм, Куп'янськ – 27,5 мм, Бахмут – 34,2 мм, Маріуполь – 39,6 мм;

4) В середньому кількість днів з опадами протягом року у регіоні складає 140 днів; за населеними пунктами: у м. Біловодськ – 126 днів, Сватове – 98 днів, Ізюм – 181 день, Куп'янськ – 147 днів, Бахмут – 126 днів, Маріуполь – 147 днів.

Аналізуючи осереднену річну кількість опадів за розрахунковими даними моделей RCP 2.6 та RCP 4.5 за прогнозований період (2021-2050 рр.) встановлено, що на ст. Маріуполь річна сума опадів становитиме 580 мм що вважається достатнім для нормального зволоження (116% від норми), на ст. Ізюм – 662 мм, що теж достатньо для нормального зволоження (117% від норми), а на станції Сватове – 669 мм, при нормі 538 мм. Тобто осереднені данні за 30 років прогнозують незначне збільшення річної кількості опадів на 24%. З осереднених даних кількості опадів за теплий період за розрахунковими даними різних моделей за прогнозований період 2021-

2050 рр. на ст. Маріуполь, становитиме 260 мм, що вважається недостатнім для нормального зволоження, порівняно з нормою - 94%, на ст. Ізюм, становитиме 336 мм - вважається достатнім для нормального зволоження (100%), на станції Сватове складатиме 339 мм, при нормі 322 мм. Тобто, за осередненими даними за 30 років прогнозують незначне збільшення річної кількості опадів на 5%.

В результаті аналізу 5 кліматичних індексів, з'ясовано, що:

– максимальна одноденна кількість опадів (індекс Rx1day) майже не зміниться, але на ст. Сватове за фактичними даними простежується значне зменшення відносно норми, але якщо порівнювати прогностичні дані з нормою то зменшення не таке суттєве 5-7 мм (на 12,5- 17,5%).

– максимальна п'ятиденна кількість опадів (Індекс Rx5day) на станції Маріуполь та Сватове значно збільшиться на 12-14 та 20-24 мм відповідно. А на ст. Ізюм очікується дуже незначне зменшення в розмірі до 4 мм.

– кількість днів з сильними опадами (індекс R10), на досліджуваних станціях незалежно від порівняння фактичних даних чи прогностичних даних з нормою значення майже не змінюються (±1 день), але на ст. Сватове за фактичними даними простежується значне зменшення відносно норми, але якщо порівнювати прогностичні дані з нормою відмічається незначне збільшення кількості днів з опадами > 10 мм.

– аналізуючи кількість днів з дуже сильними опадами (індекс R20), зазначимо, що на розглянутих станціях майже ця величина не змінюється однак на ст. Сватове фактичні значення порівняно з нормою показують вже зменшення кількості днів. Хоча за прогностичними даними фіксується їх незмінність.

– порівнюючи індекс посушливості на ст. Маріуполь (індекс CDD) фактичні дані та прогностичні данні можна зробити висновок, що очікуються зменшення кількості днів без опадів (3-5 днів). На станції Ізюм індекс вказує незначне коливання ±1 день порівняно з фактичними даними. А на ст. Сватове за фактичними даними отримали 88 днів без вологи що вказує на

дуже недостатнє зволоження цього району, на прогностичних даних ми бачимо, що данні зовсім різняться з тим що вже є, отже статистичні гіпотези за модельними даними сценаріїв RCP 2.6 та RCP 4.5 не дійсні. Для більш досконалого аналізу слід використовувати інше сценарії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. База климатических данных [Электронный ресурс] URL: www.tutiempo.net

2. Регіональна синоптика (конспект лекцій) / Семенова І.Г. – Одеса, ОДЕКУ, 2002 р. – С. 62.

3. Івус Г.П. Спеціалізовані прогнози погоди: Підручник. – Одеса: , 2012. – 407 с.

4. Заболоцька Т. М.Небезпечно сильні опади в Україні та можливі причини їх утворення / Заболоцька Т. М., Підгурська В. М., Шпиталь Т. М. // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2006.– Вип. 255. – С. 25-40.

5. Клімат України /За ред. В.М. Ліпінського, В.А.Дячука, В.М.Бабіченко. –К.: Вид. Раєвського, 2003. – 343 с.

6. Кліматичний кадастр України, Київ 2006

7. Кульбіда, З.Я. Олійник, Л.В. Паламарчук, Є.І. Галицька Аналіз режиму опадів на території України за десятиріччя 2002-2011 рр. / М.І. // Фізична географія та геоморфологія. - 2013. - Вип. 1. - С. 127-138. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/fiz_geo_2013_1_17

8. Паламарчук Л.В., Голюк В. Динаміка поля опадів у південній частині України / Фізична географія та геоморфологія. Науковий збірник. Київський національний університет імені Тараса Шевченка, *Випуск 57,* Київ 2009 с.122- 132

9. Степаненко С.М. Динаміка та моделювання клімату: підручник / С.М. Степаненко. Одеса: Екологія, 2013. 204 с.

10. Стихийные метеорологические явления на Украине и в Молдавии. Климатическое пособие. - Л.: Гидрометеоиздат, 1991. - 224 с.

11. Alexander, L.V., X. Zhang, T.C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A.M.G. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, P.Ambenje, K. Rupa Kumar, J. Revadekar and G. Griffiths, 2006:

Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. J.Geophys. Res., 111 (D05109), DOI:10.1029/2005JD006290.

12. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change / N. Nakićenović [et al.] // Special Report on Emission Scenarios. – Cambridge University Press, 2000. 599 p.

13. Climate Change 2013: The Physical Science Basis / T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor [et al.] // Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge University Press, 2013. 1535 p.

14. Evans J.P. CORDEX – An international climate downscaling initiative / J.P. Evans // 19th International Congress on Modelling and Simulation. Perth (Australia), 2011. P. 2705-2711.

15. Giorgi F. Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework / Filippo Giorgi , Colin Jones and Ghassem, R. Asrar // WMO Bulletin. 2009, No. 58 (3). P. 175-183.

16. IS-ENES climate4impact portal [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://climate4impact.eu

17. Peterson, T.C. and M.J. Manton, 2008: Monitoring changes in climate extremes – A tale of international collaboration. BAMS, DOI:10.1175/2008BAMS2501.1

18. Vuuren,van D.P. The representative concentration pathways: an overview / D.P. van Vuuren, J.A. Edmonds, M. Kainuma, K. Riahi [et al.] // Climatic Change. 2011. Vol. 109, No. 1-2. P. 1-27.

