

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий гідрометеорологічний
інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: Зміни поля температури на території України у 2016-2020 рр.

Виконала студентка групи МКА-19
Спеціальності 103 «Науки про Землю»

Стойка Олена Дмитрівна
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник канд. геогр. наук, доцент
Нажмудінова Олена Миколаївна

Консультант _____ - _____

Рецензент канд. геогр. наук, доцент
Барсукова Олена Анатоліївна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий гідрометеорологічний інститут _____
Кафедра _____ метеорології та кліматології _____
Рівень вищої освіти бакалавр _____
Спеціальність 103 «Науки про Землю» _____
(шифр і назва)
Освітня програма Гідрометеорологія _____
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
метеорології та кліматології
Прокоф'єв О.М.
«08» липеня 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студентці _____ Стойці Олені Дмитрівні _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Зміни поля температури на території України у 2016-2020 рр.

керівник роботи Нажмудінова Олена Миколаївна к.геогр.н., доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від «29» квітня 2023 року № 53-С

2. Строк подання студентом роботи 8 червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: бюлетені погоди, карти розподілу середньої місячної температури повітря; карти аномалій середніх місячних показників геопотенціальної висоти H500; карти середніх місячних значень тиску на рівні моря та його аномалій; Кліматичний Кадастр України (1961-1990 рр.).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Огляд наукової літератури за напрямком дослідження. 2) Вибір вихідних даних середньої місячної температури повітря за показниками МС: Одеса, Київ, Львів, Харків. 3) Дослідження аномалій середньої місячної температури повітря у 2016-2020 рр. по території України. 4) Встановлення особливостей циркуляції атмосфери при формуванні найбільших додатних та від'ємних аномалій температури повітря у тепле і холодне півріччя.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
- діаграми ходу середньої місячної температури повітря – рис.3.1-3.8.
- карти розподілу аномалій середньої місячної температури повітря, середнього місячного тиску на рівні моря та його аномалій, аномалій середнього місячного поля H500 – рис.4.1-4.13.

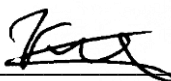
6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 08 травня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Огляд наукової літератури за напрямком дослідження. Складання теоретичної частини роботи.	08-11.05.2023	100	відмінно
2	Вибір вихідних даних за оперативною синоптичною інформацією АРМ синоптика та глобальними прогностичними центрами.	12-16.05.2023	80	добре
3	Складання таблиць, побудова графіків розподілу середньої місячної температури повітря.	17-21.05.2023	90	відмінно
	Рубіжна атестація	22-26.05.2023	90	відмінно
4	Дослідження розподілу середньої місячної температури повітря. Визначення аномалій показників у теплому і холодному півріччях.	27.05-01.06.2023	90	відмінно
5	Встановлення особливостей циркуляції атмосфери при формуванні значних аномалій температури повітря.	02-07.06.2023	80	добре
6	Складання висновків. Підсумкове коригування тексту.	08-09.06.2023	100	відмінно
7	Перевірка роботи на плагіат. Підписання авторського договору Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи.	10-12.06.2023	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90	відмінно

Студентка  Стойка О.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  Нажмудінова О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ГЛОБАЛЬНЕ ПОТЕПЛІННЯ.....	5
2 ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ В УКРАЇНІ.....	9
2.1 Статистичні показники.....	9
2.2 Сучасні тенденції.....	13
3 ДОСЛІДЖЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ МІСЯЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ЗА ПЕРІОД 2016-2020 РР.....	19
3.1 Показники середньої місячної температури повітря теплого періоду.....	19
3.2 Показники середньої місячної температури повітря холодного періоду.....	29
4 АНАЛІЗ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ЗНАЧНИХ АНОМАЛІЙ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ.....	39
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	57

ВСТУП

У цій кваліфікаційній роботі досліджується розподіл середньої місячної температури повітря та її аномалій на території України за період 2016-2020 рр.

Актуальність обраної тематики визначається змінами глобального та регіонального клімату, що особливо проявляється у полі температури.

На фоні глобального потепління, в Україні також відмічається зростання середньої річної, середньої місячної температури, тенденція до посилення посух, збільшення кількості та тривалості спекотних періодів, посилення пожежної небезпеки. За останні роки майже вдвічі зросла повторюваність днів з максимальними температурами влітку понад 35 і 40°C. Водночас реєструється зменшення кількості морозних днів у холодний період року. Такі зміни регіонального клімату мають негативний вплив, насамперед, на розвиток сільського господарства (посушливість, опустелювання окремих регіонів тощо), енергетичний комплекс (робота тепло- та гідроелектростанцій), екосистеми та біорізноманіття.

Об'єкт дослідження: середня місячна температура повітря.

Предмет дослідження: аномалії температури повітря.

Мета дослідження – визначення аномалій середньої місячної температури повітря та циркуляційних умов їх формування.

Методи дослідження: синоптико-кліматичний аналіз, просторово-часове узагальнення даних.

Для дослідження використано оперативну синоптичну інформацію за даними МС Львів, Київ, Одеса, Харків з метою порівняльного аналізу розподілу аномалій температурних показників по території країни.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та переліку літературних джерел (20).

1 ГЛОБАЛЬНЕ ПОТЕПЛІННЯ

Парниковий ефект – явище в атмосфері Землі та інших планет, при якому енергія радіаційного випромінювання від поверхні фактично не в змозі проникнути в космос, оскільки затримується газами атмосфери, що призводить до підвищення температури приповерхневого шару планети. Глобальне потепління пов'язане з посиленням парникового ефекту.

Потепління кліматичної системи є безсумнівним, оскільки воно фіксується спостереженнями за підвищенням середніх річних температур повітря та океану, поширеним таненням снігів і льодовиків та підняттям середнього рівня Світового океану. Більшість змін середніх світових температур, що спостерігаються зараз, починаючи з середини ХХ ст., дуже ймовірно є наслідком антропогенного підвищення атмосферних концентрацій парникових газів. Спеціальні дослідження виявили антропогенний внесок до цих змін. Нагрівання тропосфери та охолодження стратосфери, що спостерігаються, є дуже ймовірно наслідком комбінованого впливу підвищення концентрацій парникових газів та вичерпання озону у стратосфері [3].

Сучасний погляд на глобальне потепління зводиться до наступних положень [1]:

- 1) основна причина глобального потепління – монотонне зростання концентрації парникових газів (в основному вуглекислого газу) в атмосфері Землі;
- 2) тренд підвищення концентрації парникових газів визначається збільшенням їх антропогенної емісії при спалюванні вуглеводневих енергоресурсів;
- 3) глобальне потепління загрожує негативними наслідками для навколишнього середовища і економіки;
- 4) необхідно вдосконалювати політику скорочення антропогенної емісії парникових газів.

Разом з антропогенною концепцією глобального потепління розглядається і природна концепція потепління клімату. Не заперечуючи впливу антропогенних викидів на збільшення глобальної температури, прихильники природної концепції потепління клімату вважають, що визначальними факторами підвищення приземної температури є природні чинники, пов'язані з космогенними циклічними процесами, з сонячно-земною взаємодією тощо.

Для різних сценаріїв соціально-економічного розвитку людства і, відповідно, різних швидкостей зростання концентрацій в атмосфері парникових газів (вуглекислого газу, метану, закису азоту та інших), а також аерозолів, головним методом вивчення ймовірних змін клімату на Землі є чисельне моделювання. Сучасні моделі дають змогу отримувати, так звані, чисельні проєкції можливих змін клімату у XXI ст. Усі вони прогнозують підвищення глобальної температури повітря на 2,5–4,5°C. Загалом ланцюг причинно-наслідкових зв'язків, які визначають загальну проблему антропогенної зміни клімату, полягає в емісії й збільшенні концентрації парникових газів та аерозолів в атмосфері, що є наслідком соціально-економічного розвитку людства, впливає на кліматичну систему Землі, викликаючи зростання температури, підвищення рівня моря, зміну кількості опадів та інших фізичних параметрів навколишнього середовища, зумовлюючи екстремальні погодні умови [2].

Найбільш суттєвими факторами антропогенного впливу на клімат, пов'язаними в основному з розвитком енергетики, промисловості, сільського господарства та інших галузей, є наступні [9]:

- зміна газового складу атмосфери внаслідок викидів продуктів згорання органічного палива - радіаційно активних малих газових компонентів, таких як вуглекислий газ (CO_2), окис азоту (N_2O), метан (CH_4) і меншою мірою хлористі фторвуглеводні, гідрофторвуглеводні, перфторвуглеводні та інші сполуки;

- зміна аерозольного складу атмосфери внаслідок надходження в неї сажі продуктів згорання у вигляді сполук сірки та інших частин у результаті впливу на ґрунт та ін.;
- надходження в атмосферу або води суші та океану безпосередньо теплової енергії - теплових викидів (теплове забруднення атмосфери і гідросфери);
- зміни структури та властивостей підстильної поверхні в результаті розорювання великих масивів землі, знищення лісів, меліорації та ін.

Антропогенні чинники сприяють кліматичним змінам, внаслідок зміни концентрації в атмосфері парникових газів і аерозолів. Із шести видів парникових газів, які визначені Кіотським протоколом, три із них – вуглекислий газ (CO_2), метан (CH_4) і закис азоту (N_2O) – зустрічаються в атмосфері у природному стані, але їх концентрації в результаті діяльності людини значно підвищились. Три інші парникові гази (гексафторид сірки, гідрофторвуглеводні, перфторвуглеводні) є синтетичними хімічними речовинами, 1 кг цих газів в атмосфері еквівалентний 20 і більше тонам вуглекислого газу. Парникові гази та аерозолі впливають на клімат шляхом зміни об'єму сонячного випромінювання, що надходить, та відбитого інфрачервоного (теплого) випромінювання. У нижньому десятикілометровому шарі атмосфери температура, в середньому, зменшується з висотою, тому що сонячне короткохвильове випромінювання поглинається в атмосфері слабо і, досягаючи поверхні Землі, нагріває її, а довгохвильове випромінювання, навпаки, сильно поглинається в атмосфері, підвищуючи її температуру. Цей процес нерівномірний – в одних регіонах температура змінюється швидше, в інших – повільніше. За інших рівних умов – чим більший парниковий ефект, тим тепліші нижні шари атмосфери.

Щорічні викиди в атмосферу вуглекислого газу оцінюються зараз приблизно у 6-7 млрд тон. Близько половини антропогенного CO_2 поглинається Світовим океаном і витрачається для приросту наземної фітомаси рослинності. Друга половина залишається в атмосфері, що проявляється в посиленні парникового ефекту. Якщо будуть збережені темпи викидів парникових газів, то

до кінця ХХІ сторіччя середня температура повітря на Землі може підвищитись на 3-6°C. Це спричинить значні зміни у глобальній кліматичній системі – різку зміну температурних режимів, зміну рози вітрів, формування періодів сильної спеки і посилення посух в одних регіонах й аномально високу кількість атмосферних опадів – в інших, танення льодовиків та арктичного льоду, підвищення рівня Світового океану. Наслідки цих змін будуть різкими і незворотними [12].

За останні десятиріччя відмічається значне підвищення середньої річної температури. Більшість фахівців пов'язують це явище зі збільшенням концентрації парникових газів. Наслідком підвищення середньої температури усього лише на кілька градусів буде зміна циркуляції вітрів і перерозподіл опадів. Це, в свою чергу, призведе до збільшення вологості в одних регіонах і посух в інших. Особливо істотним вплив глобального потепління буде у прибережних зонах. Глобальне потепління збільшує ризик виникнення таких стихійних лих, як повені, урагани, посухи, пожежі [11].

2 ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ В УКРАЇНІ

2.1 Статистичні показники

На формування температури повітря насамперед впливає географічне положення (широта, довгота), радіаційний режим, циркуляція атмосфери та особливості підстильної поверхні (рельєф місцевості, моря, що омивають країну). Вплив кожного з цих чинників протягом року не рівнозначний, що призводить до значних температурних контрастів.

У холодний період температурний режим формується під впливом циркуляції атмосфери - активної циклонічної діяльності і пов'язаної з нею адвекції холоду. Радіаційний фактор значно послаблюється, що зумовлено астрономічними чинниками (зменшенням висоти Сонця та тривалості дня) та збільшенням хмарності. Вплив підстильної поверхні також нівелюється. Найтеплішими є західні та південно-західні регіони, що знаходяться під впливом повітряних мас із Середземного та Чорного морів. Із просуванням на схід і північний схід частішають вторгнення повітря з Азії та Арктики, тому тут відмічається найнижча температура повітря. Часте чергування теплого і вологого та сухого і холодного повітря створює нестійкий характер зими.

У теплий період термічний режим визначається значною інтенсивністю сонячної радіації, радіаційний фактор стає переважаючим. Найбільша висота Сонця і тривалість дня забезпечують інтенсивне прогрівання підстильної поверхні й повітря. Роль циркуляції атмосфери послаблюється - переважають малоградієнтні розмиті області підвищеного тиску. Вологе атлантичне повітря у міру просування вглиб розігрітого суходолу прогрівається і трансформується у маси континентального повітря; зменшуються контрасти температури і її поле стає одноріднішим [4, 10].

Температура є інтегральною характеристикою всіх процесів. Постійне і тривале (з 1881 року) спостереження за температурою повітря дає можливість зробити статистично обґрунтованою характеристику схожості вікового ходу річної глобальної і регіональної температури повітря. Зміни клімату в окремих районах земної кулі, в тому числі в Україні, прийнято характеризувати з допомогою річної температури повітря [8].

Річний хід температури повітря майже збігається з річним ходом надходження сонячної радіації, проте дещо запізнюється порівняно з нею і відзначається незначними коливаннями від місяця до місяця взимку і влітку та різкими – восени і навесні. Ці зміни повсюдно мають однорідний характер. У річному ході як за широтою, так і за довготою на всій території найхолоднішим місяцем є січень, а найтеплішим – липень. До 47° широти квітень незначно (до 1°C) холодніший від жовтня, а в напрямі на північ уздовж цієї широти він стає вже теплішим (на 1°C і вище). Аналогічна картина спостерігається для травня та вересня: до 47° широти травень холодніший (на 1°C і більше) від вересня, а в напрямі на північ уздовж цієї широти - навпаки. Такий хід температури повітря у ці місяці зумовлений впливом моря. Особливістю річного ходу температури повітря за довготою є те, що квітень тепліший від жовтня, травень до 24° довготи холодніший, а далі на схід тепліший від вересня [4].

Одним із основних показників температурного режиму є середня місячна температура повітря, що характеризує загальний температурний фон території. Просторово-часовий розподіл середньої місячної температури повітря залежить від радіаційних умов, сезонних коливань циркуляції атмосфери, фізико-географічних особливостей території.

