ЗМІСТ

ВСТУП 4

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ 6

2 БАГАТОРІЧНИЙ РЕЖИМ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ У МІНУЛОМУ 10

2.1 Зміни клімату України у мінулому 10

2.2 Температурний режим м. Одеса у мінулому 11

3 БАГАТОРІЧНИЙ РЕЖИМ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ У МАЙБУТНЬОМУ 18

3.1 Зміни клімату України у майбутньому 18

3.2 Прогноз температури повітря м. Одеса згідно зі сценарієм RCP4.5 25

3.3 Прогноз температури повітря над Одесою згідно зі сценарієм RCP2.6 30

3.4 Порівняльний аналіз прогнозованих даних за сценаріями RCP4.5 та RCP2.6 34

ВИСНОВКИ 39

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 41

ВСТУП

Проблема змін і коливань клімату є однією з важливих і перспективних проблем сучасної кліматології, бо ці зміни супроводжуються негативними наслідками для економіки і умов проживання людини. Наукова і практична сторона цієї проблеми зводиться до оцінки тенденції кліматичних коливань і прогнозу змін клімату в майбутньому. Це визначає актуальність даної проблеми як в глобальному, так і регіональному масштабах [5].

Температурний режим є найбільш суттєвою характеристикою клімату тому дослідження багаторічного режиму температури повітря становить значний інтерес. Знання температурного режиму необхідно для рішення прикладних задач.

У зв'язку з цим розраховують багато різних кліматичних показників температури повітря. Основними показниками температури повітря можна вважати статистичні характеристики (середнє, дисперсія, коефіцієнт асиметрії та ін.) місячних, добових, строкових рядів температури, а також максимальні і мінімальні значення температури за добу, дати першого і останнього морозу, характеристики безперервної тривалості температури вище (нижче) заданої границі, декадні і пентадні температури. Сукупність цих показників надає достатньо повне уявлення про термічний режим в районі конкретної станції і дозволяє перейти значної кількості спеціалізованих кліматичних показників без повторного звернення до вихідних кліматологічних рядів.

Метою даної кваліфікаційної роботи є:

- дослідження середньомісячної і середньорічної температури повітря на ст. Одеса (Обсерваторія) за кліматичні періоди (1900-1930рр.), (1931-1960рр.), (1961-1990рр.) та (1991-2020рр.); визначення їх тенденцій;
- дослідження середньомісячної і середньорічної температури повітря на ст. Одеса за прогностичний період (2021-2050рр.) за

даними моделей основних Європейських центрів прогнозу погоди згідно двома сценаріям RCP2.6 і RCP4.5; оцінка їх змін з визначенням тенденцій;

- Розрахунок основних статистичних характеристик часових рядів за кожний кліматичний і прогностичний періоди;
- Порівняння основних показників термічного режиму за даними різних прогностичних моделей та сценаріям між собою з визначенням найбільш жорсткої моделі за двома сценаріям прогнозу погоди;

Вихідними даними послужили:

- Середньомісячна температури повітря на ст. Одеса за період (1900-2000 рр.) за даними кліматичного довідника та кліматичного кадастру [2];
- Середньомісячна температури повітря на ст. Одеса за період (2000-2020 рр.) за даними строкових метеорологічних спостережень [10];
- Середньомісячна прогностична температури повітря на ст. Одеса за період (2021-2050рр.) за добовими даними різних моделей та сценаріїв [9].

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС РАЙОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Велика частина території Одеської області відноситься до Причорноморської низовини. У північній частині області розташовані відроги Подільської височини (висота до 268 м), порізані глибокими балками і ярами. Зі сходу і південно-сходу омивається Чорним морем, на березі якого — численні лимани (найбільший — Куяльницький). У межиріччі Дністра і Прута вздовж кордону з Молдовою висоти досягають 232 м. Характерна значна густота та глибина розчленування поверхні балковою мережею, глибина врізу долин місцями досягає 120 м.

Одеса розташована на південно-західній околиці Причорноморської низовини, що обривається крутим уступом до берегів Чорного моря. Середня висота степового плато становить близько 45-50 м.

Місто широкою смугою простягнувся вздовж узбережжя Одеської затоки на відстані 50 км від сел. Котовського на півночі до сел. Чорноморки на півдні. Площа міста приблизно дорівнює 150 км^2, в адміністративному відношенні він розділений на сім районів.

У межах прибережної зони спостерігається невелике зменшення висот плато у напрямку на південь і південний захід.

У північно-західному напрямку висота плато підвищується від Одеси до ст. Дачної приблизно вдвічі. Таким чином у напрямку на північний захід висота плато збільшується в середньому на 2 м на кожен кілометр.

Рівнинний характер плато порушується ярами і балками, спрямованими своїми гирлами до моря, до долини Хаджибейського лиману. Найбільші балки - Аркадійський, Середньофонтанська, Велико-Фонтанська, Чорноморська, Безіменний яр, Ковалевська; в північній частині міста на правому схилі Хаджибейського лиману - Водяна, Крива, Усатівська, Нерубайська. Глибокі балки, що прорізуються плато, відіграють велику роль в регулюванні стоку атмосферних опадів.

Найнижчі позначки в Одесі зареєстровані в районі Пересипу - території стародавніх гирлових і заплавних частин лиманів, яка відділяє Хаджибейський і Куяльницький лимани від Чорного моря.

Пересип розділяється ділянкою плато - Жеваховою горою, яка має ширину 1,5 км і рельєф з плоско-хвилястим характером: берегової вал висотою від 2 до 4 м над ур. м., в сторону суші плоскі горби чергуються зі зниженнями, які нерідко лежать нижче рівня моря на 0,5-1,5 м. Прибережні ділянки плато знаходяться в зоні інтенсивних зсувних процесів.

До основних факторів, що формує і створює рельєф узбережжя Одеси, відносяться зсуви і абразія. Ці два фактори у взаємодії викликають швидке настання моря на сушу. Море просувається в бік суші в середньому до 1 м в рік, але цей наступ нерівномірно на різних ділянках. На нерівномірність вказує чергування на узбережжі скелястих мисів і дрібних бухт. Інтенсивний розмив берега і дна моря поблизу Одеси, як і в усьому північно-західному районі, пояснюється малою опірністю розмиву порід, що складають узбережжі (глини і м'які вапняки). Абразія безперервно створює умови відновлення зсувів, порушуючи стійкість берегового укосу.

В даний час більшість ділянок берегової зони відчувають дефіцит наносів. Основна їх маса має змішаний склад і будучи викинута з дна до берега, концентрується на пересипах. Надходження нових мас наносів, за винятком невеликої кількості матеріалу, що утворюється в результаті руйнування черепашкових вапняків, майже не спостерігається.

В результаті активних зсувних переміщень майже по всьому узбережжю (між крутим обривом корінного плато і морем) утворилася зсувна тераса, ширина якої від 8 до 280 м.

В даний час в Одеській затоці, на південь від порту, проведені великі роботи по боротьбі зі зсувами. На ділянці протяжністю близько 12 км (між мисами Ланжерон і Великий Фонтан) здійснено повний комплекс протизсувних заходів, який включає: створення штучних пляжів, утримуваних в умовах вздовж берегових течій системою підводних хвилеломів і траверсів

для боротьби з морською абразією; перехоплення і організований відвід підземних вод; відведення поверхневих вод з допомогою канав, лотків; зрізка і упологівання схилів; закріплення поверхні схилів травосіянням, насадженням дерев і чагарників.

Здійснення комплексу протизсувних заходів дозволило істотно знизити активність зсувів. Проведені заходи дозволили більш повно використовувати природні умови прибережної зони міста для організації відпочинку та оздоровлення трудящих.

Переважна частина території Одеси і її приміських зон має порівняно хорошими умовами для ведення житлового та промислового будівництва, що і сприяло зростанню і розширенню міста. Будівництво відбувається комплексно, великими житловими масивами, переважно на вільних територіях. В останнє десятиліття з'явилися такі нові житлові райони, як Південно-Західний і Таїрова в південно-західній частині міста, сел. Котовського - в північній.

При розвитку нових та реконструкції старих районів велика увага приділяється озелененню. Зелень в нових мікрорайонах займає 50-60% території. У центральній частині міста (внаслідок історичної особливості забудови) майже відсутні внутрішньоквартальні насадження, проте, в подальшому планується продовжувати озеленення і в цій частині Одеси. В даний час в місті є 4214 га зелених насаджень всіх категорій, що становить 62 $м^2$ на людину.

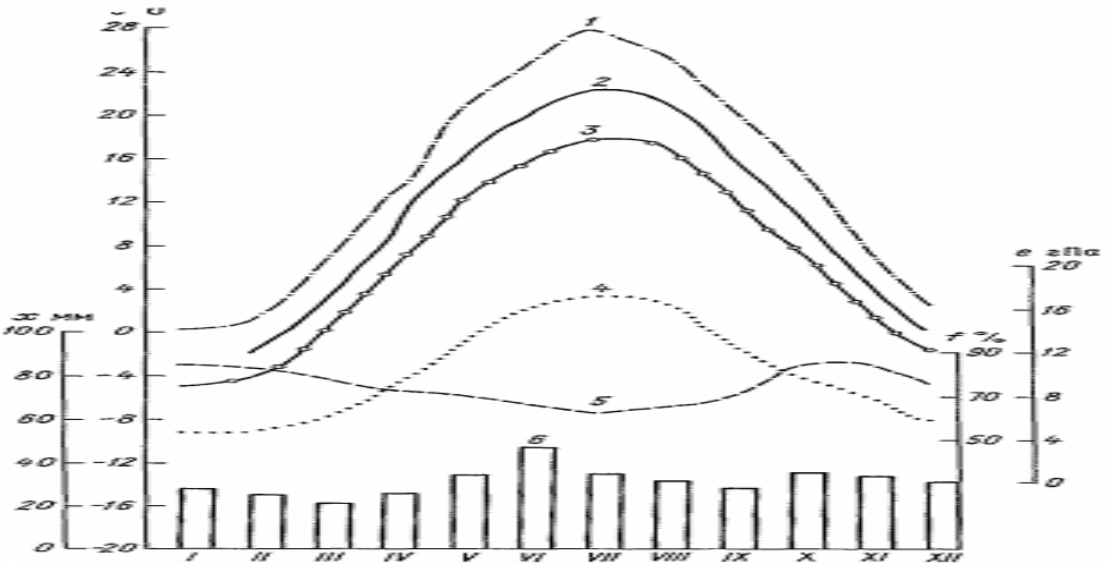
За ландшафтної класифікації кліматів Л. С. Берга, клімат Одеси належить до клімату степів, для якого характерне переважання літніх опадів, досить тепла зима і спекотне літо.

За класифікацією кліматів М. І. Будико, заснованої на взаємозв'язку теплового і водного балансів підстильної поверхні, клімат Одеси також відноситься до степової зони.

За агрокліматичним районуванням, де враховується тепло і вологозабезпеченість району, клімат Одеси належить до помірного теплого

клімату з недостатнім зволоженням. Як показник теплозабезпеченості зазвичай використовується сума активних температур повітря в теплий період року зі стійкою температурою вище 10 °С. Для Одеси ця сума дорівнює 3260°С.

Загальна фонове уявлення про клімат дають середні характеристики, представлені на рис. 1.1.



1, 3 - Середній максимум і мінімум температури повітря, ° С;
2 - Середня місячна температура повітря, ° С;
4 - Парціальний тиск водяної пари, гПа;
5 - Відносна вологість повітря, %;
6 - Середня місячна сума опадів, мм.

Рисунок 1.1 - Річний хід основних метеорологічних величин [3]

На формування клімату головне вплив робить море. Північно-західна частина Чорного моря в районі Одеси значно відрізняється по своїй морфології, гідрології та гідрохімії від інших районів.