Інтернет- ресурси:

19. www.ecad.eu

20. http://meteopost.com/weather/current/

21. http://meteocenter.net/maps/ -

22. http://www.meteoinfo.ru/climate-analysis

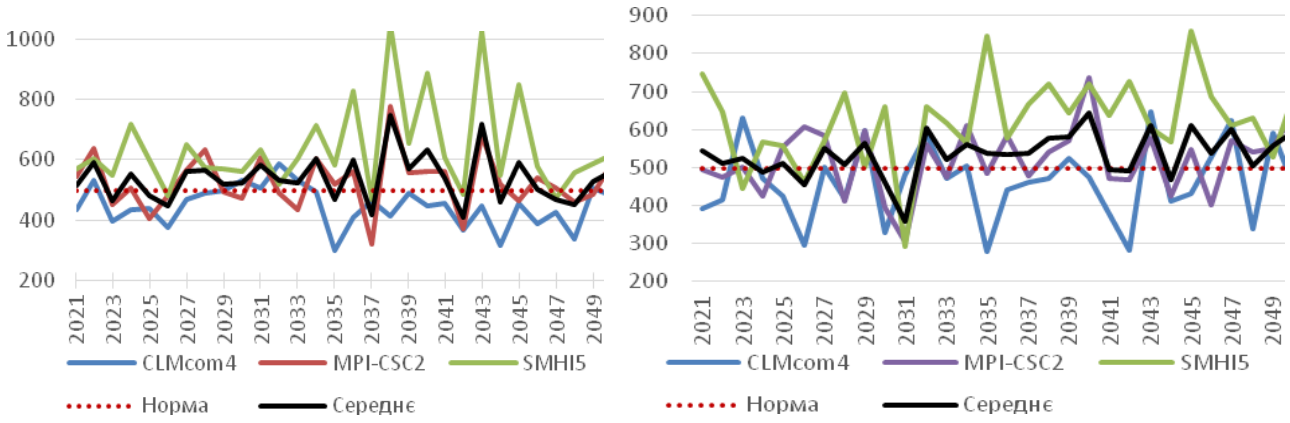
23. http://www.Meteoprog.UA

24. http://www.rp5.ru

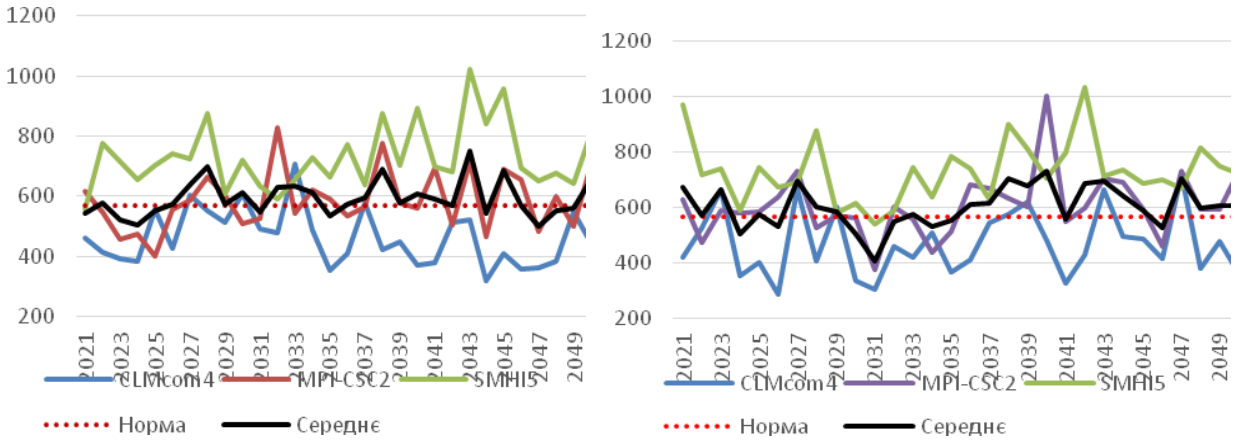
25. https://ru.osvita.ua/vnz/reports/geograf/25996/
26. https://cinref.ru/razdel/01650geologia/01/177374.htm
27. https://kharkivoda.gov.ua/pro-oblast/heohrafiya
28. https://studopedia.org/3-46717.html
29. https://investloga.bissoft.org/uk/pages/geographical_location

