

МОЖЛИВІ СЦЕНАРІЇ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ У ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ ВПРОДОВЖ ХХІ СТ.

Розроблено можливі сценарії кліматичних умов на території Тернопільської області в ХХІ ст. за допомогою одного з основних сучасних інструментів вивчення кліматичних змін на далеку перспективу – ансамблів регіональних кліматичних моделей. В результаті проведеного дослідження отримано статистичні характеристики основних кліматичних показників – багаторічних середніх місячних та річних значень температури повітря, кількості опадів та відносної вологості повітря. Розрахунки регіональних кліматичних моделей осереднювалися за визначеними оптимальними ансамблями на найближчу (2011-2030 рр.), середню (2031-2050 рр.) та віддалену (2081-2100 рр.) перспективи, а зміни визначалися відносно контрольного сучасного періоду 1991-2010 рр.

Ключові слова: зміна клімату, кліматичні умови Тернопільської області, регіональні кліматичні моделі

Кліматичні моделі як інструмент дослідження клімату. Відомо, що клімат – багаторічний режим погоди, характерний даній місцевості у зв'язку з її географічним положенням. Очевидно, що зміни клімату відбувалися постійно, але сучасні зміни характеризуються значними швидкостями та високою повторюваністю несприятливих метеорологічних процесів та явищ і потребують як постійного моніторингу, так і прогнозування майбутніх змін [1, 2, 5, 9]. Процес прогнозування кліматичних змін є набагато складнішим, ніж короткостроковий прогноз погоди для даної місцевості. В першу чергу тому, що на зміни кліматичної системи разом з природними факторами впливає також і діяльність людини, і для оцінки антропогенного впливу необхідно проаналізувати можливий соціально-економічний розвиток людства на далеку перспективу. Крім цього, слід враховувати динамічність атмосфери, адже наслідки будь-якого точкового впливу можуть спостерігатися не лише на території їх здійснення, а й у віддалених куточках нашої планети, завдяки циркуляції атмосфери. З поставленою задачею під силу справитись кліматичним моделям, що являють собою математичні представлення кліматичної системи, виражені як комп'ютерні програми. Основу даних моделей складають рівняння Нав'є-Стокса, покладені на сферичну систему координат з термодинамічними складовими для різних джерел енергії (сонячної радіації, прихованої теплоти, тощо). Розрахунок проводиться у тривимірній системі координат із заданими кроками по горизонталі, вертикалі та для часу.

Основними сучасними засобами відтворення змін клімату є моделі загальної циркуляції атмосфери та океану (МЗЦАО) – це глобальні кліматичні моделі, що охоплюють всю планету [1, 2, 6]. МЗЦАО включають блоки, що описують атмосферу, гідросферу, криосферу, біосферу, рельєф та їх взаємодію. Відомо, що гло-

бальні моделі в якості вихідних даних використовують дані спостережень та сценарії майбутніх змін концентрацій компонентів впливу – парникових газів та аерозолів. Дані емісійні сценарії були розроблені Міжурядовою групою експертів зі змін клімату (МГЕЗК) у 2000 році [8], враховуючи можливі стратегії розвитку всіх держав планети. Увага зосереджувалася на демографічній динаміці та розвитку промисловості, а саме використанню вичерпаних чи відновлюваних паливних джерел енергії. На основі розрахунків можливих концентрацій викидів в атмосферу парникових газів було розроблено 40 сценаріїв, з яких 4 (А1, А1В, А2, В1) визначені базовими.

Проведення довгострокових розрахунків за допомогою МЗЦАО потребує значних затрат часу та ресурсів обчислювальної техніки, що не дозволяє зменшувати горизонтальний та вертикальний кроки (роздільну здатність). Для дослідження кліматичних змін окремих регіонів використовують регіональні кліматичні моделі (РКМ), за допомогою яких можна деталізувати рельєф території та отримати більш точний прогноз на основі розрахунків глобальної моделі [5, 9]. Такий процес називається динамічним масштабуванням. Наприклад, на територію України припадає близько двадцяти вузлів розрахункової сітки глобальної моделі ЕСНАМ5 (Інститут метеорології Макса-Планка, Гамбург, Німеччина) та більше тисячі вузлів регіональної кліматичної моделі REMO, розрахованої з початковими та крайовими умовами даної МЗЦАО. Очевидно, що така деталізація є необхідною для отримання коректного довгострокового прогнозу на регіональному рівні.

Регіональні кліматичні моделі, що використовувались у дослідженні. Метою даного дослідження є розробка кількісних сценаріїв щодо кліматичних умов на території Тернопільської області у ХХІ ст. Для цього були

розглянуті можливі зміни основних кліматичних характеристик – багаторічних середніх місячних та річних значень температури та відносної вологості повітря і кількості опадів.

Для досягнення поставленої мети були використані результати розрахунків РКМ, виконаних в рамках Європейського проекту FP-6 ENSEMBLES [10] для сценарію SRES A1B [8] з горизонтальним кроком 25 км. Основні характеристики використаних РКМ подано у табл. 1. Обрані регіональні моделі розроблені в провідних європейських метеорологічних інститутах та були багаторазово успішно перевірені в моделюванні сучасного клімату.

Відомо, що використання мультимодельного ансамблю в оцінках майбутніх змін клімату призводить до отримання більш точних прогностичних результатів у порівнянні з використанням однієї моделі. Переваги застосування ансамблевого методу обумовлені тією обставиною, що розрахунки навіть найуспішніших моделей містять систематичні помилки, які при осередненні за ансамблем значно зменшуються. Даний метод широко застосовується у сучасній кліматології і рекомендується до використання, якщо немає можливості якісно відкалібрувати кожен окрему модель для конкретного регіону.

Таблиця 1

Регіональні кліматичні моделі, розрахунки яких використовувались у дослідженні

№ моделі та її акронім	Інститут-учасник FP-6 ENSEMBLES, що виконав та надав розрахунки	Граничні умови з МЗЦАО, розробник	Період розрахунку
1. REMO	MPI-M: Інститут метеорології Макса-Планка, Гамбург, Німеччина	ECHAM5-r3, MPI-M	1951 – 2100
2. RCA3	SMHI: Росбі центр Шведського гідрометеорологічного інституту, Норкепінг, Швеція	ECHAM5-r3, MPI-M	1951 – 2100
3. RegCM3	ICTP: Міжнародний центр теоретичної фізики, Трієст, Італія	ECHAM5-r3, MPI-M	1951 – 2100
4. RACMO2	KNMI: Королівській нідерландський метеорологічний інститут, ДеБільт, Нідерланди	ECHAM5-r3, MPI-M	1951 – 2100
5. RM5.1 (Aladin)	CNRM: Науково-дослідний інститут Метео-Франс, Тулуза, Франція	ARPEGE, CNRM	1951 – 2100
6. HadRM3Q0	METU-NC: Метеорологічний офіс Хадлі центр, Екзетер, Велика Британія	HadCM3Q0, METU-NC	1951 – 2100
7. CLM	ETHZ: Швейцарський технологічний інститут, Цюрих, Швейцарія	HadCM3Q0, METU-NC	1951 – 2099
8. RCA3	SMHI: Росбі центр Шведського гідрометеорологічного інституту, Норкепінг, Швеція	HadCM3Q3, METU-NC	1951 – 2100
9. RCA3	С4І: Консорціум для Ірландії в Ірландській національній метеорологічній службі, Дублін, Ірландія	HadCM3Q16, METU-NC	1951 – 2099
10. HIRHAM	METNO: Норвезький метеорологічний інститут, Осло, Норвегія	BCM, BCCR	1951 – 2050
11. RRCM	VMGO: Головна геофізична обсерваторія ім. Воєйкова, Санкт-Петербург, Росія	HadCM3Q0, METU-NC	1951 – 2050
12. RCA3	SMHI: Росбі центр Шведського гідрометеорологічного інституту, Норкепінг, Швеція	BCM, BCCR	1951 – 2100

За результатами проведених досліджень в УкрГМІ у відділах фізики атмосфери та чисельних гідрометеорологічних досліджень, були визначені оптимальні ансамблі для прогнозу можливих змін регіонального клімату на території України в XXI ст. [7] на основі верифікації моделей за допомогою наземних даних спостережень та європейської бази E-Obs [3, 4] за два довгострокові періоди у минулому (1961-1990 та 1991-2010 рр.). Крім цього, для кожного вузла розрахункової сітки на території України (майже 1200 вузлів) був застосова-

ний метод перевірки проєкцій, що дозволяє значно зменшити статистичні помилки моделей та їх ансамблів – метод крос-валідації (перехресний контроль або прогноз "наосліп") для температури повітря та кількості опадів, який був використаний вперше для прогнозування клімату в Україні.