2 БАГАТОРІЧНИЙ РЕЖИМ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ У МІНУЛОМУ

2.1 Зміни клімату України у мінулому

Клімат Землі як планети постійно змінювався. За останній мільйон років установлено близько 10 льодовикових та міжльодовикових періодів. За свідченням літопису, у IX – XI ст. на широтах центральної України було дуже тепло, тому росли теплолюбні рослини південних широт. З кінця XV до середини XIX ст. клімат став прохолоднішим, у зв'язку з чим цей період отримав назву „малого льодовикового" (температура в Україні була на 1,2–1,5^{0}С нижча від сучасної). Таки природні флуктуації будуть продовжуватися і в майбутньому [5].

Про напрямок і інтенсивність змін температурного режиму у сучасний період судять на основі аналізу осередненої річної температури Землі, яку вважають інтегральною характеристикою глобальної кліматичної системи. Аналіз емпіричних даних дозволив вченим зробити наступні висновки:

- у 40 х роках XX ст. закінчилося потепління у Північній півкулі, яке розпочалося на початок століття;
- до 70-х років тривав процес відносно незначних коливань клімату;
- у середині 70-х років у Північній півкулі потепління поновлюється з більшою інтенсивністю, ніж у попередні роки і продовжується до теперішнього часу. Максимальні додатні аномалії глобальної температури повітря характерні для останнього двадцятиріччя.

З кінця XIX до початку XXI ст. відбулося підвищення глобальної температури повітря у середньому на 0,60 °С, а поза тропічними широтами – на 0,80 °С. За окремі двадцятиріччя підвищення глобальної температури повітря у середньому становить 0,046 °С, за останні 30 років воно подвоїлось. Потеплінню планети передувала значна зміна складу атмосферного повітря –

інтенсивно зростав вміст газів, які утворюють парниковий ефект, джерелом яких значною мірою є антропогенна діяльність: вуглекислого газу на 25-30%, метану – у два рази, закису азоту – на 10% та інших малих домішок, які посилюють природну парникову дію. На думку багатьох вчених, якщо не вжити заходів, спрямованих на зменшення промислових викидів парникових газів, то у XXI ст. потепління буде посилюватися.

Дослідження, проведені вченими країни за даними метеорологічних спостережень на ряді метеорологічних станцій України протягом двадцятого та двадцять першого століттій, дозволив встановити ефект сезонно-географічного вирівнювання кліматичного поля приземних температур під впливом глобального потепління. За цей період потепліли, головним чином, північні регіони України в холодне півріччя. При цьому, це потепління майже вдвічі більше відносно глобального рівня, який практично співпадає з середнім для всієї території України. Найбільш інтенсивно збільшується температура повітря в окремі місяці (січень, лютий, березень) в Поліссі і Лісостепу. Середня місячна температура місяців теплого півріччя або практично не змінилась, або трохи знизилась. Спостерігається зменшення річної амплітуди температури повітря, що підтверджує гіпотезу про можливе зменшення континентальності клімату України [5].

2.2 Температурний режим м. Одеса за різні кліматичні періоди

Характерною рисою температурного режиму Одеси є тимчасова нестійкість, яка визначається одночасним впливом моря і суші.

До загальних показників температури повітря відносяться: середня місячна і річна значення. За даними середніх місячних температур можна простежити річний хід, час настання максимуму і мінімуму, амплітуду коливання температур, аномальні відхилення та інші характеристики.

Для отримання багаторічної середньомісячної температури повітря використовувалися за період 1900 по 1991 рр. дані кліматичного довідника і кліматичного кадастру України [2, 5], також, для отримання характеристик температури повітря за сучасний період з 1990 по 2020 рр. використовувались строкові дані метеорологічних спостережень на ст. Одеса, (Обсерваторія), які в подальшому були осереднені в добові та місячні значення [9]. Весь часовій ряд (120 років) для зручності був поділений на 4 кліматичні періоди: 1900-1930 рр., 1931-1960 рр., 1961-1990 рр. і 1991-2020 рр.

На рис. 2.1 представлено часової хід температури повітря, поділений на чотири кліматичних періодів тривалістю 30 років. За графіками можна бачити, як змінювалася кліматична норма за останні 120 років.

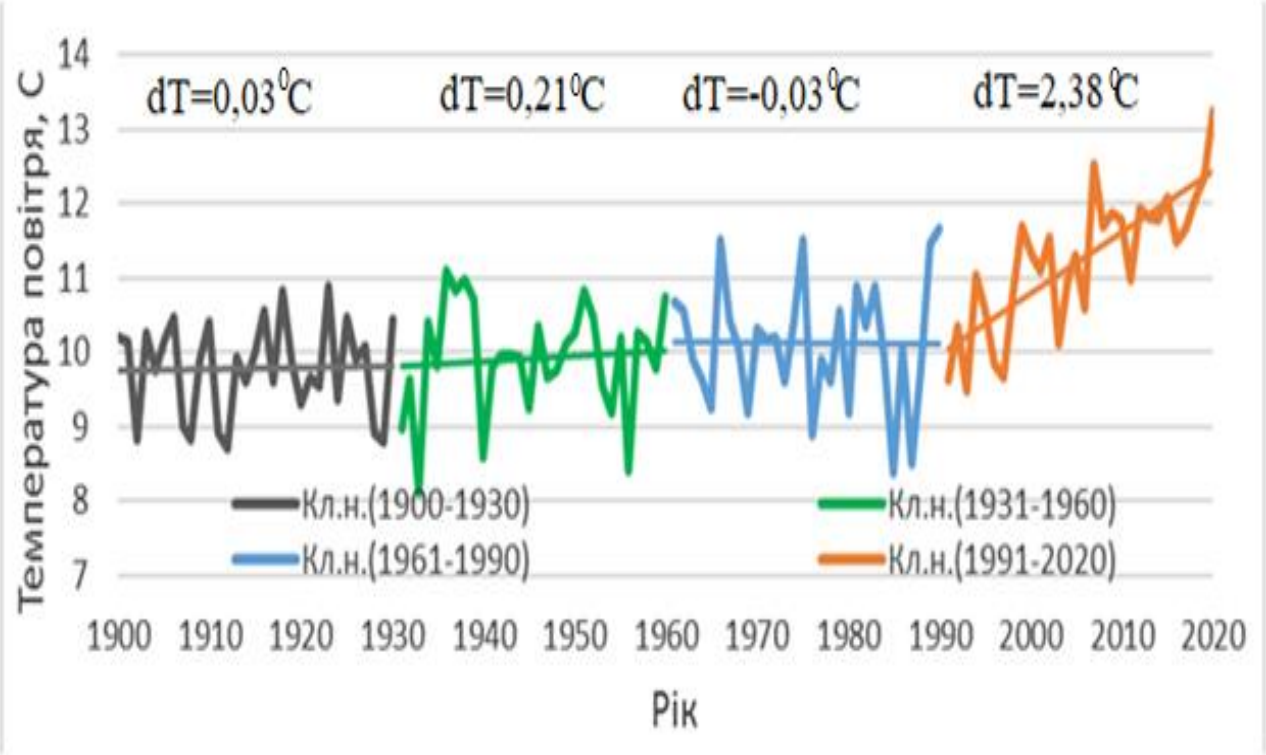


Рисунок 2.1 – Часовий хід середньорічної температури повітря за кліматичні періоди 1900-1930 рр., 1931-1960 рр., 1961-1990 рр. і 1991-2020 рр. та їх тенденції

Період з 1900 по 1930 рр. характеризується незначними коливаннями річної температури і практично відсутністю зміни тенденції (dT=0,03°C). Середня річна амплітуда температури повітря дорівнює 24,8 °C, середня річна температура за цей період дорівнює 10,2°C, але починаючи з 1930 р, що співпадає зі зростанням промисловості, коливання середньорічних значень температури повітря збільшилися (A=27,6°C), з'явилася додатна тенденція зростання температури (dT=+0,21°C). Однак середня температура за цей період кілька зменшилася (9,9°C) за рахунок появі екстремально низьких температур. Найбільш холодні роки за цей період – 1933р., 1956р. із середньою температурою року 8,1°C, найтепліші за цей період роки – 1937р., 1951р. із середньою річною температурою 11,1°C. Далі коливання незначно зменшилися, середня річна амплітуда температури повітря за період (1961-1990 рр.) дорівнює 23,1°C. Найбільш холодними були роки 1985р. (8,4°C) і 1987р. (8,5°C), найтеплішими – 1966р., 1975р. (11.5°C) та 1990р. (11,7°C), середня річна температура – 10,1°C. Однак, починаючи з 1989р. відбувся різкий стрибок температури, який добре описаний багатьма авторами і збігається із загальною концепцією глобального потепління на межі двох століттій. Такий стрибок, насамперед, пов'язаний зі збільшенням викидів основного парникового газу CO_2 і, як наслідок, зміни циклонічної діяльності в атмосфері. Зростання температури за сучасний кліматичний період з 1990 по 2020 рр. склало +2,4°C, а середня температура в порівнянні з попереднім періодом зросла більш ніж на 1 градус і досягла значення 11,24°C (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Основні статистичні характеристики кліматичних періодів 1900-1930 рр., 1931-1960 рр., 1961-1990 рр. і 1991-2020 рр.

міс	**Клім. період (1900-1930)**						**Клім. період (1931-1960)**					
	сер	мін	макс	СКО	асим	ексц	сер	мін	макс	СКО	асим	ексц
1	-3,00	-7,90	2,10	2,53	-0,18	-0,63	-2,18	-9,00	3,70	3,27	-0,40	-0,30
2	-2,17	-12,40	3,50	3,36	-0,96	1,54	-1,84	-11,30	2,80	2,94	-1,57	3,41
3	2,34	-2,50	5,40	2,03	-0,58	-0,24	1,86	-2,60	4,80	1,67	-0,29	0,71
4	8,22	4,20	11,40	1,38	-0,63	1,70	8,42	5,30	11,00	1,42	-0,25	-0,19
5	15,04	11,90	17,80	1,59	-0,02	-0,51	14,98	12,30	18,30	1,58	0,33	-0,67
6	19,28	17,20	23,00	1,28	0,86	1,96	19,69	16,50	22,50	1,46	-0,35	-0,04
7	21,82	18,60	24,00	1,14	-0,66	1,27	22,43	20,00	26,40	1,47	0,91	1,02
8	21,35	19,30	25,90	1,48	1,05	1,49	21,60	19,90	24,30	1,07	0,61	0,34
9	16,67	14,20	20,60	1,68	0,84	-0,16	17,06	13,90	20,10	1,59	-0,08	-0,40
10	11,21	5,70	16,60	2,22	-0,10	0,73	11,17	7,20	14,80	2,04	-0,01	-0,37
11	5,22	-0,90	11,70	2,90	-0,27	-0,07	5,44	1,00	9,20	1,95	-0,55	0,22
12	0,52	-4,60	3,90	2,20	-0,68	-0,03	0,51	-5,40	6,90	2,75	-0,02	-0,16
річ	**10,21**	**5,23**	**13,83**	**1,98**	**-0,11**	**0,59**	**9,93**	**5,65**	**13,73**	**1,93**	**-0,14**	**0,30**
А	**24.8**						**27.6**					
міс	**Клім. період (1961-1990)**						**Клім. період (1991-2020)**					
	сер	мін	макс	СКО	асим	ексц	сер	мін	макс	СКО	асим	ексц
1	-1,69	-9,40	2,40	2,93	-0,72	0,18	-0,53	-6,10	8,52	3,81	0,01	-0,24
2	-0,95	-9,20	4,30	2,84	-0,45	1,49	0,20	-3,36	8,84	3,38	-0,05	-0,33
3	2,59	-3,40	8,20	2,48	-0,35	0,65	4,20	0,93	12,25	3,30	0,00	-0,37
4	9,04	5,10	11,20	1,58	-0,49	-0,21	9,72	6,11	16,12	2,79	-0,16	-0,20
5	15,07	12,50	18,20	1,51	0,18	-0,62	16,13	11,16	20,94	2,76	-0,11	-0,17
6	19,38	17,40	21,90	1,23	0,64	-0,60	20,92	16,06	24,25	2,33	0,05	-0,09
7	21,45	19,90	23,90	1,25	0,45	-1,18	23,43	18,65	26,47	2,16	-0,13	0,21
8	21,16	18,20	23,00	1,28	-0,41	-0,81	23,19	18,21	26,90	2,52	0,00	0,08
9	17,00	14,90	19,40	1,20	0,44	-0,60	17,79	12,86	23,54	3,18	0,06	0,03
10	11,17	8,20	14,80	1,64	0,50	-0,14	11,99	6,24	19,20	3,92	0,04	-0,01
11	5,83	1,10	9,20	1,90	-0,14	-0,06	6,34	2,26	15,45	4,02	0,48	-0,23
12	1,36	-2,00	4,60	1,79	-0,01	-1,02	1,54	-2,93	11,65	4,31	0,56	-0,03
річ	**10,12**	**6,11**	**13,43**	**1,80**	**-0,03**	**-0,24**	**11,24**	**6,67**	**17,85**	**3,21**	**0,06**	**-0,11**
А	**23.1**						**24,0**					

На рис. 2.2 і 2.3 показаний річний хід середньомісячної температури за 4 кліматичних періодів та різниці між наступною та попередньою кліматичною нормою. Порівнюючи кліматичну норму двох періодів 1900 - 1930рр. і 1931- 1960 рр. між собою, бачимо, що середньомісячна температура повітря збільшилася в зимовий і літній сезони року (максимуми спостерігалися в січні +0,8°С і липні +0,6°С) і зменшилася в весняний та осінній сезони року, а саме спостерігалися від'ємні значення в березні (-0,5°С), травні та жовтні). Порівняльний аналіз між періодами (1931 до 1960 рр.) і (1961 до 1990 рр.) показав іншу картину: середньомісячна температура зросла в зимовий, з максимумом в січні, грудні (+0,9С) і зменшилася (-1,0°С) в літній період.