ДОДАТКИ

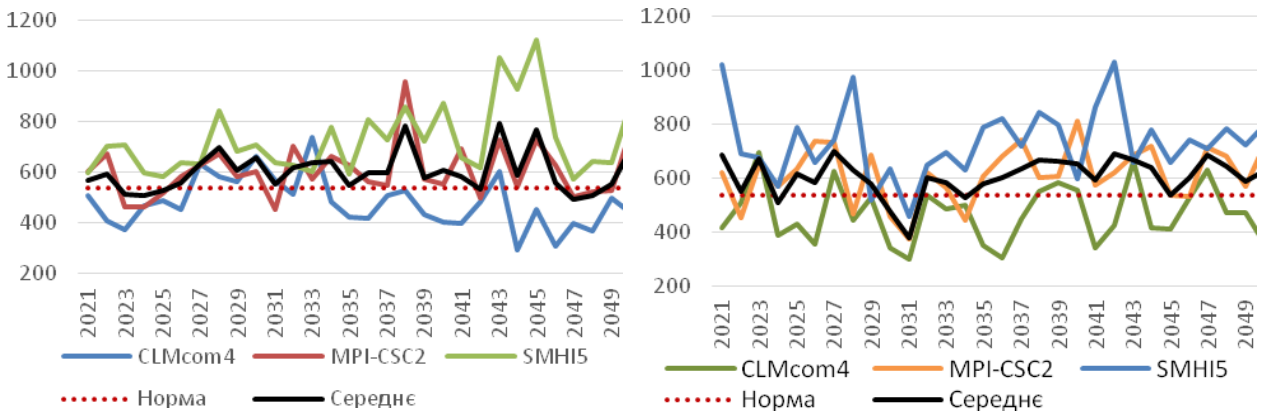
ДОДАТОК А



ст. Маріуполь



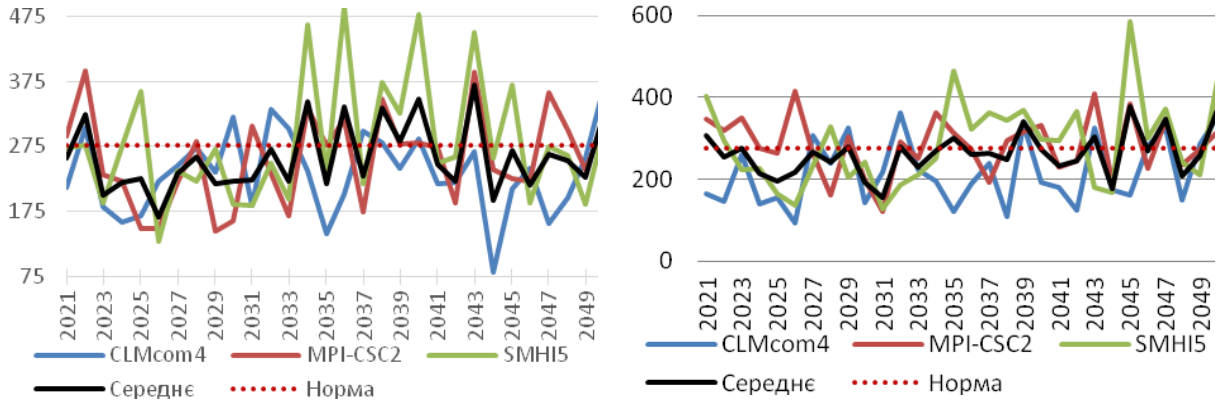
ст. Ізюм



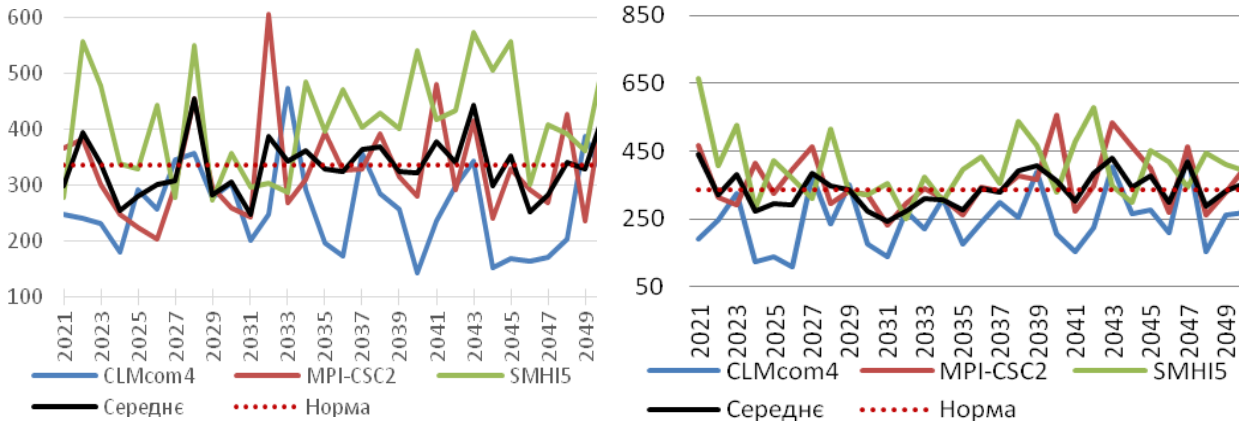
ст. Сватове

Сценарій RCP 2.6 Сценарій RCP 4.5

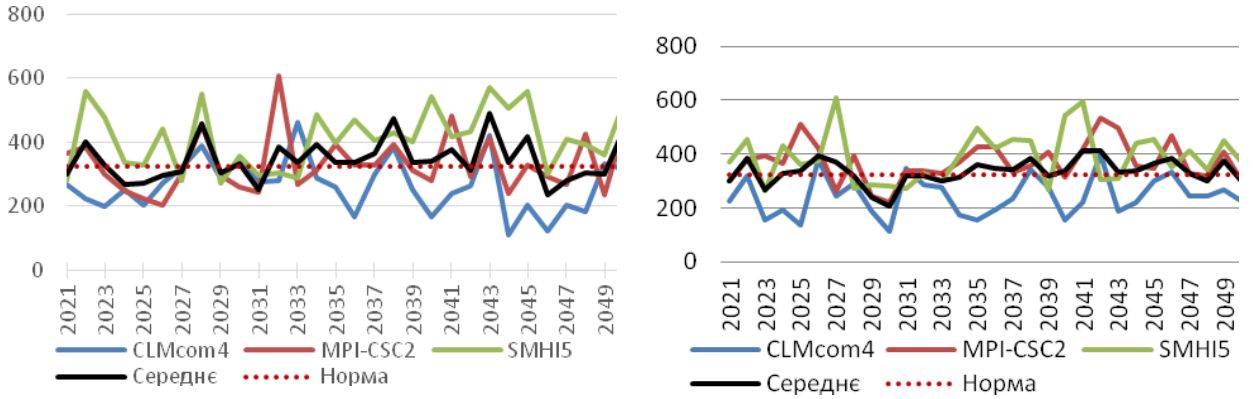
Рис. А.1 – Річна кількість опадів (мм) за розрахунковими даними різних моделей за прогнозований період (2021-2050 рр.) на станціях. Сценарії RCP 2.6 і сценарій RCP 4.5