Таким чином, у табл. 1 світло-сірим кольором виділені дві найбільш успішні моделі для території України (1:REMO, 2:RCA3-E), які стали основою формування ансамблів для обох кліматичних характеристик, а темно-сірим

кольором ті, що не увійшли в ансамбль для температури повітря, але включені в ансамбль для кількості опадів. Отже, для побудови кількісних проєкцій температури повітря був визначений оптимальний ансамбль з 10 РКМ (моделі 1 – 10 табл. 1), а для кількості опадів оптимальним є ансамбль з 4 РКМ (моделі 1, 2, 11, 12 у табл. 1).

Розробка кількісних сценаріїв щодо можливих кліматичних умов на території Тернопільської області у XXI ст. Для досягнення поставленої мети дослідження розраховані регіональних кліматичних моделей осереднювалися за визначеними оптимальними ансамблями на найближчу (2011-2030 рр.), середню (2031-2050 рр.) та віддалену (2081-2100 рр.) перспективи. Були розглянуті абсолютні значення та можливі зміни основних кліматичних характеристик – багаторічних середніх місячних та річних значень температури та відносної вологості повітря і кількості опадів, які визначалися відносно контрольного сучасного періоду 1991-2010 рр. Отримані статистичні характеристики для території Тернопільської області представлені у табл. 2-8 та на рис. 1-6. Далі проаналізуємо зміни метеорологічних величин окремо.

Температура повітря. Для аналізу просторово-часового розподілу температури повітря у майбутні досліджувані періоди визначались наступні статистичні характеристики (у дужках подано позначення для табл. 2-4):

- абсолютні середні місячні та річні значення, осереднені для досліджуваного періоду (сер.), отримані адитивним методом з використанням даних E-Obs у 1991-2010 рр.;
- середньоквадратичне відхилення середніх місячних та річних значень у досліджуваній період (σ);
- середні максимальні та мінімальні температури повітря, отримані осередненням з добових максимальних (денні максимуми) та мінімальних (нічні мінімуми) температур у досліджуваній період (доб._{макс.}; доб._{мін.});
- місячні та річні добові амплітуди температури повітря як різниці між доб._{макс.} та доб._{мін.} для досліджуваного періоду (α);
- усереднені за площею зміни максимальних, середніх та мінімальних температур для досліджуваного періоду (макс.; серед.; мін.);
- довірчі інтервали зміни середніх температур за рівня довіри 0,95, отримані за ансамблем з 10 РКМ.

Таблиця 2

Характеристики температури повітря Тернопільської області у 2011-2030 рр.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Середня температура, °С													
сер.	-2,9	-2,1	1,8	8,8	14,5	17,7	20,0	19,3	14,2	8,8	3,1	-1,8	8,5
Середньоквадратичне відхилення середньої температури, °С													
σ	2,8	2,8	2,5	1,8	1,8	1,9	1,9	1,6	1,4	1,8	2,1	2,2	0,9
Середня макс./мін. температура, °С													
доб. _{макс.}	-0,6	0,8	5,4	13,9	19,9	22,9	25,4	24,8	19,2	13,1	5,9	0,3	12,6
доб. _{мін.}	-5,2	-4,8	-1,6	4,1	9,1	12,6	14,9	14,1	9,6	4,7	0,7	-3,8	4,5
Добова амплітуда, °С													
α	4,6	5,6	7,0	9,8	10,8	10,3	10,5	10,7	9,6	8,4	5,2	4,1	8,1
Зміни температури, °С													
макс.	0,32	-0,07	-0,28	0,35	0,33	0,47	0,73	0,79	0,97	0,59	0,46	0,70	0,45
серед.	0,35	-0,05	-0,25	0,23	0,27	0,41	0,62	0,70	0,81	0,50	0,45	0,81	0,40
мін.	0,43	0,07	-0,10	0,36	0,23	0,43	0,66	0,58	0,74	0,38	0,66	0,98	0,45
Довірчі інтервали зміни середньої температури, ±°С													
	0,63	0,37	0,40	0,28	0,39	0,40	0,51	0,15	0,43	0,34	0,45	0,36	0,25

Згідно отриманих результатів, у період найближчого майбутнього 2015-2030 рр. прогнозовані зміни термічного режиму Тернопільської області мають тенденції як до потепління, так і до похолодання (табл. 2, рис. 1). Зниження середньої місячної температури повітря можливо у лютому (-0,05±0,37°С) та березні (-0,25±0,40°С). Для квітня і травня отримано найнижчі значення потепління (збіль-

шення середньої температури на +0,23±0,28°С і +0,27±0,39°С відповідно). У теплий період року значення зміни середньої температури вищі ніж у холодний, з червня по вересень показники зростають вдвічі (від +0,41°С до +0,81°С). Найбільше потепління у цей період також очікується у грудні (+0,81±0,36°С). Річне значення потепління становить +0,40 ± 0,25°С. Довірчі інтервали за рівня довіри 0,95,

які також вказують на узгодженість прогнозів окремих РКМ у ансамблі, отримано найбільші для січня ($\pm 0,63^{\circ}\text{C}$), найменші – для серпня ($\pm 0,15^{\circ}\text{C}$).

Усереднені за площею області зміни максимальних температур (макс. у табл. 2, рис. 1), що відповідають денним максимумам, мають ті ж самі тенденції, що й зміни середніх місячних значень: зниження максимальної температури у лютому (на $-0,07^{\circ}\text{C}$) та у березні (на $-0,28^{\circ}\text{C}$), в інші місяці – підвищення значень, особливо з червня до вересня очікується значне потепління (від $+0,47^{\circ}\text{C}$ до $+0,97^{\circ}\text{C}$). У цей період середній максимум річного ходу (доб.макс) підвищиться до $25,4^{\circ}\text{C}$ у липні, і майже всі місячні максимуми (за виключенням

січня) будуть вищі за 0°C .

Зміни мінімальної температури (мін. у табл. 2, рис. 1), що характеризують нічні мінімуми, є більшими у холодний період та меншими у теплий період, порівняно зі змінами середніх та максимальних значень. Зниження нічних мінімумів температури очікується лише у березні на $-0,10^{\circ}\text{C}$. Найвище значення змін даної характеристики прогнозується для грудня ($+0,98^{\circ}\text{C}$). Максимум з середніх мінімумів температури (доб.мін.) має значення $14,9^{\circ}\text{C}$ у липні, а мінімум у січні підвищиться до $-5,2^{\circ}\text{C}$. Річний показник зміни мінімальної температури дорівнює значенню зміни максимальної і становить $+0,45^{\circ}\text{C}$.