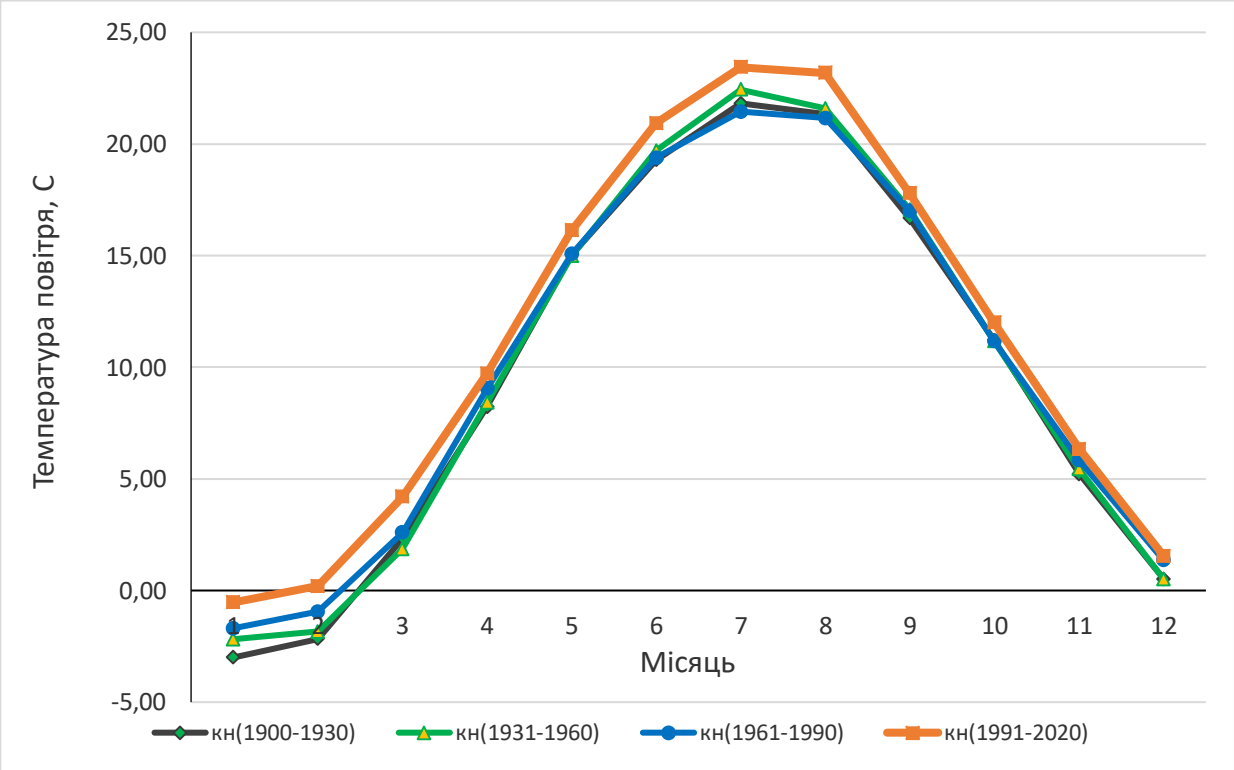
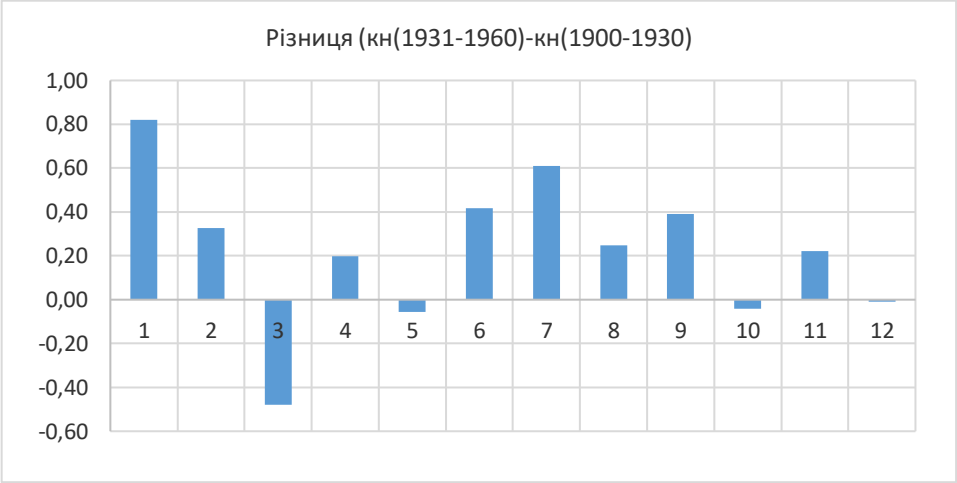
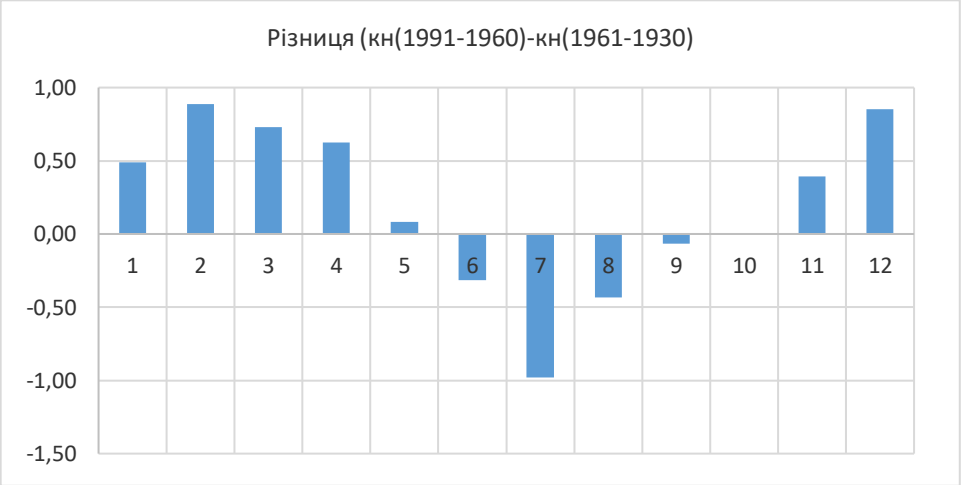


Рисунок 2.2 – Річний хід середньомісячної температури повітря за кліматичні періоди 1900-1930 рр., 1931-1960 рр 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр.





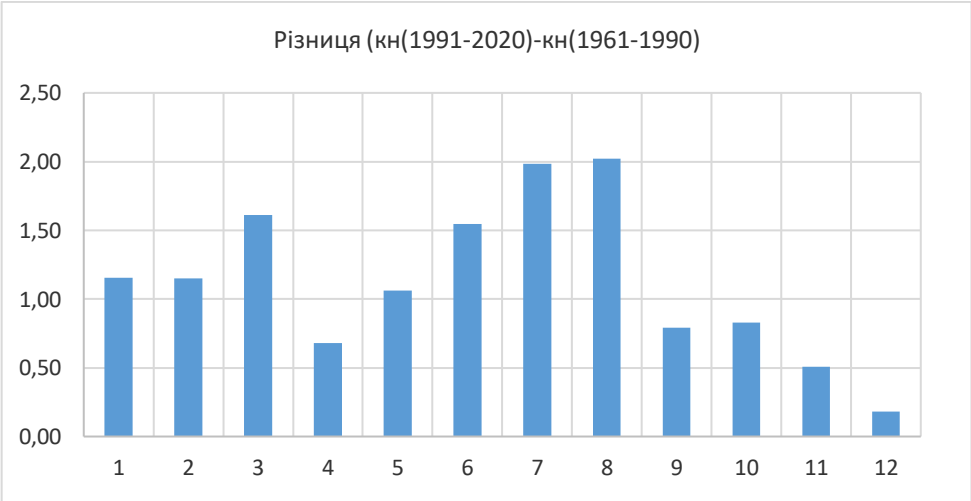


Рисунок 2.3 – Різниці середньомісячної температури повітря між кліматичними періодами 1900-1930 рр., 1931-1960 рр., 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр.

З рис 2.3 видно, що від'ємні різниці спостерігалися в березні, травні, жовтні та грудні місяцях, тобто температура за період з 1931-1960 була вище середньомісячної температури за період 1900-1930 рр.

При порівнянні двох періодів 1931-1960 рр. і 1961-1990 рр. між собою від'ємні різниці спостерігаються в літній період з червня по вересень, що вказує на зменшення температури у наступному кліматичному періоду (1961-1990рр.) при порівнянні з попереднім періодом (1931-1960 рр.). Падіння тенденції та середньорічної температури підтверджує це (рис. 2.1).

Наступний період характеризується від'ємною тенденцією (dT=-0,03°C) та малою амплітудою коливань (A=23,1°C), після якого відбувається різкий стрибок середньорічних температур, тенденція зростання температури досягала значення +2,38°C, а різниця між кліматичною нормою 1961-1990 рр. і сучасними середньомісячними значеннями температури 1991-2020 рр. показало додатні значення протягом всього року, тобто абсолютне перевищення температур за всі місяці за останнє 30-ти річчя при порівнянні з попереднім періодом (1961-1990 рр.).

3 БАГАТОРІЧНИЙ РЕЖИМ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ У МАЙБУТНЬОМУ

3.1 Зміни клімату України у майбутньому

На зміни кліматичних умов майбутнього буде впливати низка згаданих природних факторів. Разом з цим буде посилюватись роль антропогенного фактору, який вже сьогодні створив помітні зміни глобального клімату. Прогноз еволюції кліматичної системи є однією з найважливіших і найскладніших задач її дослідження. Через недостатній рівень наукових знань про ступінь та фізичні механізми впливу тих чи інших кліматоутворюючих факторів на кліматичну систему в різних масштабах часу, про взаємозв'язки між різними компонентами кліматичної системи у прогнозах щодо майбутніх змін стану глобальної кліматичної системи існує досить велика невизначеність.

Методологія нинішнього кліматичного прогнозу ґрунтується на уявленні про те, що сучасні зміни клімату багато в чому визначаються антропогенними факторами. Тому кліматичний прогноз розвивається відповідно до сценаріїв майбутніх змін вмісту в атмосфері парникових газів і тропосферних аерозолів, різних забруднюючих агентів за рахунок розвитку енергетики, промисловості та землекористування. Ці сценарії по суті своїй представляють експертні оцінки, будуються на основі демографічних прогнозів, оцінок імовірного економічного зростання, темпів споживання викопного палива.