Середня місячна температура повітря, в основному, змінюється з півночі на південь. У холодний період (листопад-березень) найнижча температура повітря спостерігається не на крайньому сході, а в районі Донецької височини - внаслідок впливу рельєфу місцевості. Деяке підвищення температури повітря у цей час на довготі 33° пояснюється зігрівачим впливом моря. Зниження

температури у межах 35-36° за довготою пояснюється впливом Приазовської височини. Зміни за довготою значно менші, ніж за широтою - у зимові і літні місяці вони однакові (3,5°C), а в перехідні сезони (квітень, жовтень) зміни за довготою найменші (1,0-1,5°C). У теплий період найвища температура повітря спостерігається не у південних широтах, а в центральних степових районах, де відбувається найінтенсивніша трансформація повітряних мас. Деяке зниження температури повітря на крайньому півдні пов'язане з охолоджувальним впливом моря [10].

Грудень - найтепліший зимовий місяць, середня температура від'ємна, за винятком Криму. У січні найнижча середня температура повітря (-8...-7°C) спостерігається на північному сході, сході та в Українських Карпатах. На решті території вона становить -6...-4°C. Лютий за температурним режимом мало (до 1,5°C) відрізняється від січня, тому що циркуляційні та радіаційні умови цих місяців майже подібні. Зимовий характер розподілу температури повітря зберігається у березні, але поступово починається її швидке зростання і вона стає на 3 - 5° С вищою, ніж у лютому. На півдні та заході температура повітря уже додатна, а на півночі, північному сході та в горах ще залишається від'ємною - це зумовлено наявністю у цих районах стійкого снігового покриву та повільним прогріванням ґрунту. У квітні середня температура повітря на 5-9°C вища від березневої і повсюди додатна, на Поліссі вона становить 6-7°C, у напрямі на південь підвищується до 9-10°C. У травні середня температура повітря на 5-7°C вища, ніж у квітні, часто встановлюється жарка погода, проте звичайним явищем є ранкові заморозки. Від травня до червня середня температура повітря підвищується на 3-4°C. Іноді червень буває найтеплішим місяцем за рік. Найвищих значень середня температура досягає у липні - на Поліссі та в Лісостепу вона дорівнює 18-20°C, у Степу та на узбережжях морів 21-23°C. У 20-30% років найтеплішим місяцем буває серпень. Значне зниження температури повітря відмічається з вересня - на Поліссі температура повітря становить 12-13°C, у Степу 17-18°C, на Південному березі Криму 20°C. У період з вересня до

грудня температура щомісяця знижується на 4-6°C. У жовтні вона не перевищує на Поліссі 7°C, у Степу 10°C, а на Південному березі Криму ще залишається досить високою (14°C) [4].

Максимальна та мінімальна температура повітря є екстремальними характеристиками температурного режиму. Вони мають більшу мінливість у часі й просторі порівняно з середньою місячною температурою. Розподіл екстремальної температури повітря залежить насамперед від радіаційного режиму, циркуляційних процесів у атмосфері, а також від різноманітних фізико-географічних факторів.

Уявлення про найвищу температуру повітря надає абсолютний максимум температури повітря. У річному ході найвищий абсолютний максимум температури повітря (35...40°C) у більшості випадків спостерігається у літні місяці (червень-серпень), в окремі роки внаслідок аномального розвитку синоптичних процесів – у травні, вересні. Рекордні абсолютні максимуми встановлюються за умов малорухомих термічних депресій, що формуються внаслідок тривалого інтенсивного прогрівання повітря. Абсолютний максимум температури повітря і значення, близькі до нього, спостерігаються дуже рідко. Найвищі значення абсолютного максимуму (37...41°C) відмічаються у південних, східних і південно-східних районах.

Мінімальна температура повітря – одна зі складових температурного режиму. Найнижчі її значення зумовлені меридіональною циркуляцією і пов'язані з вторгненнями мас континентального арктичного повітря з півночі і північного сходу. Вторгнення холоду у тилову частину циклонів спричинює активізацію атмосферних процесів та посилення вітру, що збільшує несприятливий вплив низької температури повітря. В антициклонах сильне нічне вихолодження повітря призводить до додаткового зниження мінімальної температури. Узимку найнижча температура повітря спостерігається під час адвекції холодних повітряних мас, які у подальшому зазнають впливу місцевого радіаційного вихолодження. Улітку найнижча

мінімальна температура повітря відмічається у нічні та передранкові години внаслідок нічного вихолодження, великий вплив мають місцеві умови, а також аномальні адвективні процеси. Абсолютний мінімум температури повітря – показник екстремального (найхолоднішого) стану температурного режиму, який дає уявлення про найнижчу температуру повітря за окремі дні. Відповідно до загального ходу температури повітря, найнижчі значення абсолютного мінімуму за рік у більшості випадків спостерігаються у січні (40-50%), лютому (27-34%). В окремі роки (20-22%) вони можуть бути у грудні, інколи у березні (2-6%), листопаді (1-3%). Абсолютний мінімум температури повітря у січні коливається у межах $-42...-26^{\circ}\text{C}$. За рік у більшості випадків (35-45%) абсолютний мінімум перебуває у межах $-25...-21^{\circ}\text{C}$ [10].

2.2 Сучасні тенденції

Україна належить до таких «критичних» регіонів, де очікуються відносно великі меридіональні градієнти змін температури. Актуальність регіональних досліджень для України зумовлена тим, що протягом ХХ ст. основні кліматичні характеристики на її території активно змінювалися, і ці зміни помітно перевищували глобально усереднені величини. Великий практичний інтерес становить не лише кліматична мінливість середньомісячних параметрів, а й статистика їхніх екстремальних значень. Повторюваність аномально високих середніх місячних температур до кінця ХХ ст. зросла у два-три рази порівняно з початком століття. Аномально холодні зими стали менш ймовірними [2].

Процес потепління в Україні відбувається досить активно. Перший етап активного глобального потепління в Україні почався з 1911 р. і досяг найбільшої інтенсивності в 30-х роках. Починаючи з 1950-х років глобальний клімат перебував у відносному «спокої». З 1970-х років у глобальному і регіональному

масштабі процес потепління відбувався інтенсивніше, ніж в попередні роки. З 1991 р. почалася активізація глобального і регіонального потепління. Потепління йде у меридіональному напрямку, тому на заході воно проявляється менше (зона мішаних лісів та широколистяних лісів). З 1975 р. великий внесок зробила лісостепова зона, а з 1990 року потепління відбувається у всіх природних зонах. За дослідженням [8] періоду 2001-2012 рр. усі річні аномалії були додатними. Оцінка температурного режиму ХХІ ст. в Україні свідчить про значну його аномальність відносно кліматичної норми. У більшості місяців спостерігається додатна аномалія температури. Це свідчить про активізацію процесу потепління клімату в Україні, особливо у степовій зоні в першій половині ХХІ ст.

Динаміка клімату України за період спостережень з 1900 року (18 станцій) та 42 станцій за період спостереження з 1951 по 2010 рр. вказує, що середня річна температура підвищилася в зоні мішаних лісів, в зоні широколистяних лісів та лісостеповій зоні на $0,7-1,0^{\circ}\text{C}$, а в степовій зоні - на $0,3-0,4^{\circ}\text{C}$. Поступово ріст температури охоплює всю територію. Річна температура в Україні підвищується згідно річної глобальної температури. З 1998 по 2010 рр. спостерігається щорічна додатна аномалія річної температури. За місяцями зміни температури повітря неоднорідні в останні 15 років періоду, найбільше потеплішав січень, дещо менше липень, в осінні місяці потепління незначне. Перший місяць зими – грудень, як правило, буває холодніший за норму [7].

За останнє двадцятиріччя кожен рік в Україні був теплішим, ніж середні статистичні показники, і 2020 рік став найспекотнішим роком у Європі та Україні, перевищивши на $2,8^{\circ}\text{C}$ середній показник 1961-1990 рр. Зміна клімату призвела до низки змін, що спостерігаються на сході Центральної Європи, включаючи Україну, де річна температура повітря за останні 30 років зросла майже на $1,5^{\circ}\text{C}$ зі зростанням темпів потепління за останнє десятиріччя. Потепління також розподіляється нерівномірно, при чому в Україні темпи потепління вищі, ніж у прилеглих регіонах. Через зміни клімату на тлі зростання

середніх річних температур і зміни просторового розподілу опадів, збільшується частота екстремально високих температур у центрі та на сході Європи, включаючи Україну, а частота екстремальних холодів зменшується. Це призводить до збільшення тривалості періодів спеки, кількості випадків нестачі води та пов'язаних із погодою перебоїв у роботі транспортних та енергетичних мереж, що має наслідки для таких галузей, як сільське господарство, інфраструктура та здоров'я людей. Збільшення впродовж останнього десятиріччя кількості посушливих днів у поєднанні зі зростанням температури підвищило ризик виникнення пожеж в Україні [14].

У дослідженні Приходько М. [12] отримані наступні висновки щодо зміни температурних показників на території України: за останні 100 років середня річна температура повітря підвищилася на $0,7^{\circ}\text{C}$ і тенденція її збільшення зберігається. Україні загрожують аномальні температурні умови, перетворення степів у пустелі, нестача питної води, повені і паводки, сильні вітри. Все це негативно впливає на економічний розвиток, екологічну і національну безпеку держави. Впродовж 1991-2010 рр. середня місячна температура повітря підвищилася порівняно із кліматологічною стандартною нормою (1961-1990 рр.) по всій території України як у зимові, так і в літні місяці. За рік середній максимум температури повітря найбільше підвищився (на $0,9^{\circ}\text{C}$) у західних районах, у центральних областях, на півночі і півдні – дещо менше (на $0,6^{\circ}\text{C}$). Середній мінімум температури повітря також підвищився: на заході – на $0,5-0,7^{\circ}\text{C}$, на сході – на $0,4 - 0,5^{\circ}\text{C}$. Найбільше підвищення температури повітря ($1,4-4,1^{\circ}\text{C}$) спостерігається в зимові місяці (січень, лютий) Важливими є також зміни не тільки середньомісячних температур повітря, але й їх максимальних значень. Повторюваність аномально високих (максимальних) температур на території України у кінці ХХ ст. порівняно з початком століття зросла у 2-3 рази.

В монографії [10] підсумовано, що найбільше підвищення температури повітря відбулося у січні. Так, на крайньому північному сході проходить ізотерма $-6,0^{\circ}\text{C}$, а за кліматологічною стандартною нормою (1961–1990 рр.)

ізотерма $-8,0^{\circ}\text{C}$, тобто ізотерми $-8,0$ та $-7,0^{\circ}\text{C}$ за 1961–2010 рр. відсутні. У південному напрямі значення кожної ізотерми стало вищим на $1,0^{\circ}\text{C}$; на заході розташована ізотерма $-4,0^{\circ}\text{C}$ замість $-5,0^{\circ}\text{C}$ як було за кліматологічною стандартною нормою; на сході ізотерми $-6,0$ та $-5,0^{\circ}\text{C}$ замість $-7,0$ та $-6,0^{\circ}\text{C}$. У Криму – там, де проходила ізотерма $-1,0^{\circ}\text{C}$, знаходиться ізотерма $0,0^{\circ}\text{C}$, тобто температура повітря значно підвищилась порівняно з кліматологічною стандартною нормою. Отже, у січні температура повітря за період 1961–2010 рр. підвищилась на всій території України. Найбільше підвищення (понад $2,0^{\circ}\text{C}$) відбулося на північному сході та сході, на більшій частині території воно становило $1,0^{\circ}\text{C}$, на півдні і Закарпатській низовині $0,5^{\circ}\text{C}$.

У липні температура повітря підвищилась на всій території на $1,0-1,5^{\circ}\text{C}$. Напрямок ізотерм той же, що і в період 1961–1990 рр. На півдні проходить ізотерма $23,0^{\circ}\text{C}$, якої не було за кліматологічною стандартною нормою: на заході проходить ізотерма $19,0^{\circ}\text{C}$ замість $18,0^{\circ}\text{C}$, на крайньому сході – ізотерма $22,0^{\circ}\text{C}$, якої не було за кліматологічною стандартною нормою.

Середня місячна температура повітря за період 20 років (1991–2010 рр.) також змінилась порівняно з кліматологічною стандартною нормою: вона стала вищою у більшості місяців і в цілому за рік, лише у листопаді в окремих районах і грудні – дещо нижчою. За останні роки у січні на значній території середній максимум температури підвищився на $1,0^{\circ}\text{C}$. На північному сході проходить ізотерма $-3,0^{\circ}\text{C}$ замість $-4,0^{\circ}\text{C}$. На півдні країни нульова ізотерма середнього максимуму не змінила свого положення. У січні середній мінімум підвищився (на $1,0-2,0^{\circ}\text{C}$) на значній території: на крайньому північному сході проходить ізотерма $-9,0^{\circ}\text{C}$ замість $-11,0^{\circ}\text{C}$, тобто ізотерма $-11,0^{\circ}\text{C}$ відсутня, на сході – ізотерма $-9,0^{\circ}\text{C}$ замість $-10,0^{\circ}\text{C}$, на заході – ізотерма $-7,0^{\circ}\text{C}$ замість $-8,0^{\circ}\text{C}$, на півдні ізотерми дещо змістилися. У лютому та березні середній мінімум температури повітря перевищує кліматологічну стандартну норму на північному сході до $1,0^{\circ}\text{C}$, на значній території до $0,5^{\circ}\text{C}$.

Результати спостережень за температурою повітря біля поверхні землі мережі наземних метеорологічних станцій України з 1901 по 2014 р. [9] виділяють: криві багаторічного ходу температури повітря в Україні за 113 років мають спільні риси з багаторічним глобальним ходом температури повітря. Можна припустити, що температура вийде на плато, припинить збільшуватися, але що вона буде знижуватися, цього не передбачається. Потепління охопило всі сезону року, особливо різке потепління в літній період. Значно стала теплішати осінь, а зима, у порівнянні з останнім 10-річчям ХХ ст., стала повільніше теплішати, тобто це підтверджує, що потепління в ХХІ ст. йде за рахунок літнього періоду. Встановлено підвищення температури повітря для рівнинної території України: в зоні мішаних лісів та зоні широколистяних лісів, Лісостепу $0,8-1,0^{\circ}\text{C}$; в Степу - на $0,5^{\circ}\text{C}$. В кожне десятиліття температура підвищувалось на $0,1^{\circ}\text{C}$. В останнє десятиріччя ХХІ ст. на більшості станцій тренд зріс на $0,3^{\circ}\text{C}$. Потепління в Україні фіксується майже всіма станціями.

