

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Факультет гідрометеорології і екології

Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

АНАЛІЗ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО РОЗПОДІЛУ СУМАРНОЇ РАДІАЦІЇ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ ANALYSIS OF SPATIOTEMPORAL DISTRIBUTION OF TOTAL RADIATION ON THE TERRITORY OF UKRAINE

Виконала: студентка 4 курсу денної форми навчання
спеціальності 103 «Науки про Землю»
Освітня програма Гідрометеорологія

Чеботарьова Наталія Вячеславівна

(прізвище, ім'я, по-батькові здобувача)

Керівник канд. геогр. наук, доц. Недострелова Л.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент канд. геогр. наук, доц. Вольвач О.В.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

Рекомендовано до захисту:
Протокол засідання кафедри
метеорології та кліматології
№ від . . 2024 р.

Завідувач кафедри

Олег ПРОКОФ'ЄВ

(підпис)

(прізвище, ім'я)

Захищено на засіданні ЕК № 6
протокол № від . . 2024 р.

Оцінка / /
(за національною шкалою/шкалою ECTS/ бали)

Голова ЕК

Валерія ОВЧАРУК

(підпис)

(прізвище, ім'я)

Одеса 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут

Кафедра метеорології та кліматології

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Гідрометеорологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
метеорології та кліматології

Прокоф'єв О.М.

«06» травня 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студентці Чеботарьова Наталії Вячеславівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз просторово-часового розподілу сумарної радіації на території України

керівник роботи Недострелова Лариса Василівна, канд. геогр.наук, доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від «18» грудня 2023 року № 272 «С»

2. Строк подання студентом роботи 06 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи дані кліматичного довідника і кліматичних норм 1961-1990рр. і 1991-2020рр., також дані кліматичних сценаріїв RCP 4.5 і RCP 8.5 про потоки сумарної сонячної радіації і тривалість сонячного сяйва на території різних регіонів України відповідно для різних кліматичних періодів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) проаналізувати просторово-часовий розподіл сум сумарної сонячної радіації за різних умов сонця, а також визначити особливості просторово-часової мінливості тривалості сонячного сяйва для окремих регіонів України за різні кліматичні періоди і зробити порівняльний аналіз із кількісними показниками сценарних даних

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) побудувати діаграми часової мінливості сум сумарної радіації для різних умов хмарності для станцій різних регіонів України, гістограми річного розподілу сум сумарної радіації, а також графіки часових змін тривалості сонячного сяйва за різні кліматичні періоди з урахуванням сценарних характеристик

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 06 травня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Отримання завдання та збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи бакалавра.	06.05.2024 р. – 13.05.2024 р	90	5 (відмінно)
2.	Обробка даних метеорологічних спостережень за допомогою графічно-розрахункового пакету «EXCEL»	14.05.2024 р. – 19.05.2024 р	90	5 (відмінно)
	Рубіжна атестація	20.05.2024 р.- 24.05.2024 р.	90	5 (відмінно)
3.	Побудова і аналіз часової зміни сум сумарної сонячної радіації за різних умов хмарності за різні кліматичні періоди для різних регіонів України.	25.05.2024 р. – 28.05.2024 р.	97	5 (відмінно)
4.	Розрахунок і аналіз річних сум сумарної сонячної радіації за різних умов хмарності за різні кліматичні періоди для різних регіонів України.	29.05.2024 – 31.05.2024 р.	98	5 (відмінно)
5.	Побудова і аналіз часової мінливості тривалості сонячного сяйва за різні кліматичні періоди і за різними кліматичними сценаріями для різних регіонів України.	01.06.2024 р. – 03.06.2024 р.	98	5 (відмінно)
6.	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату.	04.06.2024 р. – 06.06.2024 р.	97	5 (відмінно)
7.	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	07.06.2024 р.- 11.06.2024 р.	-	-
8.	Підготовка презентаційного матеріалу.	-	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	95,0	-

Студентка _____ **Чеботарьова Н.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Недострелова Л.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ.....	6
2 ОЦІНКА ЗМІН ГЕЛІОРЕСУРСІВ В УКРАЇНІ.....	8
3 СЦЕНАРІЇ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ.....	10
4 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ СУМАРНОЇ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ.....	14
5 АНАЛІЗ ТРИВАЛОСТІ СОНЯЧНОГО СЯЙВА.....	28
5.1 Тривалість сонячного сяйва за різні кліматичні періоди.....	28
5.2 Тривалість сонячного сяйва за сценарними розрахунками.....	33
ВИСНОВКИ.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	39

ВСТУП

Основні проблеми, з якими людство ввійшло у XXI століття – це енергетика і екологія. Швидкий промисловий розвиток групи країн північної півкулі забезпечувався інтенсивним зростанням вироблення електричної і теплової енергії. За останні 150 років, з середини XIX століття, населення Землі зросло в 5 разів, а вироблення енергії в 21 раз. Головним чином це відбулось за рахунок зростання видобутку викопного палива до обсягів понад 8000 млн.т в рік, що забезпечує 77 % світового споживання енергії. За експертною оцінкою Міжнародного агентства з енергетики в період до 2030 року виробництво первинної енергії в світі щорічно буде зростати в середньому на 1,7 % і досягне 15300 млн.т. При цьому вважається, що зростання виробництва енергії більш ніж на 90 % має забезпечуватись викопним паливом. Все зростаючі обсяги його використання спричиняють збільшення викидів CO₂ і інших парникових газів в атмосферу, що породжує серйозну заклопотаність з приводу можливого впливу на клімат планети.

Крім того, запаси викопних видів палива, особливо легкодоступних, які інтенсивно розробляються (нафта і газ), виявляються досить обмеженими, і за різними оцінками їх помітне виснаження може відбутись вже до середини XXI сторіччя. При цьому наша планета має практично невичерпні (у рамках людської історії) відновлювані джерела енергії (ВДЕ), до яких, насамперед, відносяться: енергія Сонця, вітру, річок, біомаси. Основним енергетичним джерелом, який забезпечує життя на Землі, є Сонце, чия енергія, що надходить до нашої планети за рік, перевищує в 10-20 разів енергію всіх видобутих запасів органічного палива. Цим пояснюється увага до використання сонячної енергії всього світового співтовариства, і особливо промислово розвинених країн.

Сонячна енергія впевнено завойовує стійкі позиції у світовій енергетиці. Привабливість сонячної енергетики зумовлена кількома обставинами:

- Сонячна енергетика доступна в кожній точці нашої планети, розрізняючись по густині потоку випромінювання не більше ніж у два рази. Тому вона приваблива для всіх країн, відповідаючи їх інтересам щодо енергетичної незалежності.

- Сонячна енергія - це екологічно чисте джерело енергії, що дозволяє використовувати його у все зростаючих масштабах без негативного впливу на навколишнє середовище.

- Сонячна енергія – це практично невичерпне джерело енергії, яке буде доступне і через мільйони років. Основними напрямками використання сонячної енергії вважаються: пряме перетворення сонячної енергії на електричну енергію; отримання тепла шляхом абсорбції сонячного випромінювання.

В теперішній час завдяки розробці конструкцій геліоустановок, експлуатація яких в окремих фізико-географічних районах економічно доцільна, перспективи використання променистої енергії Сонця стали більш конкретними. Але це в свою чергу потребує від дослідників детального вивчення енергетичних ресурсів окремих регіонів Земної кулі для встановлення їх енергетичного потенціалу. В перспективі використання сонячної енергії може здійснюватись: для енергопостачання в районах децентралізованого теплопостачання, переважно в сільській місцевості, для малопотужних, сезонних, комунально-побутових і виробничих споживачів (турбаза, будинок відпочинку, табір, бригадний стан, доїльний майданчик тощо); в системі централізованого теплопостачання геліосистема може підігрівати воду для подальшого нагрівання її в котельні до високої температури і нагрівати воду влітку, коли котельна установка для профілактики або ремонту виводиться з роботи. Використання сонячної енергії для теплопостачання може здійснюватись на базі модульних геліоустановок або сонячних колекторів, зібраних в геліосистему на місцях.

1 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

В цей час, комунальне господарство України щорічно споживає близько 74 мільйонів т у.п. Щорічна потреба в тепловій енергії збільшується на 1,5-2 %. Існують оцінки, що з відновленням економічного зростання, рівень споживання може істотно зрости. З іншого боку, потенціал енергоефективності та енергозбереження в комунальному господарстві України за різними оцінками, становить не менше ніж 50 %. У разі використання цього потенціалу економічне зростання не повинно привести до істотного збільшення споживання теплової енергії. Іншою можливістю стримування зростання споживання теплової енергії є всебічний розвиток концепції сонячних будинків. У північних європейських країнах з допомогою природного нагріву сонце забезпечує 14 % тепла від загальної потреби звичайних будинків. Цю оцінку можна використовувати в якості нижньої межі для умов України. У будинках, побудованих з урахуванням пасивного використання сонячної енергії, внесок сонця в споживанні тепла може скласти близько 40 %. Частка пасивного нагріву зазвичай не враховується офіційною статистикою, однак, насправді - це найбільший джерело використання відновлюваної енергії. Істотний потенціал використання сонячної енергії в Україні полягає у використанні сонця для охолодження і кондиціонування, а також в сільськогосподарських додатках, наприклад, для сушіння різних видів сільськогосподарської продукції та опріснення води в південних регіонах [1].

В Україні реалізовано кілька десятків експериментальних проектів у різних галузях народного господарства. Серед них системи гарячого водопостачання житлових і громадських будинків, лікувально-оздоровчих установ; системи сонячних колекторів до паливних і електричних котелень, які обслуговують промислові, сільськогосподарські та комунальні підприємства; малі автономні установки для індивідуальних житлових будинків і підприємств побутового

обслуговування. За оцінками, зробленими українськими фахівцями, термін окупності впроваджених експериментальних установок сонячного водо- і теплопостачання становить від п'яти до десяти років.