ст. Маріуполь



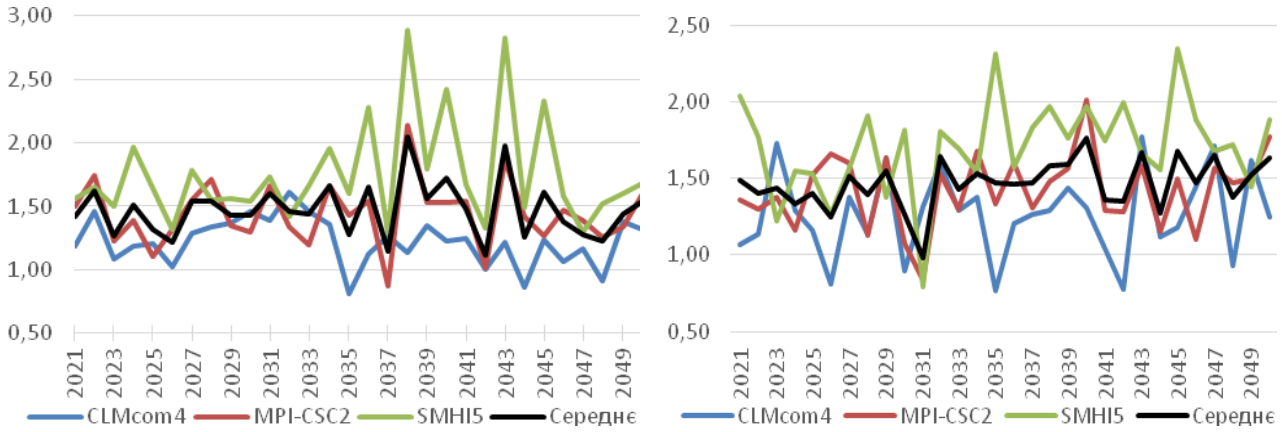
ст. Ізюм



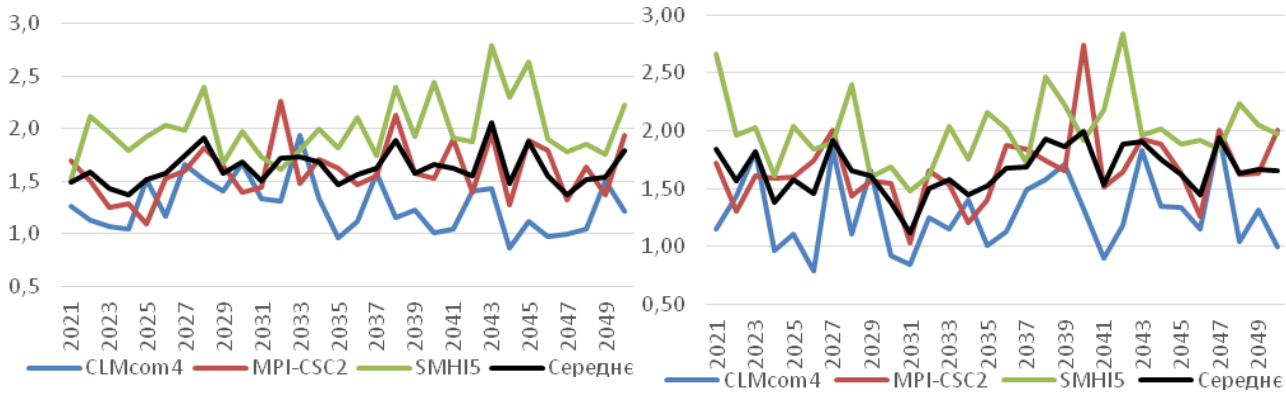
ст. Сватове

Сценарій RCP 2.6 Сценарій RCP 4.5

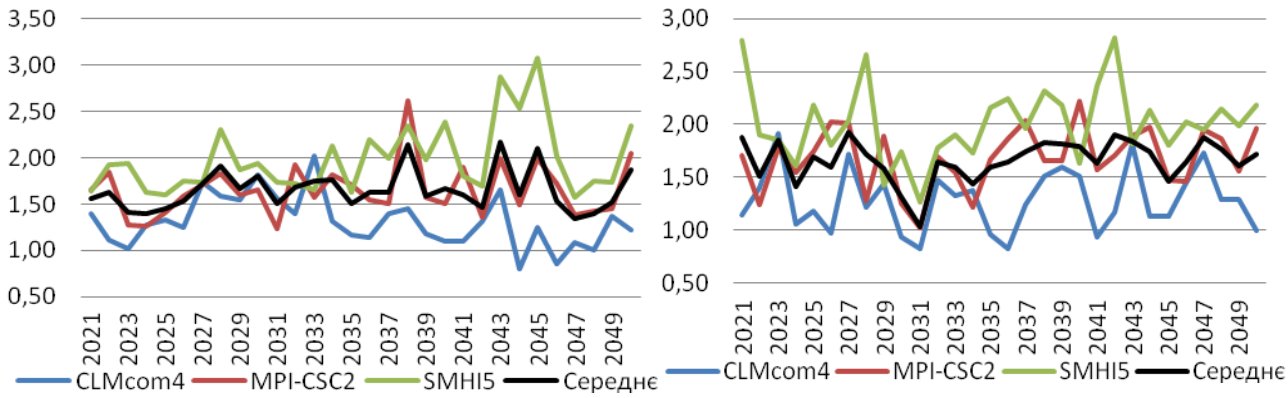
Рис. А.2 – Кількість опадів (мм) за теплий період за розрахунковими даними різних моделей за прогнозований період (2021-2050 рр.) на станціях. Сценарії RCP 2.6 та RCP 4.5



ст. Маріуполь



ст. Ізюм



ст. Сватове

Сценарій RCP 2.6 Сценарій RCP 4.5

Рис. А.3 – Середньодобова кількість опадів за розрахунковими даними різних моделей за прогнозований період (2021-2050 рр.) на станціях. Сценарії RCP 2.6 і сценарій RCP 4.5

ДОДАТОК Б

Рис. Б.1 – Аналіз індексів на станції Маріуполь за період 2008-2018рр.

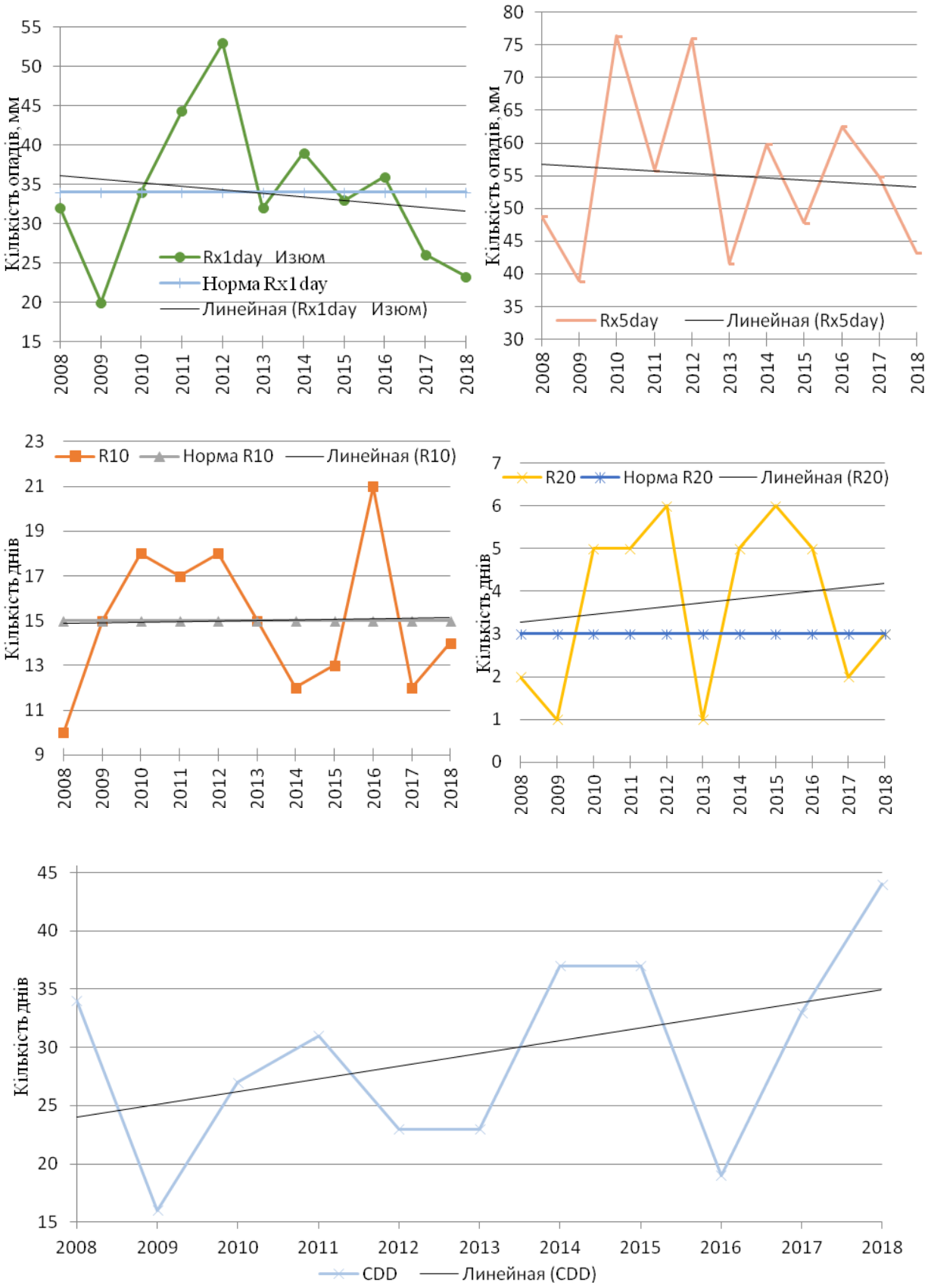


Рис. Б.2 – Аналіз індексів на станції Ізюм за період 2008-2018рр.