Через те, що зміни клімату залежать від багатьох чітко не визначених чинників, існує деяка невизначеність і в оцінках майбутніх змін клімату, пов'язаних з цими чинниками. Тому у науковій літературі віддають перевагу використанню терміну «проекція клімату», а не «прогноз клімату», таким

чином підкреслюючи той факт, що результати моделювання залежать від вибраного сценарію і гіпотези, на якій базується цей сценарій.

Міжнародна група експертів по змінах клімату розробила довгострокові сценарії емісії парникових газів і аерозолю у XXI столітті, які опубліковано у Спеціальній доповіді про сценарії викидів у 2000 р. (сценарії SRES). Загальна кількість їх становить 40, і всі вони об'єднані у чотири основні сюжетні лінії – A1, A2, B1 та B2. Еволюція концентрацій різних парникових газів в атмосфері (CO_2, CH_4, N_2O тощо) протягом XXI століття визначалась за допомогою сучасних фотохімічних і вуглецевих моделей.

Сюжетна лінія і сценарне сімейство A1 описують майбутній світ таким, що характеризується найбільш швидким економічним зростанням, зростанням населення Землі, показники якого досягнуть пікових значень у середині XXI сторіччя з подальшим зменшенням, а також швидким впровадженням нових і більш ефективних технологій. Відбувається постійна інтеграція регіонів, утворення потенціалу і активізація культурних та соціальних взаємозв'язків при значному зменшенні регіональних розбіжностей у доходах на душу населення. При цьому можливі розбіжності у переважному використанні певних джерел енергії у майбутньому: A1F1 – значна частка викопних видів палива; A1T – невикопні (альтернативні) види топлива; A1B – рівновага між усіма видами. Так за сценарієм A1B до 2100 року концентрація основних парникових газів в атмосфері зросте порівняно з 1990 роком, прийнятим за базовий: CO_2 – у 2,03, CH_4 – у 1,16 і N_2O – у 1,21 рази.

За сценарієм A2 («найгірший сюжет» або «жорсткий») розвиток світу відбувається при збереженні місцевої самобутності і опори на власні природні ресурси, а також при постійному зростанні загальної чисельності населення у світі. Економічний розвиток має регіональну спрямованість, а економічне зростання у розрахунку на душу населення і технологічні зміни більш фрагментарні та відбуваються повільніше порівняно з іншими сюжетними лініями. У результаті такого розвитку очікується значне зростання концентрації основних парникових газів в атмосфері. До 2100 року

концентрації основних парникових газів в атмосфері збільшується порівняно з 1990 р.: CO_2 у 2,42, CH_4 у 2,19 і N_2O у 1,45 рази.

Сюжетна лінія і сценарне сімейство B1 («найбільш оптимістичний сюжет» або «м'який») описують рух світу з приростом глобального населення таким же, як і за сценарієм A1, проте за швидких змін в економічних структурах у напрямку сервісної та інформаційної економіки зі зменшенням матеріальної інтенсивності і впровадженням екологічно чистих і ресурсозберігаючих технологій. Головна увага приділяється глобальним рішенням в інтересах економічної, соціальної і екологічної стійкості, але без додаткових ініціатив, пов'язаних з кліматом. До 2100 р. концентрація CO_2 і N_2O в атмосфері зросте порівняно з 1990 р. відповідно у 1,53 і 1,22 рази, а концентрація CH_4 зменшиться на 6%.

За сценарієм B2 світовий розвиток буде зосереджений на рішенні локальних проблем економічної, соціальної і екологічної стійкості з населенням Землі, яке постійно збільшується, але є нижчим, ніж за сценарієм A2. Хоча цей сценарій орієнтований на охорону навколишнього середовища і рішення соціальних проблем, головна увага в ньому приділяється питанням регіонального розвитку. B2 близький до сучасного рівня розвитку, і прогностичне зростання емісії CO_2 в атмосферу приблизно відповідає його підвищенню в кінці XX сторіччя. У 2100 р. концентрація основних парникових газів збільшиться порівняно з базовим 1990 р.: CO_2 – у 1,76, CH_4 – у 1,75 і N_2O – у 1,18 рази.

До середини XXI століття розбіжності між сценаріями невеликі, у всякому разі, в середніх глобальних оцінках змін клімату, а до кінця століття очікується, що розбіжності між більш сильним потеплінням у разі реалізації сценарію A2 і рештою їх стануть значними.

У всіх згаданих сценаріях протягом перших десятиліть XXI століття глобальні викиди CO_2 в атмосферу будуть зростати.

Взагалі всі сценарії SRES вказують, що концентрація CO_2 в атмосфері до 2100 р. може досягти 540-970 млн-1, тобто його концентрація буде на 90-250% більшою, ніж у доіндустріальний час.

У цих сценаріях містяться й оцінки майбутніх викидів і концентрацій інших парникових газів (наприклад, N_2O і CH_4), а також викидів двоокису сірки (SO_2), через які в атмосфері утворюються сульфатні аерозолі, і їхнє зростання теж залежить від конкретного сценарію. Так, до 2100 р. концентрація CH_4 може змінитись від 190 до 1970 млрд-1, N_2O – від 38 до 144 млрд-1 тропосферного озону від 12 до 62% по відношенню до їхньої циркуляції у 2000 р.. У всіх сценаріях викиди SO_2, на відміну від CO_2, сягають свого максимуму протягом першої половини XXI століття, а потім відбувається їх поступове зменшення завдяки політиці скорочення забруднення атмосфери у всіх індустріальних країнах. Внаслідок відносної недовговічності цих аерозолів в атмосфері зміни концентрації сульфату в атмосфері приблизно співпадають з часовими змінами викидів.

Частка CO_2 у сумарному радіаційному впливі протягом всього XXI ст. буде зростати від половини до двох третин.

Практично всі доступні модельні розрахунки змін клімату на XXI ст. виконано на основі сценаріїв SRES. За розрахунками різних сучасних глобальних моделей для набору сценаріїв МГЕЗК середня глобальна температура до 2100 року може підвищитись на 1,4-3,8 ºС. Аналіз наведених розрахунків свідчить, що у наступні два десятиліття прогнозується підвищення середньої глобальної температури повітря біля земної поверхні зі швидкістю близько 0,2 ºС за десятиліття незалежно від обраного сценарію викидів.

Навіть при збереженні концентрації парникових газів на рівні 2000 р. у наступні два десятиліття потепління подовжуватиметься зі швидкістю приблизно 0,1 ºС за десятиліття, головним чином, через повільну реакцію океанів. Але після 2030 р. проекції глобальних температур почнуть суттєво залежати від сценарію викидів парникових газів.

З різним ступенем імовірності вчені прогнозують до кінця XXI ст. наступні зміни у різних компонентах глобальної кліматичної системи:

- підвищення рівня моря на 20-70 см у порівнянні з рівнем 1990 р., що може призвести до затоплення значних територій, особливо у Південній та Південно-Східній Азії;
- зменшення площі льодяного покриву; арктичний полярний льодяний покрив наприкінці літнього сезону буде повністю зникати;
- зростання повторюваності екстремально високих температур, хвиль тепла та сильних опадів;
- зміщення до полюсів траєкторій переміщення позатропічних циклонів з наступними змінами вітрового режиму, опадів та температури повітря;
- зростання кількості опадів у високих широтах та їх зменшення у деяких районах середніх широт та у субтропіках;
- підвищений ризик вимирання для майже 30% видів живих істот.

Звісно, для точних висновків необхідні довші ряди інструментальних спостережень за характеристиками стану складових земної кліматичної системи, які мають дозволити точно відділити природні кліматичні коливання від антропогенних змін. Наприклад, існують розрахунки, які свідчать, що зростання сонячної сталої на 2% та подвоєння концентрації CO_2 в атмосфері спричиняють практично однакові зміни у кліматичній системі.

Нарешті слід підкреслити, що зміни клімату Землі та їхні несприятливі наслідки є предметом загальної стурбованості людства, як зазначалось у Рамковій конвенції по змінах клімату (РКІК), відомій як Угода ООН по клімату, і ратифікованій більш ніж 180 країнами. «Кінцевою метою цієї Конвенції є стабілізація концентрації парникових газів в атмосфері на рівнях, які запобігли б небезпечному антропогенному впливу на кліматичну систему. Такі рівні повинні досягнути у строки, достатні для природної адаптації екосистем до змін клімату, для забезпечення стабільного виробництва продовольства і стійкого економічного розвитку».

У 1997 р. прийнято додатковий Кіотський протокол до РКІК, згідно з яким промислово розвинуті країни повинні обмежити викиди парникових газів до 2008-2012 рр. до певного рівня, при цьому цілі зниження викидів мають юридично обов’язковий характер. У середньому викиди всіх промислово розвинутих країн у цей період мають бути знижені на 5% порівняно з викидами 1990 р. У рамках Кіотського протоколу міститься ринковий стимул до досягнення цілей зниження викидів, а саме: можливість торгівлі досягнутими скороченнями викидів та їх накопиченнями для використання у наступні періоди для тих країн, які виконали або навіть перевиконали свої зобов’язання.

Очевидно, що проблема зниження викидів парникових газів в атмосферу може бути вирішена лише в рамках міжнародного співробітництва, і робота в цьому напрямку триває.

В нашій роботі з метою вивчення кліматичної системи до прогнозів майбутнього клімату використовуються різні кліматичні моделі [1, 6]. Так, лабораторія геофізичної гідродинаміки NOAA створила кілька пов'язаних між океаном і атмосферою моделей, щоб передбачити, як викиди парникових газів в результаті різних прогнозів чисельності населення, економіки та використання енергії можуть вплинути на планету [7]. «Репрезентативні шляху концентрації (RCP) є повністю інтегрованими сценаріями, тобто вони не є повним пакетом соціально-економічних, викидів і кліматичних прогнозів. Вони являють собою послідовні набори проекцій тільки компонентів радіаційного впливу, які призначені для обслуговування в якості вихідних даних для моделювання клімату, масштабування моделей і моделювання хімії атмосфери ", згідно з базою даних RCP. Моделі глобального клімату представляють планету у вигляді мільйонів осередків сітки, а потім вирішують математичні рівняння, щоб обчислити, як енергія передається між цими ящиками, використовуючи закони термодинаміки. Якщо все зроблено правильно, ці моделі того, як енергія циркулює по всіх частинах планети, можуть бути використані для оцінки десятків змінних середовища (вітру,

температури, вологості і т. д.). Моделі тестуються шляхом моделювання історичних умов і наступного порівняння результатів з нашими історичними даними спостережень. Якщо моделі можуть адекватно відтворити минуле, їх тоді випереджають у часі, щоб передбачити, що може статися в майбутньому. Існують прогнози температури поверхні за сценарієм викидів RCP 2.6, 4.5, 8.5 та 6.0 з використанням багатьма моделей. Ми докладно розглянемо два з них: RCP 2.6 та RCP 4.5.

У сценарії викидів RCP 2.6 рівень радіаційного впливу досягає 2.6 Вт/м^2, що характеризується незначним збільшенням викидів парникових газів з плином часу, характерним для сценаріїв в літературі, що призводять до незначних рівнів концентрації парникових газів [6]. Особливості моделі RCP 2.6:

1)Земля стає тепліше в міру збільшення CO_2 в атмосфері;

2)Земля не нагрівається рівномірно, океани нагріваються повільніше, ніж континенти і Арктика;

3)Прогнози засновані на сценарії з помірним рівнем викидів;

4)Прогнози для температури відповідно до RCP 2,6 Вт/м^2 показують помірні зміни клімату;

5)До 2100 року рівень CO_2 підніметься до 450 проміле, що призведе до підвищення глобальної температури максимум на 2 ° C до 2100 року, який, на думку багатьох учених, запобігає «небезпечне втручання в кліматичну систему»

Сценарій RCP 4.5 - це сценарій стабілізації, який означає, що рівень радіаційного впливу стабілізується на рівні 4,5 Вт/м^2 до 2100 року завдяки використанню ряду технологій та стратегій для скорочення викидів парникових газів.