Основними видами використання сонячної енергії є гаряче водо - і теплопостачання із застосуванням сонячних колекторів. Розвиваються два типи сонячного теплопостачання - без довготривалого акумулювання тепла, коли частка сонячної енергії в загальній кількості споживаного тепла обмежена (максимум 20 % в кліматичних умовах північних європейських країн) і з сезонною акумуляцією, при якій частка сонячної енергії може досягати 80-100 %. У першому випадку теплопостачання зазвичай комбінується з системою гарячого водопостачання. Іншою можливістю використання сонячної енергії є концепція будівництва сонячних будинків, яка активно розвивається. Під цим зазвичай мають на увазі комбінацію сонячного теплопостачання, фотоелектрики, пасивного нагріву і природного освітлення. Цей підхід може використовуватись для всіх типів будівель і в будь-яких кліматичних умовах. При цьому акценти для різних умов, а також для житлових і комерційних будівель, різні. У північних країнах домінує потреба в опаленні, а в південних більш важливим є охолодження. Для комерційних будівель кондиціонер і електричне освітлення часто дають більший внесок у енергоспоживання, ніж опалення. Добре сконструйована сонячна будівля може бути практично незалежна від додаткових джерел тепла. Реалізовані в останні роки експериментальні проекти показали, що річне вироблення теплової енергії в умовах України становить 500-600 кВт/м². Враховуючи загальноприйнятий на Заході потенціал використання сонячних колекторів для розвинених країн, рівний 1 м² на одну особу, а також продуктивність геліосистем для умов України, щорічні ресурси сонячного гарячого водопостачання та опалення можуть становити 28 млрд. кВт-год теплової енергії. Реалізація цього потенціалу дозволила б заощадити 3,4 млн. тон умовного палива (т.у.п.) на рік.

2 ОЦІНКА ЗМІН ГЕЛІОРЕСУРСІВ В УКРАЇНІ

Важливим фактором у разі вибору місця розташування геліоустановки є оцінка енергетичного потенціалу сонячної енергії. На ефективність геліосистем впливає рівень сонячної енергії, який своєю чергою залежить від географічної широти.

Режим роботи сонячних енергетичних установок (СЕУ) зумовлюється комплексом геліофізичних параметрів для застосування енергетичного потенціалу із використанням необхідних спеціальних характеристик, які враховують хронологічний постійний хід сонячної радіації та її випадкову мінливість у часі, пов'язану з низкою атмосферних явищ.

Для вирішення доцільності роботи сонячних енергетичних установок використовують спеціалізовані показники кліматичних ресурсів [2, 3, 4].

Аналіз найбільш значущих характеристик геліоенергетики виявився достатнім для розвитку їх енергетичної спроможності на значній частині території України.

Використання сонячної енергії залежить, насамперед, від географічного положення території, а від рівня сонячної радіації буде залежати ефективність сонячних установок. Тому необхідно проаналізувати перспективність використання сонячної радіації у різних областях території України залежно від їх географічного розташування, хмарності та періоду року.

Надходження сонячної енергії на територію України, згідно з Державними Будівельними Нормами, доцільно аналізувати не окремо по областях, а об'єднуючи їх за географічним положенням регіонів у градусах північної широти.

Для визначення потенційних геліоенергетичних ресурсів тої чи іншої території, обґрунтування техніко-конструкторських показників різних

геліосистем, оцінки економічної ефективності їх експлуатації у різні сезони року і різний час доби в певному місці, необхідно мати набір показників, а саме:

- величини можливих сум надходження прямої, розсіяної, сумарної сонячної радіації;
- число годин сонячного сяйва (тривалість сонячного сяйва);
- середні показники хмарності;
- число ясних і похмурних днів.

Моделльні оцінки проводилися як на основі кліматичної моделі, в якій зміни клімату на території України при глобальному рівні потепління 1,5 °C за параметрами майбутнього клімату, отриманими осередненням результатів обчислень по ансамблю з 31 МОЦАО (Моделей Загальної Циркуляції Атмосфери та Океану), які беруть участь у проекті порівняння 148 глобальних кліматичних моделей CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project – Phase5) і використовують сучасні сценарії антропогенного впливу на кліматичну систему Землі сімейства RCP (Representative Concentration Pathways): сценарій помірного впливу RCP4.5 і сценарій екстремального впливу RCP8.5 [5].

3 СЦЕНАРІЇ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ

Майбутні зміни клімату є однією з найбільших проблем, що постали перед людством в новому сторіччі. 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 регіональному рівні [6].

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 й енергетичного впливу, просторовий розподіл і часова еволюція впливу і зворотний кліматичний зв'язок також відіграють значну роль у визначенні можливого впливу різних факторів на клімат. Зміни поверхні суші можуть також впливати на локальний і регіональний клімат за допомогою процесів, які не є радіаційними за своєю природою [7].

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).

Репрезентативні траєкторії концентрацій – сценарії, які включають часові ряди викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів [7]. Слово репрезентативний означає, що кожна RCP показує лише один з багатьох можливих сценаріїв, які призвели б до визначення 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 CO₂ є вищою за сьогоднішній рівень унаслідок зростання сукупних викидів CO₂ протягом XXI сторіччя.

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) [7, 8]. Згідно RCP6.0 і RCP8.5, радіаційний 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. 3.1).

Таким чином, RCP можуть відображати результати цілого ряду заходів в області клімату в XXI сторіччі 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, із залученням соціально-економічних, демографічних і технологічних факторів, які потім використовувались в простих кліматичних моделях для визначення концентрацій парникових газів.

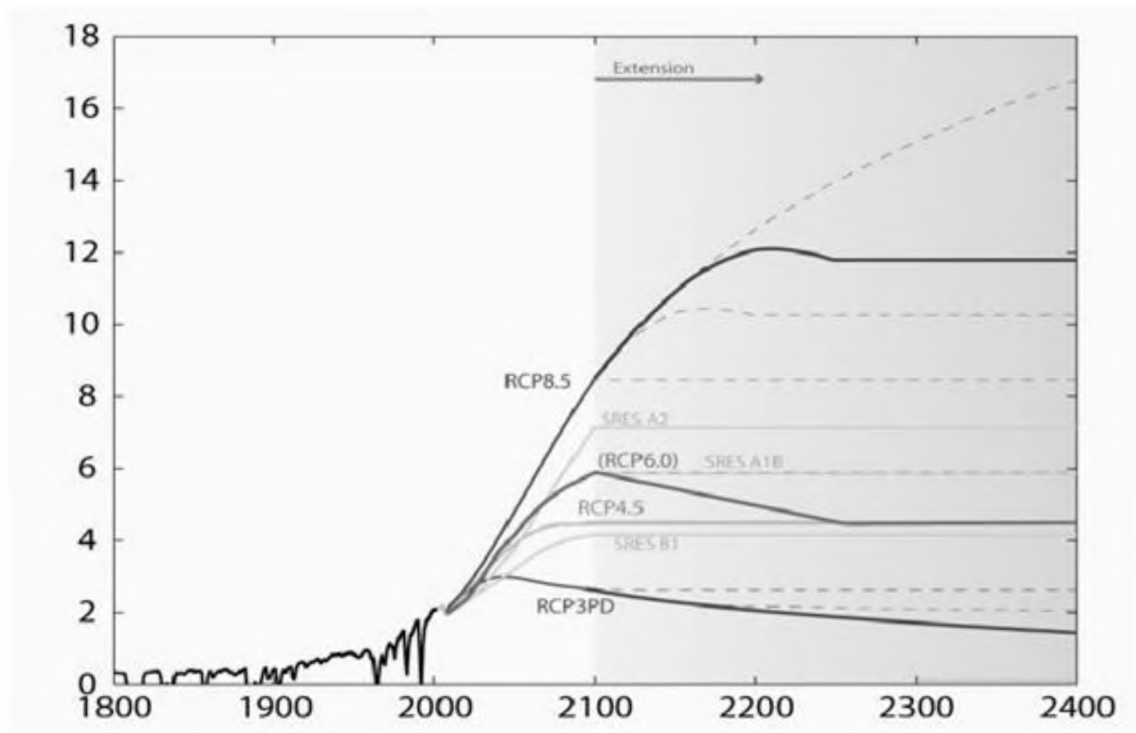


Рис. 3.1 – Схематичне зображення радіаційного впливу (товсті лінії – рекомендовані траєкторії, пунктирні – траєкторії з врахуванням додаткових можливостей, визначених за альтернативними правилами) [9].

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 оцінних 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 що до аерозолів [7, 8].

В цих дослідженнях при моделюванні прогностичних змін режиму температури й опадів використовувались дані експерименту CORDEX –

Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment, створеного 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 проектуванні клімату CORDEX зосереджується на експериментах з використанням сценаріїв викидів – RCP4.5 і RCP8.5, які є сценаріями середнього і високого рівня викидів [2, 9].

Для досліджень використовувались дані гідрометеорологічних параметрів, реалізованих в регіональній кліматичній моделі RACMO2. Модель RACMO2 поєднує в собі фізичні схеми, розроблені Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (ECMWF) [10], і динамічну основу від моделі HIRLAM [11]. Вона пристосована для використання на льодяних поверхнях і включає складну схему визначення альбедо снігу. RACMO2 має 40 вертикальних атмосферних рівнів з кроком сітки по горизонталі ~ 11 км, що забезпечує високу точність отриманих результатів. Також RACMO2 виконує моделювання атмосферних полів з 6-годинною часовою дискретністю [12].

4 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ СУМАРНОЇ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ

Метою роботи є аналіз радіаційного режиму в регіонах України за різні періоди. Для досягнення поставленої мети було обрано метеорологічні станції в різних регіонах країни: Ковель – північно-західна Україна, Одеса – південно-західна, Полтава – центральна, Покошичі – північна Україна. Для отримання інформації про радіаційний режим атмосфери було використано: кліматичний довідник випуск 10 частина I «Сонячна радіація, радіаційний баланс і сонячне сяйво» [13], кліматичний кадастр [14] і кліматична норма 1991-2020 рр. Результати дослідження наведено в табл. 4.1-4.6 і рис. 4.1-4.8.