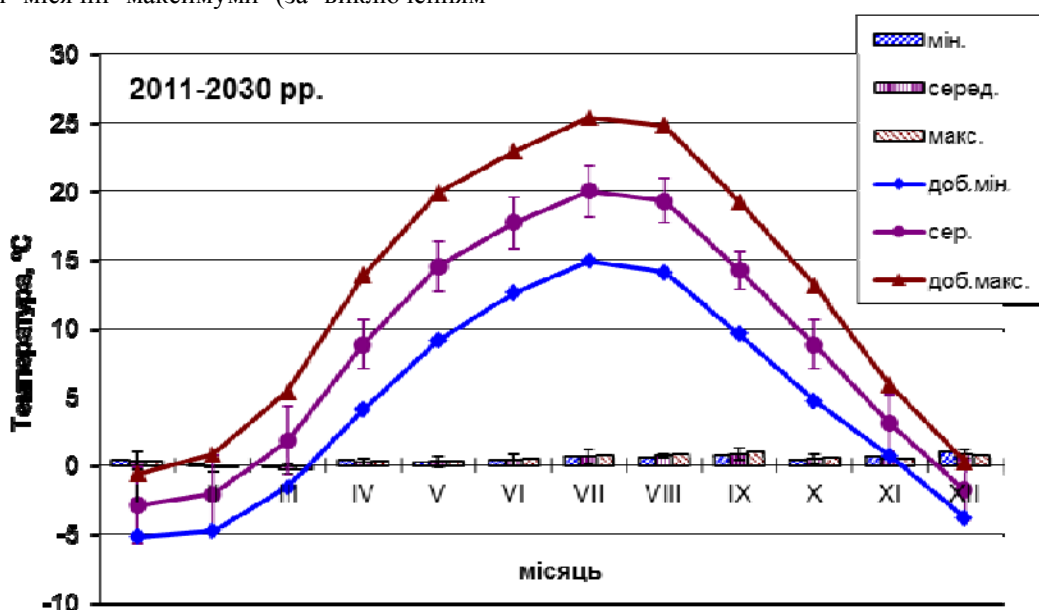


Рис. 1. Осереднені за площею Тернопільської області у 2011-2030 рр. багаторічні середні місячні максимальна, середня (з середньоквадратичними відхиленнями) та мінімальна температури повітря (криві) та їх зміни відносно контрольного періоду 1991-2010 рр. з довірчими інтервалами для змін середніх температур (стовпчики). Дані з табл.2

Щодо річного ходу температури повітря у найближчому майбутньому, липень буде найтеплішим місяцем року з середньою температурою $20,0^{\circ}\text{C}$, а січень – найхолоднішим місяцем з абсолютним значенням середньої температури $-2,9^{\circ}\text{C}$. Середня температура року прогнозується $8,5^{\circ}\text{C}$. Значення середньоквадратичного відхилення, які вказують на мінливість значень впродовж досліджуваного періоду, вищі для холодного періоду року (у січні та лютому $2,8^{\circ}\text{C}$) та нижчі для теплого (у червні та липні $1,9^{\circ}\text{C}$), для річного значення становить $0,9^{\circ}\text{C}$. Добова амплітуда температури вища в теплий період року (у травні $10,8^{\circ}\text{C}$, у серпні $10,7^{\circ}\text{C}$) та нижча в холодний (у грудні

$4,1^{\circ}\text{C}$). Річне значення добової амплітуди становить $8,1^{\circ}\text{C}$.

Проекції змін температури повітря у Тернопільській області до середини XXI ст. вказують на однозначне потепління в усі місяці року (табл. 3, рис. 2). Найбільші значення зміни середньої температури отримано для грудня ($+2,10 \pm 0,38^{\circ}\text{C}$). У січні, на відміну від попереднього періоду, також очікується значне потепління ($+1,61 \pm 0,32^{\circ}\text{C}$). Прогнозується, що холодний період року, зокрема листопад – січень, стане значно теплішим. Найменшими очікуються зміни середньої температури у лютому ($+0,83 \pm 0,36^{\circ}\text{C}$) та у весняні місяці (квітень $+0,89 \pm 0,34^{\circ}\text{C}$, травень $+0,81 \pm 0,27^{\circ}\text{C}$) з мі-

німумом зростання температури у березні (+0,69±0,29°C). Річне значення потепління становитиме +1,25±0,15°C, що на 0,85°C вище попереднього періоду. Найбільші довірчі інтер-

вали (±0,48°C) отримано для жовтня, найменші, що вказує на високу міжмодельну узгодженість, ±0,15°C – для річних значень.

Таблиця 3

Характеристики температури повітря Тернопільської області у 2031-2050 рр.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Середня температура, °C													
сер.	-1,7	-1,2	2,7	9,5	15,0	18,4	20,6	20,1	14,7	9,6	4,3	-0,5	9,3
Середньоквадратичне відхилення середньої температури, °C													
σ	2,5	2,6	2,0	1,5	1,4	1,7	1,6	1,8	1,8	1,7	2,1	2,2	0,8
Середня макс./мін. температура, °C													
доб.-макс.	0,6	1,7	6,3	14,3	20,4	23,8	25,9	25,4	19,6	13,6	6,9	1,4	13,3
доб.-мін.	-3,6	-3,7	-0,5	4,9	9,7	13,2	15,5	14,9	10,3	5,7	2,0	-2,3	5,5
Добова амплітуда, °C													
α	4,2	5,4	6,8	9,4	10,7	10,6	10,4	10,5	9,3	7,9	4,9	3,7	7,8
Зміни температури, °C													
макс.	1,51	0,77	0,63	0,74	0,85	1,30	1,25	1,47	1,31	1,10	1,55	1,88	1,20
серед.	1,61	0,83	0,69	0,89	0,81	1,17	1,18	1,49	1,32	1,26	1,63	2,10	1,25
мін.	2,03	1,15	1,03	1,14	0,83	1,09	1,21	1,40	1,47	1,36	1,90	2,43	1,42
Довірчі інтервали зміни середньої температури, ±°C													
	0,32	0,36	0,29	0,34	0,27	0,29	0,27	0,33	0,34	0,48	0,35	0,38	0,15

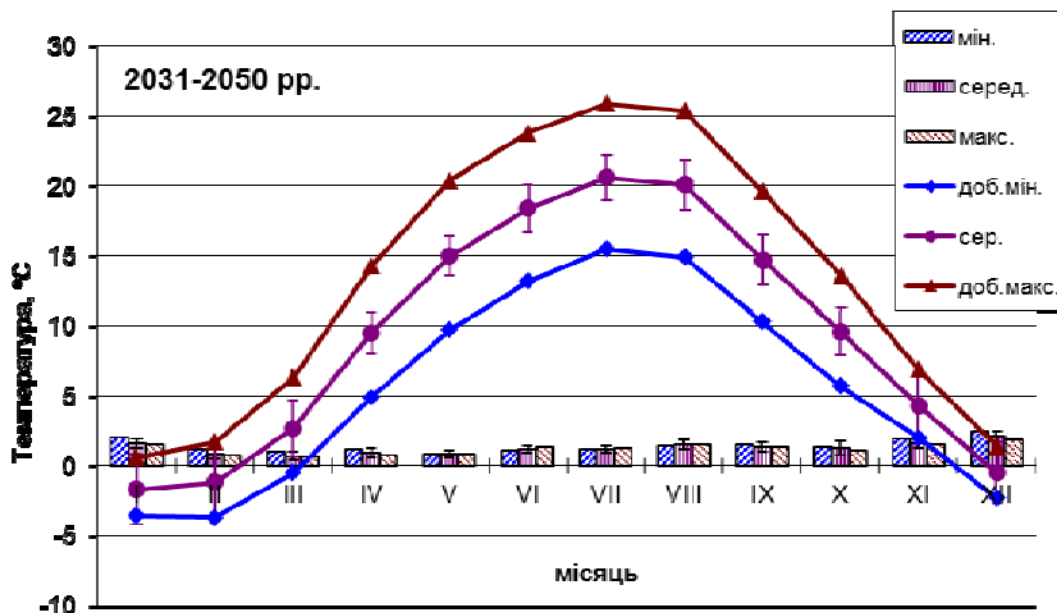


Рис. 2. Так само як і рис.1 для 2031-2050 рр. Дані з табл.3

Усереднені за площею зміни максимальних температур мають ті ж самі тенденції, що й середніх (рис. 2): підвищення значень у всі місяці, зокрема, найбільше зростання у грудні (+1,88°C), листопаді (+1,55°C) та січні (+1,51°C). Найменше підвищення максимальних температур прогнозується для березня (+0,63°C). До середини XXI ст. середній максимум річного ходу підвищиться до 25,9°C у липні. Але й у серпні значення максимальної температури значно підвищиться і очікується

всього на пів градуса нижче за липень (25,4°C). Всі місячні максимуми перевищують 0°C у цей період. Річне значення зміни становитиме +1,20°C, що трохи менше за зміну середньої річної температури.