Дослідження змін мінімальної температури повітря на метеорологічних станціях України за період 1991-2013 рр. [6] вказує на майже повну відсутність змін між десятиліттями влітку (липень) на відміну від інших сезонів року. Найбільші величини відхилень двох десятиліть спостерігаються восени у жовтні. Осереднені показники виділяють липень як найтепліший місяць року, а найхолодніші – січень та лютий. Хоча за абсолютними значеннями треба відмітити серпень та грудень відповідно. Стандартне відхилення найменше влітку – $2,9^{\circ}\text{C}$ в серпні, найбільше значення – взимку ($6,3^{\circ}\text{C}$) в лютому, що свідчить про значну мінливість характеристики погоди в холодний період року. Аналіз свідчить про збільшення повторюваності градацій з температурою повітря, більшою ніж 0°C взимку та навесні. Взимку також збільшується кількість випадків у градаціях -20°C і нижче та в градаціях -12°C і нижче – навесні. Також упродовж останнього періоду навесні спостерігається суттєве зменшення кількості днів з мінімальною температурою повітря 12°C та незначне – з температурою 15°C . В інші сезони спостерігається збільшення

повторюваності градацій з вищими значеннями мінімальної температури узимку: повна узгодженість усіх місяців за додатних мінімальних температур (повторюваність їх зростає), а також суттєве зменшення градацій 0°C та -3°C . Крім того, зменшилась повторюваність екстремально низьких температур (-20°C та нижче) у грудні та значно збільшилась у січні. Квітень характеризується суттєвим зниженням повторюваності градації 12°C , а також незначним зменшенням кількості випадків з температурою 15°C , одночасно – збільшенням повторюваності градацій з холоднішою температурою. Цілком очевидно, що впродовж останніх років у квітні спостережено продовження перехідного періоду березня, про що свідчить збільшення кількості випадків з мінімальними температурами від 3 до 9°C , тобто зниження фону температури повітря в нічні години. Це може пояснити, певним чином, деформацію весняного сезону впродовж останніх років. Також у травні спостережено зменшення випадків градації 0°C та -3°C , наслідком чого має бути зменшення ймовірності настання особливо небезпечних пізніх весняних заморозків. Аналогічна картина й у вересні – йдеться про зменшення повторюваності ранніх осінніх заморозків.

Значні зміни відбулися і в настанні весняного та осіннього сезонів (переходу температури повітря через 0°C) – цей процес навесні на всій території відбувається раніше: у Криму – на 5-6 днів і більше, на південному заході – на 4-5 днів, на заході – на 3-4 дні, на узбережжях Чорного і Азовського морів – на 2-4, на решті території – на 1-2 дні порівняно з кліматичною нормою, у Кримських горах перехід через 0°C залишився без змін, а на Південному березі Криму температура повітря не знижувалася до 0°C і нижче. Також спостерігаємо зміни екстремальних (максимальної та мінімальної) температур. Мінімальна температура зросла у переважній більшості місяців та загалом за рік. У віковому ході максимальної температури у зимові місяці, особливо у січні, визначилася тенденція до її зростання. У літні місяці та за рік загалом тенденція до змін максимальної температури за трендом незначуща, але в останні роки максимальна температура підвищується [13].

3 ДОСЛІДЖЕННЯ СЕРЕДНЬОЇ МІСЯЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ЗА ПЕРІОД 2016-2020 РР

У якості вихідних даних використано показники середньої місячної температури повітря (АРМ Синоптика, бюлетені погоди) за даними МС Одеса, Київ, Харків, Львів та їх відхилень від кліматичної норми 1960-1991 рр.

3.1 Показники середньої місячної температури повітря теплого періоду

Для аналізу змін середньої місячної температури повітря на території України відібрані метеостанції у різних регіонах.

В табл. 3.1-3.4 представлені вихідні дані температурних показників за теплий період 2016-2020 рр. (квітень-жовтень), а саме – середні місячні значення температури повітря (t_{cm}) та її відхилення від кліматичної норми (Δt).

Розподіл середньої місячної температури повітря проілюстровано на рис.3.1-3.4, у якості демаркаційної лінії нанесено кліматичну норму за даними Кадастру [5].

За даними МС Київ переважали додатні відхилення середньої місячної температури повітря від норми (табл.3.1, рис.3.1).

Квітень, червень-липень та вересень виділяють лише додатні аномалії за 5 досліджуваних років. Температура нижче норми спостерігалася тільки в 4-х місяцях з 35 (11%). Такі умови відмічались двічі у травні – 2017 та 2020 р., у серпні 2017 р. та жовтні 2016 р. Зазначимо, що показники t_{cm} були близькими до норми – відхилення не перевищувало $0,5^{\circ}$ також у 4-х місяцях: 2016-го року – травень та червень, 2017-го року жовтень, 2019-го року – липень.

Таблиця 3.1 – Характеристики температури повітря за теплий період 2016-2020 рр., МС 33345 Київ

Рік	Місяць													
	квітень		травень		червень		липень		серпень		вересень		жовтень	
	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C
2016	12,4	3,7	15,4	0,3	18,7	0,5	24	4,7	22,7	3,9	16,1	2,2	6,6	-1,7
2017	10,4	1,6	15,0	-0,1	20,2	2,0	20,3	1,0	17,2	-1,6	16,4	2,5	8,6	0,3
2018	12,9	4,2	18,6	3,5	20,6	2,4	21,2	1,9	22,6	3,8	17,2	3,3	10,7	2,4
2019	10,6	1,8	16,9	1,8	23,6	5,4	19,7	0,4	20,6	1,8	15,8	1,9	11,4	3,1
2020	9,9	1,2	12,4	-2,7	21,7	3,6	22	2,7	21,3	2,5	18,3	4,4	12,6	4,3

У річному ході найтеплішими виявилися теплі періоди 2018 та 2019 рр. – у всіх місяцях перевищення кліматичної норми. А 2017 р. загалом характеризувався незначним перевищенням або зниженням показників t_{cm} . 2016 та 2020 рр. показали нерівномірний температурний режим – від суттєвого перевищення норми до недобору тепла.

Значні додатні аномалії t_{cm} ($\geq 3^{\circ}$) реєструвалися у 2016 р. – квітень, липень-серпень; 2018 р. – квітень-травень, серпень-вересень; 2019 р. – червень, жовтень; 2020 р. – червень, вересень-жовтень. Найвищі аномалії ($\geq 4^{\circ}$) спостерігалися у липні 2016 р., квітні 2018 р., червні 2019 р. та вересні 2020 р. Екстремальні показники відхилення від кліматичної норми на МС Київ фіксувалися у червні 2019 р. – на $5,4^{\circ}$ вище норми, це був період формування посиленої хвилі тепла над європейським регіоном.

Загалом, виділяються деякі регіональні особливості підвищення температури повітря у теплому періоді, не тільки за рахунок літніх місяців.



Рисунок 3.1 - Середня місячна температури повітря та її відхилення від норми за теплий період 2016-2020 рр., МС 33345 Київ

У місячному ході кожного року відмічається вересень з додатними аномаліями в межах $1,9...4,4^{\circ}$, а також високі температури квітня з аномаліями $1,2...4,2^{\circ}$.

Зниження t_{cm} виділяє найбільшу від'ємну аномалію у травні 2020 р. у $2,7^{\circ}$, середні місячні показники по всій території України були нижчими 15° ; в інших місяцях з від'ємними аномаліями недобір тепла був незначним ($-1,7...-0,1^{\circ}$).

Розглянемо показники середньої місячної температури повітря на заході країни за даними МС Львів (табл.3.2, рис.3.2).

На початку зауважимо суттєві відмінності порівняно з північню країни (МС Київ). Хоча також переважають додатні аномалії t_{cm} , місячний розподіл різниться. У 6-ти місяцях (17%) відмічалися показники нижче норми: двічі в травні - 2019-2020 рр., двічі у липні – 2016-2017 рр., у жовтні 2016 р. та серпні 2017 р. Найбільший недобір тепла спостерігався нетипово у липні 2016 р., а також травні 2020 р. – відповідно на $2,5$ та $2,4^{\circ}$ нижче норми. Лише у 2018 р. всі показники t_{cm} перевищували кліматичну норму.

Таблиця 3.2 – Характеристики температури повітря за теплий період 2016-2020 рр., МС 33393 Львів

Рік	Місяць													
	квітень		травень		червень		липень		серпень		вересень		жовтень	
	$t_{cm},$ $^{\circ}C$	$\Delta t,$ $^{\circ}C$	$t_{cm},$ $^{\circ}C$	$\Delta t,$ $^{\circ}C$	$t_{cm},$ $^{\circ}C$	$\Delta t,$ $^{\circ}C$	$t_{cm},$ $^{\circ}C$	$\Delta t,$ $^{\circ}C$	$t_{cm},$ $^{\circ}C$	$\Delta t,$ $^{\circ}C$	$t_{cm},$ $^{\circ}C$	$\Delta t,$ $^{\circ}C$	$t_{cm},$ $^{\circ}C$	$\Delta t,$ $^{\circ}C$
2016	10,1	2,3	14,2	1,0	17,6	1,4	14,9	-2,5	19,1	2,2	15,4	2,3	6,7	-1,4
2017	8,1	0,3	13,5	0,3	19,2	3,1	16,2	-1,2	16,7	-0,2	14	0,9	9,2	1,1
2018	13,3	5,6	16,8	3,7	18,3	2,1	19,2	1,8	19,9	3,0	14,8	1,7	10,2	2,1
2019	10,0	2,2	13,0	-0,2	21,3	5,2	18	0,6	19,6	2,7	14,3	1,2	10,6	2,5
2020	8,7	1,0	10,8	-2,4	18,4	2,3	18,8	1,4	19,9	3,0	15,1	2,0	10,9	2,8

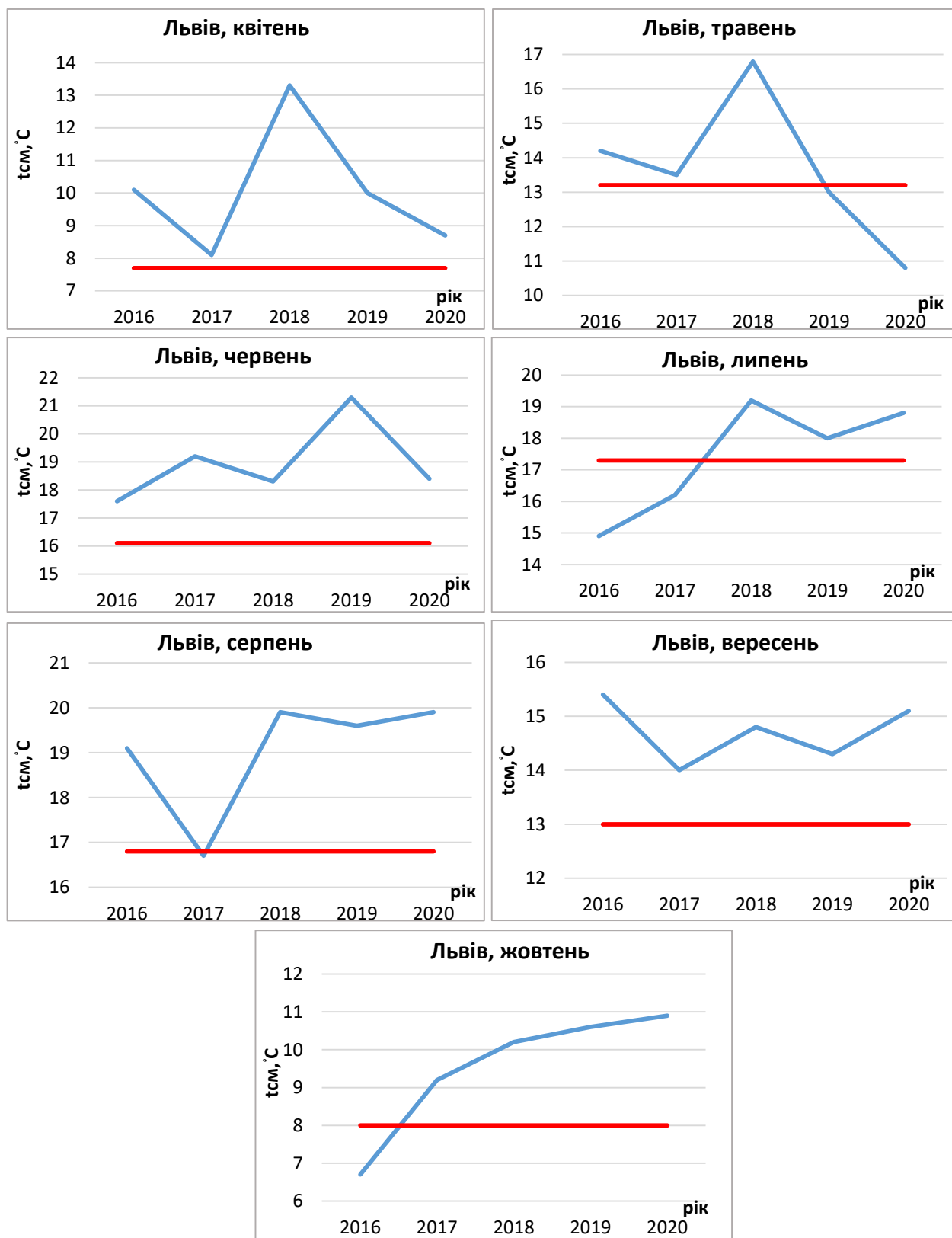


Рисунок 3.2 - Середня місячна температури повітря та її відхилення від норми за теплий період 2016-2020 рр., МС 33393 Львів

У місячному ході додатні аномалії зафіксовані кожного року у квітні, червні та вересні. Ілюстрація ходу показників t_{cm} вказує на деяку однорідність перевищень норми у червні та вересні (амплітуди в межах 2-4°). В інших місяцях, відповідно до зміни циркуляційних процесів, відмічаються пікові позначки як перевищень норми, так і близько до норми та подекуди нижче.

Значні додатні аномалії t_{cm} ($\geq 3^{\circ}$) відмічалися тільки в 6 місяцях на противагу МС Київ – 12. Найвищі аномалії $\geq 5^{\circ}$ спостерігалися двічі - у квітні 2018 р. та червні 2019 р. – відповідно 5,6 та 5,2°.

Надалі визначимо особливості розподілу середньої місячної температури повітря на півдні за даними МС Одеса (табл.3.3, рис.3.3).

У 29 місяцях з 35 спостерігаються додатні аномалії t_{cm} , один випадок – липень 2017 р., температура за місяць відповідає нормі, в 5-ти місяцях – показники нижче норми (14%) з невеликими відхиленнями (-1,8...-0,6°).