За результатами табл. 4.1 ми можемо побачити, що в річному ході сум сумарної радіації максимальні показники спостерігаються в червні для станцій Покошичі, Ковель та Одеса – 872 МДж/м², 918 МДж/м² та 913 МДж/м² відповідно. На станції Полтава максимум виявлено в липні – 909 МДж/м². Необхідно відмітити, що найбільше значення притаманно для станції Ковель, що знаходиться на заході країни.

Таблиця 4.1 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за умов ясного неба за 1951-1963 рр.

Назва станції	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Покошичі	180	293	499	662	842	872	779	712	499	381	205	143	6067
Ковель	163	268	528	662	876	918	880	737	536	360	205	130	6264
Полтава	205	293	511	670	859	892	909	750	549	386	235	172	6132
Одеса	235	340	553	712	888	913	909	796	595	432	285	201	6859

Найменші середньомісячні показники енергії виявили в грудні для всіх станцій – 143 МДж/м², 130 МДж/м², 172 МДж/м² та 201 МДж/м² відповідно табл. 4.1. Мінімум серед них зафіксовано також в західній частині України.

Найбільші річні суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба за період 1951-1963 рр. спостерігаються на півдні країни – на станції Одеса, річна сума становить 6859 МДж/м². Другий максимум виявлено на території західної України – 6264 МДж/м². На станції Полтава, що характеризує центральну Україну, річна сума дорівнює 6132 МДж/м². Мінімум зафіксовано на півночі країни – на станції Покошичі, що складає 6067 МДж/м².

Табл. 4.2 нам показує, що в річному ході сум сумарної радіації максимальні показники спостерігаються в червні для всіх чотирьох станцій Покошичі, Ковель, Полтава та Одеса – 864 МДж/м², 836 МДж/м², 866 МДж/м² та 841 МДж/м² відповідно. Можемо побачити, що найбільше значення притаманно для станції Полтава, що знаходиться в центральній частині країни.

Таблиця 4.2 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за умов ясного неба за 1961-1990 рр.

Назва станції	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Покошичі	159	265	478	647	817	864	820	699	494	344	187	116	5890
Ковель	150	262	468	628	797	836	830	688	513	336	185	117	5810
Полтава	182	277	503	647	835	866	846	715	522	360	209	135	6097
Одеса	199	308	516	666	824	841	827	711	542	387	226	164	6211

Найменші середньомісячні показники енергії виявили в грудні для всіх станцій – 116 МДж/м², 117 МДж/м², 135 МДж/м² та 164 МДж/м² відповідно табл. 4.2. Мінімум серед них зафіксовано в західній частині України.

Найбільші річні суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба за період 1961-1990 рр. спостерігаються на півдні країни – на станції Одеса, річна сума становить 6211 МДж/м². Другий максимум виявлено на території центральної України – 6097 МДж/м². На станції Покошичі, що характеризує північну Україну, річна сума дорівнює 5890 МДж/м². Мінімум зафіксовано у західній частині країни – на станції Ковель, що складає 5810 МДж/м².

Як видно за табл. 4.3, в річному ході сум сумарної радіації максимальні показники спостерігаються знов ж таки в червні для станцій Покошичі, Ковель та Полтава – 927 МДж/м², 795 МДж/м² та 948 МДж/м² відповідно. На станції Одеса максимум виявлено в липні – 882 МДж/м². Можемо побачити, що найбільше значення притаманно центральній частині країни – станції Полтава.

Таблиця 4.3 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за умов ясного неба за 1991-2020 рр.

Назва станції	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Покошичі	105	248	543	745	897	927	896	720	494	370	175	89	6209
Ковель	94	192	423	552	667	795	639	912	436	262	128	72	5172
Полтава	201	298	509	664	879	948	920	765	540	373	204	142	6443
Одеса	207	343	544	732	891	875	882	755	584	427	265	185	6689

Найменші середньомісячні показники енергії виявили також в грудні для всіх станцій – 89 МДж/м², 72 МДж/м², 142 МДж/м² та 185 МДж/м² відповідно табл. 4.3. Мінімум серед них зафіксовано в західній частині України.

Найбільші річні суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба за період 1991-2020 рр. спостерігаються на півдні країни – на станції Одеса, річна сума становить 6689 МДж/м². Другий максимум виявлено на території

центральної України – 6443 МДж/м². На станції Покошичі, що характеризує північну Україну, річна сума дорівнює 6209 МДж/м². Мінімум зафіксовано у західній частині країни – на станції Ковель, що складає 5172 МДж/м².

Аналізуючи графік (рис. 4.1) видно, що найбільші суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба на станції Покошичі за різні періоди спостерігаються за період 1991-2020 роки. У листопаді і в зимовий сезон показники менші, ніж за інші періоди, а ось з березня по серпень вони найбільші. В вересні за 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр. показники однакові – 494 МДж/м², а за 1951-1963 рр. суми більші за інші періоди – 499 МДж/м². У жовтні, листопаді та у грудні значення сум сумарної сонячної радіації також найбільші саме за цей період.

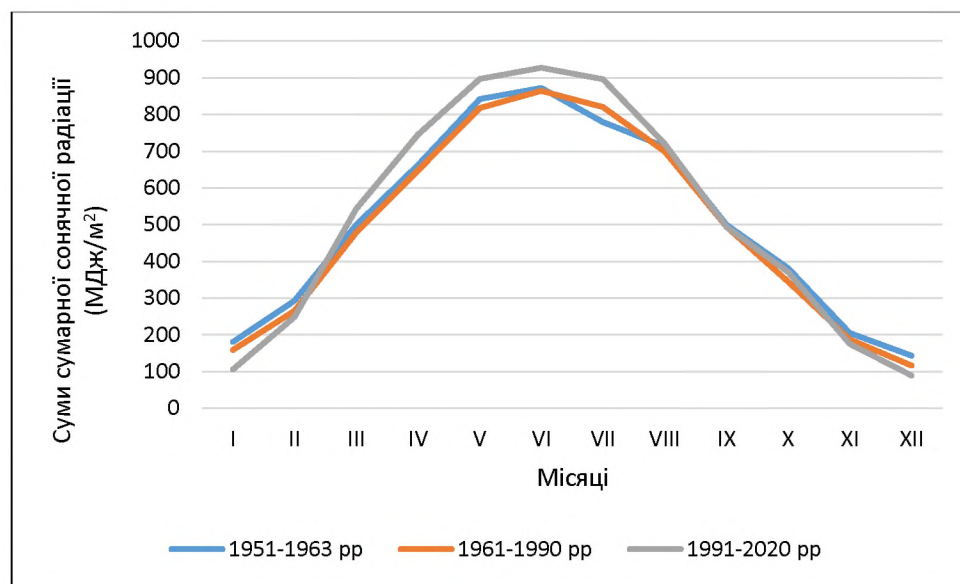


Рисунок 4.1 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за умов ясного неба на станції Покошичі за різні періоди

Як видно з графіка (рис. 4.2), найбільші суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба на станції Ковель за різні періоди спостерігаються за період 1951-1963 роки. Найбільший показник для цього періоду становить 918 МДж/м².

Найменші показники спостерігаються за період 1991-2020 рр., але у серпні вони більші за всі інші періоди – 912 МДж/м². Також невелика різниця показників спостерігається за 1951-1963 роки та 1961-1990 рр. у лютому – 268 МДж/м² та 262 МДж/м² відповідно.

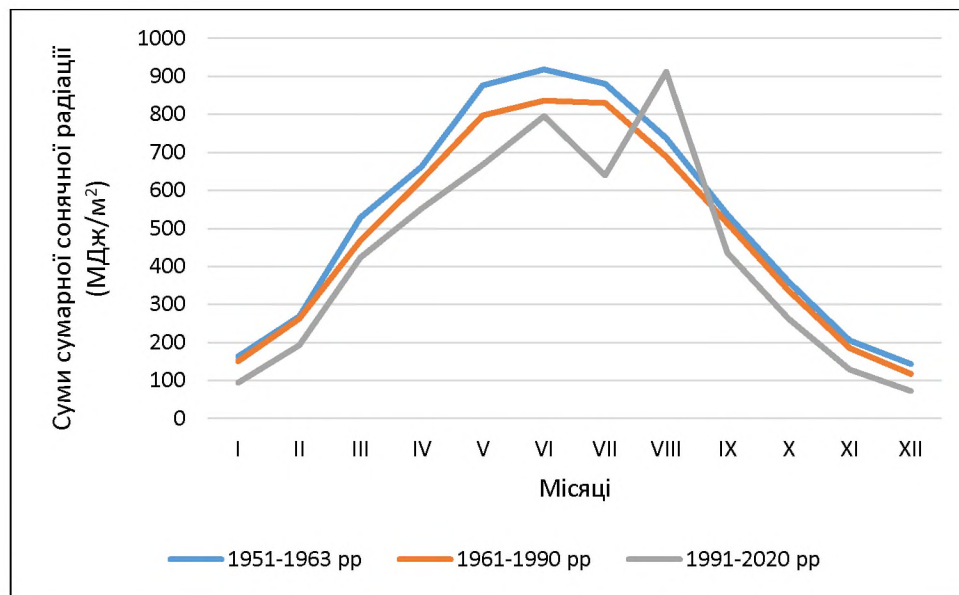


Рисунок 4.2 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за умов ясного неба на станції Ковель в різні періоди

Графік (рис. 4.3) нам показує, що найбільші суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба на станції Полтава за різні періоди у травні, червні, липні та в серпні спостерігаються за період 1991-2020 роки. В осінній, зимній період найбільші переважають за 1951-1963 рр., хоч і з невеликими різницями в порівнянні з іншими періодами. Найбільший показник для станції Полтава становить 948 МДж/м² за період 1991-2020 роки.

Досліджуючи наступний графік (рис. 4.4) бачимо, що найбільші суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба на станції Одеса за різні періоди спостерігаються за період 1951-1963 роки. Найбільший показник для цього

періоду становить 913 МДж/м². Найменші показники спостерігаються за період 1961-1990 рр. Взагалі можемо побачити невелику різниця показників протягом року за 1951-1963 рр. та 1991-2020 рр.