Усереднені за площею зміни мінімальної температури повітря є вищими у холодний період року, ніж у теплий. Найменше підвищення мінімальної температури очікується у травні (+0,83°C), найвищі значення зміни мінімальної температури прогножуються для грудня

(+2,43°C) та січня (+2,03°C). Максимум з середніх мінімумів температури має значення 15,5°C у липні, а у серпні зростає до 14,9°C, а мінімум у січні підвищиться до -3,6°C. Річний показник зміни мінімальної температури дорівнюватиме +1,42°C, що перевищує значення змін як максимальної, так і середньої річних температур.

Щодо річного ходу температури повітря до середини XXI ст., липень буде найтеплішим місяцем року з середньою температурою 20,6°C, а січень – найхолоднішим місяцем з абсолютним значенням середньої температури -1,7°C. Середня температура року прогнозується 9,3°C, що на 0,8°C вище попереднього періоду. Значення середньоквадратичного відхилення середньої температури, як і в попе-

редньому періоді, вищі для холодного періоду року (у січні 2,5°C, у лютому 2,6°C) та нижчі для теплого (у червні 1,7°C), річне значення становить 0,8°C. Добова амплітуда температури вища у теплий період року (у травні 10,7°C) та нижча у холодний (у грудні 3,7°C). Річне значення добової амплітуди становитиме 7,8°C.

Проекції змін температури повітря у Тернопільській області на кінець XXI ст., як і в попередній період, вказують на однозначне потепління в усі місяці року (табл. 4, рис. 3). Найбільші значення зміни середньої температури отримано для серпня (+4,01±0,57°C). Значне потепління також очікується у липні (+3,65±0,62°C) та грудні (+3,93±0,62°C).

Таблиця 4

Характеристики температури повітря Тернопільської області у 2081-2100 рр.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Середня температура, °C													
сер.	0,0	0,6	4,4	10,8	16,5	20,1	23,1	22,6	17,0	10,9	6,0	1,3	11,1
Середньоквадратичне відхилення середньої температури, °C													
σ	2,4	3,0	2,1	1,8	1,6	1,8	2,0	1,7	1,6	1,5	1,6	1,9	0,8
Середня макс./мін. температура, °C													
доб. макс.	3,2	4,5	9,1	14,6	20,4	24,9	28,4	28,2	22,6	15,1	8,7	4,6	15,3
доб. мін.	-1,3	-1,1	2,1	6,4	11,4	15,4	17,9	17,4	12,9	7,8	3,5	0,4	7,7
Добова амплітуда, °C													
α	4,5	5,6	7,0	8,2	9,0	9,5	10,5	10,8	9,7	7,3	5,2	4,2	7,6
Зміни температури, °C													
макс.	3,32	2,79	2,43	2,08	2,31	2,82	3,48	3,84	3,71	2,73	3,52	4,06	3,09
серед.	3,24	2,67	2,39	2,15	2,23	2,82	3,65	4,01	3,54	2,63	3,28	3,93	3,05
мін.	3,85	3,01	2,64	2,53	2,27	2,50	3,15	3,47	3,37	2,77	3,41	4,37	3,11
Довірчі інтервали зміни середньої температури, ±°C													
	0,48	0,61	0,32	0,40	0,46	0,43	0,62	0,57	0,66	0,56	0,81	0,62	0,59

Як і в попередньому періоді, прогнозується, що холодний період року, зокрема, зимові місяці стануть значно теплішими. Найменшими очікуються зміни середньої температури повітря у весняні місяці: у березні на +2,39±0,32°C, у квітні на +2,15±0,40°C та у

травні +2,23±0,46°C. Річне значення потепління становить +3,05±0,59°C, що на 1,80°C вище попереднього періоду та на 2,65°C вище ніж у період найближчого майбутнього 2011-2030 рр.

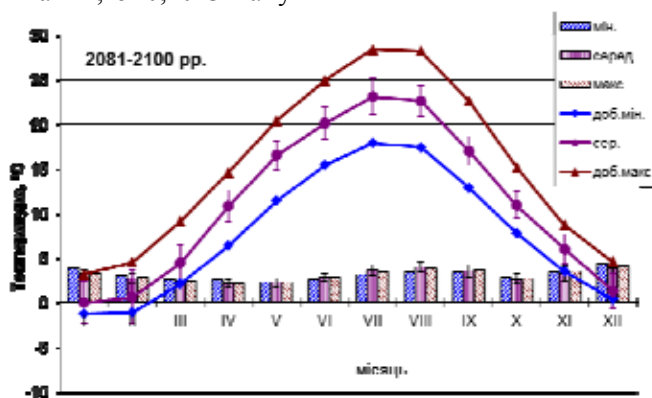


Рис. 3. Так само як і рис.1 для 2081-2100 рр. Дані з табл.4

Довірчі інтервали для періоду віддаленого майбутнього отримані найбільші, тобто величини мають найбільший діапазон можливих значень, що є цілком очікуваним. Найбільшу неузгодженість моделей (найвищий довірчий інтервал) було отримано для листопада ($\pm 0,81^{\circ}\text{C}$), найменший – для березня ($\pm 0,32^{\circ}\text{C}$).

Усереднені за площею зміни максимальних температур мають ті ж самі тенденції, що й середні: підвищення значень у всі місяці, зокрема, найбільше у грудні ($+4,06^{\circ}\text{C}$) та серпні ($+3,84^{\circ}\text{C}$). Найменше підвищення максимальних температур прогнозується для квітня ($+2,08^{\circ}\text{C}$). До кінця XXI ст. середній максимум річного ходу підвищиться до $28,4^{\circ}\text{C}$ у липні. А у серпні значення середньої максимальної температури також значно зросте до $28,2^{\circ}\text{C}$. Мінімум середніх максимальних температур у січні перевищить 3°C . Річне значення зміни максимальної температури становитиме $+3,09^{\circ}\text{C}$, що вище за зміну середньої температури.

Усереднені за площею зміни мінімальної температури є вищими у холодний період, ніж у теплий. Найменше підвищення мінімальної температури очікується, як і в попередній період, у травні ($+2,27^{\circ}\text{C}$), найвищі значення зміни мінімальної температури прогноуються, знову для грудня ($+4,32^{\circ}\text{C}$) та січня ($+3,85^{\circ}\text{C}$). Максимум з середніх мінімумів температури має значення $17,9^{\circ}\text{C}$ у липні, а у серпні зросте до $17,4^{\circ}\text{C}$. Середній добовий мінімум у січні підвищиться до $-1,3^{\circ}\text{C}$, а у грудні – перевищить 0°C . Річний показник зміни мінімальної температури дорівнюватиме $+3,11^{\circ}\text{C}$, що перевищить зміни як середніх, так і максимальних температур.