Особливості Моделі RCP 4.5:

1)Земля стає тепліше в міру збільшення CO_2 в атмосфері;

2)Земля не нагрівається рівномірно, океани нагріваються повільніше, ніж континенти і Арктика;

3)Прогнози засновані на сценарії з високим рівнем викидів;

4)Прогнози для температури відповідно до RCP 4.5 показують рівень радіаційного впливу викидів парникових газів, який стабілізується на рівні 4,5Вт/м^2 до 2100 року.

5)У цьому сценарії стабілізації передбачається використання ряду технологій та стратегій для скорочення викидів парникових газів.

Сценарії RCP – новий етап після сценаріїв сімейства SRES (Special Reporton Emission Scenarios), використаних в міжнародному проекті порівняння кліматичних моделей CMIP3 і четвертого звіту Міжурядової групи експертів по змінах клімату (МГЕІК)[7].

3.2 Прогноз температури повітря м. Одеса згідно зі сценарієм RCP4.5

В якості прогностичних даних (2021-2050 рр.) за сценарієм RCP-4.5 використовувалися середньодобові дані 14 моделей Європейських центрів прогнозу погоди, які в подальшому були усереднені в добові та місячні значення [8].

З 14 прогностичних моделей були відібрані і представлені кілька моделей за принципом близькості до фактичних даних і збереження тенденції зростання температури, аналогічно тенденції за сучасний кліматичний період 1991- 2020 рр. (рис.3.1). Три з них: CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5 (на графіку виділені червоним, зеленим і фіолетовим кольором) проаналізуємо більш детально. Для зручності розіб'ємо дослідний період на два: 2021-2035 та 2036-2050рр.

З рис. 3.2 видно, що температура повітря по всім моделях продовжує зростати приблизно до 2035 року, і далі, спостерігається падіння температури або незначне її зростання (MPI-CSC2).

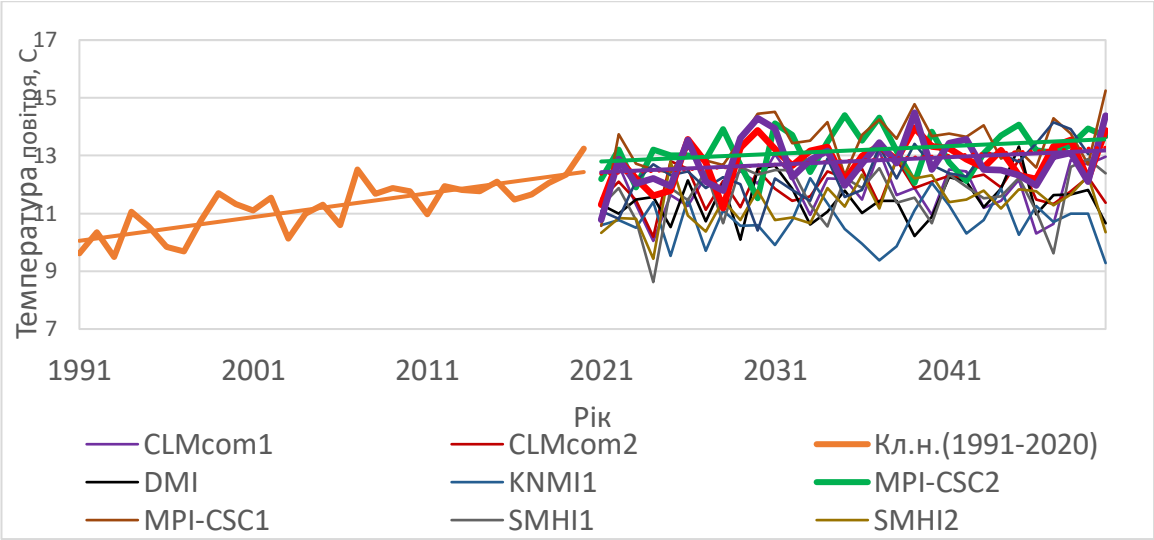


Рисунок 3.1 – Часовий хід середньорічної температури повітря за кліматичний (1991-2020 рр.) і прогностичний (2021 - 2050 рр.) періоди за сценарієм RCP4.5

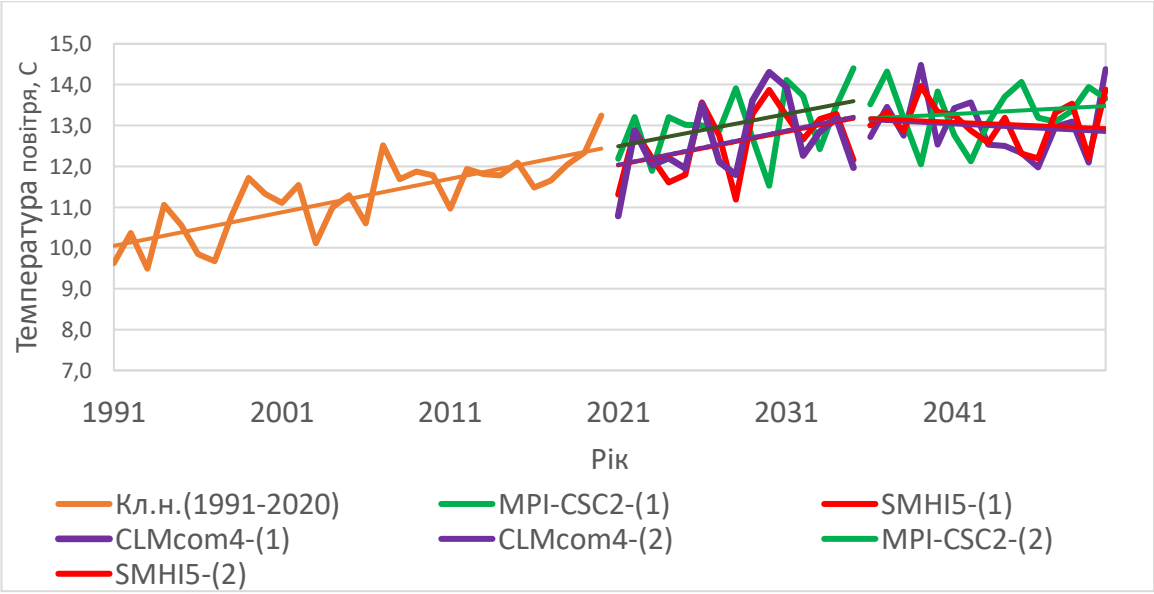


Рисунок 3.2 – Часовий хід середньорічної температури повітря за кліматичний (1991-2020 рр.) і прогностичні (2021-2035рр.) та (2031-2050 рр.) періоди за сценарієм RCP4.5

Тенденції зростання температури повітря за модельними даними аналогічні тенденції кліматичної норми за сучасний період 1991-2020 рр. З рисунку також видно, що тенденції двох моделей CLMcom4 і SMHI5 практично збігаються між собою (лінії червоного і фіолетового коліру, відповідно). Згідно рис.3.3 середньомісячні відхилення від кліматичної норми практично по всім моделям додатні з максимумом у весняний і осінній періоди (до 3.0-3,8°С) і мінімумом в літній (до 0,2-0,8°С), за винятком моделі SMHI5, де у травні і червні місяці спостерігаються від'ємні значення, тобто температура повітря в ці місяці зменшувалась в порівнянні з кліматичною нормою.

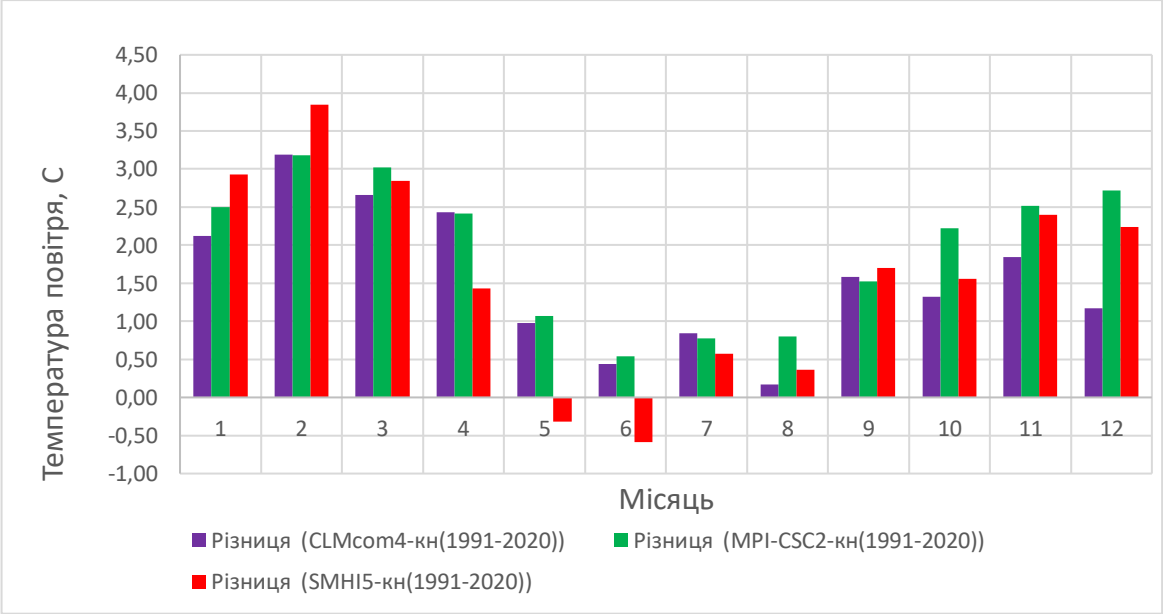


Рисунок 3.3 – Відхилення прогностичної середньомісячної температури повітря за моделями CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5 від сучасного кліматичного періоду. Сценарій RCP4.5

Загальне зростання середньорічної температури за моделями CLMcom4 і SMHI5 порівняно з кліматичною нормою склало 1,6°С до середньорічних значень 12,8°С, а за моделлю MPI-CSC2 – перевищення кліматичної норми на 1,9°С до середньорічних значень 13,2°С (табл.3.1).

Таблиця 3.1 – Основні статистичні характеристики кліматичної норми і даних моделей CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5 за сценарієм RCP4.5