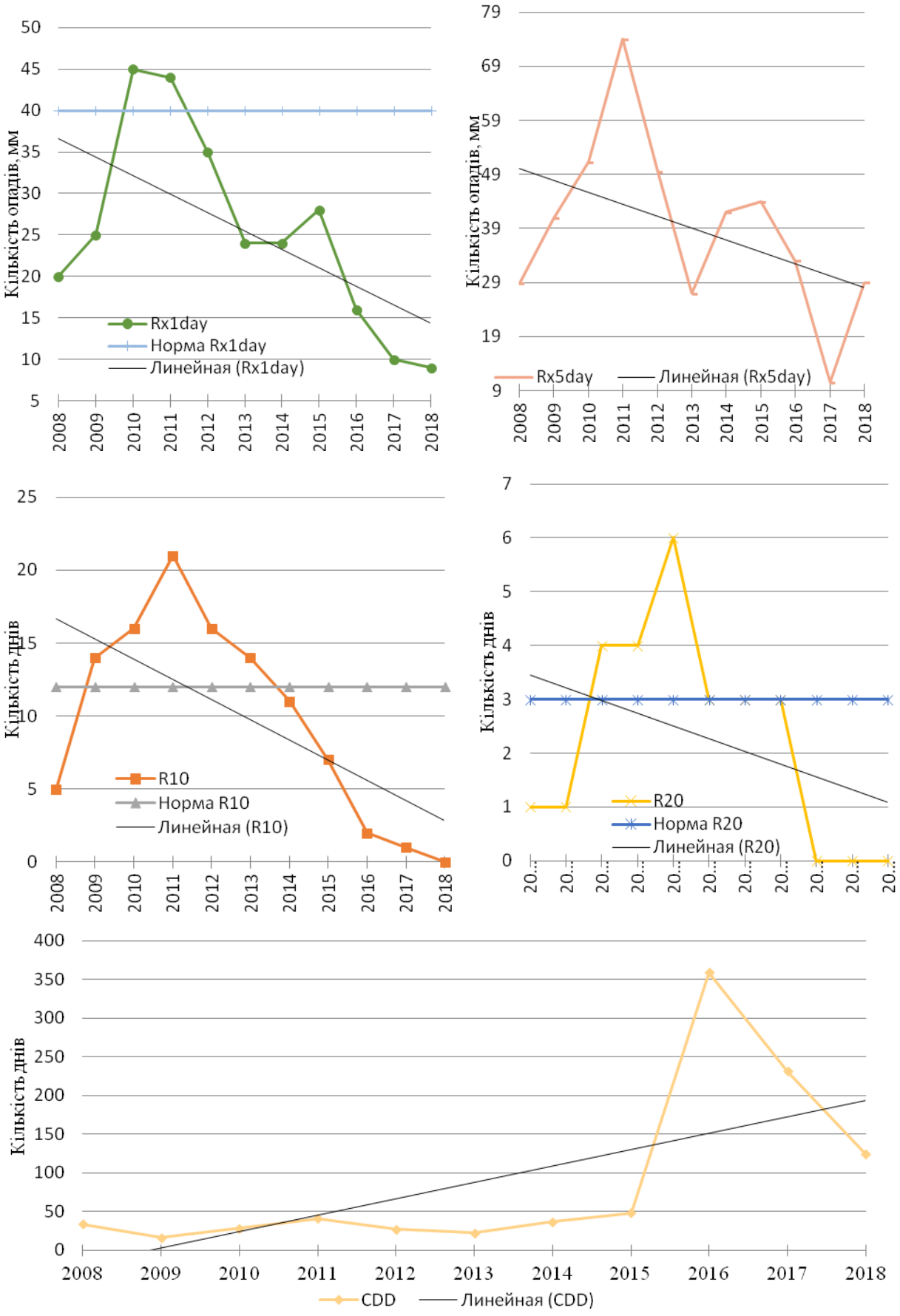


Рис. Б.3 – Аналіз індексів на станції Сватове за період 2008-2018рр.

ДОДАТОК В

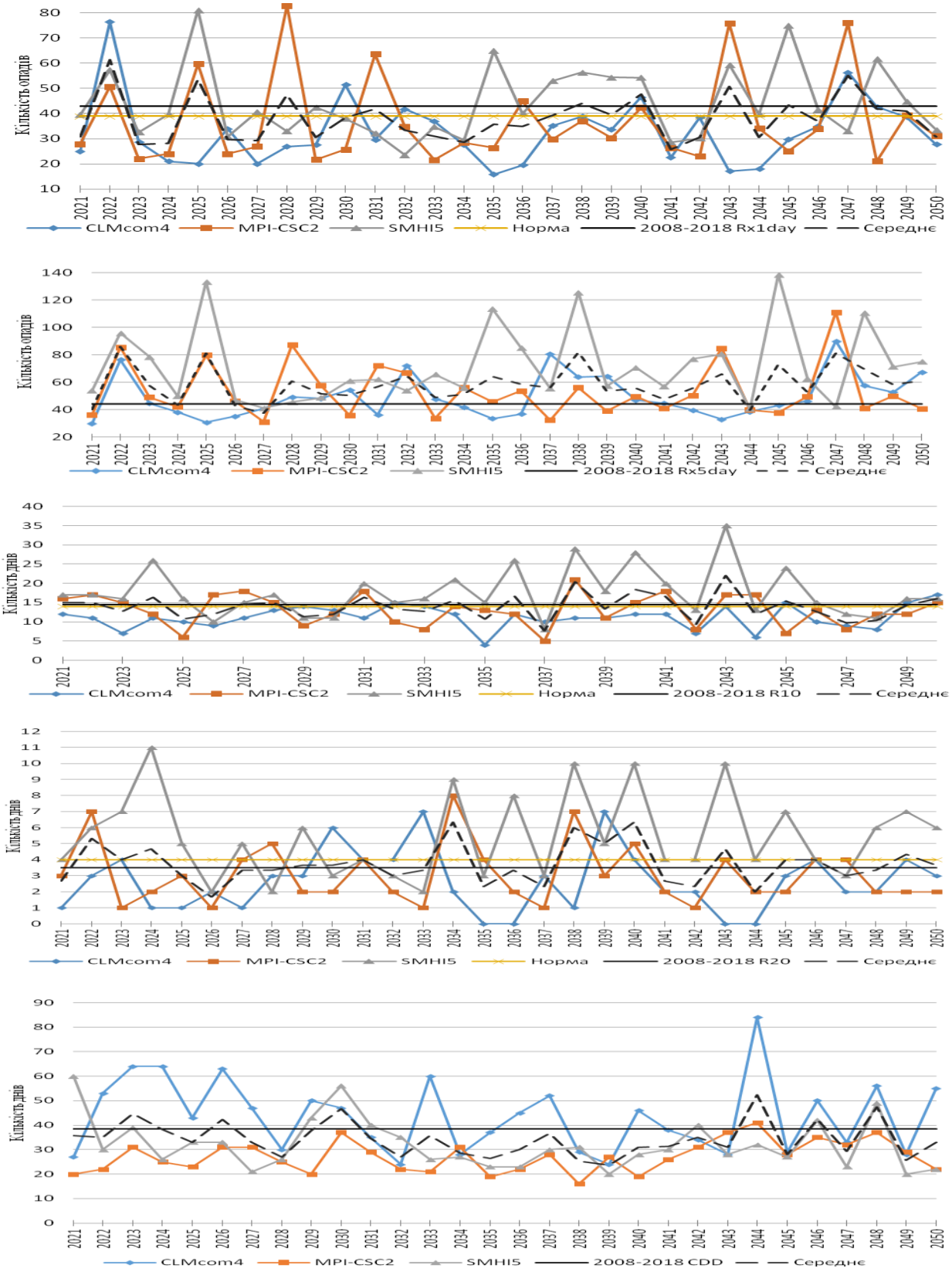


Рис. В.1 – Аналіз індексів на станції Маріуполь по модельним даним за сценарієм RCP2.6 (2021-2050рр.)