Щодо річного ходу температури повітря у віддаленій перспективі, абсолютне значення середньої температури січня, найсуворішого місяця зими, буде $0\pm 0,48^{\circ}\text{C}$, а у грудні середня місячна температура стане додатною ($1,3\pm 0,62^{\circ}\text{C}$). Найтеплішим місяцем року залишається липень з абсолютним значенням середньої температури $23,1\pm 0,62^{\circ}\text{C}$. Середня температура року прогнозується $11,1^{\circ}\text{C}$, що на $1,8^{\circ}\text{C}$ вище попереднього періоду та на $2,6^{\circ}\text{C}$ вище за період найближчого майбутнього 2011-2030 рр. Значення середньоквадратичного відхилення, як і в попередні два періоди, вищі для холодного періоду року (у січні $2,4^{\circ}\text{C}$, у лютому $3,0^{\circ}\text{C}$) та нижчі для теплого (у липні $2,0^{\circ}\text{C}$), для річного значення, як і в попередній період, становить $0,8^{\circ}\text{C}$. Добова амплітуда температури вища у теплий період року (у серпні $10,8^{\circ}\text{C}$) та нижча у холодний (у груд-

ні $4,2^{\circ}\text{C}$). Річне значення добової амплітуди становитиме $7,6^{\circ}\text{C}$, що нижче за значення у всі попередні періоди і свідчить про зменшення континентальності клімату, можливо за рахунок збільшення впливу морських повітряних мас. Але це твердження потребує додаткових спеціальних досліджень.

Кількість опадів. Для аналізу можливих змін кількості опадів на території Тернопільської області у XXI ст. використовувався оптимальний ансамбль з 4-х регіональних кліматичних моделей, який визначений найкращим щодо реального відображення просторово-часового розподілу опадів та тенденцій їх змін на території України у період 1961-2010 рр. [7]. У кожному вузлі розрахункової сітки усіх РКМ ансамблю визначалися абсолютні значення та зміни середніх місячних та річних сум опадів. Для отриманих характеристик були розраховані довірчі інтервали для рівня довіри 0,95. Отримані статистичні характеристики представлено у табл. 5-7 та на рис. 4-6 для трьох періодів: найближчого (2011-2030 рр.), середнього (2031-2050 рр.) та віддаленого майбутнього (2081-2100 рр.) по відношенню до контрольного періоду 1991-2010 рр. У таблицях подано усереднені (серед.), а також максимальні (макс.) та мінімальні (мін.) у межах області значення характеристик. Зміни кількості опадів традиційно розглянуті також із застосуванням відносних одиниць (%), які необхідні для розрахунків у деяких кліматозалежних галузях науки та економіки.

У період найближчого майбутнього 2011-2030 рр. на території Тернопільської області річна сума опадів буде у межах $606<648<701$ мм. Відносно базового періоду спостерігається незначне збільшення середньої річної кількості опадів (на $13<33<54$ мм або $2<5<9\%$) і як збільшення місячних сум опадів, так і їх зменшення. Середні місячні суми опадів збільшуються протягом року у всі місяці, за виключенням серпня (-8%), вересня (-7%) та жовтня (-9%), коли прогнозується їх незначне зниження. Найбільші показники зростання очікуються у січні (26%), березні (23%) та травні (13%). Більше опадів випадатиме у теплий період року з максимумом у липні 101 мм (від 94 до 110 мм по всій області) та значно менше у холодний з мінімумом у січні-лютому 35 мм (від 28 до 43 мм) та жовтні 36 мм (від 31 до 42 мм) (табл. 5, рис. 4).

На території області максимальні збільшення кількості опадів прогноуються у липні на 14 мм (16%), у березні на 12 мм (33%), у

січні на 10 мм (32%) та у травні на 10 мм (17%). Найсуттєвіше зменшення кількості опадів отримано у серпні -8 мм (-11%), у жовтні на -7 мм (-18%) та у вересні на -6 мм (-10%). Але у всі місяці року, за виключенням січня,

прогнозовані зміни місячних сум опадів не перевищують довірчих інтервалів за рівня довіри 0,95, тобто вони статистично не значущі за вказаного рівня і мають меншу ймовірність.

Таблиця 5

Характеристики кількості опадів Тернопільської області у 2011-2030 рр.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Абсолютні значення кількості опадів, мм													
макс.	43	41	47	46	78	79	110	70	63	42	49	49	701
серед.	35	35	45	43	70	75	101	65	60	36	39	43	648
мін.	28	29	40	40	65	69	94	59	53	31	33	34	606
Середньоквадратичне відхилення, мм													
σ	12,4	12,1	23,1	32,1	29,3	40,5	61,9	43,6	35,9	21,3	14,3	18,2	91,2
Зміни кількості опадів відносно періоду 1991-2010 рр., мм													
макс.	10	4	12	6	10	8	14	-3	-1	-2	7	6	54
серед.	7	3	8	4	8	3	7	-5	-4	-4	3	3	33
мін.	5	2	7	1	4	-1	1	-8	-6	-7	1	2	13
Довірчі інтервали, ±мм													
макс.	10	8	9	9	16	31	30	16	13	14	13	13	148
серед.	7	7	9	7	13	23	27	12	8	12	10	12	135
мін.	5	6	7	4	8	16	23	7	6	9	8	9	123
Зміни кількості опадів, %													
макс.	32	11	33	15	17	11	16	-4	-2	-4	18	13	9
серед.	26	9	23	9	13	4	7	-8	-7	-9	9	9	5
мін.	24	7	17	3	7	-1	1	-11	-10	-18	3	5	2

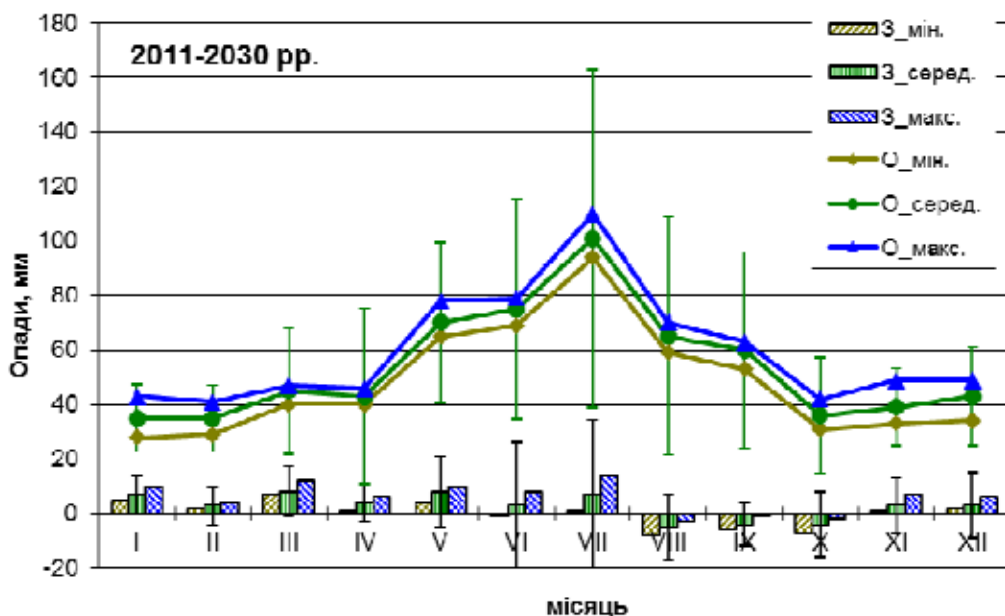


Рис. 4. Середні, максимальні та мінімальні за площею Тернопільської області у 2011-2030 рр. багаторічні середні місячні суми опадів (криві) та їх зміни відносно контрольного періоду 1991-2010 рр. (стовпчики) з середньоквадратичними відхиленнями для усереднених сум та з довірчими інтервалами для їх змін. Дані з табл.5

До середини XXI ст. (табл. 6, рис. 5) у Тернопільській області прогнозується ще більша сума річних опадів, ніж у попередньому періоді, із усередненим значенням приросту +66 мм або +11% відносно сучасного періоду,

та збільшення середніх місячних сум опадів у всі місяці, за виключенням жовтня (-2 мм або -6%) та листопада (-4 мм або -12%). Максимальні підвищення місячної кількості опадів отримано у липні (10<16<21 мм або 11<17<22

%), вересні (7<12<15 мм або 10<18<23%) та грудні (9<12<16 мм або 25<31<38%). Як і в попередній період, всі прогнозовані зміни місячних сум опадів не перевищують довірчих

інтервалів, тобто вони не значущі за рівня довіри 0,95. Зміни на межі довірчих інтервалів очікуються для вересня і листопада, коли їх ймовірність не менша за 95%.