Таблиця 3.3 – Характеристики температури повітря за теплий період 2016-2020 рр., МС 33837 Одеса

Рік	Місяць													
	квітень		травень		червень		липень		серпень		вересень		жовтень	
	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C
2016	11,2	2,2	15,5	0,3	18,8	-0,6	25,8	4,3	24,5	3,3	18,5	1,6	9,5	-1,8
2017	8,4	-0,6	15,3	0,1	21,6	2,2	21,6	0,0	20,3	-0,9	19,4	2,4	12,2	1,0
2018	13,1	4,0	18,4	3,2	22	2,6	23,8	2,2	25,3	4,1	18,4	1,5	13,9	2,7
2019	9,8	0,7	16,5	1,3	24,9	5,4	23,0	1,5	23,6	2,4	19,2	2,3	12,9	1,7
2020	10,4	1,4	14,1	-1,1	21	1,6	24,1	2,6	23,7	2,5	20,4	3,5	16,9	5,6

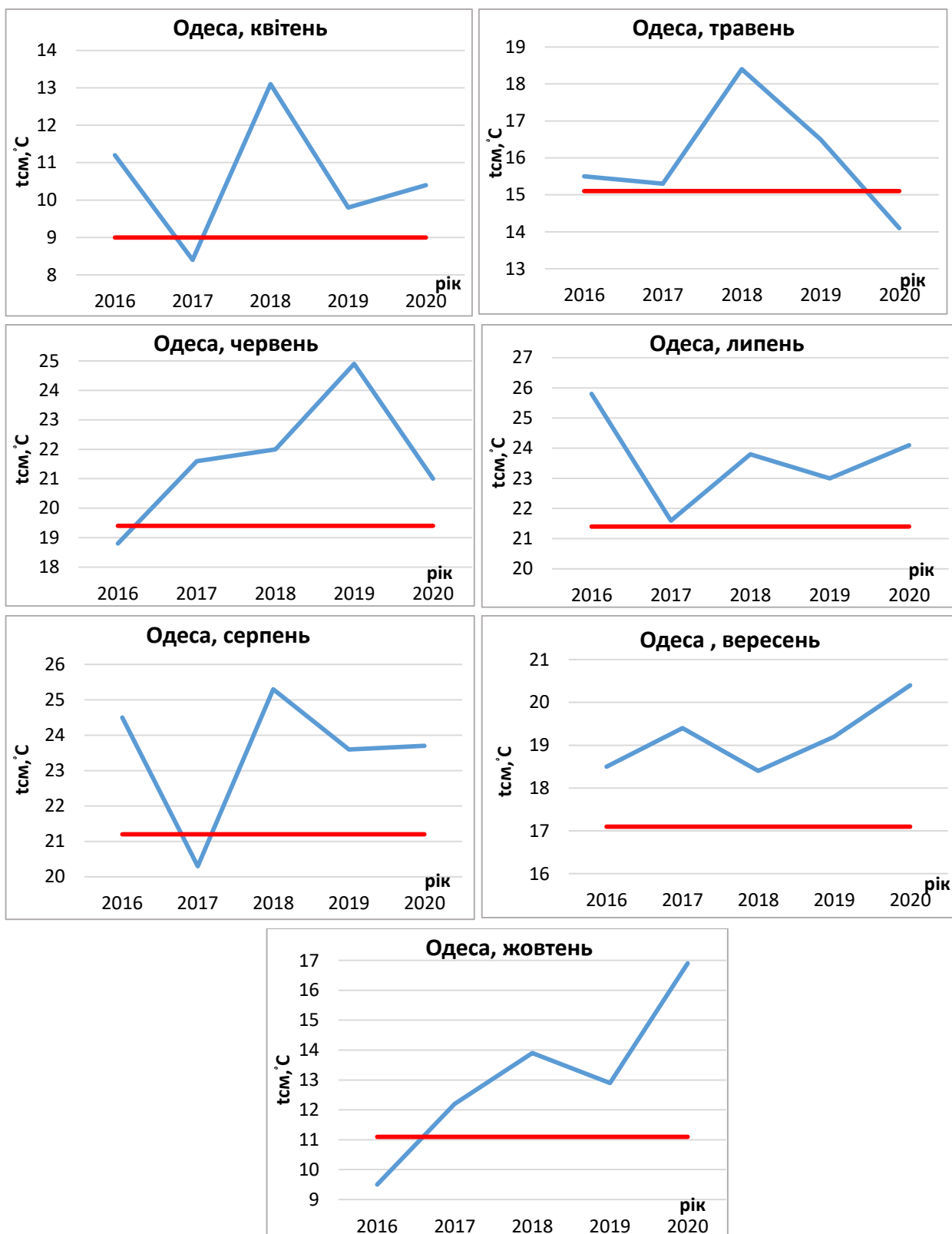


Рисунок 3.3 - Середня місячна температури повітря та її відхилення від норми за теплий період 2016-2020 рр., МС 33837 Одеса

Лише липень та вересень виділяє кожного року додатну аномалію t_{cm} . При цьому саме вересень знову демонструє кожного року досить однорідний розподіл значень з невеликою амплітудою (18,4...20,4°).

Річний хід виокремлює додатні аномалії впродовж теплого періоду 2018-2019 р. Зазначимо, на відміну від МС Київ та Львів, квітень і травень в Одесі не виділяє пікових значень, окрім 2018 р. Це можна пояснити географічним розташуванням станції і впливом прибережної зони при тривалому прогріванні морського повітря навесні.

Значні додатні аномалії t_{cm} ($\geq 3^{\circ}$) реєструвалися у 7-ми місяцях: квітень-травень 2018 р., червень 2019 р., липень 2016 р., серпень 2018 р. та вересень-жовтень 2020 р. Відмітимо екстремальні показники відхилення від кліматичної норми нетипово у жовтні 2020 р. – на 5,7° вище норми та у червні 2019 р. (5,3°).

Остання для розгляду східна територія України - МС Харків (табл.3.4, рис.3.4). Переважають додатні аномалії t_{cm} . У 7 з 35 місяців відмічались показники нижче норми, це найбільший відсоток серед розглянутих метеостанцій (20%), проте відхилення незначні, в межах -2,2...-0,1°, тобто суттєвих похолодань не реєструвалося. Найхолоднішим знову виявився травень 2020 р. У 4-х місяцях середня температура місяця була близькою до норми.

У місячному ході квітень та липень щорічно мали додатні аномалії t_{cm} , або показники, близькі до норми. Проте, на противагу іншим метеостанціям, хід кривих розподілу t_{cm} щорічно ілюструє значні амплітуди коливань – 3...9°.

В річному розподілі, однотипно до інших метеостанцій, у 2018-2019 рр. реєструвалися тільки додатні аномалії середньої місячної температури повітря.

Значні перевищення кліматичної норми t_{cm} ($\geq 3^{\circ}$) реєструвалися у 12-ти місяцях, з деякою подібністю до показників МС Київ: 2016 р. – квітень, липень-серпень; 2017 р. – вересень; 2018 р. – серпень-жовтень; 2019 р. – червень, жовтень; 2020 р. – червень, вересень-жовтень.

Виключним випадком є додатна аномалія у липні 2016 р. – на 9,3° вище норми, $t_{cm}=29,7^{\circ}$. В цей період весь східний регіон і частина південного сходу

характеризувалася надзвичайно високими температурами з перевищенням норми на 6...12°. Максимальна температура за даними МС Харків сягала 37-38° 16-18 липня.

Також значні додатні аномалії зафіксовано у червні 2019 р. (4,9°) та вересні-жовтні 2020 р. (4,3 та 5,0° відповідно).

Таблиця 3.4 – Характеристики температури повітря за теплий період 2016-2020 рр., МС 34300 Харків

Рік	Місяць													
	квітень		травень		червень		липень		серпень		вересень		жовтень	
	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C
2016	12,1	3,3	15,5	-0,2	17,0	-2,0	29,7	9,3	22,6	3,1	14,0	-0,1	6,4	-1,0
2017	8,9	0,1	14,4	-1,3	19,5	0,5	23	2,6	18,5	-1,0	17,0	3,0	8,2	0,8
2018	11,3	2,5	18,5	2,8	20,5	1,5	22,7	2,3	23,1	3,6	17,9	3,8	10,7	3,2
2019	10,6	1,8	17,4	1,7	23,9	4,9	20,6	0,1	21,2	1,7	16,1	2,1	11,0	3,6
2020	8,8	0,0	13,5	-2,2	22,1	3,1	22,8	2,4	20,8	1,3	18,3	4,3	12,5	5,0

Ілюстрація ходу кривої t_{cm} виділяє подібність профілю у квітні-травні. Загалом, найменша амплітуда показників відмічалася у квітні – лише 3,3°, тобто мінливість середньої місячної квітневої температури повітря за 5 років виявилася найменшою. У липні, в основному, за рахунок спеки 2016 року, мінливість t_{cm} була найбільшою – 9,2°.

Таким чином, для всіх метеостанцій високі аномалії t_{cm} у теплому півріччі спостерігалися у червні 2019 р., але пікові відхилення по регіонах виділяються в інших різних місяцях. Найхолоднішим виявився травень 2020 р.

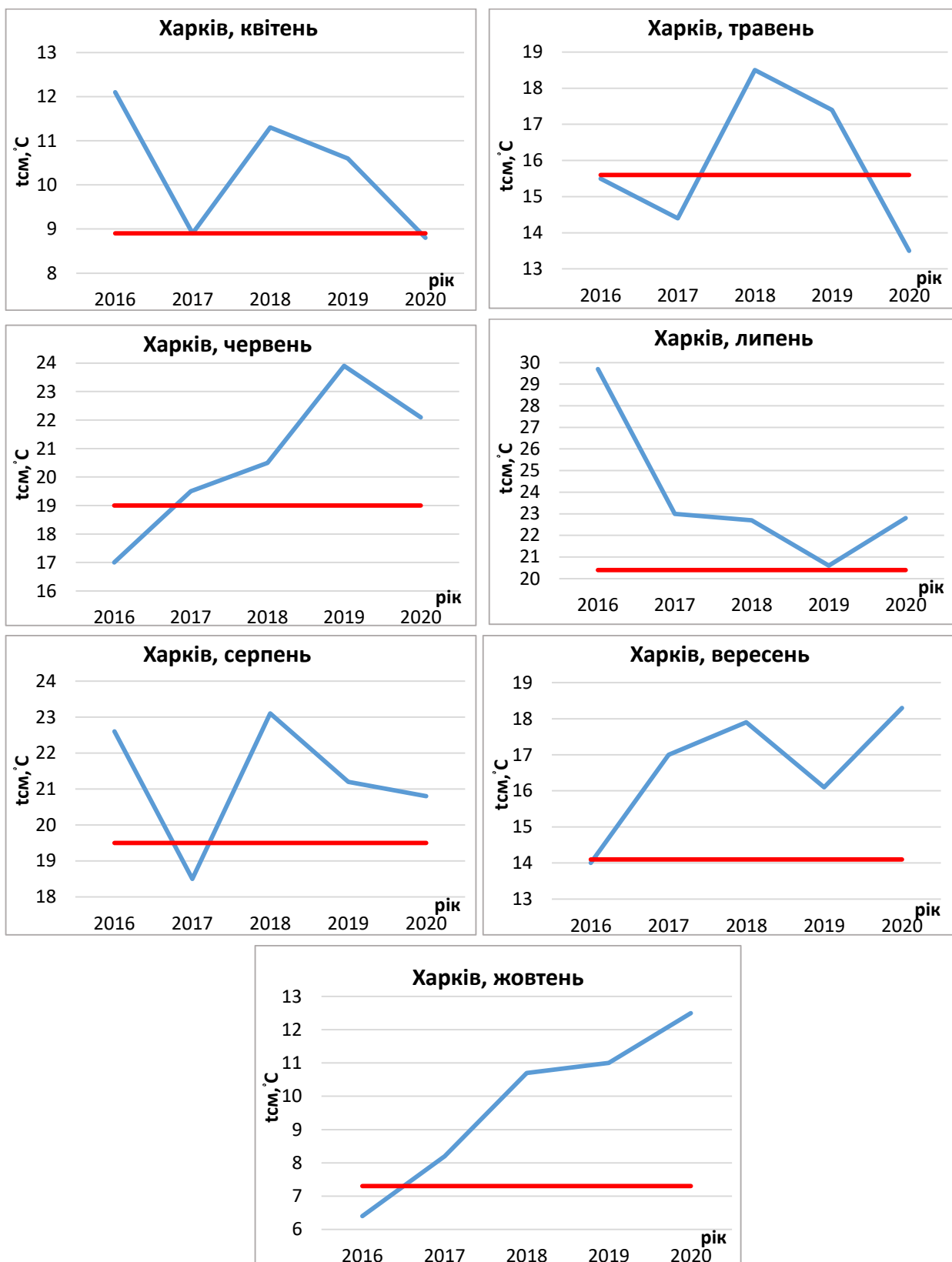


Рисунок 3.4 - Середня місячна температури повітря та її відхилення від норми за теплий період 2016-2020 рр., МС 34300 Харків

3.2 Показники середньої місячної температури повітря холодного періоду

Проаналізуємо особливості розподілу середньої місячної температури повітря у холодному періоді 2016-2020 рр. (листопад – березень).

В табл. 3.5-3.8 представлені вихідні дані температурних показників за холодний період 2016-2020 рр., а саме – середні місячні значення температури повітря (t_{cm}) та її відхилення від кліматичної норми (Δt).

Розподіл середньої місячної температури повітря проілюстровано на рис.3.5-3.8, у якості демаркаційної лінії нанесено кліматичну норму за даними Кадастру [5].

За показниками МС Київ (табл.3.5, рис.3.5), переважають додатні аномалії t_{cm} . Лише у 4-х місяцях спостерігалися відмітки, нижче норми, у 3-х – близькі до норми.