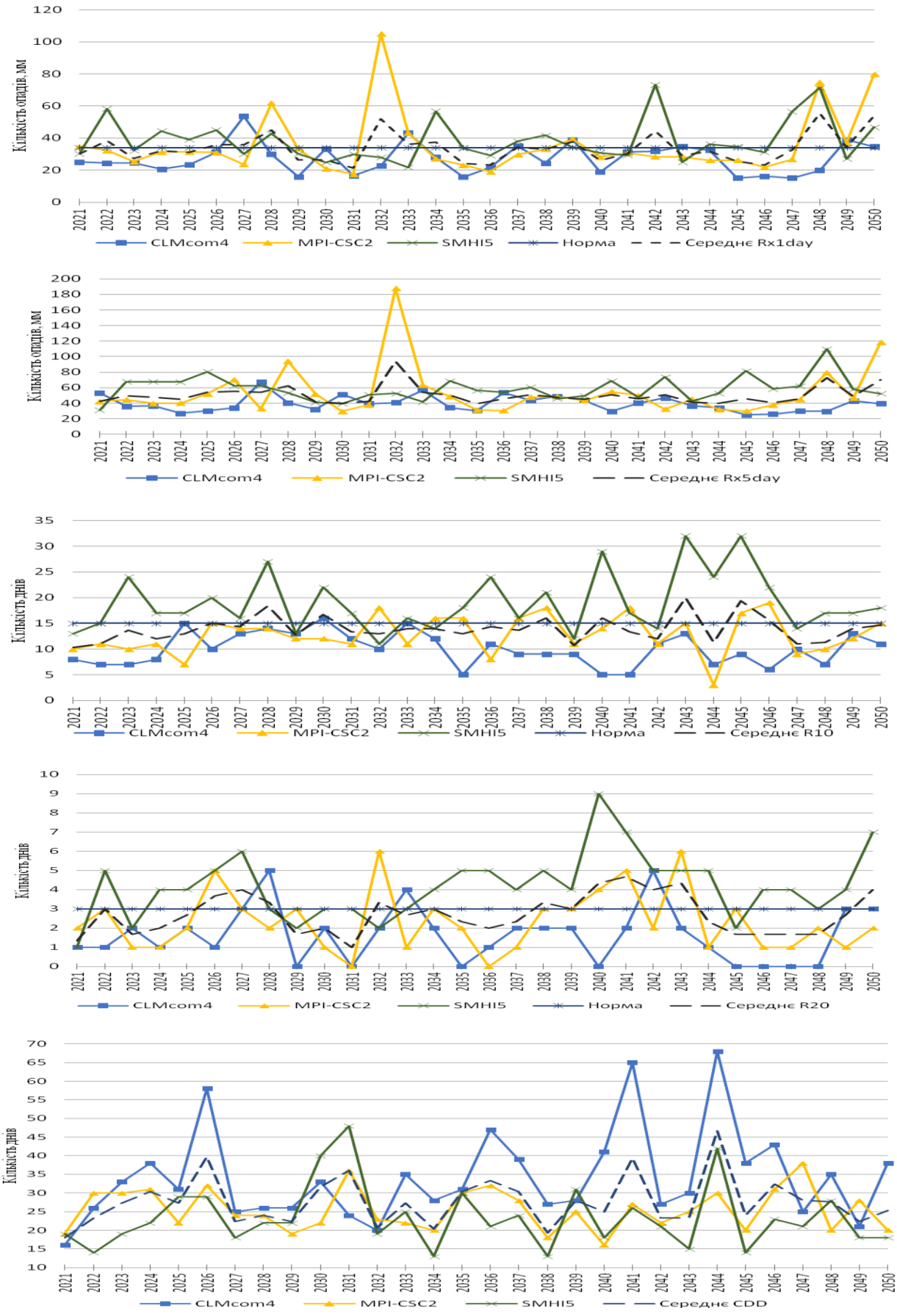


Рис. В.2 – Аналіз індексів на станції Ізюм по модельним даним за сценарієм RCP2.6 (2021-2050рр.)