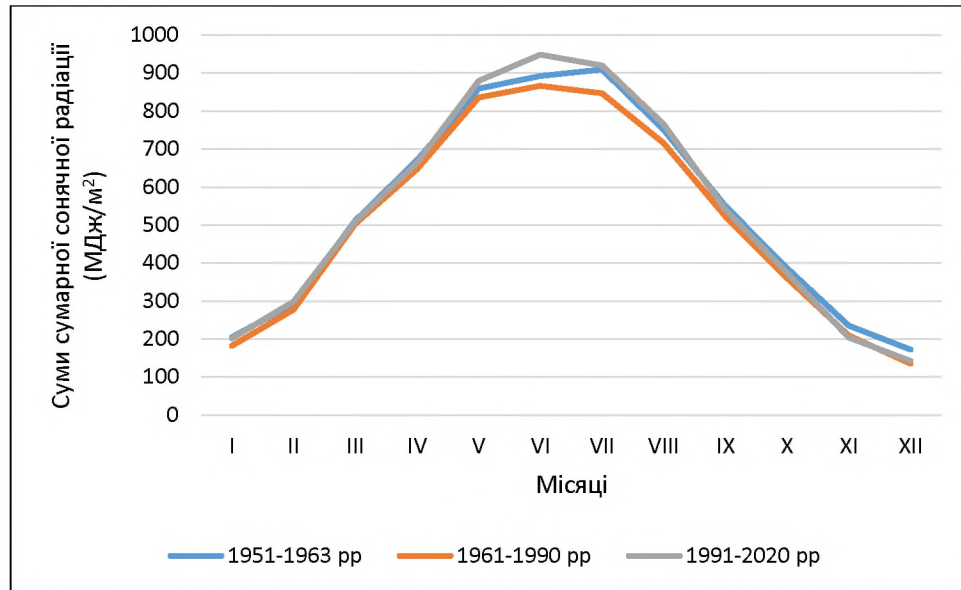


Рисунок 4.3 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за умов ясного неба на станції Полтава за різні періоди

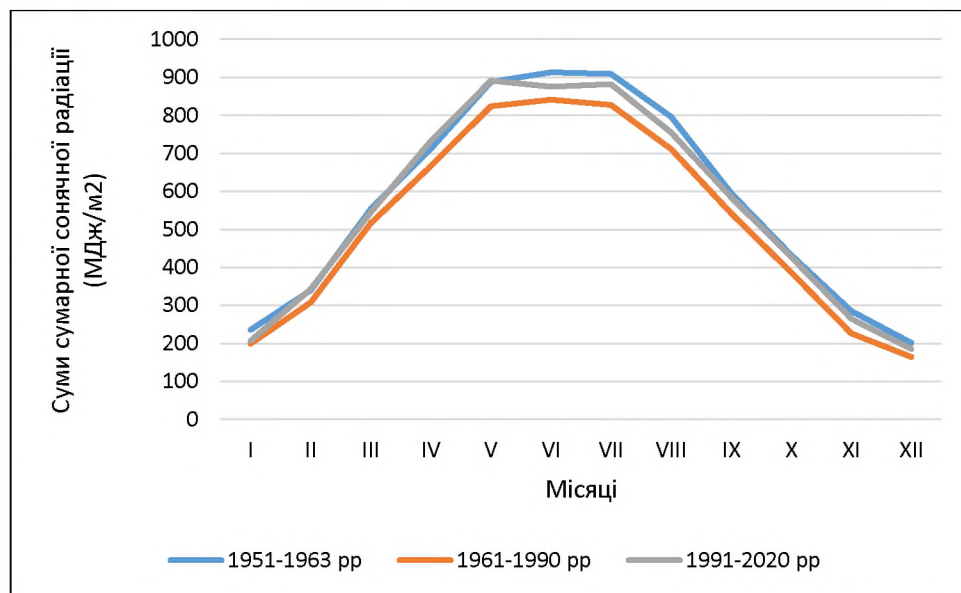


Рисунок 4.4 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за умов ясного неба на станції Одеса за різні періоди

Табл. 4.4 нам показує, що в річному ході сум сумарної радіації за середніх умов хмарності максимальні показники спостерігаються в червні для станції Ковель – 612 МДж/м². На станціях Покошичі, Полтава та Одеса максимуми виявлено в липні – 629 МДж/м², 637 МДж/м² та 725 МДж/м² відповідно. Можемо побачити, що найбільше значення притаманно для станції Одеса.

Таблиця 4.4 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за середніх умов хмарності за 1951-1963 рр.

Назва станції	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Покошичі	88	151	302	398	566	599	629	515	360	189	80	59	3934
Ковель	92	155	327	398	553	612	574	478	352	201	80	63	3884
Полтава	96	155	289	390	553	620	637	511	377	197	92	67	3985
Одеса	117	168	340	507	675	725	758	641	469	285	126	101	4911

Найменші середньомісячні показники енергії виявили в грудні для всіх станцій – 59 МДж/м², 63 МДж/м², 67 МДж/м² та 101 МДж/м² відповідно табл. 4.4. Мінімум серед них зафіксовано в центральній частині України.

Найбільші річні суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба за період 1951-1963 рр. спостерігаються на півдні країни – на станції Одеса, річна сума становить 4911 МДж/м². Другий максимум виявлено на території центральної України – 3985 МДж/м². На станції Покошичі сума дорівнює 3934 МДж/м². Мінімум зафіксовано у західній частині країни – на станції Ковель, що складає 3884 МДж/м².

Як видно з табл. 4.5, в річному ході сум сумарної радіації за середніх умов хмарності максимальні показники спостерігаються в червні для станціях

Покошичі, Ковель та Полтава – 605 МДж/м², 537 МДж/м² та 653 МДж/м² відповідно. На станції Одеса максимум виявлено в липні – 680 МДж/м². Можемо побачити, що найбільше значення притаманно для станції Одеса.

Таблиця 4.5 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за середніх умов хмарності за 1961-1990 рр.

Назва станції	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Покошичі	79	146	279	392	569	605	585	505	355	180	66	48	3808
Ковель	83	137	273	370	515	537	534	475	308	173	78	54	3536
Полтава	97	159	285	393	588	653	631	553	386	226	91	62	4124
Одеса	112	156	294	440	619	664	680	601	450	268	122	86	4491

Найменші середньомісячні показники енергії спостерігаються в грудні для всіх станцій – 48 МДж/м², 54 МДж/м², 62 МДж/м² та 86 МДж/м² відповідно табл. 4.5. Мінімум серед них зафіксовано в західній частині України.

Найбільші річні суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба за період 1961-1990 рр. спостерігаються на півдні країни – на станції Одеса, річна сума становить 4491 МДж/м². Другий максимум виявлено на території центральної України – 4124 МДж/м². На станції Покошичі сума дорівнює 3808 МДж/м². Мінімум зафіксовано у західній частині країни – на станції Ковель, що складає 3536 МДж/м².

Аналізуючи табл. 4.6 можна побачити, що в річному ході сум сумарної радіації за середніх умов хмарності максимальні показники спостерігаються в червні для станціях Покошичі, Ковель та Полтава – 683 МДж/м², 615 МДж/м² та 699 МДж/м² відповідно. На станції Одеса максимум виявлено в липні – 680

МДж/м². Можемо побачити, що найбільше значення притаманно для станції Одеса, як і для попередніх періодів.

Таблиця 4.6 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за середніх умов хмарності за 1991-2020 рр.

Назва станції	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Покошичі	67	142	304	431	610	683	656	554	338	183	69	46	4082
Ковель	78	136	274	406	545	615	582	521	319	186	84	57	3802
Полтава	92	162	297	437	626	699	693	598	385	218	91	66	4364
Одеса	112	179	325	500	672	711	731	646	443	271	117	99	4805

Найменші середньомісячні показники енергії спостерігаються в грудні для всіх станцій – 46 МДж/м², 57 МДж/м², 66 МДж/м² та 99 МДж/м² відповідно табл. 4.6. Мінімум серед них зафіксовано в північній частині України.

Найбільші річні суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба за період 1991-2020 рр. спостерігаються на півдні країни – на станції Одеса, річна сума становить 4805 МДж/м². Другий максимум виявлено на території центральної України – 4364 МДж/м². На станції Покошичі сума дорівнює 4082 МДж/м². Мінімум зафіксовано у західній частині країни – на станції Ковель, що складає 3802 МДж/м².

Як видно з наступного графіка (рис. 4.5), найбільші суми сумарної сонячної радіації за середніх умов хмарності на станції Покошичі за різні періоди спостерігаються за період 1991-2020 роки, окрім зимнього періоду та в листопаді. У зимній період та в листопаді вони переважають за 1951-1963 рр. З графіка видно, що показники за 1951-1963 рр. та за 1961-1990 рр. майже однакові, окрім

серпня. Найбільший показник для станції Покошичі становить 683 МДж/м² у червні.

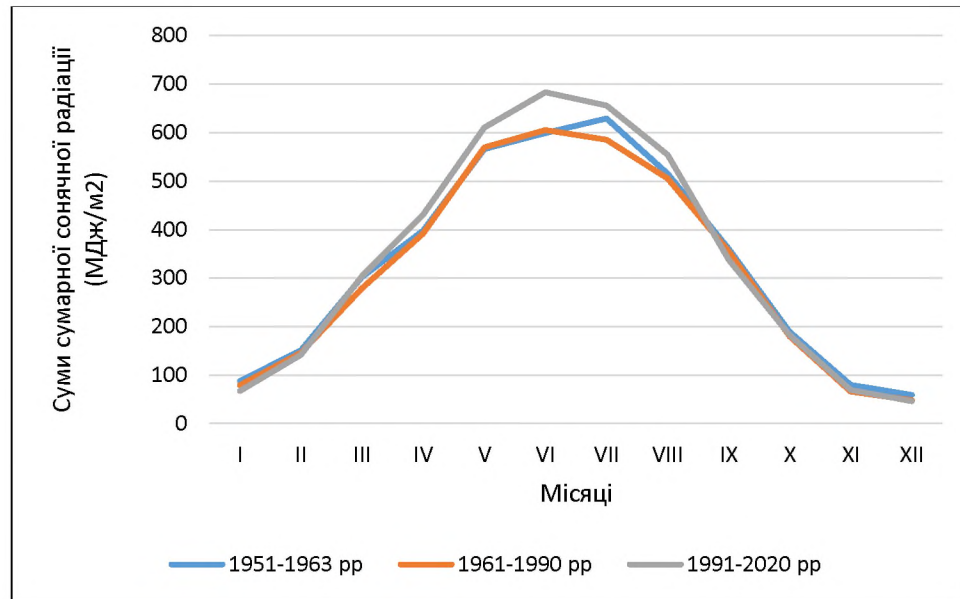


Рисунок 4.5 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за середніх умов хмарності на станції Покошичі за різні періоди

Як ми можемо побачити з графіка (рис. 4.6), найбільші суми сумарної сонячної радіації за середніх умов хмарності на станції Ковель за різні періоди спостерігаються за період 1951-1963 роки. З графіка видно, що показники за три періоди в січні, лютому, листопаді та в грудні майже однакові. Найбільший показник для станції Покошичі становить 615 МДж/м² у червні за 1991-2020 рр., але з невеликою різницею він становить 612 МДж/м² за 1951-1963 рр.