міс	**Клім. норма (1991-2020)**						**CLMcom4(2021-2050)**					
	сер	мін	макс	СКО	асим	ексц	сер	мін	макс	СКО	асим	ексц
1	-0,53	-6,10	8,52	3,81	0,01	-0,24	1,59	-3,16	5,32	2,67	-0,26	-1,14
2	0,20	-3,36	8,84	3,38	-0,05	-0,33	3,38	0,26	6,55	1,96	0,05	-1,23
3	4,20	0,93	12,25	3,30	0,00	-0,37	6,86	2,90	9,60	1,91	-0,53	-0,69
4	9,72	6,11	16,12	2,79	-0,16	-0,20	12,16	9,02	14,87	1,51	-0,19	-0,50
5	16,13	11,16	20,94	2,76	-0,11	-0,17	17,10	15,04	19,47	1,18	0,38	0,00
6	20,92	16,06	24,25	2,33	0,05	-0,09	21,37	18,68	23,92	1,61	0,15	-1,34
7	23,43	18,65	26,47	2,16	-0,13	0,21	24,28	20,88	29,00	1,64	0,52	1,35
8	23,19	18,21	26,90	2,52	0,00	0,08	23,36	20,30	26,11	1,38	-0,19	-0,31
9	17,79	12,86	23,54	3,18	0,06	0,03	19,37	15,36	22,89	1,66	-0,03	0,69
10	11,99	6,24	19,20	3,92	0,04	-0,01	13,31	8,32	17,51	2,09	-0,25	-0,10
11	6,34	2,26	15,45	4,02	0,48	-0,23	8,18	3,89	12,18	2,12	0,03	-0,92
12	1,54	-2,93	11,65	4,31	0,56	-0,03	2,71	-1,32	8,10	2,61	0,21	-0,83
річ	**11,24**	**6,67**	**17,85**	**3,21**	**0,06**	**-0,11**	**12,80**	**9,18**	**16,29**	**1,86**	**-0,01**	**-0,42**
А	**24.0**						**22,6**					
міс	**SMHI5 (2021-2050)**						**MPI-CSC2(2021-2050)**					
	сер	мін	макс	СКО	асим	ексц	сер	мін	макс	СКО	асим	ексц
1	2,40	-4,67	7,12	2,69	-0,64	0,31	1,97	-4,30	7,00	2,52	-0,22	0,54
2	4,04	1,02	6,60	1,45	-0,19	-0,59	3,38	-1,75	6,77	2,18	-0,60	-0,26
3	7,05	3,30	9,33	1,57	-0,68	0,39	7,23	3,73	10,41	1,81	-0,28	-0,87
4	11,16	8,82	13,83	1,12	0,23	0,15	12,14	9,49	14,46	1,38	-0,35	-0,83
5	15,81	13,59	18,27	1,05	-0,06	0,24	17,20	15,13	19,25	1,09	0,03	-0,75
6	20,34	18,27	23,08	1,43	0,30	-1,19	21,46	18,30	23,96	1,37	-0,10	-0,49
7	24,01	20,10	28,21	1,64	0,06	1,08	24,21	21,10	26,82	1,63	-0,12	-0,91
8	23,55	20,57	26,72	1,46	0,00	-0,01	23,98	21,74	27,62	1,25	0,74	1,34
9	19,49	15,51	22,51	1,56	-0,14	0,41	19,31	16,29	22,20	1,65	-0,10	-0,83
10	13,55	10,38	17,47	2,00	0,22	-0,76	14,22	8,78	17,36	1,89	-0,57	1,04
11	8,73	5,53	11,84	1,85	-0,09	-0,96	8,85	5,18	12,31	1,98	0,00	-1,03
12	3,77	-0,75	8,25	2,27	0,01	-0,61	4,25	-1,89	9,70	2,43	-0,38	0,65
річ	12,83	9,31	16,10	1,67	-0,08	-0,13	**13,18**	**9,32**	**16,49**	**1,76**	**-0,16**	**-0,20**
А	**21,6**						**22.2**					

Річна амплітуда коливань температури навпаки зменшилася з 23,9 °С (кліматична норма за період 1991-2020рр.) до 22,7°С за моделлю CLMcom4, за моделлю MPI-CSC2 – до 22,2°С. і до 21,6°С – за моделлю SMHI5. Нерівномірно збільшення аномалій температури повітря у холодне півріччя з максимумами в перехідні сезони року – весна, осінь у середньому до 2,5-3,0°С (до 3,9°С в лютому за моделлю MPI-CSC2) і зменшення її в тепле півріччя у середньому до 0,5-0,7°С і навіть появи від'ємних значень до –0,3 - –0,6°С (травень, червень за моделлю MPI-CSC2), а також зменшення річних амплітуд температури повітря говорить про пом'якшення клімату м. Одеса в наступному 30-ти річчі при загальному збільшенні середньої багаторічної температури повітря на 1,5-2°С. Тобто прогнозується потепління за рахунок збільшення температури повітря в холодну пору року та стабілізації або зменшення її в тепле півріччя, що наочно показано на рис.3.4.

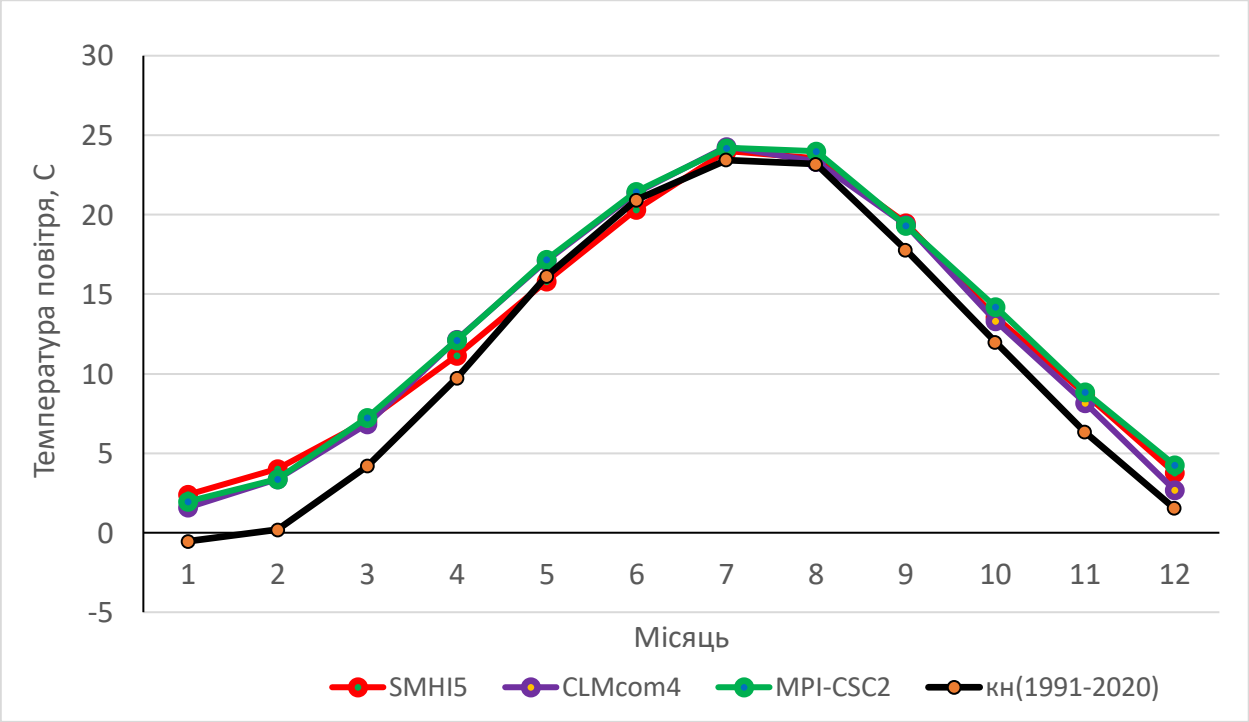


Рисунок 3.4 - Річний хід середньомісячної температури повітря за сучасний кліматичний період 1991-2020 рр. та прогностичний період 2021-2050 рр. за моделями CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5

При порівнянні трьох моделей CLMcom4, MPI-CSC2 і SMHI5 між собою та кліматичною нормою (1990-2020рр.) був виявлений збіг середньорічних (12,8°С) та середньомісячних значень за моделями CLMcom4 і SMHI5 та їх тенденцій. Тобто очікується до 2035 року різке збільшення середньорічної температури з 11,2°С згідно кліматичної норми 1991-2020 рр. на 1,4°С до значення 12,6°С, далі до 2050 р. збільшення температури сповільнюється на 0,4 -0,5°С (навіть температура падає в теплий період за даними моделі SMHI5), середньорічна температура дорівнює 13,0°С і 13,1°С для двох моделей, відповідно. Загальне збільшення температури за період 2021-2050 рр. для цих моделей склало 1,6°С. Розрахункові прогностичні дані за моделлю MPI-CSC2 показали не велике збільшення середньорічних і середньомісячних значень температури повітря (середня багаторічна температура дорівнює 13,2°С). Тенденція збільшення температури також показала різке збільшення до 2035 року на 1,8°С до значення 13,0°С, і далі, зростання температури сповільнюється до 0,3°С. Загальне збільшення температури за період 2021-2050 рр. досягає 1,9°С.

3.3 Прогноз температури повітря над Одесою згідно зі сценарієм RCP2.6

В якості прогностичних даних (2021-2050 рр.) за сценарієм RCP2.6 використовувалися середньодобові дані ті ж моделей, що й за сценарієм RCP4.5, які в подальшому також були усереднені в добові та місячні значення.

На рис. 3.5 представлені криви часового ходу прогностичної температури повітря за моделями CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5, які виділені червоним, зеленим і фіолетовим кольорами), проаналізуємо їх більш детально.

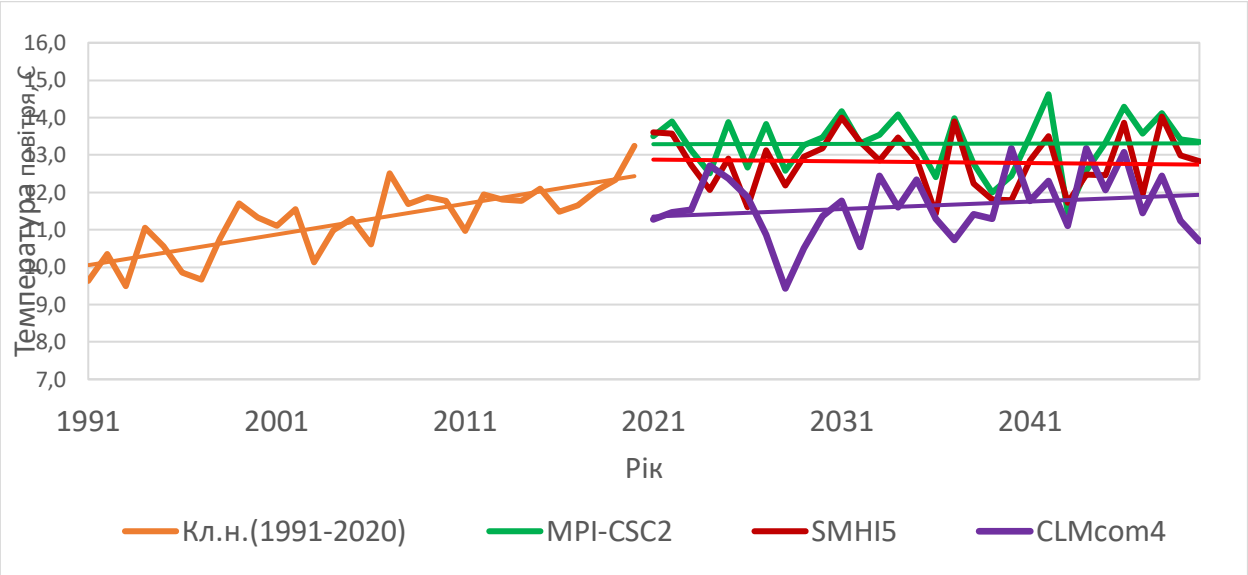


Рисунок 3.5 – Часовий хід середньорічної температури повітря за кліматичний (1991-2020 рр.) і прогностичний (2021 - 2050 рр.) періоди за сценарієм RCP2.6

З рис. 3.5 та табл.3.2 видно, що за сценарієм RCP2.6 збігаються дані двох моделей MPI-CSC2 та SMHI5 за тенденціями, які навіть практично не змінюються або спрямовані на зменшення, середньорічні значення за період 2021-2050рр. складає 13,3°С і 12,8°С зі середньорічною амплітудою 22,7°С і 22°С, відповідно для цих моделей. Що стосується даних моделі CLMcom4, то середня багаторічна температура повітря дорівнює 11,6°С, яка перевищує кліматологічну норму всього на 0,4°С, а тенденція змінення температури повітря йде на зростання, зберігаючи аналогічну кліматичної нормі тенденцію, але більш виразну.

Згідно рис. 3.6, температура повітря за моделями MPI CSC2 та SMHI5 в зимовий, весняний і осінній періоди температура зросте до 3,5°С, в літній період, навпаки, зменшується до 0,5°С, а в червні за моделлю CLMcom4 до від’ємного значення -0,4°С.