Таблиця 3.5 – Характеристики температури повітря за холодний період 2016-2020 рр., МС 33345 Київ

Рік	Місяць									
	січень		лютий		березень		листопад		грудень	
	t_{cm} , °C	Δt , °C	t_{cm} , °C	Δt , °C	t_{cm} , °C	Δt , °C	t_{cm} , °C	Δt , °C	t_{cm} , °C	Δt , °C
2016	-5,6	0	0,7	6,3	3,7	3,3	1,2	-0,9	-1,5	0,8
2017	-4,7	0,9	-2,1	2,0	6,2	5,7	3,3	1,2	1,6	3,9
2018	-2,5	3,0	-4,4	-0,2	-2,0	-2,5	0,2	-1,9	-2,1	0,2
2019	-4,5	1,1	0,6	4,8	4,0	4,4	4,6	2,5	2,7	5,0
2020	0,7	6,3	2,6	6,7	6,7	6,2	3,0	1,7	-0,5	1,8

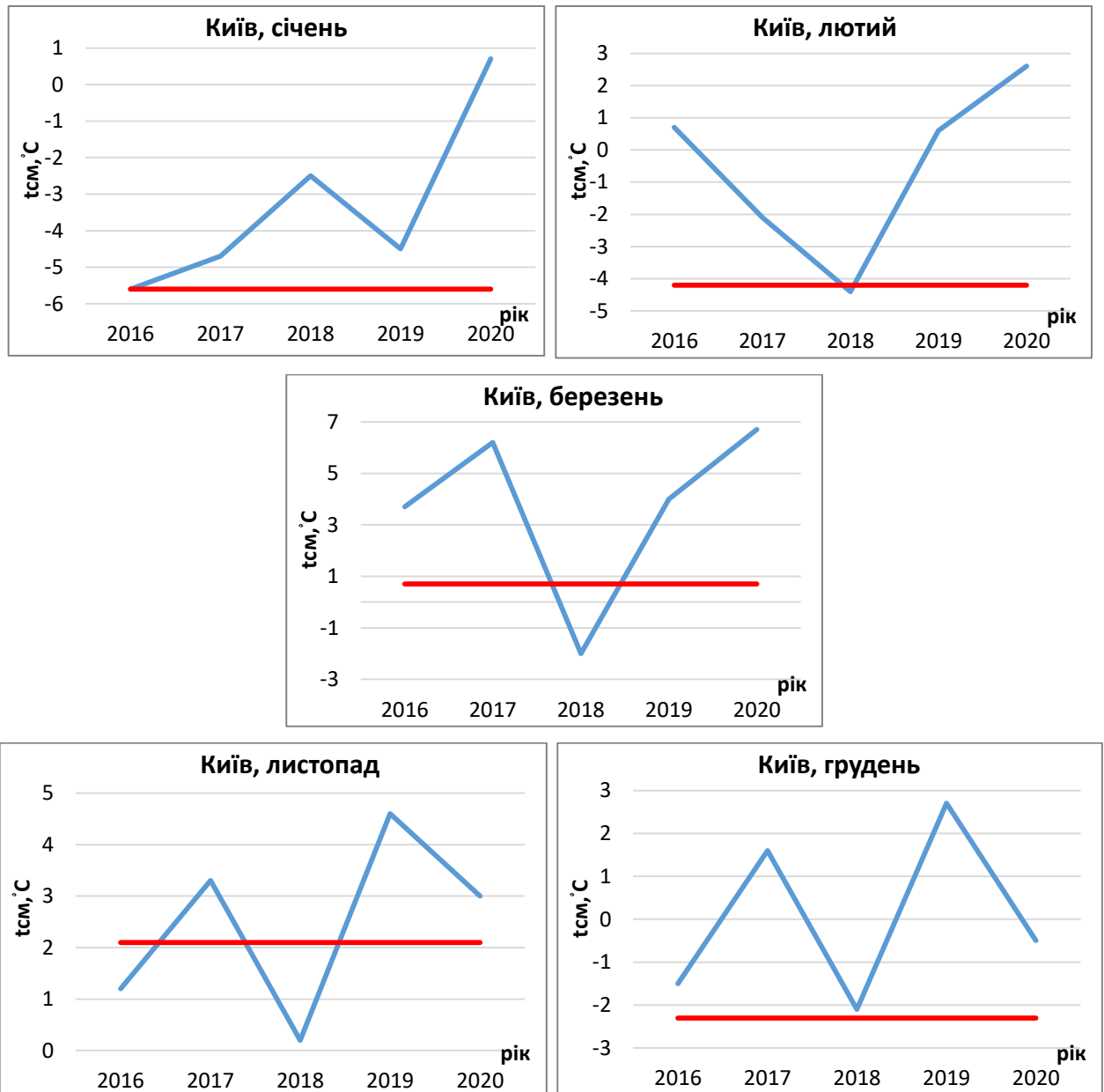


Рисунок 3.5 - Середня місячна температури повітря та її відхилення від норми за холодний період 2016-2020 рр., МС 33345 Київ

В річному ході, за винятком січня, холодний період 2018 р. виявився найбільш прохолодним, з недобором тепла, особливо у березні та листопаді, від'ємні аномалії склали відповідно 2,5 та 1,9°. Ілюстративно, за рахунок 2018 року, криві ходу $t_{см}$ у лютому-березні та листопаді-грудні мають характерний злам. У 2017, 2019-2020 рр. в усіх місяцях реєструвалися додатні аномалії $t_{см}$, найбільш значні у березні 2017 р. та січні-березні 2020 р. ($>6^\circ$).

Максимальне перевищення норми відмічалось у лютому 2020 р. в $6,7^{\circ}$. Загалом, високі додатні аномалії $t_{cm} (\geq 3^{\circ})$ зафіксовані в 11 місяцях з 25, це 44%.

Місячний розподіл температури вказує на неоднорідність у річному розподілі, лише у грудні всі показники t_{cm} були вище норми, проте зі значною амплітудою коливань – $0,2...5,0^{\circ}$. У січні середні місячна температура повітря також була вище норми у 2017-2020 рр., а 2016-го року відповідала кліматичній нормі. Зазначимо, що t_{cm} у січні 2020 р. була додатною, 11, 14-15 січня максимальна температура за даними МС Київ сягала $5,8...7,2^{\circ}$.

Лютий у 4-х роках також мав додатні показники t_{cm} , найвищі теж у 2020 р. Максимальна температура повітря 2 та 26 лютого 2020 р. перевищувала 10° , загалом, мінімальна температура впродовж 17 діб місяця була додатною, а найнижчі показники не опускалися нижче -8° .

Березень був надзвичайно теплим у 4-х роках, за винятком 2018 р., додатні аномалії знаходилися в межах $3,3...6,2^{\circ}$.

Листопад виявився вкрай неоднорідним, з деякою річною періодичністю – за роком з прохолодним місяцем, слідує рік з додатними аномаліями.

У грудні середня місячна температура була додатною у 2017 та 2019 рр. Висока додатна аномалія виділяється саме у грудні 2019 р. в 5° , максимальні температура впродовж місяця часто була вищою 10° , а 18 грудня становила $15,2^{\circ}$.

Надалі розглянемо показники t_{cm} для МС Львів – табл. 3,6. рис.3.6. Очевидно, мали місце деякі відмінні циркуляційні процеси, що зумовлювали різні знаки аномалій у регіонах.

В цілому, значення t_{cm} були вище норми, а недобір тепла теж тільки в 4-х місяцях, за роками та за місяцями є відмінності.

Загалом, у 12-ти місяцях з 25 (48%), реєструвалися додатні аномалії, при цьому значні відхилення від норми спостерігалися у всіх місяцях холодного півріччя.

За винятком листопада, амплітуда коливань показників t_{cm} суттєва, подекуди $6-8^{\circ}$, тобто загальна тенденція до підвищення температури повітря

виражена нечітко. Лише грудень вказує на перевищення норми в усіх 5-ти досліджуваних роках, амплітуда $0,7...4,5^{\circ}$.

У річному ході також неоднорідний розподіл $t_{см}$: 2016-го року найвищі аномалії припадають на лютий ($6,5^{\circ}$), 2017 р. – березень ($4,5^{\circ}$), 2018 р. – січень ($4,0^{\circ}$), 2019 р. – лютий та грудень ($4,5^{\circ}$), 2020 р. – лютий ($5,5 t_{см}$) та січень ($5,0^{\circ}$).

Таблиця 3.6 – Характеристики температури повітря за холодний період 2016-2020 рр., МС 33393 Львів

Рік	Місяць									
	січень		лютий		березень		листопад		грудень	
	$t_{см},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{см},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{см},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{см},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{см},$ °C	$\Delta t,$ °C
2016	-3,8	0,8	3,5	6,5	3,7	2,7	1,9	-0,7	-1,3	0,7
2017	-6,4	-1,8	-0,6	2,4	5,5	4,5	3,0	0,4	1,3	3,3
2018	-0,6	4,0	-4,8	-1,8	-1,0	-2,0	3,3	0,7	-0,5	1,5
2019	-3,5	1,1	1,5	4,5	4,7	3,7	6,3	3,7	2,4	4,5
2020	0,4	5,0	2,5	5,5	4,7	3,7	3,9	1,3	1,0	3,0

Лютий 2016, 2019-2020 рр. мав додатні показники $t_{см}$, особливо високі у 2016 році. В цьому місяці за даними МС Львів максимальна температура повітря кілька раз піднімалася вище 10° , екстремум $12,7^{\circ}$ зафіксовано 17.02.2016 р.

Березень виділяє досить високі додатні аномалії, за винятком 2018 р., коли середня місячна температура повітря виявилася від'ємною. Початок березня 2018 р. характеризувався надзвичайно низькими температурами повітря, так 1 числа мінімальна температура опустилася до $-22,0^{\circ}$, також на початку третьої декади відмічалася суттєве зниження температури повітря – 22 березня до $-18,1^{\circ}$.

Листопад, за винятком 2019 р., мав незначні відхилення від кліматичної норми. У грудні середня місячна температура повітря була слабко від'ємною у 2016 та 2018 рр., проте також перевищила норму. Значна додатна аномалія зареєстрована у грудні 2019 року в 4,5; впродовж місяця часто фіксувалися показники максимумів вище 10° , зокрема 18 грудня максимум температури повітря склав $15,7^{\circ}$, а мінімум $9,4^{\circ}$.

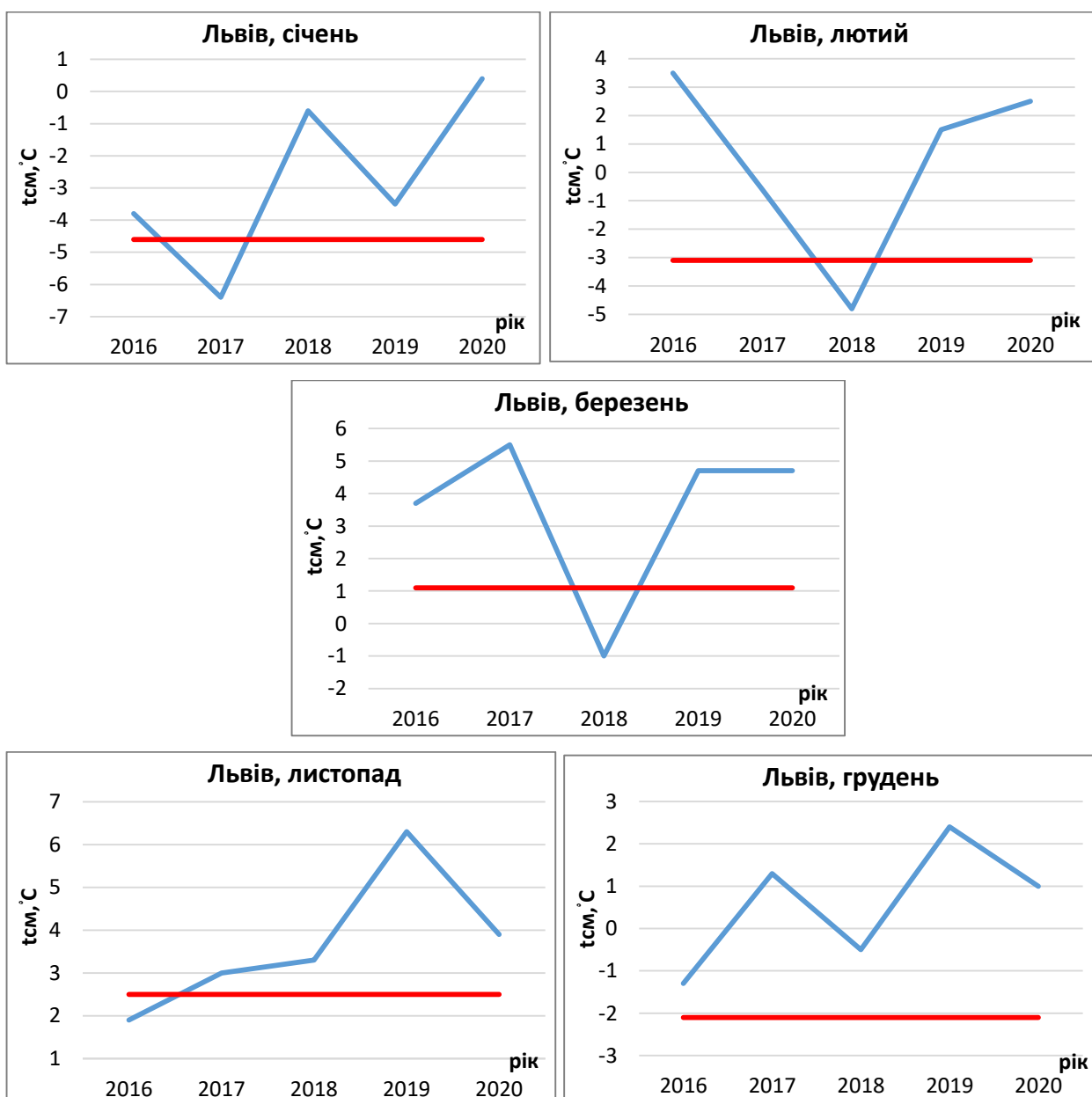


Рисунок 3.6 - Середня місячна температури повітря та її відхилення від норми за холодний період 2016-2020 рр., МС 33393 Львів

Наступна для аналізу t_{cm} метеостанція Одеса (табл.3.7, рис.3.7).

Превалюють додатні аномалії середньої місячної температури повітря, проте, на противагу проаналізованим метеостанціям, від’ємні аномалії присутні у 7 місяцях (28%), хоча відхилення не перевищують $1,5^{\circ}$. Більш часто недобір тепла – у 3-х місяцях, відмічався 2016 та 2018 року.

Таблиця 3.7 – Характеристики температури повітря за холодний період 2016-2020 рр., МС 33837 Одеса

Рік	Місяць									
	січень		лютий		березень		листопад		грудень	
	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C
2016	-2,6	-0,9	4,4	5,4	5,8	3,3	5,0	-0,8	0,2	-1,2
2017	-3,2	-1,5	0,6	1,6	6,8	4,3	7,1	1,3	5,3	3,9
2018	1,0	2,7	-0,1	0,9	1,1	-1,4	4,3	-1,5	0,9	-0,5
2019	-0,2	1,5	2,5	3,5	6,6	4,1	9,4	3,6	5,5	4,2
2020	2,4	4,2	4,7	5,7	8,1	5,6	6,5	0,7	3,3	2,0

Виокремлюється лютий з додатними аномаліями в усіх 5-ти роках, причому 2016 та 2020 року вони перевищували 5° . Лютий 2020 р. виявився надзвичайно теплим, лише за 5 днів показники опускалися нижче 0° , а 27 числа максимальна температура повітря сягала $17,8^{\circ}$.

За винятком 2018 р., березневі показники також значно перевищували норму, найвища аномалія також у 2020 р. в $5,6^{\circ}$.

Листопад, навпаки, в 4-х роках відзначався показниками або дещо нижче норми, або близько до норми. Лише 2019 року спостерігалися високі температури, так 5 листопада зафіксовано максимум температури повітря $21,9^{\circ}$,

а 11 числа 20,8°, в результаті за місяць температура повітря виявилася вищою норми на 3,6°.