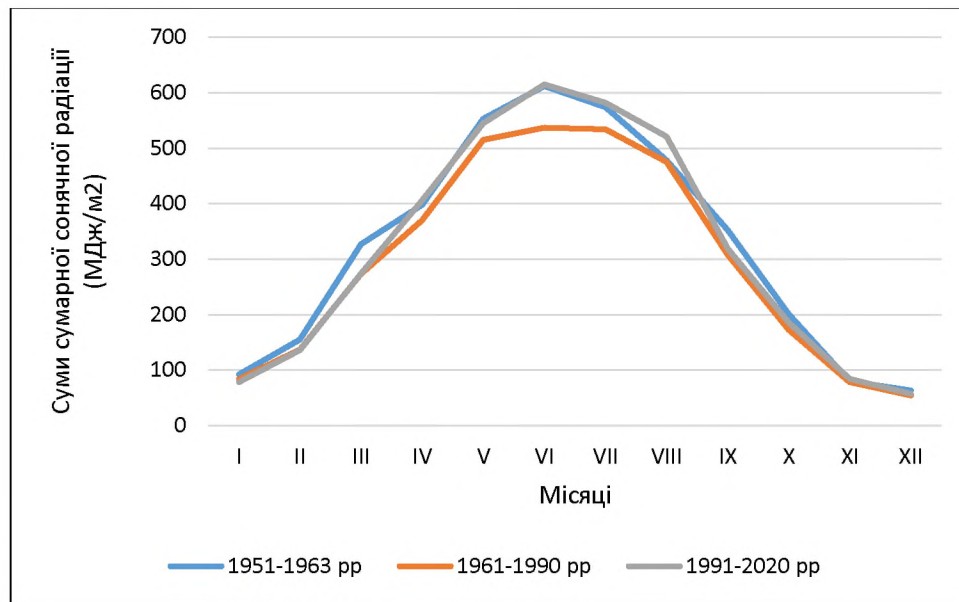


Рисунок 4.6 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за середніх умов хмарності на станції Ковель за різні періоди.

Графік (рис. 4.7) нам показують, що найбільші суми сумарної сонячної радіації за середніх умов хмарності на станції Полтава за різні періоди спостерігаються за період 1991-2020 роки. З графіка видно, що показники за три періоди в січні, лютому, березні, листопаді та в грудні майже не відрізняються. Найбільший показник для станції Полтава становить 699 МДж/м² у червні. Знов ж такі показники за 1951-1963 pp. та за 1961-1990 pp. приблизно однакові, окрім літнього періоду.

З графіка (рис. 4.8) видно, що найбільші суми сумарної сонячної радіації за середніх умов хмарності на станції Одеса за різні періоди спостерігаються за період 1951-1963 роки, але протягом року вони майже однакові з показниками за 1991-2020 pp., лише трішки більші. З графіка видно, що показники за три періоди в січні, лютому, вересні, листопаді та в грудні майже однакові. Найбільші показники для станції Одеса становить 731 МДж/м² у липні за 1991-2020 pp., але з невеликою різницею він становить 758 МДж/м² за 1951-1963 pp.

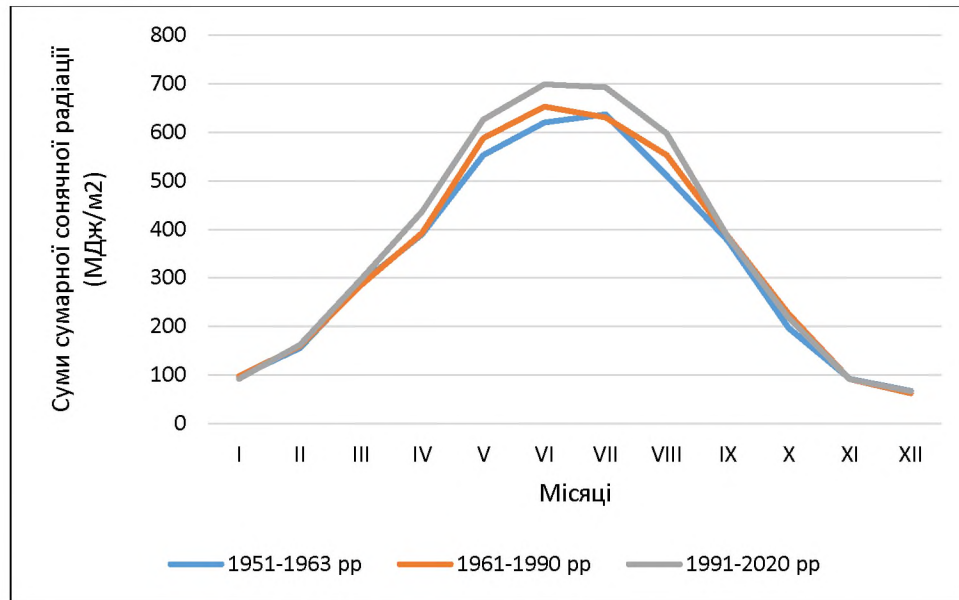


Рисунок 4.7 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за середніх умов хмарності на станції Полтава за різні періоди.

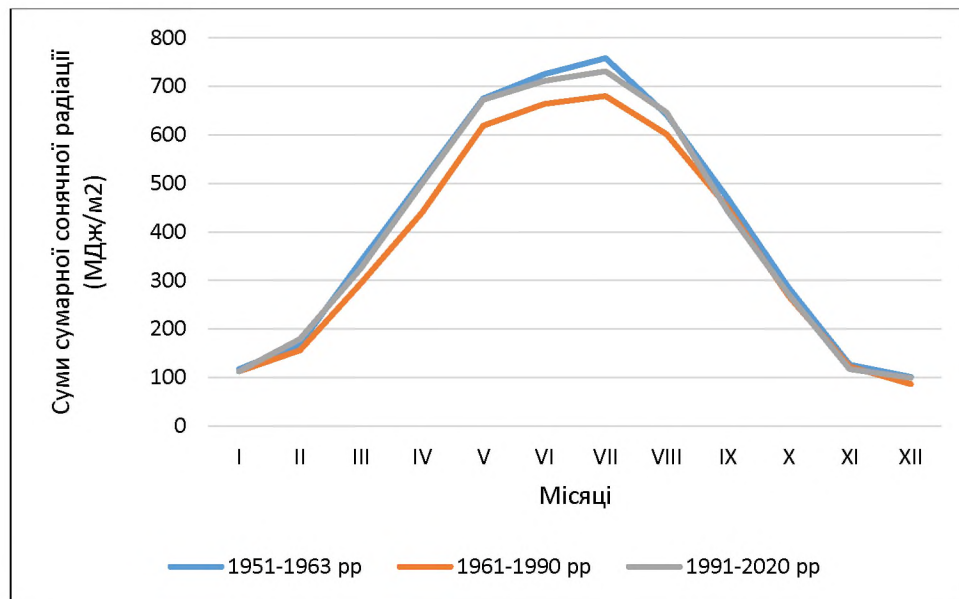


Рисунок 4.8 – Суми сумарної сонячної радіації (МДж/м²) за середніх умов хмарності на станції Одеса за різні періоди.

На рис. 4.9-4.10 представлено річні суми сумарної сонячної радіації за різних умов хмарності за три кліматичних періоди.

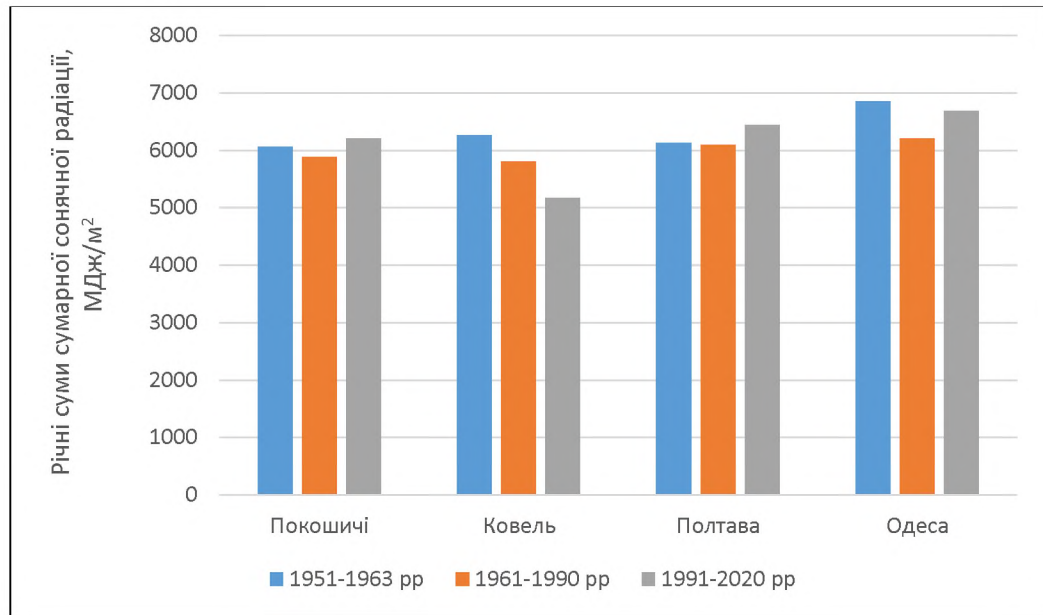


Рисунок 4.9 – Річні суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба, МДж/м²