Таблиця 3.2 – Основні статистичні характеристики кліматичної норми і даних моделей CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5 за сценарієм RCP2.6

міс	**Клім. норма (1991-2020)**						**CLMcom4(2021-2050)**					
	сер	мін	макс	СКО	асим	ексц	сер	мін	Макс	СКО	асим	ексц
1	-0,53	-6,10	8,52	3,81	0,01	-0,24	0,6	-5,0	5,5	2,3	-0,1	0,2
2	0,20	-3,36	8,84	3,38	-0,05	-0,33	0,8	-6,7	6,7	3,7	-0,2	-0,8
3	4,20	0,93	12,25	3,30	0,00	-0,37	4,3	-1,0	7,9	2,2	-0,5	-0,1
4	9,72	6,11	16,12	2,79	-0,16	-0,20	11,1	6,3	14,0	2,1	-0,5	-0,9
5	16,13	11,16	20,94	2,76	-0,11	-0,17	16,6	13,5	20,3	1,4	0,1	0,7
6	20,92	16,06	24,25	2,33	0,05	-0,09	20,2	18,0	23,0	1,4	0,2	-0,6
7	23,43	18,65	26,47	2,16	-0,13	0,21	24,3	21,9	28,2	1,8	0,6	-0,5
8	23,19	18,21	26,90	2,52	0,00	0,08	23,6	21,4	25,6	1,3	0,0	-1,2
9	17,79	12,86	23,54	3,18	0,06	0,03	18,4	16,6	20,4	1,1	0,5	-0,7
10	11,99	6,24	19,20	3,92	0,04	-0,01	11,6	6,4	16,2	2,0	-0,1	0,8
11	6,34	2,26	15,45	4,02	0,48	-0,23	6,4	2,2	10,4	2,3	0,1	-0,4
12	1,54	-2,93	11,65	4,31	0,56	-0,03	1,9	-3,8	6,7	2,6	0,1	0,0
річ	**11,24**	**6,67**	**17,85**	**3,21**	**0,06**	**-0,11**	**11,64**	**7,48**	**15,42**	**2,01**	**0,02**	**-0,30**
А	**24.0**						**23.7**					
міс	**SMHI5 (2021-2050)**						**MPI-CSC2(2021-2050)**					
	сер	мін	макс	СКО	асим	ексц	сер	мін	макс	СКО	асим	ексц
1	2,2	-3,9	7,9	3,1	-0,3	-0,8	1,8	-6,3	7,7	3,3	-0,5	-0,1
2	3,5	-3,7	7,1	2,6	-0,8	0,4	3,4	-3,9	7,4	2,8	-0,7	0,0
3	7,1	3,3	10,3	2,0	-0,2	-0,9	7,6	3,6	11,5	2,1	0,1	-0,7
4	11,7	9,7	13,0	0,9	-0,8	0,0	13,2	10,1	15,1	1,3	-0,6	0,0
5	16,4	14,2	19,7	1,2	0,5	0,5	17,5	15,0	20,5	1,2	0,2	0,7
6	20,5	17,9	22,2	1,1	-0,7	-0,2	21,5	19,0	23,7	1,2	-0,3	-0,4
7	24,1	20,8	26,9	1,4	-0,4	0,3	24,5	22,3	27,8	1,3	0,5	0,2
8	23,5	20,5	26,5	1,5	0,2	-0,8	24,1	21,9	26,8	1,4	0,2	-0,7
9	18,8	15,6	21,8	1,7	0,1	-0,9	19,2	15,1	22,6	1,8	0,0	-0,3
10	13,3	9,8	15,7	1,5	-0,7	0,2	14,0	11,3	16,3	1,2	-0,6	-0,1
11	8,2	4,0	12,0	2,3	-0,4	-0,5	8,7	4,2	12,7	2,4	-0,2	-0,7
12	4,3	0,6	7,4	1,9	-0,4	-0,8	4,2	0,3	7,7	2,1	0,0	-0,7
річ	**12,81**	**9,07**	**15,88**	**1,75**	**-0,31**	**-0,29**	**13,30**	**9,38**	**16,66**	**1,84**	**-0,15**	**-0,23**
А	**21,9**						**22.7**					

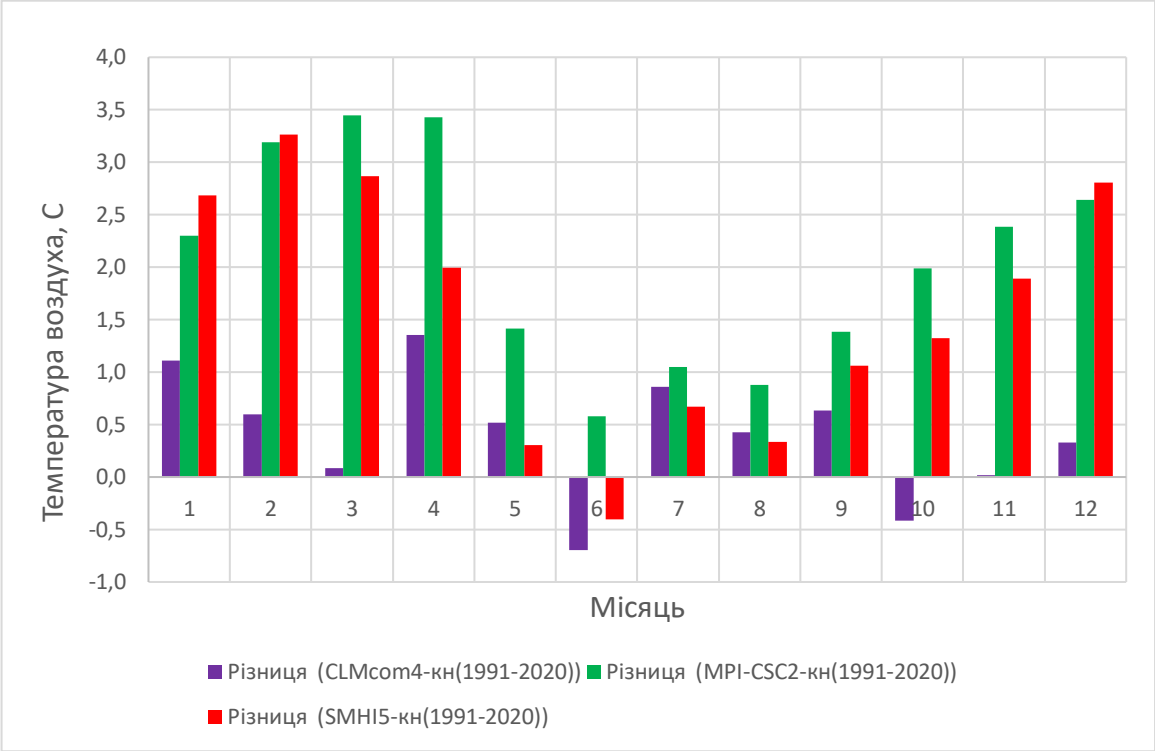


Рисунок 3.6 – Відхилення прогностичної середньомісячної температури повітря за моделями CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5 від сучасного кліматичного періоду. Сценарій RCP2.6

Неоднорідна картина спостерігається за моделлю CLMcom4. При порівнянні моделей з кліматичною нормою (1990-2020рр.) спостерігаються додатні середньомісячні відхилення температури повітря впродовж всього року з максимумами в січні (1,1) і квітні (1,4°С), за винятком червня (-0,7°С) і жовтня (-0,4°С), де спостерігалися від'ємні значення. Середньорічна температура зросте з 11,2°С в порівнянні з кліматичною нормою 2021-2050 рр. до значення 12,6°С. Амплітуди коливання для моделі CLMcom4 досягає значення 23,7°С.

Амплітуди коливання для двох інших моделей MPI-CSC2 і SMHI5 дорівнює 22,7°С і 21,9°С, відповідно.

3.4 Порівняльний аналіз отриманих даних за сценаріями RCP4.5 та RCP2.6

Над територією м. Одеса по всім моделям сценарій RCP4.5 та RCP2.6 на протязі наступних 30-ти років продовжиться поступове збільшення температури повітря, як середньорічних так й середньомісячних значень, проте їх амплітуди в порівнянні з кліматичною нормою 1991-2020 рр. навпаки зменшуються (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Середньомісячні показники кліматичної і прогностичної температури повітря за даними моделей CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5 згідно сценаріями RCP4.5 і RCP2.6

Факт. спост./ Моделі	Місяці												Сер річ	A	dT= $T_{к.н.}$- $T_{мод}$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Кліматична норма															
К.н.	-0,5	0,2	4,2	9,7	16,1	20,9	23,4	23,2	17,8	12,0	6,3	1,5	**11,2**	**24.0**	
RCP4.5															
CLMcom4	1,6	3,4	6,9	12,2	17,1	21,4	24,3	23,4	19,4	13,3	8,2	2,7	**12,8**	**22,7**	**1,56**
MPI-CSC2	2,0	3,4	7,2	12,1	17,2	21,5	24,2	24,0	19,3	14,2	8,9	4,3	**13,2**	**22,2**	**1,94**
SMHI15	2,4	4,0	7,0	11,2	15,8	20,3	24,0	23,5	19,5	13,6	8,7	3,8	**12,8**	**21,6**	**1,58**
RCP 2.6															
CLMcom4	0,6	0,8	4,3	11,1	16,6	20,2	24,3	23,6	18,4	11,6	6,4	1,9	**11,6**	**23,7**	**0,40**
MPI-CSC2	1,8	3,4	7,6	13,2	17,5	21,5	24,5	24,1	19,2	14,0	8,7	4,2	**13,3**	**22,7**	**2,06**
SMHI15	2,2	3,5	7,1	11,7	16,4	20,5	24,1	23,5	18,8	13,3	8,2	4,3	**12,8**	**22,0**	**1,57**

Порівнюючи модельні дані двох сценаріїв між собою можна сказати, що сценарій RCP4.5 дещо більш жорсткий сценарію RCP2.6. за практично всіма показниками, проте, для моделі CLMcom4 така різниця більш суттєва. Відхилення даних по температурі цій моделей від кліматичної норми за сценарієм RCP2.6 набагато менше (dT=0,4°C) ніж за сценарієм RCP4.5 (dT

=1,56°C), середньорічна температура нижче майже на 1,2°C (по сценарію RCP4.5 вона складає 12,8°C, по сценарію RCP2.6 -11,6°C), в той час як її амплітуда зросла на 1,5°C (A=23,7°C).

Порівнюючи моделі між собою можна зробити висновок, що найбільш екстремальною є модель MPI-CSC2. Вона прогнозує найбільш високу температуру (13,3°C) за обома сценаріями.

Для наочності представлення інформації на рис. 3.7-3.8 наведені графіки середньорічних та середньомісячних значень температури повітря м Одеса за різними моделями та кліматичними сценаріями за період 2021-2050 рр. та середньомісячних значень кліматичної норми 1991-2020 рр.

На графіках середньорічного ходу температури (рис. 3.7) добре видно, що модельні прогностичні дані значно перевищують кліматичну норму, тенденції змінення температури спрямовані на подальше збільшення, однак більш повільніше в порівнянні з кліматичною нормою, винятком становлять прогностичні дані за моделями MPI-CSC2 і SMHI5 сценарію RCP 2.6, де відзначається слабка негативна тенденція.