Грудень характеризується зламами кривої розподілу t_{cm} при підвищенні температури 2017 та 2019 року; найвища аномалія у 4,2° припадає на 2019 р.

У річному ході додатними аномаліями впродовж досліджуваного періоду виділялися 2019 та 2020 рр.

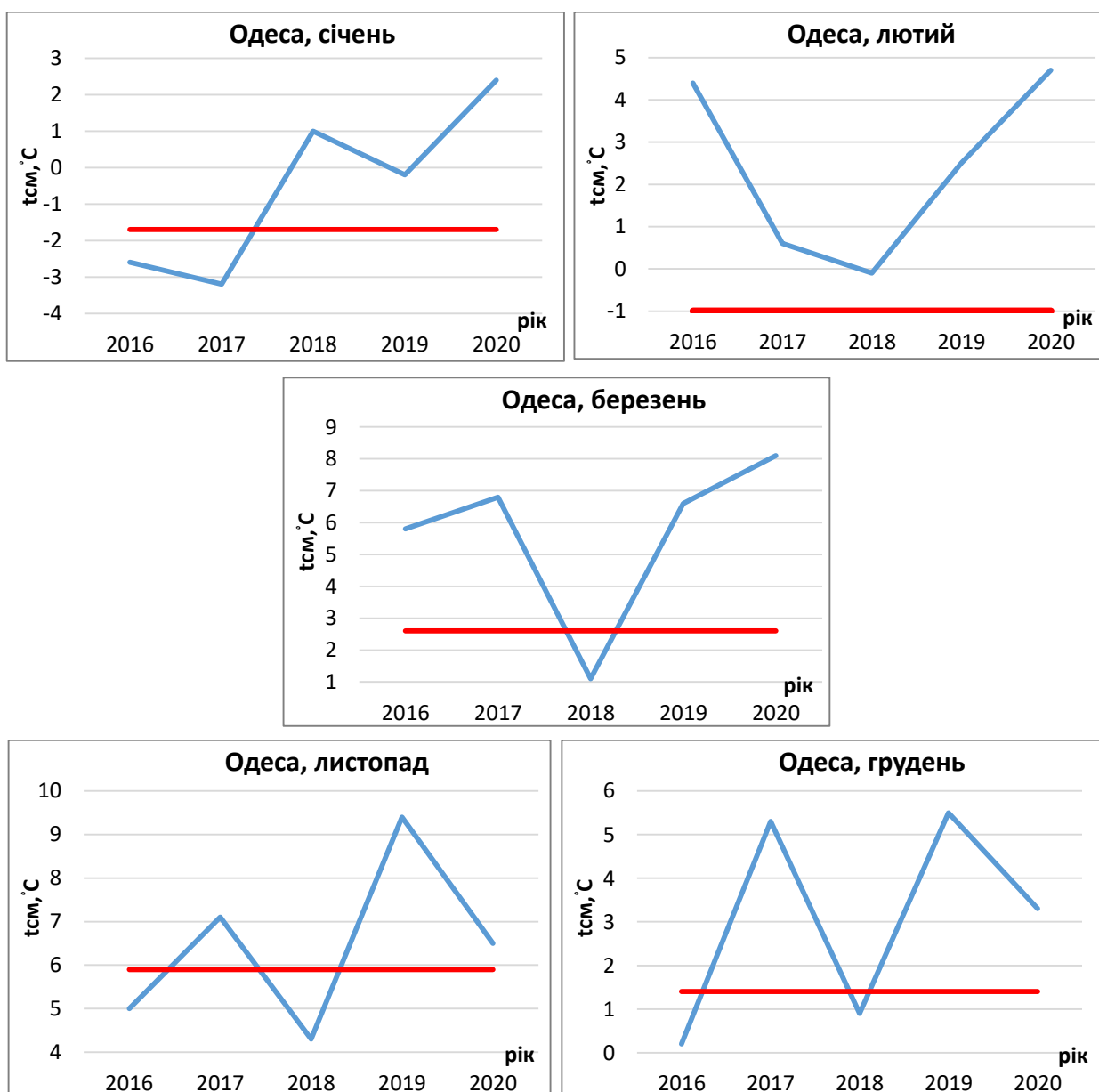


Рисунок 3.7 - Середня місячна температури повітря та її відхилення від норми за холодний період 2016-2020 рр., МС 33387 Одеса

Визначимо особливості розподілу t_{cm} на МС Харків – таб.3.8, рис.3.8.

За очевидної переваги додатних аномалій середньої місячної температури повітря, у 4-х місяцях з 25 спостерігався недобір тепла (16%), особливо значний у березні 2018 р. – відхилення $3,2^{\circ}$. Подібно вище проаналізованим метеостанціям, цього місяця температурні позначки були суттєво нижчими норми, особливо холодною була перша декада місяця, мінімальна температура знизилася до $-16,4^{\circ}$ 2 числа, $-17,6^{\circ}$ 6 числа. Очевидно, циркуляційні процеси, що зумовили низький температурний фон, впливали на всю територію України.

Таблиця 3.8 – Характеристики температури повітря за холодний період 2016-2020 рр., МС 34300 Харків

Рік	Місяць									
	січень		лютий		березень		листопад		грудень	
	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C	$t_{cm},$ °C	$\Delta t,$ °C
2016	-7,2	-0,2	1,2	6,9	3,3	3,8	0,4	-0,9	-4,5	-1,2
2017	-5,5	1,6	-3,4	2,3	5,0	5,5	2,2	0,9	2,8	6,2
2018	-3,6	3,4	-5,2	0,5	-3,7	-3,2	-0,7	-2,0	-2,9	0,4
2019	-5,7	1,3	-1,3	4,4	3,5	3,9	3,5	2,2	1,6	5,0
2020	-0,2	6,8	0,4	6,1	6,6	7,0	2,6	1,3	-3,2	0,2

У 2018 році високою, нетипово, виявилася лише температура повітря у січні, лютий-березень та листопад мав від'ємні аномалії, а у грудні показники t_{cm} були близькими до норми з несуттєвим перевищенням.

У 2017, 2019-2020 рр. у всіх місяцях реєструвалися лише додатні аномалії, особливо високі у січні-березні 2020 р. з екстремумом в $7,0^{\circ}$ у березні 2020 р. Так, 5 березня максимум температури повітря складав $20,5^{\circ}$, а 10 березня $20,3^{\circ}$.

Високі додатні аномалії – більше 6° , присутні у зимових місяцях – лютий 2016 р., грудень 2017 р. та січень-лютий 2020 р.

Зазначимо, що лютий за всі 5 років мав додатні аномалії t_{cm} .

Наочно, у ході t_{cm} за листопад-грудень виділяється зниження показників в парних роках і підйом на непарних.

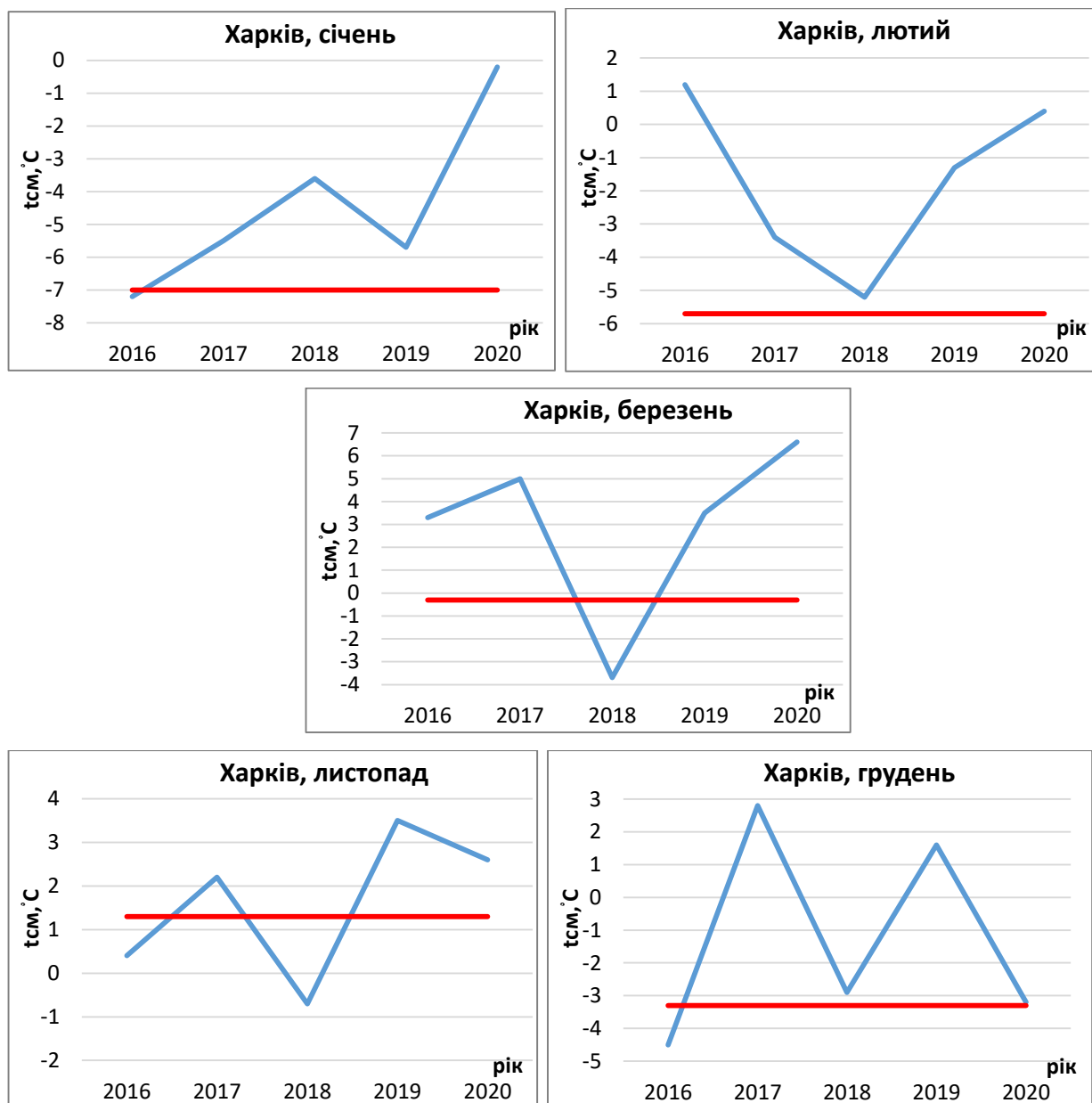


Рисунок 3.8 - Середня місячна температури повітря та її відхилення від норми за холодний період 2016-2020 рр., МС 34300 Харків

Серед важливих показників зміни температурного режиму - амплітуда коливань температури повітря, слід виділити листопад. Хоча відхилення від норми буди і вище, і нижче, амплітуда за роками виявилася найменшою – 4,2°. В інші місяці амплітуда відхилень t_{cm} від норми знаходилася в межах 6,4...10,2°.

Значна амплітуда вказує на нестійкість процесів з року в рік та нечітку тенденцію основного тренду – потепління чи похолодання.

4 АНАЛІЗ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ЗНАЧНИХ АНОМАЛІЙ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ

У розділі досліджуються синоптичні процеси за осередненими місячними картами погоди відносно середнього кліматичного значення 1991-2020 років [18], для випадків найбільших аномалій середньої місячної температури повітря різного знаку окремо для теплого і холодного періоду 2016-2020 рр. по території України. Для аналізу використано дані інтернет ресурсів [16-20].

Згідно проведеного аналізу у розділі 3, теплі періоди 2016-2020 рр. за даними метеостанцій Київ, Львів, Одеса, Харків, виокремлюють найбільшу додатну аномалію t_{cm} у червні 2019 р., а найбільшу від'ємну аномалію t_{cm} – у травні 2020 р.

Визначимо особливості формування спеки у червні 2019 р. – рис.4.1-4.2.

В цьому місяці на просторі європейського континенту сформувалася потужна хвиля тепла (Heat wave – HW) [15, 18-20]. Теплові хвилі - це екстремальні погодні явища, що супроводжуються аномально високими температурами повітря і можуть спричинити велику кількість людських жертв та істотні втрати в різних галузях економіки.

Згідно ДСТУ «Кліматологія» (2001), хвилею тепла вважається вторгнення теплої повітряної маси на велику територію, що призводить до істотного підвищення температури повітря.

Винятково спекотним був останній тиждень червня 2019 року. За цей період перебито кілька історичних рекордів в окремих місцях, зокрема у Франції, Швейцарії, Австрії, Німеччині, Чехії, Італії та Іспанії. Зокрема, 28 червня Meteo-France підтвердила новий національний температурний рекорд у 46°C у Вераргу та 45,9°C у сусідньому Галарг-ле-Монтю; у Швейцарії понад 40 станцій зафіксували рекордні добові максимальні температури - 26 червня температура досягла 35,5°C у Цюріху та 35,3°C у Базелі; в Чехії 26 числа у

Доксанах встановлений новий національний температурний рекорд червня – 38,9°C. Хвиля спеки, що розпочалася наприкінці червня і продовжилася у липні 2019 р. зумовила загибель великої кількості людей, спричинила пожежі на значних територіях та суворі посухи.

Хоча ця ХТ охопила найбільш екстремальними показниками Центральну та Західну Європу, Східна Європа, і зокрема, Україна, також відчули вплив температурних аномалій.

Так, за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського. червень 2019 р. у Києві став найтеплішим із 1881 року, середня місячна температура повітря була на 5,4° С вище за кліматичну норму, за місяць відмічалось 14 днів з температурою вищою 30°C, зафіксовано 11 температурних рекордів. Найспекотніше було 22 червня, коли максимальна температура після полудня піднялась до 34°.

Загалом, вся територія України підпала під вплив потужної ХТ, високі додатні аномалії середньої місячної температури повітря ($\geq 5^{\circ}$) відмічалися у всіх регіонах – рис.4.1.