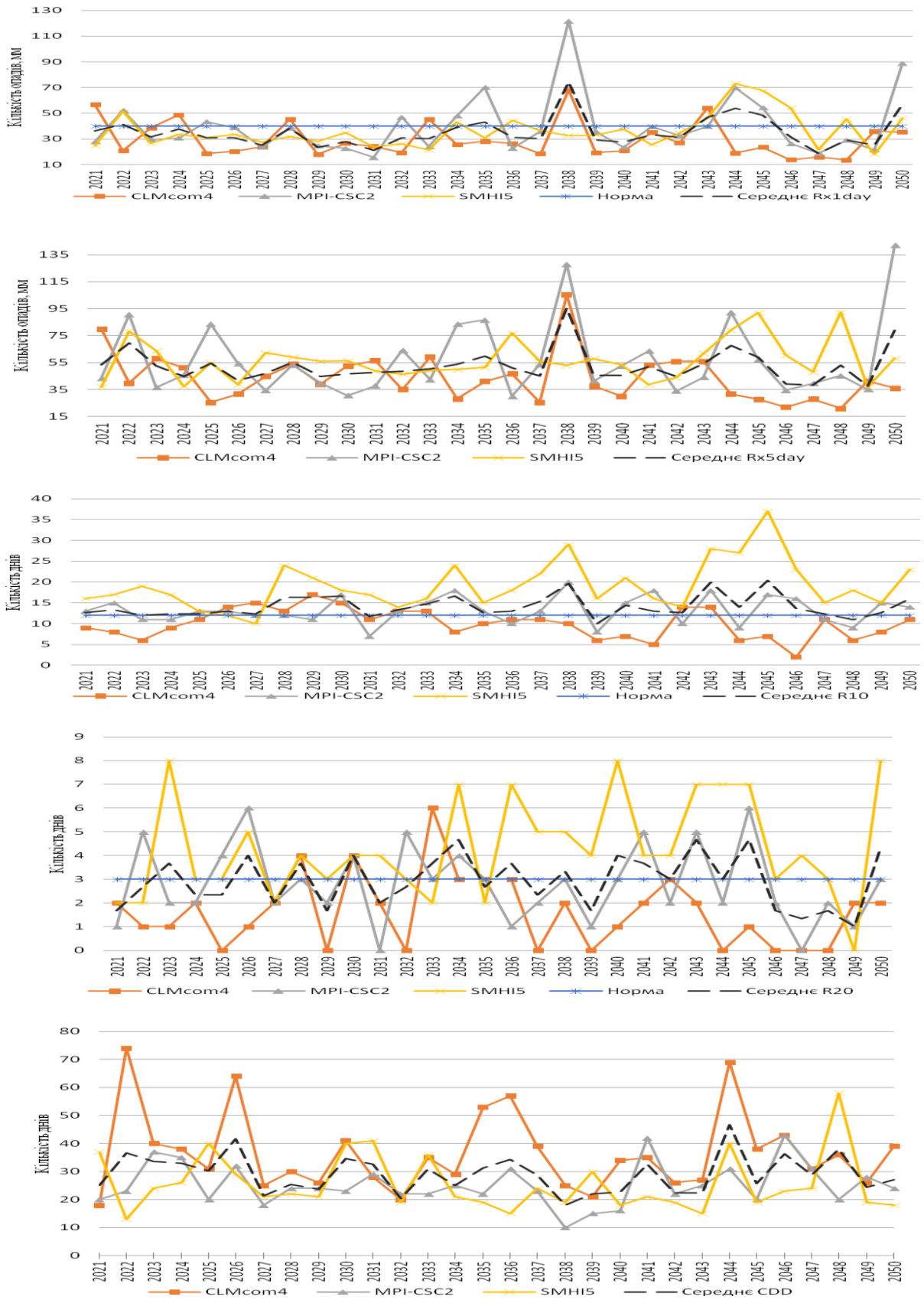


Рис. В.3 – Аналіз індексів на станції Сватове по модельним даним за сценарієм RCP2.6 (2021-2050рр.)

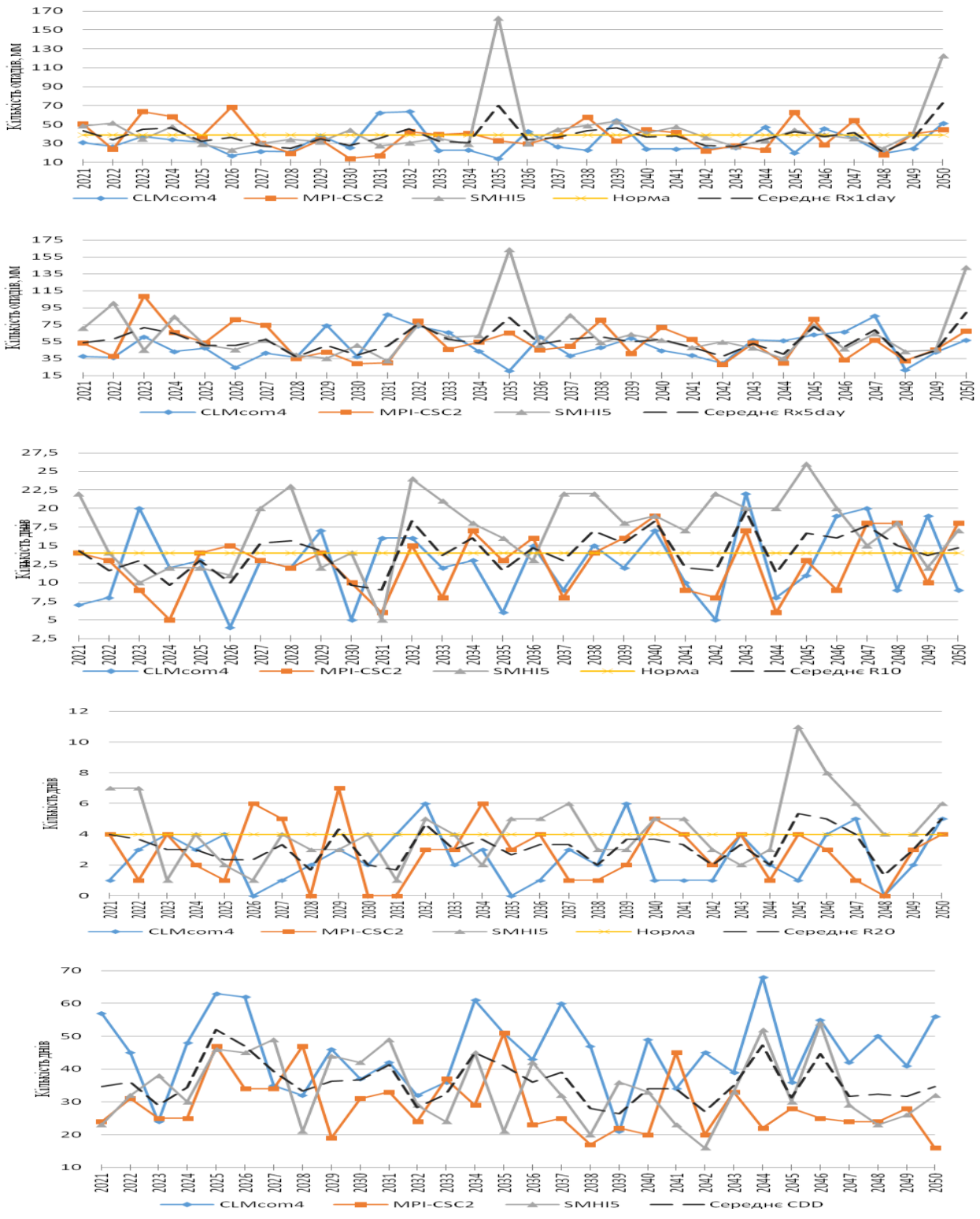


Рис. В.4 – Аналіз індексів на станції Маріуполь по модельним даним за сценарієм RCP4.5 (2021-2050рр.)