Таблиця 6

Характеристики кількості опадів Тернопільської області у 2031-2050 рр.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Абсолютні значення кількості опадів, мм													
макс.	40	42	47	46	84	86	118	76	80	42	39	59	727
серед.	34	34	44	41	72	77	109	72	75	38	32	52	680
мін.	27	29	40	38	66	69	104	63	68	32	27	40	645
Середньоквадратичне відхилення, мм													
σ	14,3	14,4	27,9	25,0	23,4	42,6	70,9	50,6	39,3	22,8	10,8	21,2	121,4
Зміни кількості опадів відносно періоду 1991-2010 рр., мм													
макс.	7	4	10	3	13	8	21	4	15	1	-2	16	83
серед.	6	2	8	2	9	4	16	1	12	-2	-4	12	66
мін.	5	0	7	0	6	-0	10	-2	7	-5	-6	9	54
Довірчі інтервали, мм													
макс.	9	6	11	15	14	20	40	15	13	17	6	17	134
серед.	7	5	9	11	12	17	28	10	12	15	4	13	118
мін.	5	3	6	10	8	14	22	5	9	13	3	11	101
Зміни кількості опадів, %													
макс.	23	12	27	8	19	11	22	6	23	2	-6	38	14
серед.	21	7	22	4	15	6	17	2	18	-6	-12	31	11
мін.	19	1	18	1	9	-1	11	-2	10	-13	-16	25	9

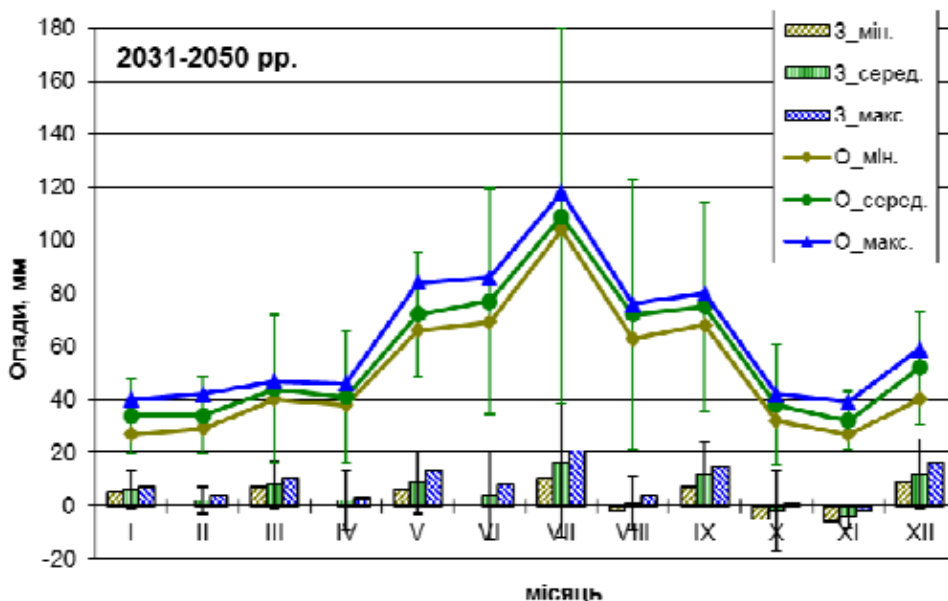


Рис. 5. Так само як і рис.4 для 2031-2050 рр. Дані з табл.6

Таблиця 7

Характеристики кількості опадів Тернопільської області у 2081-2100 рр.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
Абсолютні значення кількості опадів, мм													
макс.	48	45	59	52	76	82	113	75	72	55	52	58	760
серед.	41	38	54	47	65	77	104	71	67	47	43	51	705
мін.	32	33	48	44	59	70	100	62	60	42	38	39	665
Середньоквадратичне відхилення, мм													
σ	12,1	18,0	30,2	27,4	19,5	46,4	70,5	45,3	34,1	27,1	16,0	19,8	111,7

Зміни кількості опадів відносно періоду 1991-2010 рр., мм													
макс.	15	8	20	9	6	10	18	2	8	10	10	15	114
серед.	13	6	18	7	2	4	11	0	4	7	7	11	90
мін.	9	4	15	5	-1	-1	7	-2	-0	5	6	8	73
Довірчі інтервали, мм													
макс.	12	7	16	17	13	27	43	14	28	22	15	13	170
серед.	11	4	14	13	11	19	34	13	21	15	12	10	150
мін.	9	2	9	10	8	14	25	11	14	12	10	7	137
Зміни кількості опадів, %													
макс.	49	22	53	22	9	13	19	3	14	23	25	35	19
серед.	46	19	49	18	4	6	12	0	6	16	20	29	15
мін.	41	14	42	13	-1	-1	7	-3	-1	14	17	24	12

У наступному періоді віддаленого майбутнього (2081-2100 рр.) у Тернопільській області очікуються максимальні у XXI ст. річні суми опадів (від 665 до 760 мм з усередненим значенням 705 мм), а їх зміни відносно сучас-

ного періоду складатимуть 73<90<114 мм або 12<15<19% (табл. 7, рис. 6). Для даного періоду збільшення сум опадів отримано у всі місяці за виключенням серпня, в якому не прогнозується жодних змін.

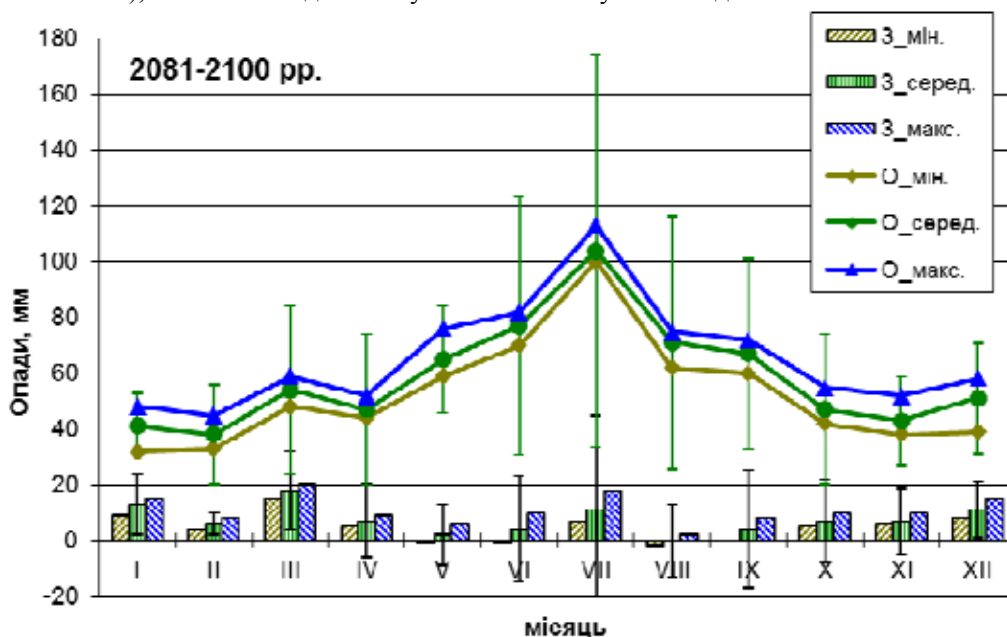


Рис. 6. Так само як і рис.4 для 2081-2100 рр. Дані з табл.7

Максимальні та статистично значущі за рівня довіри 0,95 збільшення опадів отримано з грудня до березня, в якому очікуються найбільші значення змін (15<18<20 мм або 42<49<53%). Також суттєве збільшення місячних сум опадів отримано у січні (9<13<15 мм або 41<46<49%) та грудні (8<11<15 мм або 24<29<35%).