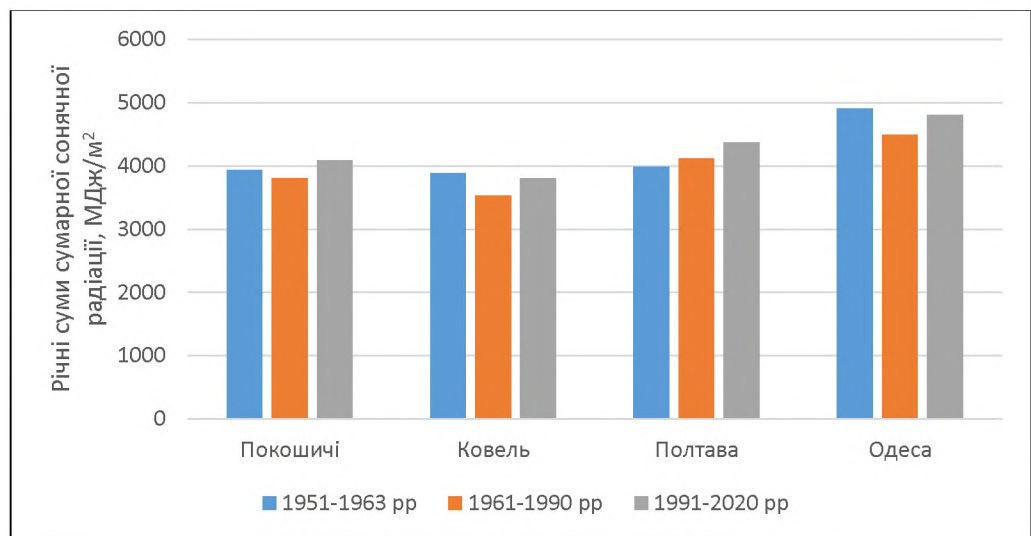


Рисунок 4.10 – Річні суми сумарної сонячної радіації за середніх умов хмарності, МДж/м²

Річні розподіли мають чітко виражений характер з максимумом в червні чи в липні. Виключенням є станція Ковель, де в період 1991-2020 рр. виявлено певну хвилю в літній сезон з мінімумом в липні і максимумами в червні і серпні. Суми сумарної радіації відрізняються за різних умов стану неба для різних регіонів: влітку ці зміни коливаються в межах 10-30 %, взимку ці показники можуть змінюватися в 1,5-2,5 рази (особливо в період 1991-2020 рр.). Річні суми сумарної радіації загалом є меншими впродовж кліматичної норми 1961-1990 рр. у порівнянні з іншими кліматичними періодами.

Гістограми, які характеризують річні показники за 3 періоди, суттєво не відрізняються, окрім показників на станції Ковель. Тут річна сума сумарної сонячної радіації за умов ясного неба найбільша за 1951-1963 рр. і поступово зменшується від періоду до періоду. В Полтаві навпаки, річні суми збільшуються від першого до третього періоду. На станціях Покошичі і Одеса фіксуємо певний коливальний характер з мінімумом в другому періоді. За середніх умов хмарності на станціях також спостерігаємо схожий розподіл сумарної радіації, за винятком Полтави. Тут відбувається збільшення річних сум від першого до третього періоду.

5 АНАЛІЗ ТРИВАЛОСТІ СОНЯЧНОГО СЯЙВА

5.1 Тривалість сонячного саява за різні кліматичні періоди

В табл. 5.1 представлено тривалість сонячного саява на 4 станціях за 1951-1963 рр. Як ми можемо побачити, за цей період найбільші тривалості сонячного саява в Одесі у липні, та сягає 349 години. Найменше значення в липні в Ковелі, та воно становить 251 години. За рік найменші значення спостерігаються в грудні на всіх чотирьох станціях – 23 години, 27 годин, 36 годин та 60 годин відповідно табл. 5.1. Найбільші річні значення спостерігаються в південній частині країни, в Одесі – 2308 години, найменші в західній частині, у Ковелі – 1872 години.

Таблиця 5.1 – Тривалість сонячного саява за 1951-1963 рр., год

Назва станції	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Покошичі	35	65	113	174	280	270	289	250	174	127	55	23	1855
Ковель	39	57	119	160	243	260	251	226	189	124	43	27	1738
Полтава	46	70	121	169	247	280	293	270	205	134	60	36	1931
Одеса	70	80	143	208	277	305	349	322	250	175	69	60	2308

Табл. 5.2 показує нам тривалість сонячного саява на 4 станціях за 1960-1990 рр. Як ми можемо побачити, за цей період найбільші тривалості сонячного саява знов ж таки в Одесі у липні, та сягає 313 години. За рік найменші значення спостерігаються в грудні на всіх чотирьох станціях – 27 години, 36 годин, 40 годин та 54 години відповідно табл. 5.2. Найбільші річні значення спостерігаються в південній частині країни, в Одесі – 2164 години, найменші в

західній частині, у Ковелі – 1814 години. Але на станції Покошичі показник не сильно відрізняється – 1827 години.

Таблиця 5.2 – Тривалість сонячного сяйва за 1961-1990 рр., год

Назва станції	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Покошичі	54	73	117	176	257	268	274	252	181	110	38	27	1827
Ковель	57	70	129	179	239	252	263	245	173	120	51	36	1814
Полтава	66	79	130	181	265	293	299	283	213	143	58	40	2050
Одеса	72	79	124	185	264	291	313	301	239	168	74	54	2164

У табл. 5.3 спостерігаємо тривалість сонячного сяйва на 4 станціях за 1991-2020 рр. Як ми можемо побачити, за цей період найбільші тривалості сонячного сяйва також у Одесі у липні, та сягає 348 години. За рік найменші значення спостерігаються в грудні на всіх чотирьох станціях – 23 години, 32 години, 41 години та 48 годин відповідно табл. 5.3. Найбільші річні значення спостерігаються в південній частині країни, в Одесі – 2308 години, найменші в західній частині, у Ковелі – 1872 години.

Таблиця 5.3 – Тривалість сонячного сяйва за 1991-2020 рр., год

Назва станції	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Покошичі	36	66	140	200	275	298	294	275	186	109	36	23	1938
Ковель	43	66	136	197	254	268	272	263	172	119	50	32	1872
Полтава	53	76	136	196	263	285	292	281	209	126	51	41	2009
Одеса	55	88	153	219	299	315	348	323	239	158	63	48	2308

На рис. 5.1 представлено тривалість сонячного сяйва на станції Покошичі за 3 періоди. Як ми можемо побачити, найбільше значення тривалості сонячного спостерігається в червні за 1991-2020 рр. та сягає 298 години. В грудні показник за 1991-2020 рр. та за 1951-1963 рр. однаковий та становить 23 години, а в лютому він становить 66 години та 65 годин відповідно. За 1961-1990 рр. показник в лютому трішки більше, 27 годин. В літній період показники за 1961-1990 рр. найменші.

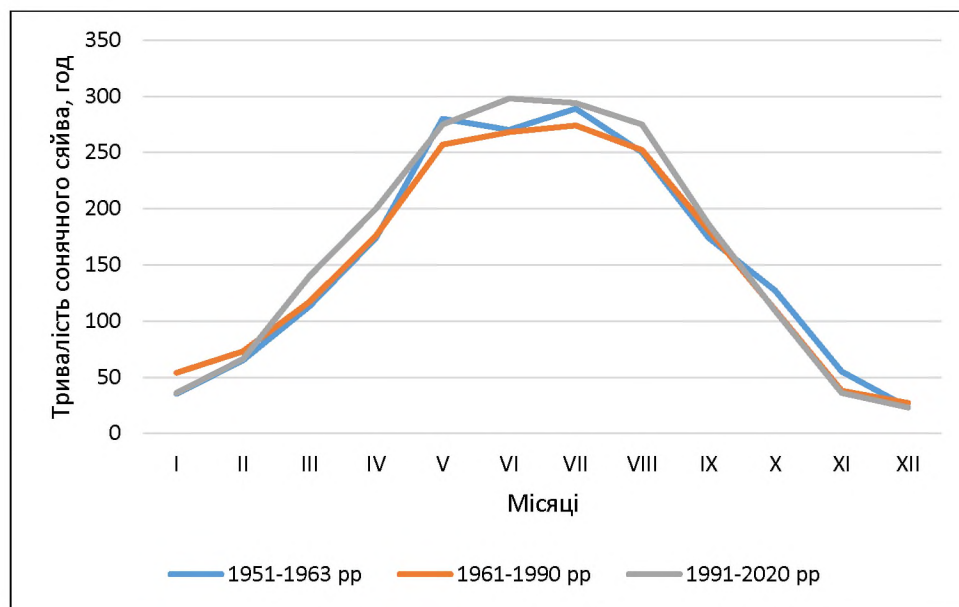


Рисунок 5.1 – Тривалість сонячного сяйва на станції Покошичі за різні періоди, год

Рис. 5.2 показує нам тривалість сонячного сяйва на станції Ковель за 3 періоди. Як ми можемо побачити, найбільше значення тривалості сонячного спостерігається в червні за 1991-2020 рр. та сягає 272 години. Взагалі показники за цей період більші за інші періоди протягом весни та літа. Значення у жовтні за 3 періоди дуже близькі: за 1951-1963 рр. показник становить 124 години, за 1961-

1990 рр. – 120 години та за 1991-2020 рр. – 119 години. У зимній сезон найбільші показники спостерігаються за 1961-1990 рр.