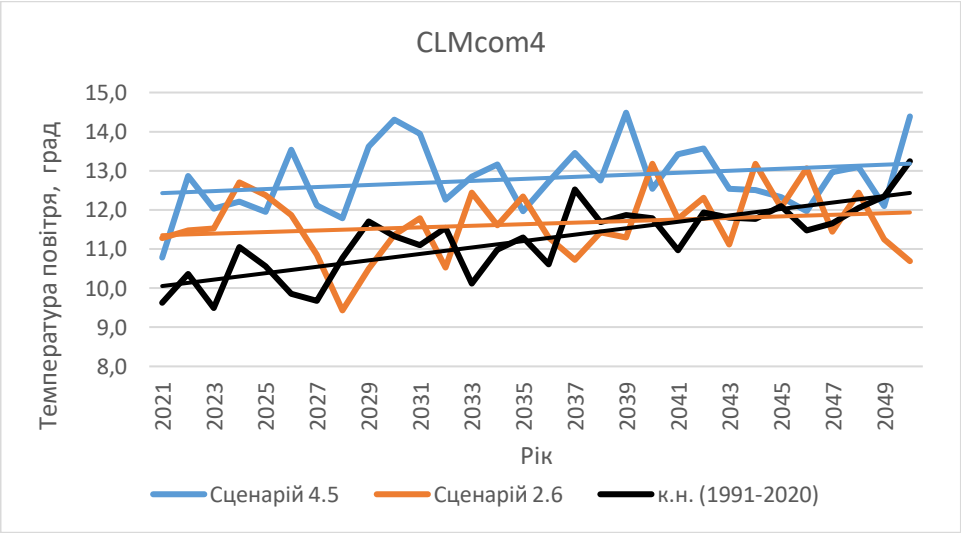
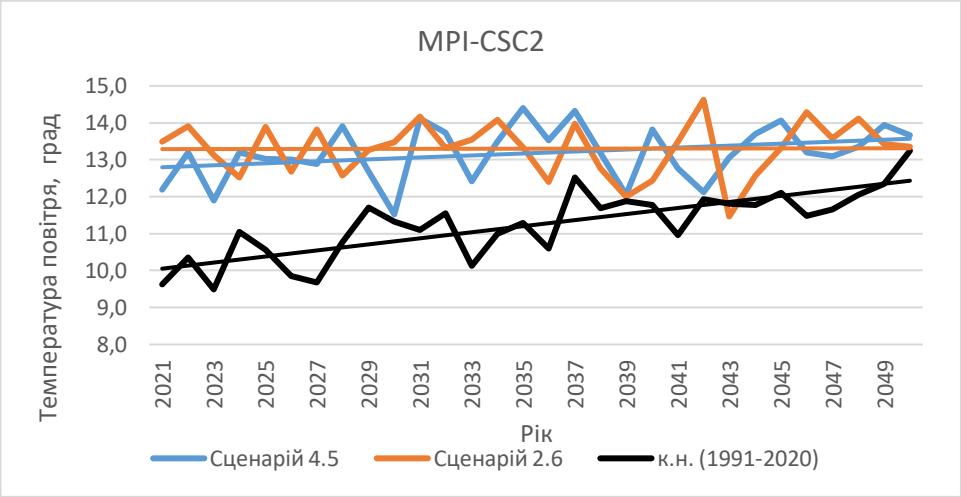


Рисунок 3.7 – Часовий хід прогностичної середньорічної температури повітря м. Одеса за моделями CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5 згідно зі сценаріями RCP4.5 і RCP2.6



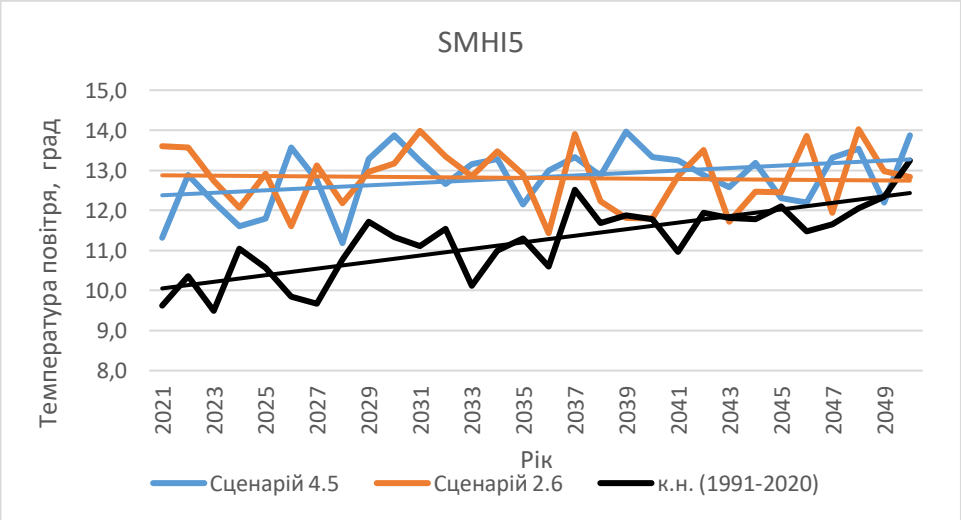


Рисунок 3.7 - аркуш 1

Що стосується рівномірності збільшення температури повітря продовж року за всіма моделями і сценаріями, то очікується, що в теплий період року середньомісячні значення температури повітря будуть зростати повільніше ніж в холодний період, а деякі літні місяці навіть зменшуватися в порівнянні з кліматичною нормою (рис. 3.8).

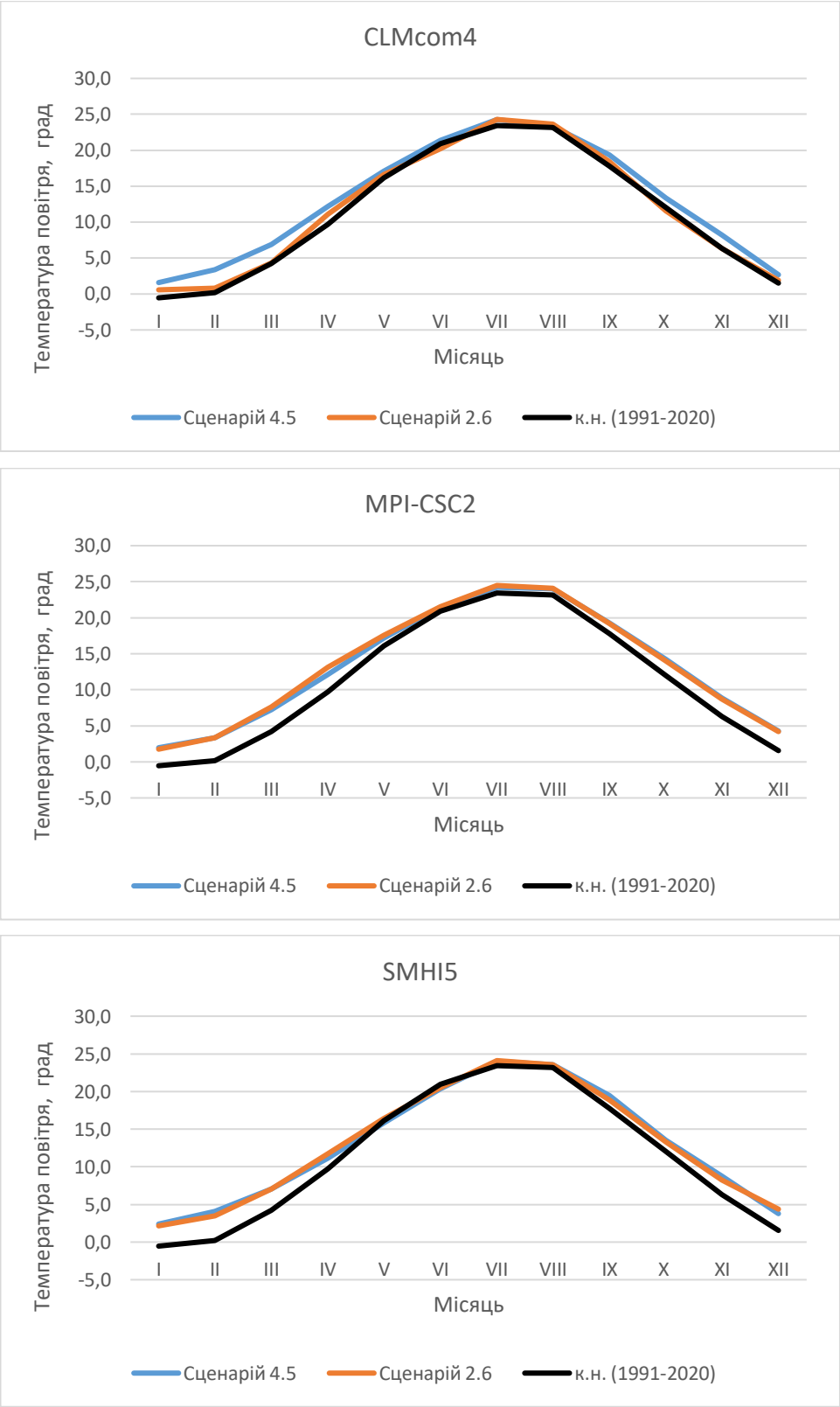


Рисунок 3.8 – Річной хід прогностичної середньомісячної температури повітря м. Одеса за моделями CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5, згідно зі сценаріями RCP4.5 і RCP2.6

Таким чином, можна стверджувати, що йде тенденція на пом'якшення клімату при загальному зростанні середньорічної температури повітря, але починаючи з 2035рр. тенденція слабшає, а деякі моделі навіть показують від’ємний тренд змінення температури.

ВИСНОВКИ

У роботі описані результати багаторічних досліджень за температурою повітря м. Одеса, дана детальна кліматична характеристика змінення температури протягом дослідного періоду - 120 років, тобто з 1900 по 2020 рр., поділений для зручності на чотири 30-річні кліматичні періоди. Розглянути фізико-географічні умови м. Одеса.

Дослідження показало, що за період 1900-1990 рр. середньорічна температура практично не змінювалася, загальне зростання температури повітря за 90 років склало всього 0,46°С, середньорічна температура за цей період дорівнювала 9,9°С. Однак починаючи з 90-х по теперішній час за рахунок різкого зростання викидів парникових газів і, як наслідок, зміни циклонічної діяльності, відбувся стрибок зростання температури на 2,4°С, середня річна температура за цей період досягла значення 11,2°С.

Використовуючи дані Європейських прогностичних центрів (14 моделей) були обрані та проаналізовані три моделі (CLMcom4, MPI-CSC2, SMHI5) за сценарієм RCP4.5 і RCP2.6. Результати показали подальше зростання температури повітря по всім моделям і сценаріям, так, згідно сценарію RCP4.5, за моделями CLMcom4, SMHI5 зростання осередненої річної температури повітря досягне значення 12,8°С, а за моделлю MPI-CSC2 - 13,2°С. Зростання температури повітря за сценарієм RCP2.6 моделі CLMcom4 не перевищить 0,4 °С, тобто очікується, що середня багаторічна температура практично не змінюється (Т=11,6°С), проте амплітуда коливань температури повітря збільшується до 23,7°С. Згідно моделі SMHI5, річна температура прогнозується на рівні 12,8 °С з амплітудою коливань А= 22,0°С. Найбільше зростання температури повітря за сценарієм RCP2.6 показує модель MPI-CSC2 (2,06°С) до значення 13,3 °С і амплітудою А= 22,7°С.

Що стосується рівномірності збільшення температури повітря продовж року за всіма моделями і сценаріями, то очікується, що в теплий період року середньомісячні значення

температури повітря будуть зростати повільніше ніж в холодний період, а деякі літні місяці навіть зменшуватися в порівнянні з кліматичною нормою.

Таким чином, можна стверджувати, що йде тенденція на пом'якшення клімату при загальному зростанні середньорічної температури з тенденцією ослаблення до 2050 рр., а деякі моделі показують від'ємні тренди.

Порівнюючи модельні дані двох сценаріїв між собою можна сказати, що сценарій RCP4.5 кілька більш жорсткий за майже всіма показниками сценарію RCP2.6.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1 Барабаш М. Б. Сценарії режиму температури повітря в перші три десятиріччя XXI ст. за фізико-географічними зонами України /М. Б. Барабаш, Л. О. Ткач. Водне господарство України. 2005. № 3. С. 47-54.

2 Кліматичний кадастр України (стандартні кліматичні норми за період 1961 –1990 рр.)/ Державна гідрометеорологічна служба та ін. УНДГМІ – ЦГО. Київ. 2006. [Електронний ресурс].

3 Климат Одесы. Под ред. к.г.н. Смекаловой Л.К., д.г.н. Швер Ц.А. - Ленинград, Гидрометиздат, 1986. 174 с.

4 Клімат України за редакцією В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Видавництво Раєвського. Київ. 2003. 343 с.

5 Врублевська, О. О. and Катеруша, Г. П. Кліматологія: конспект лекцій. ТЄС, Одеса, 2011. 140 с.

6 Справочник по климату СССР. Выпуск 10. Украинская ССР. Часть 2.

7 Хохлов В.Н., Иванов А.В. Количественное описание изменений климата в конце XX – начале XXI века. Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2008. Вип. 50.Ч. 1. С. 221 - 226.

8 https://climate4impact.eu/impactportal/documentation/guidanceandusecases.jsp?q=Scenarios

9 https://climate4impact.eu/impactportal/data/esgfsearch.jsp#project=CORDEX&variable=tas&time_frequency=day&experiment=rcp26&domain=EUR-11&

10 http://rp5.ua