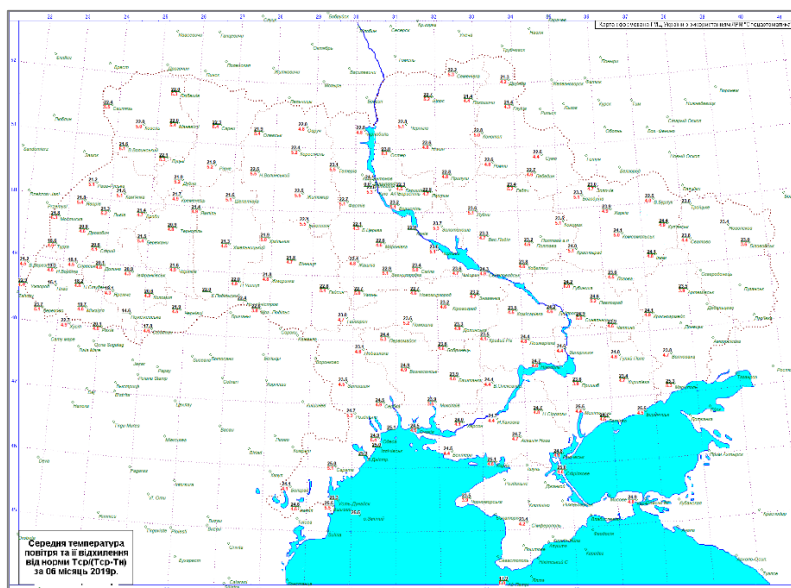


Рисунок 4.1 – Середня місячна температура повітря та її відхилення від норми 1961-1990 рр. над територією України у червні 2019 р.

Розглянемо циркуляційні процеси, які зумовили формування ХТ – рис.4.2.

Хвиля тепла сформувалася за визначеної форми циркуляції у середній та верхній тропосфері, що класифікується, як «омегаподібний» гребінь. Цей процес характеризувався встановленням потужного блокуючого антициклону тривалого існування, в системі якого накачувалося тепло з Африканського континенту до Європи. Гребенева структура чітко виділяється ядром додатних аномалій геопотенціалу H500 над Східною Європою.

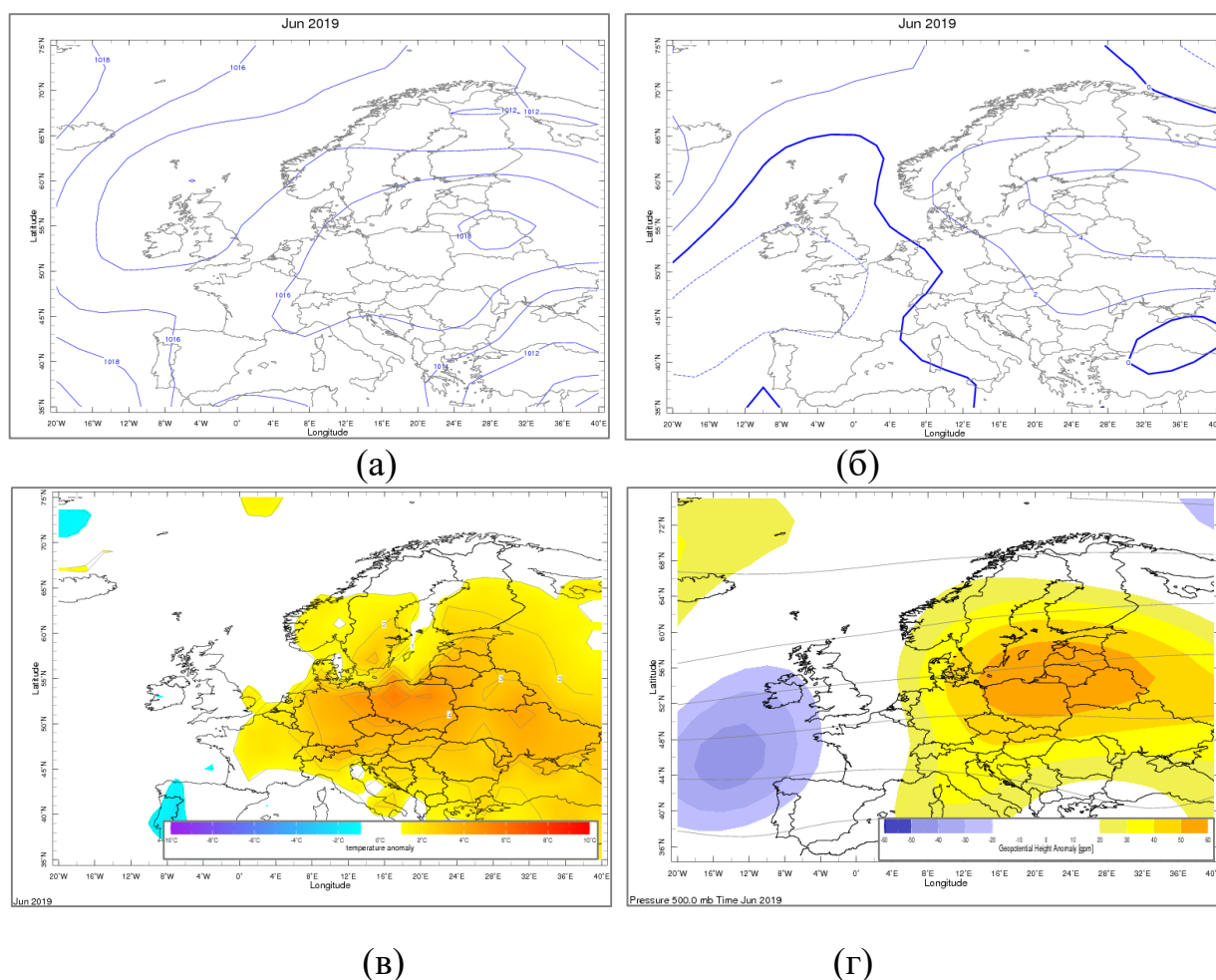


Рисунок 4.2 - Синоптичні карти за червень 2019 р.: (а) – середній місячний тиск на рівні моря; (б) – середня місячна аномалія тиску на рівні моря; (в) – середня місячна аномалія температури повітря; (г) – середня місячна аномалія H500

Осереднене за місяць поле приземного тиску виділяє замкнену циркуляцію антициклону, що охоплює практично всю європейську територію з центром над Білоруссю. Аномалії середнього місячного приземного тиску показують додатні позначки до 4 гПа саме над Східною Європою.

Наступний випадок дослідження – травень 2020 р. з показниками середньої місячної температури повітря нижче норми – рис.4.3-4.6.

Насамперед зазначимо, що це практично єдиний місяць теплого півріччя, коли невисока від’ємна аномалія середньої місячної температури повітря охоплювала весь простір країни. Також виділявся жовтень 2016 р., проте там від’ємні аномалії були ще меншими і не перевищували 1,9°. В інші місяці (11) недобір тепла був або ще меншим, або локалізувався за окремими регіонами. Це у першому наближенні підтверджує загальну тенденцію до підвищення температури повітря в усі місяці.

Зазначимо деяке відхилення у розподілі температурних показників - у всьому світі травень 2020 р. виявився на 0,63 тепліший за середній травень від 1981 до 2010 року. Для Європи травень був холоднішим, ніж у середньому, проте температура була на 0,7°C вищою за норму – рис.4.3.

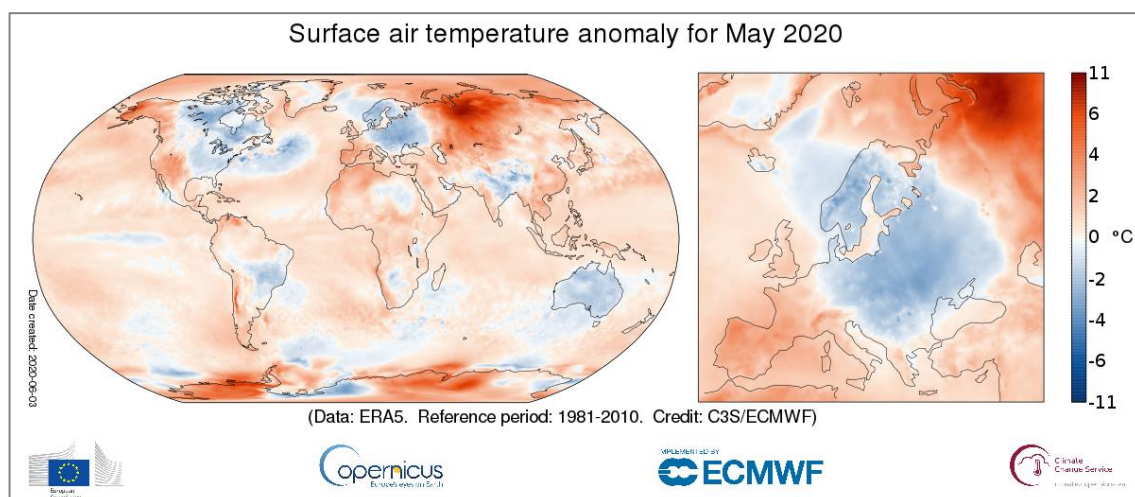


Рисунок 4.3 - Аномалія приземної температури повітря за травень 2020 р. відносно кліматичної норми 1981-2010 рр.

У травні 2020 р. температура повітря над Європою досить суттєво відхилялися від середнього значення за 1981-2010 рр. Показники коливалися від значно вище кліматичної норми на заході, південному заході та у Британії до значно нижче норми на просторі від Скандинавії до Балкан та північного узбережжя Чорного моря. Таким чином, хвиля холоду охоплювала всю Східну Європу і Україну, зокрема.

Травень 2020 року виявився найхолоднішим у ХХІ ст. на той період - за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського метеорологічне літо до столиці України так і не завітало.

Східна Європа і Скандинавія тривалий час знаходилися в улоговині холоду. Холодний фронт, що змістився до Європи з північного заходу 12 травня, спричинив снігопад у Польщі, Литві та мороз у Німеччині та Великобританії. Так, 12 травня у Польщі зафіксовано мінімум в $-8,7^{\circ}$, у Німеччині $-7,7^{\circ}$, у Британії $-7,3^{\circ}$, в Чехії $-6,9^{\circ}$. Для України в ці дні відмічалися суттєві контрасти температури повітря - від 4° на Львівщині до 24° на Луганщині, з грозовою діяльністю вздовж смуги від Чернігівщини через Київщину, Черкащину, Вінниччину, місцями на Миколаївщині. Найсильніше проявився вплив адвекції холоду на заході країни – зокрема, у Львові 11 травня максимальна температура сягала $26,8^{\circ}$, а після вторгнення холоду впала до $8,2^{\circ}$ 12 числа, мінімум опустився до $-2,9^{\circ}$, отже на заході країни відмічалися пізні заморозки – рис.4.4.

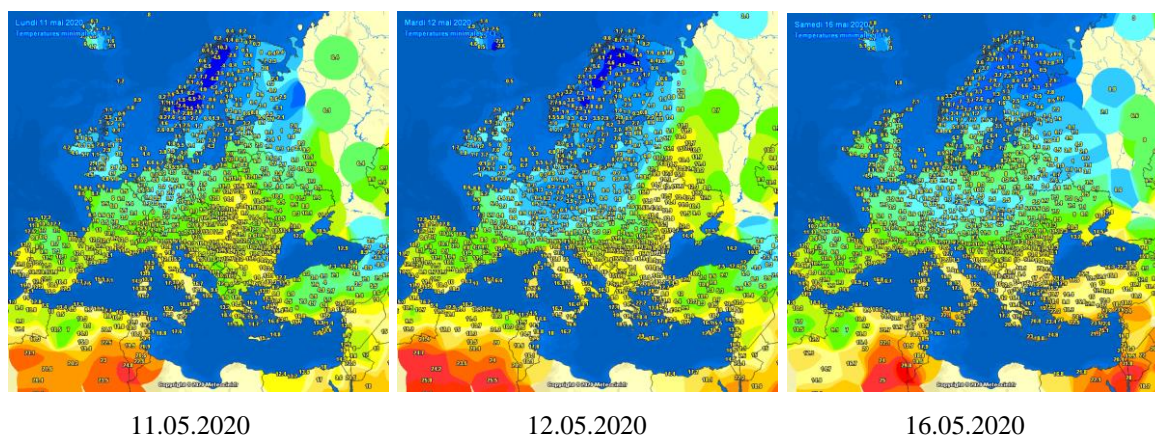


Рисунок 4.4 - Мінімальна температури повітря, травень 2020 р.

Арктичне вторгнення вплинуло на середню температуру травня для України, але високі температури у першій декаді та наприкінці місяця дещо згладили контрасти і, таким чином, рекордно низькі травневі температури не спостерігалися. Відхилення показників t_{cm} за місяць вказує на недобір тепла на всьому просторі країни, проте аномалії не перевищують $3,3^{\circ}$ (МС Чорнобиль) - рис.4.5. Загалом, дещо вищі від'ємні аномалії спостерігалися на півночі, північному заході та північному сході – Рівненщина, Житомирщина, Київщина, Чернігівщина та Сумщина.

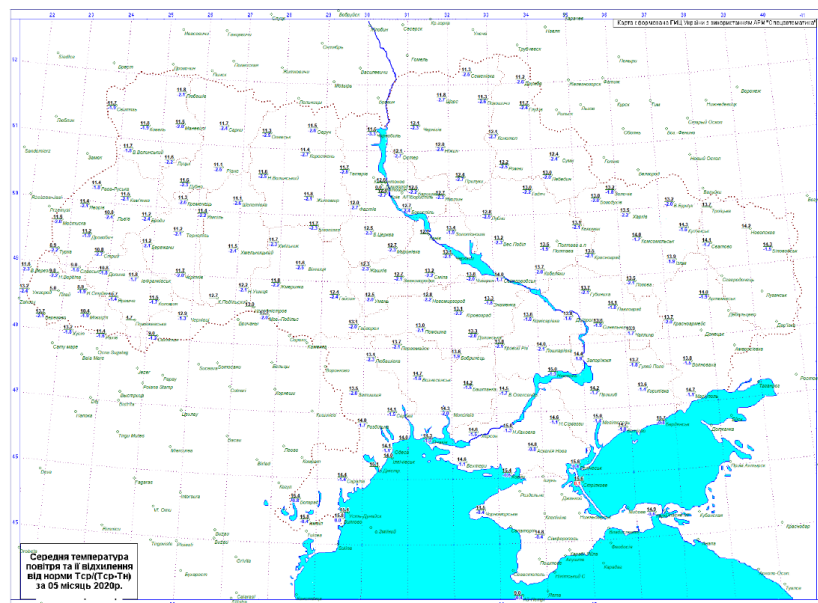


Рисунок 4.5 – Середня місячна температура повітря та її відхилення від норми 1961-1990 рр. над територією України у травні 2020 р.

Охарактеризуємо осереднений за місяць тип циркуляції над європейським сектором - рис.4.6

Поле приземного тиску над Україною виділяє малоградієнтне поле зниженого тиску в улоговині з основним центром циклону над Норвезьким морем. Середня місячна аномалія тиску вказує на поширення улоговини з криволінійною віссю від Норвезького моря до Казахстану, таким чином, осереднене поле тиску показує від'ємну аномалію над Східною Європою 2 гПа.