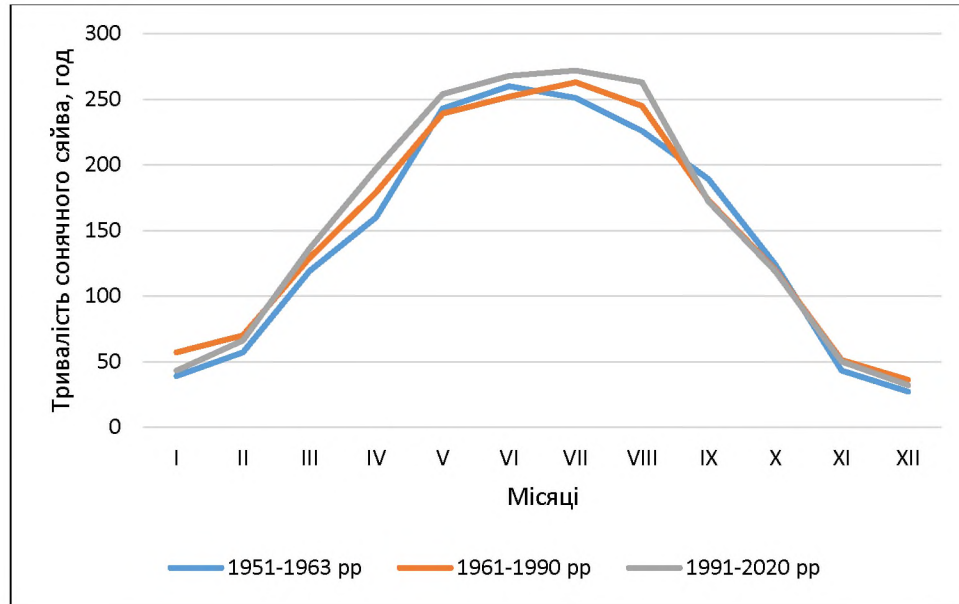


Рисунок 5.2 – Тривалість сонячного сьйва на станції Ковель за різні періоди, год

По рис. 5.3 можна проаналізувати тривалість сонячного сьйва на станції Полтава за 3 періоди. Як ми можемо побачити, протягом року значення показника за всі три періоди дуже близькі. Найбільша розбіжність спостерігається у квітні. У зимній та літній періоди найбільші показники спостерігаються за 1961-1990 рр. Протягом весни найбільші показники бачимо за 1991-2020 рр. Найбільше значення тривалості сонячного спостерігається в червні за 1961-1990 рр. та сягає 299 години. Але в порівнянні з іншими періодами різниця не велика: за 1951-1963 рр. показник становить 293 години та за 1991-2020 рр. він сягає 292 години.

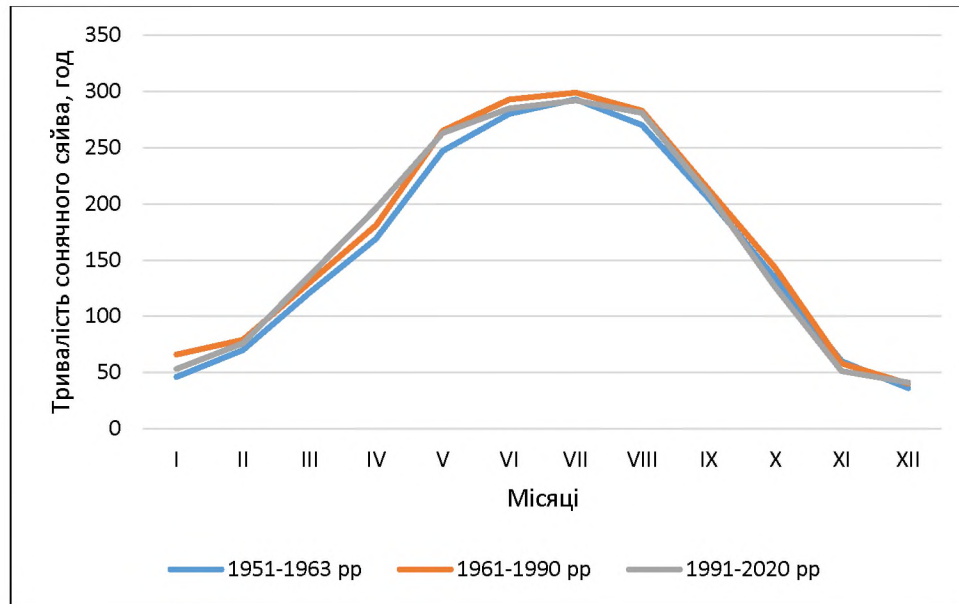


Рисунок 5.3 – Тривалість сонячного сяйва на станції Полтава за різні періоди, год

На рис. 5.4 спостерігаємо тривалість сонячного сяйва на станції Одеса за 3 різні періоди. Як ми можемо побачити, найбільше значення тривалості сонячного спостерігається в червні за 1951-1963 pp. та сягає 349 години. Але за 1991-2020 pp. він становить 348 години, тому різниця невелика. В осінню пору року показники за всі 3 періоди дуже схожі та майже не відрізняються. Протягом весни та літа найменші показники були за 1961-1990 pp. а найбільші за 1991-2020 pp.

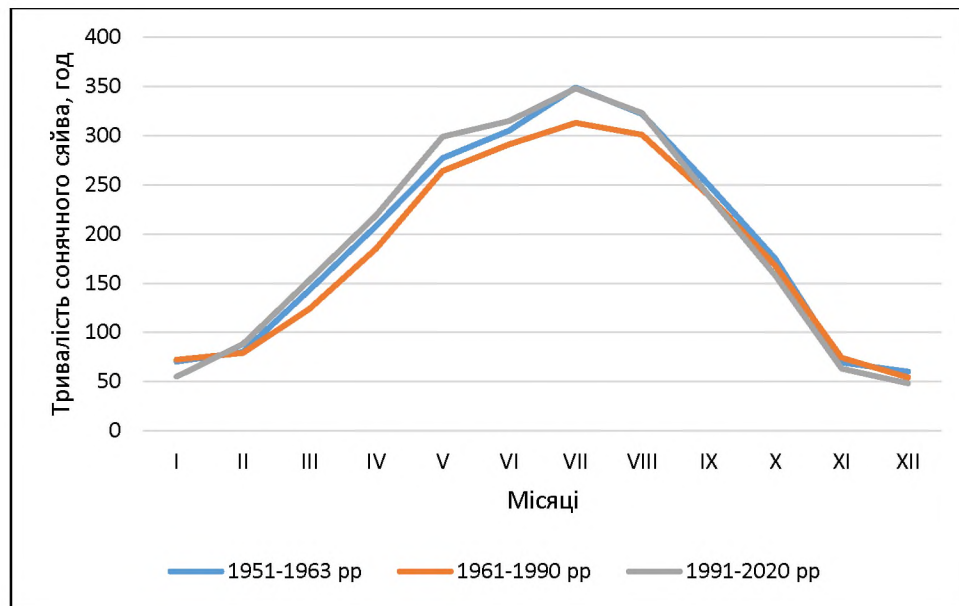


Рисунок 5.4 – Тривалість сонячного сяйва на станції Одеса за різні періоди, год

5.2 Тривалість сонячного сяйва за сценарними розрахунками

В табл. 5.4 і на рис. 5.5 представлено значення тривалості сонячного сяйва на станції Ковель за 1951-1963 pp., 1961-1990 pp., 1991-2020 pp, сценарієм RCP 4.5 та сценарієм RCP 8.5. Як ми можемо побачити, розрахунки за сценаріями RCP 4.5 та RCP 8.5 практично ідентичні, криві розподілу йдуть паралельно одна одній. Найбільша розбіжність зустрічається в липні, значення тривалості сонячного сяйва за сценарієм RCP 4.5 становить 349 години, а за сценарієм RCP 8.5 – 372 години. Значення за періоди 1951-1963 pp., 1961-1990 pp., 1991-2020 pp. також дуже схожі, у липні немає великої розбіжності, та в зимню пору року значення відрізняються всього на декілька годин. Якщо порівнювати сценарні показники та величини тривалості сонячного сяйва за різними періодами, то тут розбіжність є і в середньому становить 50 годин.

Таблиця 5.4 – Тривалість сонячного сяйва, год. Ковель

Періоди	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1951-1963	39	57	119	160	243	260	251	226	189	124	43	27	1738
1961-1990	57	70	129	179	239	252	263	245	173	120	51	36	1814
1991-2020	43	66	136	197	254	268	272	263	172	119	50	32	1872
Сценарій RCP 4.5	91	106	176	236	283	300	349	288	236	169	110	71	2416
Сценарій RCP 8.5	89	106	187	249	273	286	372	278	241	178	113	76	2448

Щодо річних показників, можемо побачити, що найбільший показник спостерігається за сценарієм RCP 8.5 – це 2448 години, але слід відмітити, що показник за сценарієм RCP 4.5 не сильно відрізняється – 2416 години, тобто різниця всього 32 години. Значення річних показників за сценаріями та періодами відрізняються, в середньому на 600 годин. Якщо порівнювати періоди, то найбільше значення річного показника спостерігається за 1991-2020 рр. – це 1872 години. Найменше значення річного показника було за 1951-1963 рр. – 1738 години.

В табл. 5.5 і на рис. 5.6 представлено значення тривалості сонячного сяйва на станції Одеса за різними періодами, такими як: 1951-1963 рр., 1961-1990 рр., 1991-2020 рр., сценарієм RCP 4.5 та сценарієм RCP 8.5. Як ми можемо побачити, сценарій RCP 4.5 та сценарій RCP 8.5 ідентичні, як і на станції Ковель. Більш того, значення тривалості сонячного сяйва однакові в березні, липні та в листопаді. Значення за періоди 1951-1963 рр. і 1961-1990 рр. також схожі. Найбільша розбіжність в липні, 349 та 313 годин відповідно. Якщо порівнювати значення за сценарними даними та значення за 1951-1963 рр., 1961-1990 рр., 1991-2020 рр., то тут розбіжність є і в середньому складає 70 годин.