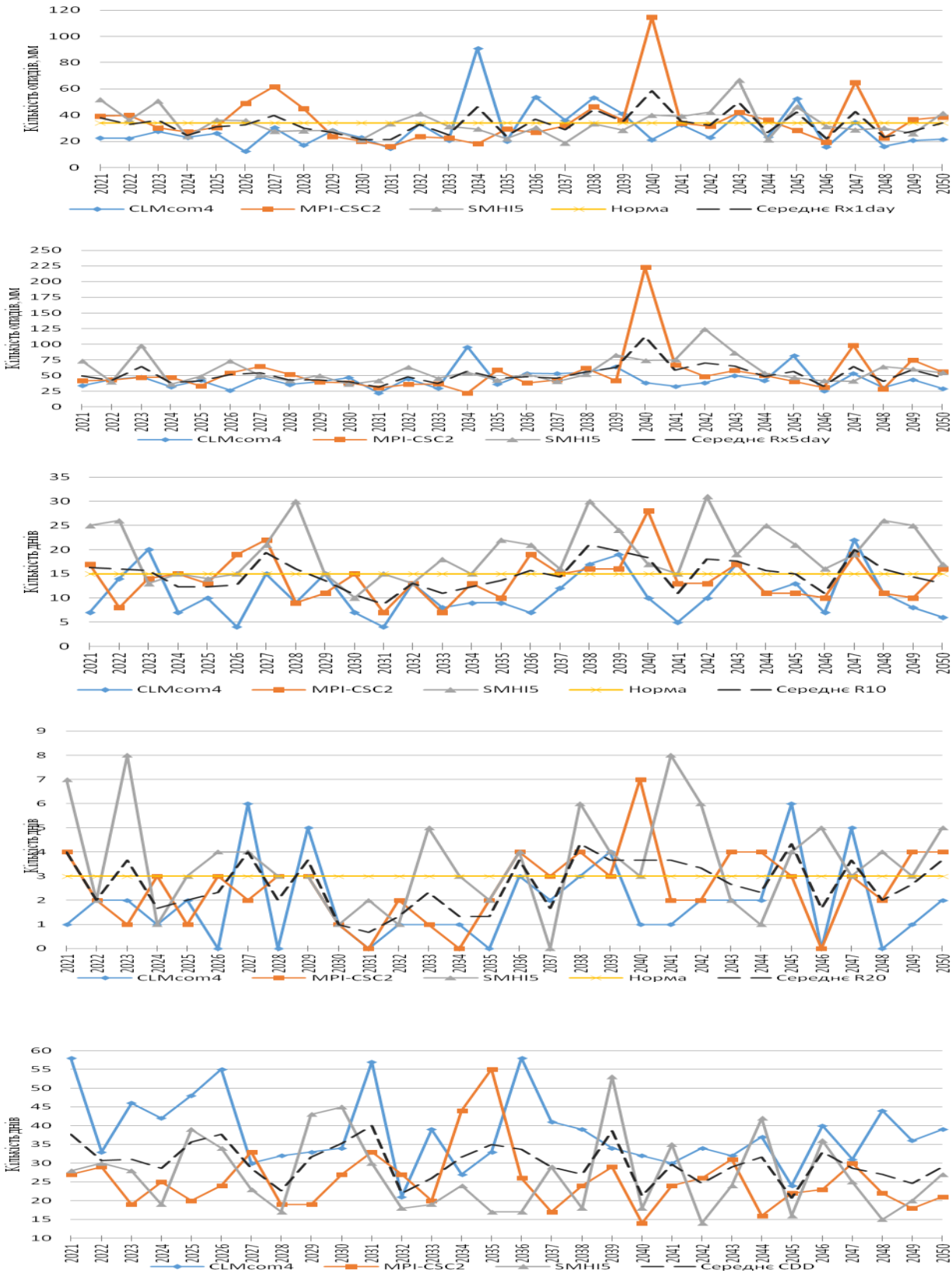


Рис. В.5 – Аналіз індексів на станції Ізюм по модельним даним за сценарієм RCP4.5 (2021-2050рр.)

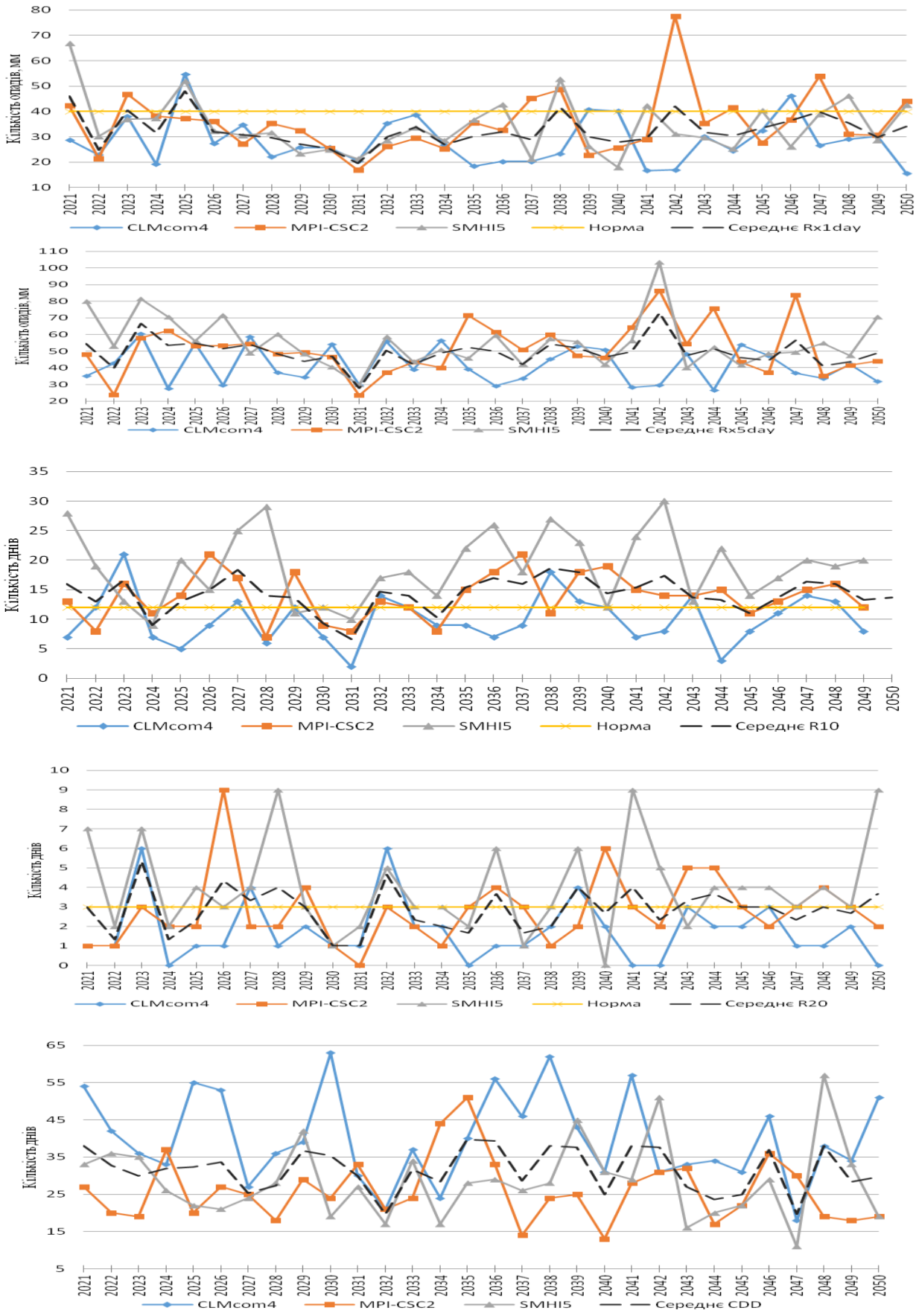


Рис. В.6 – Аналіз індексів на станції Сватове по модельним даним за сценарієм RCP4.5 (2021-2050рр.)