У цілому у річному ході кількості опадів у Тернопільській області впродовж XXI ст. не відбуватиметься зсуву максимуму, який залишатиметься у липні із середніми значеннями кількості опадів, що перевищуватимуть 100 мм на місяць на всій території області. Мінімуми у річному розподілі кількості опадів, що на початку сторіччя були у січні-лютому (по 35 мм

та другий у жовтні (36 мм), дещо змінюються. До середини сторіччя перший у січні-лютому зберігається (по 34 мм), а другий з жовтня переміщується на листопад (32 мм) і стає глибшим за перший. До кінця XXI ст. найменша кількість місячних опадів знову очікується у лютому (38 мм), у січні та листопаді значення також мінімальні, але дещо більші (41 та 43 мм відповідно).

Відносна вологість. Відносна вологість характеризує ступінь насичення повітря водяною парою, залежить від зміни температури повітря, стану поверхні та переносу вологи. Добовий та річний хід величини є протилежним до ходу температури, оскільки із зниженням температури відносна вологість зростає. В

її добовому ході максимум настає на світанку, мінімум - о 13-14 годині дня, що вказує на значну мінливість характеристики у часі. Однак, якщо розглядати кліматичні показники – усереднені за певну кількість років – середні значення відносної вологості є досить сталими, що дає змогу порівнювати їх з модельними даними та розраховувати прогноз можливих кліматичних змін відносної вологості на певній території.

Прогнозовані значення відносної вологості повітря на території Тернопільської області у XXI ст. розраховувались за скороченим оптимальним ансамблем з найкращих для території України 3 РКМ: *REMO*, *RCA3-E* та *RACMO2*.

Також визначалися середньоквадратичні відхилення в кожний з прогнозних періодів. Отримані значення подано у табл. 8. Оскільки річний хід відносної вологості є протилежним до ходу температури повітря, у період найближчого майбутнього найменші значення спостерігаються в теплий період року (72-74%), а найбільші в холодний (76-86%) і варіюють в межах 14%. До середини сторіччя тенденції зберігаються з мінімумом у квітні (72%) та максимумом у січні (86%). У період віддаленого майбутнього максимум зміститься на грудень (86%), а мінімум очікується у липні (70%). Річне значення відносної вологості у всі періоди становитиме 78%.

Таблиця 8

Характеристики вологості повітря Тернопільської області у три досліджувані періоди

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
2011-2030 рр.													
Відносна вологість, %													
	86	84	76	72	74	74	74	72	74	80	84	85	78
Середньоквадратичне відхилення, %													
	3,8	4,5	5,6	5,4	4,5	3,8	4,3	5,5	5,3	3,9	3,5	3,8	2,1
2031-2050 рр.													
Відносна вологість, %													
	86	84	75	72	74	74	73	73	75	81	83	85	78
Середньоквадратичне відхилення, %													
	5,3	4,1	5,7	5,0	3,8	4,5	5,8	7,5	6,4	5,1	3,8	3,2	2,9
2081-2100 рр.													
Відносна вологість, %													
	86	83	79	74	73	73	70	72	75	81	85	87	78
Середньоквадратичне відхилення, %													
	3,6	5,1	4,8	4,8	3,3	4,9	6,3	5,0	7,0	4,2	2,8	2,5	2,5

Висновки. У статті представлені результати досліджень можливих сценаріїв кліматичних умов на території Тернопільської області на найближчу, середню та віддалену перспективу XXI ст., виконаних з використанням розрахунків РКМ, об'єднаних у оптимальні для регіону ансамблі. Для розглянутих трьох періодів отримано статистичні характеристики основних кліматичних показників – багаторічних середніх місячних та річних значень температури повітря, кількості опадів та відносної вологості повітря, їх абсолютних значень та змін відносно контрольного сучасного періоду 1991-2010 рр.

Аналіз проєкцій показав, що термічний режим регіону характеризується поступовим зростанням значень середніх місячних температур, окрім найближчого майбутнього, в якому не виключено похолодання у лютому (-0,05±0,37°C) та березні (-0,25±0,40°C). Абсолютні місячні значення середньої температури повітря до кінця сторіччя збільшуються при-

лизно на 3°C у всі місяці року. Так, наприклад, абсолютне значення середньої температури найсуворішого місяця зими січня зростає від -2,9±0,63°C на початку сторіччя до 0±0,48°C у віддаленому майбутньому, а у грудні середня місячна температура до кінця сторіччя стане додатною (1,3±0,62°C). Найтеплішим місяцем року залишатиметься липень, а його середня температура протягом сторіччя зміниться від 20±0,51°C до 23,1±0,62°C. Також у віддаленому майбутньому спекотним буде серпень з середньою температурою 22,6±0,57°C. Середня температура року до кінця сторіччя прогнозується 11,1±0,59°C, що на 1,8°C вище, ніж очікується на середину сторіччя, та на 2,6°C вище за період найближчого майбутнього.

Режим зволоження Тернопільської області характеризуватиметься збільшенням кількості опадів у холодний період та їх зменшенням у теплий період року. Зокрема, до кінця сторіччя у січні опади зростуть на 46%, а у березні на 49%. З серпня (-8%) по жовтень (-9%) най-

ближчого майбутнього та у жовтні (-6%) і у листопаді (-12%) до середини сторіччя очікується зниження кількості опадів у регіоні. Річні суми опадів зростають від 648 мм у найближчому майбутньому до 705 мм до кінця сторіччя. У цілому у річному ході зволоження у Тернопільській області протягом XXI ст. не відбуватиметься зсуву максимуму, який залишатиметься у липні із середніми значеннями кількості опадів, що перевищуватимуть 100 мм на місяць на всій території області. Мінімуми у річному розподілі кількості опадів, що на початку сторіччя були у січні-лютому (по 35 мм) та другий у жовтні (36 мм), дещо змінюються. До середини сторіччя перший мінімум у січні-лютому зберігається (по 34 мм), а другий з жовтня переміщується на листопад (32 мм) і стає глибшим за перший. До кінця XXI ст. найменша кількість місячних опадів знову очікується у лютому (38 мм), у січні та листопаді значення також мінімальні, але дещо більші (41 та 43 мм відповідно).

Аналіз можливих змін відносної вологості повітря показав, що дана характеристика впродовж XXI ст. матиме найменші значення в

теплий, а найбільші – в холодний період року. В період найближчого майбутнього та до середини сторіччя річний хід відносної вологості повітря характеризується мінімумом у квітні (72%) та максимумом у січні (86%). У період віддаленого майбутнього максимум зміститься на грудень (86%), а мінімум очікується у липні (70%). Середнє річне значення відносної вологості у всі періоди становитиме 78%.

Проведене та представлене дослідження дозволило отримати кількісний сценарій можливих змін основних кліматичних характеристик в Тернопільській області у три 20-річні періоди майбутнього. Отримані результати можуть широко використовуватись на регіональному рівні при плануванні економічного розвитку регіону та впровадженні адаптаційних та пом'якшувальних заходів для кліматозалежних галузей економіки та інших сфер діяльності в регіоні.

Автори висловлюють подяку виконавцям європейського проекту EU-FP6 ENSEMBLES та ECA&D за використання даних розрахунків РКМ та E-Obs.