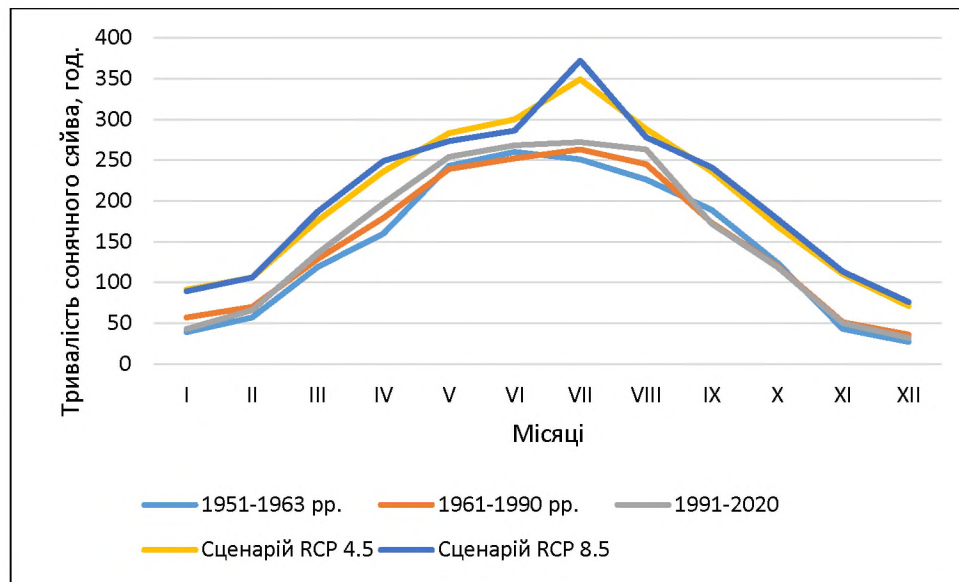


Рисунок 5.5 – Тривалість сонячного сяйва за різні періоди, год. Ковель

Також слід відмітити, що значення за 1951-1963 pp. та 1991-2020 pp. дуже схожі, в середньому відрізняються на 10 годин, а у липні та серпні значення відрізняються лише на 1 годину.

Таблиця 5.5 – Тривалість сонячного сяйва, год. Одеса

Періоди	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
1951-1963 pp.	70	80	143	208	277	305	349	322	250	175	69	60	2308
1961-1990 pp.	72	79	124	185	264	291	313	301	239	168	74	54	2164
1991-2020 pp.	55	88	153	219	299	315	348	323	239	158	63	48	2308
Сценарій RCP 4.5	148	169	229	288	331	384	446	394	321	241	171	135	3257
Сценарій RCP 8.5	144	168	229	270	328	390	446	390	336	250	171	137	3259

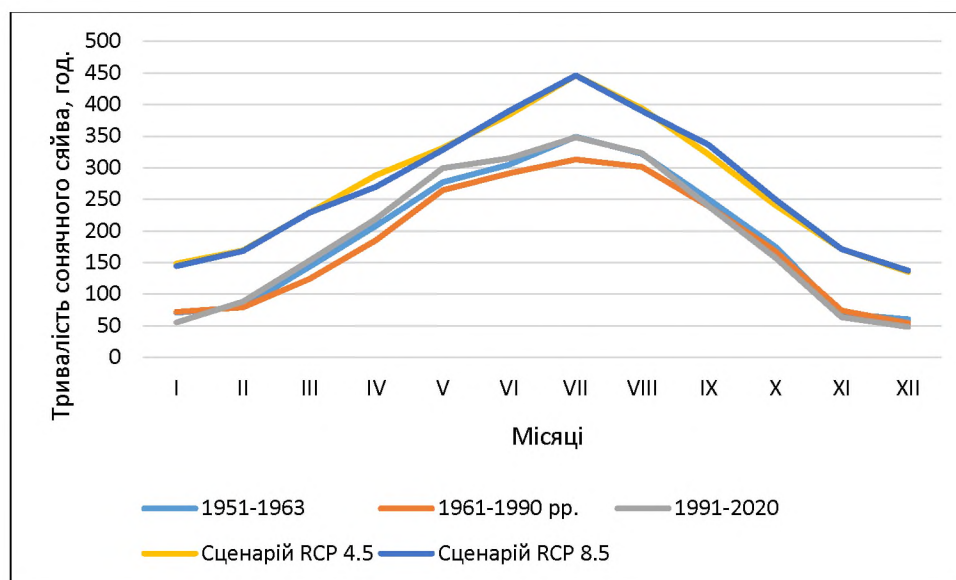


Рисунок 5.6 – Тривалість сонячного сяйва за різні періоди, год. Одеса

Аналіз річних показників тривалості сонячного сяйва вказує, то найбільша кількість спостерігається за сценарієм RCP 8.5 – це 3259 години, але ця кількісна характеристика більше всього на 2 години в порівнянні зі сценарієм RCP 4.5. За 1951-1963 рр. та 1991-2020 рр. кількість годин однакова та складає 2308 години. Найменше значення річного показника спостерігається за 1961-1990 рр. – 2164 години.

ВИСНОВКИ

Аналіз радіаційного режиму для регіонів України для різних періодів показує, що найбільші показники є характерними для Одеси.

Найбільші річні суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба за період 1951-1963 рр. спостерігаються на півдні країни – на станції Одеса, річна сума становить 6859 МДж/м². Другий максимум виявлено на території західної України – 6264 МДж/м². На станції Полтава, що характеризує центральну Україну, річна сума дорівнює 6132 МДж/м². Мінімум зафіксовано на півночі країни – на станції Покошичі, що складає 6067 МДж/м².

Найбільші річні суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба за період 1961-1990 рр. спостерігаються на півдні країни – на станції Одеса, річна сума становить 6211 МДж/м². Другий максимум виявлено на території центральної України – 6097 МДж/м². На станції Покошичі, що характеризує північну Україну, річна сума дорівнює 5890 МДж/м². Мінімум зафіксовано у західній частині країни – на станції Ковель, що складає 5810 МДж/м².

Найбільші річні суми сумарної сонячної радіації за умов ясного неба за період 1991-2020 рр. спостерігаються на півдні країни – на станції Одеса, річна сума становить 6689 МДж/м². Другий максимум виявлено на території центральної України – 6443 МДж/м². На станції Покошичі, що характеризує північну Україну, річна сума дорівнює 6209 МДж/м². Мінімум зафіксовано у західній частині країни – на станції Ковель, що складає 5172 МДж/м².

Аналіз потоків сумарної радіації на території України за різні кліматичні періоди за різних умов стану неба показує, що максимальні суми є характерними для Одеси, мінімальні – для Ковеля. Річні розподіли мають чітко виражений характер з максимумом в червні чи в липні. Виключенням є станція Ковель, де в період 1991-2020 рр. виявлено певну хвилю в літній сезон з мінімумом в липні і

максимумами в червні і серпні. Суми сумарної радіації відрізняються за різних умов стану неба для різних регіонів: влітку ці зміни коливаються в межах 10-30 %, взимку ці показники можуть змінюватися в 1,5-2,5 рази (особливо в період 1991-2020 рр.). Річні суми сумарної радіації загалом є меншими в період кліматичної норми 1961-1990 рр.

За період 1951-1963 рр. найбільша тривалість сонячного сяйва в Одесі в липні сягає 349 годин. Найменше значення в липні в Ковелі, що становить 251 годину. За рік найменші значення спостерігаються в грудні на всіх чотирьох станціях і коливаються в межах від 23 годин в Покошичах і до 60 годин в Одесі.

На всіх досліджених станціях за 1960-1990 рр. найбільша тривалість сонячного сяйва зафіксована в Одесі у липні та сягає 313 години. За рік найменші значення спостерігаються в грудні на всіх чотирьох станціях – від 27 години в Покошичах до 54 годин в Одесі.

На всіх станціях за 1991-2020 рр. найбільша тривалість сонячного сяйва також у Одесі у липні та сягає 348 години. За рік найменші значення спостерігаються в грудні на всіх чотирьох станціях – від мінімальних показників в Покошичах до найбільших в Одесі.

Аналіз річних показників тривалості сонячного сяйва вказує, то найбільша кількість спостерігається за сценаріями RCP 8.5 і RCP 4.5. За 1951-1963 рр. та 1991-2020 рр. кількість годин однакова та складає 2308 години. Найменше значення річного показника спостерігається за 1961-1990 рр.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Використання сонячної енергії для теплопостачання – перший крок до енергетичної незалежності [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://pda.Aratta-ukraine.com/text_ua.php?id=1639.
2. Недострелова Л.В. Вплив кліматичних змін на галузі економіки України. Частина III : конспект лекцій. Одеса, 2021. 112 с.
3. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Потенціал геліоенергетичних кліматичних ресурсів сонячної радіації в Україні. Український географічний журнал, 2015, № 4. С. 16-23.
4. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Моніторинг геліоенергетичних ресурсів України. Український гідрометеорологічний журнал, 2017, №19. С. 65-71.
5. Fernando M. Camilo, Rui Castro, M.E. Almeida, V. Fernão Pires Economic assessment of residential PV systems with self-consumption and storage in Portugal [Solar Energy. Volume 150](#), 1 July 2017, Pages 353-362.
6. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах змін клімату: монографія / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. ОДЕКУ, 2018. 548 с.
7. 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.
8. Степаненко С.М. Динаміка та моделювання клімату: підручник. Одеса : Екологія, 2013. 204 с.

9. 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.
10. Physical processes (CY23R4) / P.W. White // Technical report European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), 2001.
11. Randall, D.A., R.A. Wood, S. Bony et al. Climate models and their evaluation. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
12. Ettema J. Higher surface mass balance of the Greenland ice sheet revealed by high-resolution climate modeling / J. Ettema, M. R. van den Broeke, E. Van Meijgaard [et al.] // *Geophys. Res. Lett.* 2009, No. 36 (L12501).
13. Кліматичний довідник «Сонячна радіація, радіаційний баланс і сонячне сяйво». Випуск 10, частина I. Київ, 2000. Електронний ресурс.
14. Кліматичний кадастр України (стандартні кліматичні норми за період 1961-1990 рр.). Державна гідрометеорологічна служба та ін. УНДГМІ-ЦГО, Київ, 2006. Електронний ресурс.