Література:

1. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океанів у прогнозуванні змін регіонального клімату України в XXI ст. / [С. В. Краковська, Л. В. Паламарчук, І. П. Шедєменко та ін.]. // Геофізичний журнал. – 2011. – №6. – С. 68–81.
2. Сезонні зміни клімату в Україні в XXI столітті / [Л. В. Паламарчук, Н. В. Гнатюк, С. В. Краковська та ін.]. // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2010. – Вип.259. – С. 104–120.
3. Шедєменко І. П. Верифікація даних Європейської бази E-OBS щодо приземної температури повітря та кількості опадів у адміністративних областях України / І. П. Шедєменко, С. В. Краковська, Н. В. Гнатюк. // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2012. – Вип.262. – С. 36–48.
4. A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation / [M. R. Haylock, N. Hofstra, A. G. Klein Tank et al.]. // J. Geophys. Res (Atmospheres). – 2008. – №113.
5. Climate change projections for Ukraine in the 21st century based on the best RCM ensembles [Електронний ресурс] / N. Gnatiuk, S. Krakovska, L. Palamarchuk, A. Bilozeroва // Geophysical Research Abstracts. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2013/EGU2013-889-1.pdf>.
6. Climate Models and Their Evaluation / [D. A. Randall, R. A. Wood, S. Bony et al.] // Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC / [S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al.]. – NY, 2007. – (Cambridge University Press). – P. 589–662.
7. Methodology of the best RCMs ensemble selection applied for Ukraine [Електронний ресурс] / S. Krakovska, N. Gnatiuk, T. Shpytal, I. Shedemenko // Proc. of the International Conference on Regional Climate CORDEX (Brussels, Belgium). – 2013. – Режим доступу до ресурсу: http://cordex2013.wcrp-climate.org/posters/P2_44_Krakovska.pdf.
8. Nakićenović N. Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change / N. Nakićenović, R. Swart. – NY, 2000. – 599 p. – (Cambridge University Press).
9. Regional Climate Projections / [J. H. Christensen, B. Hewitson, A. Busuioc et al.] // Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of WG I to the Fourth Assessment Report of the IPCC / [S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al.]. – NY, 2007. – (Cambridge University Press). – P. 94.
10. The science research and results of the ENSEMBLES project [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ensembles-eu.metoffice.com>.

References:

1. Modeli zagal'noi cirkulacii atmosferi ta okeaniv u prognuzovanni zmin regional'nogo klimatu Ukraini v XXI st. / [S. V. Krakovska, L. V. Palamarchuk, I. P. Shedemenko ta in.]. // Geofizichnij zhurnal. – 2011. – №6. – S. 68–81.
2. Sezonni zmini klimatu v Ukraini v XXI stolitti / [L. V. Palamarchuk, N. V. Gnatyuk, S. V. Krakovska ta in.]. // Nauk. praci UkrNDGMi. – 2010. – Vip.259. – S. 104–120.
3. Shedemenko I. P. Verifikacia danih Evropejs'koj bazi E-OBS shodo prizemnoi temperaturi povitra ta kil'kosti opadiv u administrativnih oblastah Ukraini / I. P. Shedemenko, S. V. Krakovska, N. V. Gnatyuk. // Nauk. praci UkrNDGMi. – 2012. – Vip.262. – S. 36–48.
4. A European daily high-resolution gridded dataset of surface temperature and precipitation / [M. R. Haylock, N. Hofstra, A. G. Klein Tank et al.]. // J. Geophys. Res (Atmospheres). – 2008. – №113.
5. Climate change projections for Ukraine in the 21st century based on the best RCM ensembles [Електронний ресурс] / N. Gnatiuk, S. Krakovska, L. Palamarchuk, A. Bilozeroва // Geophysical Research Abstracts. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2013/EGU2013-889-1.pdf>.
6. Climate Models and Their Evaluation / [D. A. Randall, R. A. Wood, S. Bony et al.] // Climate Change 2007: The Physical Science Basis.

- Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC / [S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al.]. – NY, 2007. – (Cambridge University Press). – P. 589–662.
7. Methodology of the best RCMs ensemble selection applied for Ukraine [Електронний ресурс] / S. Krakovska, N. Gnatiuk, T. Shpytal, I. Shedemenko // Proc. of the International Conference on Regional Climate CORDEX (Brussels, Belgium). – 2013. – Режим доступу до ресурсу: http://cordex2013.wcrp-climate.org/posters/P2_44_Krakovska.pdf.
 8. Nakićenović N. Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change / N. Nakićenović, R. Swart. – NY, 2000. – 599 p. – (Cambridge University Press).
 9. Regional Climate Projections / [J. H. Christensen, B. Hewitson, A. Busuioc et al.] // Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of WG I to the Fourth Assessment Report of the IPCC / [S. Solomon, D. Qin, M. Manning et al.]. – NY, 2007. – (Cambridge University Press). – P. 94.
 10. The science research and results of the ENSEMBLES project [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ensembles-eu.metoffice.com>

Резюме:

Светлана Краковская, Наталья Гнатюк, Татьяна Шпиталь. ВОЗМОЖНЫЕ СЦЕНАРИИ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ТЕРНОПОЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ В XXI СТ.

Разработаны возможные сценарии климатических условий на территории Тернопольской области в XXI в. с помощью одного из основных современных инструментов изучения климатических изменений на далекую перспективу – ансамблей региональных климатических моделей. В результате проведенного исследования получены статистические характеристики основных климатических показателей – многолетних средних месячных и годовых значений температуры воздуха, количества осадков и относительной влажности воздуха. Расчеты региональных климатических моделей вычислялись по определенным оптимальным ансамблями на ближайшую (2011-2030 гг.), среднюю (2031-2050 гг.) и отдаленную (2081-2100 гг.) перспективы, а изменения определялись относительно контрольного современного периода 1991-2010 гг.

Анализ возможных изменений относительной влажности воздуха показал, что данная характеристика течение XXI века может иметь наименьшие значения в теплый, а самые большие - в холодный период года. В период ближайшего будущего и к середине столетия годовой ход относительной влажности воздуха характеризуется минимумом в апреле (72%) и максимумом в январе (86%). В период отдаленного будущего максимум сместится на декабрь (86 %), а минимум ожидается в июле (70%). Среднее годовое значение относительной влажности во все периоды составит 78%.

Проведенное и представленное исследование позволило получить количественный сценарий возможных изменений основных климатических характеристик в Тернопольской области в три 20-летние периоды будущего. Полученные результаты могут широко использоваться на региональном уровне при планировании экономического развития региона и внедрении адаптационных и смягчающих мер для зависящих от климата отраслей экономики и других сфер деятельности в регионе.

Ключевые слова: изменение климата, климатические условия Тернопольской области, региональные климатические модели.

Summary:

Svetlana Cracowskaya, Natalia Hnatiuk, Tatiana Shpital. POSSIBLE SCENARIOS OF CLIMATIC CONDITIONS IN THE TERNOPIL REGION IN THE XXI CENTURY.

Develop possible scenarios of climatic conditions on the territory of the Ternopil region in the XXI century using one of the major modern instruments for climate change for the long term – ensembles of regional climate models. The study prepared by the statistical characteristics of the main climatic parameters – multi-year average monthly and annual values of air temperature, rainfall and relative humidity. Calculations of regional climate models were calculated to determine the optimal ensembles for the near (2011-2030 years), middle (2031-2050 years) and long (2081-2100 years) perspective, and to be determined in relation to a reference period of 1991-2010 the modern years.

Analysis of possible changes in relative humidity showed that this characteristic for the XXI century. have the lowest values in the warm , and the biggest – in the cold season. During the period of the nearest future, and by mid-century the annual variation of the relative humidity is characterized by a minimum in April (72%) and maximum in January (86%). During distant future maximum shift in December (86%), and the minimum expected in July (70%). Annual average relative humidity during all periods will be 78%.

Conducted and presented research has allowed a quantitative scenario of possible changes in key climatic characteristics in the Ternopil region in three 20-year periods of the future. The obtained results can be widely used at the regional level in the planning of economic development of the region and the implementation of mitigation and adaptation measures for climate-dependent industries and other industries in the region.

Keywords: climate change, climate Ternopil region, regional climate models.

Рецензент: проф. Сивий М.Я.

Надійшла 30.04.2014р.