Покажемо розподіл середньої місячної аномалії геопотенціалу H500, що повністю відповідає локалізації районів з додатними аномаліями середньої місячної температури повітря в області гребенів над західною Європою і Британією та другим – у Східному Сибіру. Суміжна висотна улоговина простирається з високих широт північного сходу Атлантики через Скандинавію на Східну Європу. Таким чином, осереднене за місяць висотне баричне поле характеризувалося посиленою меридіональністю з хвилями великої амплітуди. Затоки холоду у системі висотної улоговини зумовили зниження температурного фону над Скандинавією, країнами Балтії, Україною.

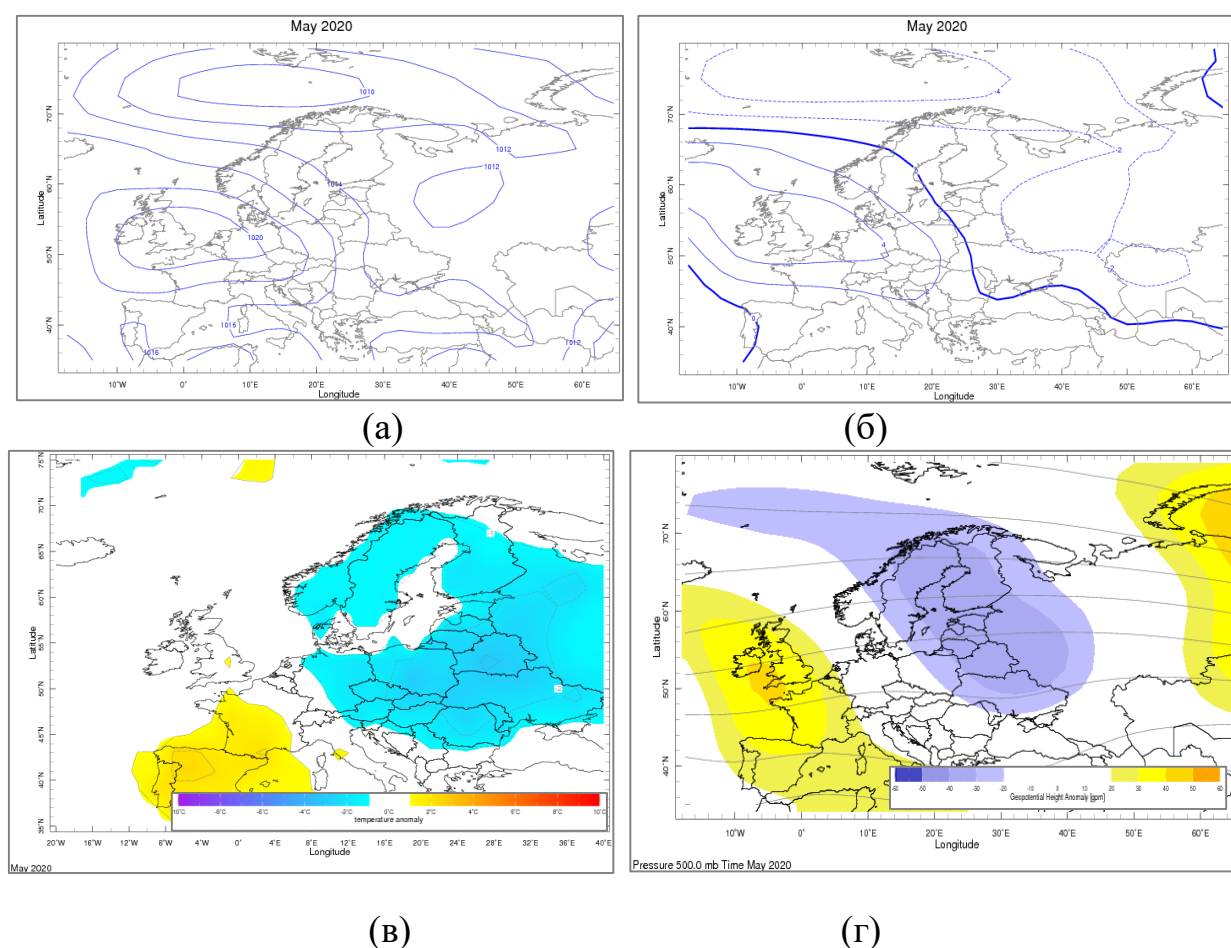
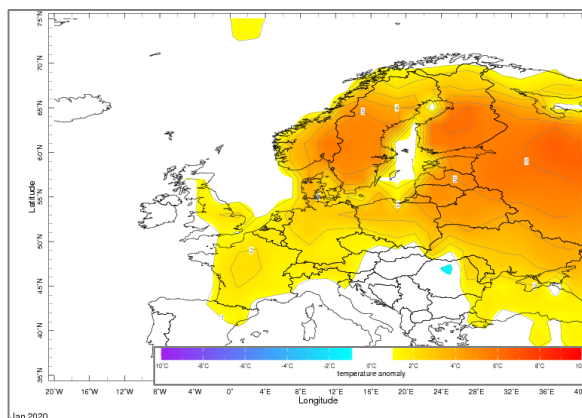


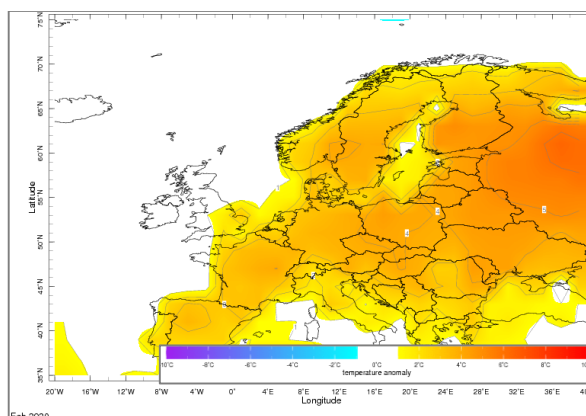
Рисунок 4.6 - Синоптичні карти за травень 2020 р.: (а) – середній місячний тиск на рівні моря; (б) – середня місячна аномалія тиску на рівні моря; (в) – середня місячна аномалія температури повітря; (г) – середня місячна аномалія H500

На наступному етапі визначимо циркуляційні процеси формування найбільших аномалій (різного знаку) t_{cm} холодного періоду 2016-2020 рр.

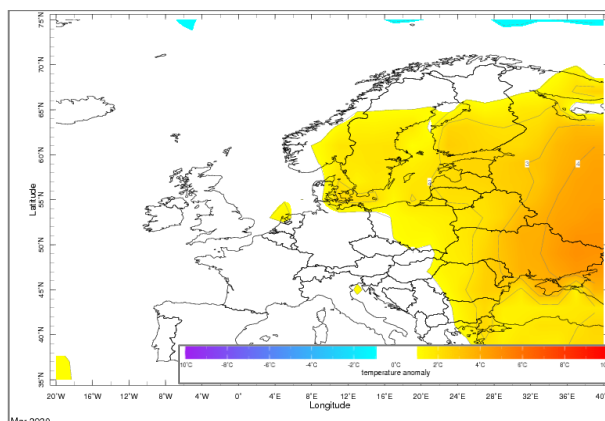
Аномально високий температурний фон спостерігався в Україні та місцями по іншій території Європи у січні-березні 2020 р. – рис.4.7



січень 2020 р.



лютий 2020 р.



березень 2020 р.

Рисунок 4.7 - Середня місячна аномалія температури повітря за січень-березень 2020 р. відносно кліматичної норми 1991-2020 рр.

Дещо вищі додатні аномалії t_{cm} реєструвалися у січні-лютому, тому ці місяці розглянемо детальніше.

Для Європи це був найтепліший січень за всю історію спостережень, приблизно на $0,2^{\circ}\text{C}$ тепліше, ніж попередній найтепліший січень 2007 року, і на $3,1^{\circ}\text{C}$ вище за кліматичну норму 1981-2010 рр. Середні температури були особливо високими на території Північно-Східної Європи, у деяких районах додатні аномалії становили 6°C у смузі, що поширювалася на схід та південний схід від Норвегії до Західного Сибіру.

Зважаючи на те, що високі додатні аномалії t_{cm} відмічалися також і у грудні 2019 р. ($\geq 4...5^{\circ}$), то, загалом, ця зима видалася аномально теплою для всієї України. Погода в січні 2020 р. відповідала показникам середини листопада або березня, такий температурний режим має негативний вплив на сільське господарство - враховуючи ще й посушливі умови січня, це призвело до зменшення урожаю с/г культур.

Наприклад, у Києві до третьої декади січня не настала метеорологічна зима (умови, коли середня добова температура нижче 0° п'ять днів поспіль), було лише три зимові дні, у грудні 2019 р. сім, але не підряд.

Лише на Закарпатті та кількох метеостанціях північного сходу країни середня січнева температура виявилася слабко від'ємною, проте значно вищою норми. Взагалі по країні домінували додатні показники t_{cm} , з найвищими на Одещині до $2,5^{\circ}$ (МС Чорноморськ). Таким чином, додатні аномалії сягнули найбільших значень на півночі та північному сході – вище 7° . Екстремальне перевищення норми зареєстровано на Сумщині - МС Глухів $8,1^{\circ}$ і МС Дружба та МС Семенівка на Чернігівщині - на 8° вище кліматичної норми.

На рис.4.8 проілюстровано екстремуми температури повітря, зокрема найвищий показник досягнуто в Одесі $12,3^{\circ}$, а найнижчу відмітку зафіксовано в Чернівецькій області в $-9,9^{\circ}$.

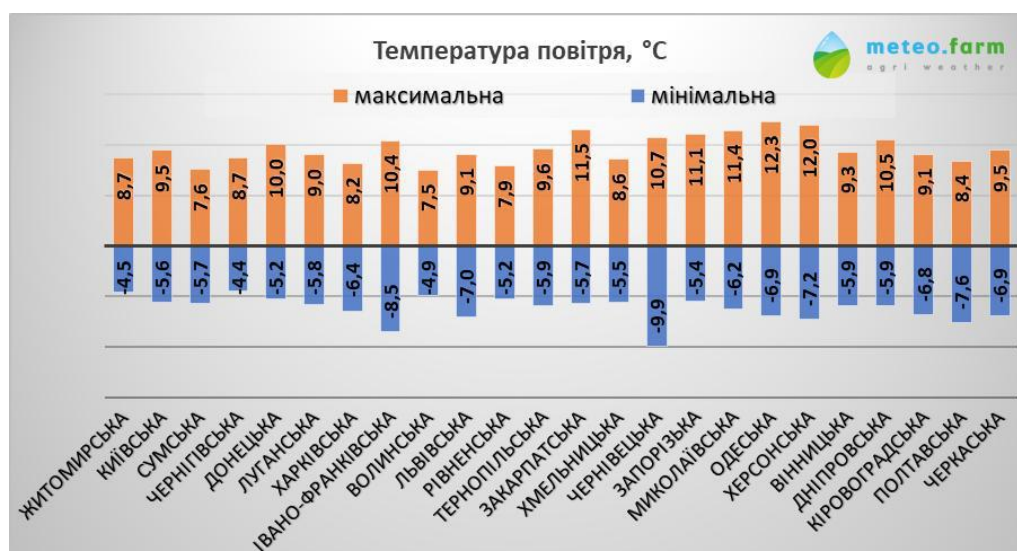


Рисунок 4.8 – Абсолютний максимум та мінімум температури повітря на території України у січні 2020 р.

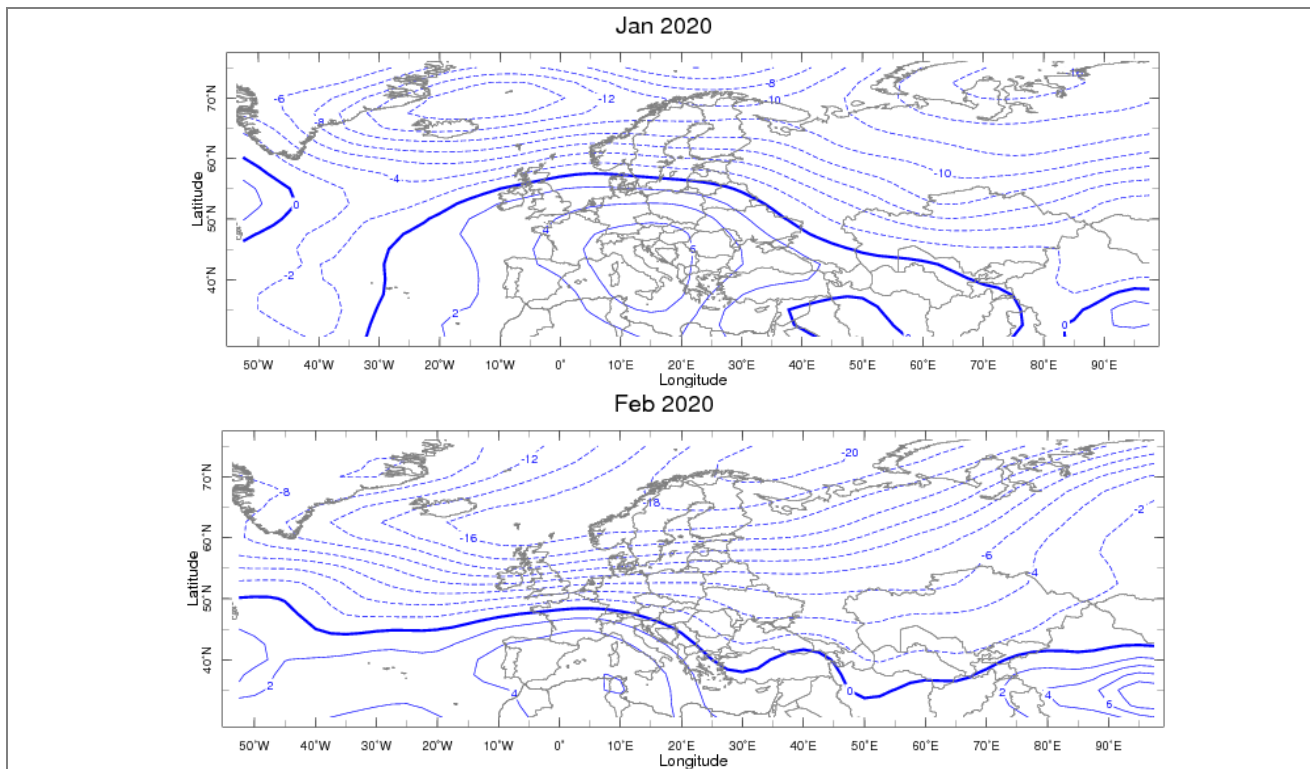
Наведемо особливості термічного режиму наступного місяця – лютого 2020 р.

Температура лютого була найбільшою за середню у глобальному регіоні, що охоплює більшу частину Європи, Сибіру та Центральної Азії. Загалом, для Європи лютий 2020 р. був на $3,9^{\circ}\text{C}$ тепліше середнього. Показники були надзвичайно високими, як для зимового місяця, на території від Південної Фінляндії до Східної Європи і Західного Сибіру.

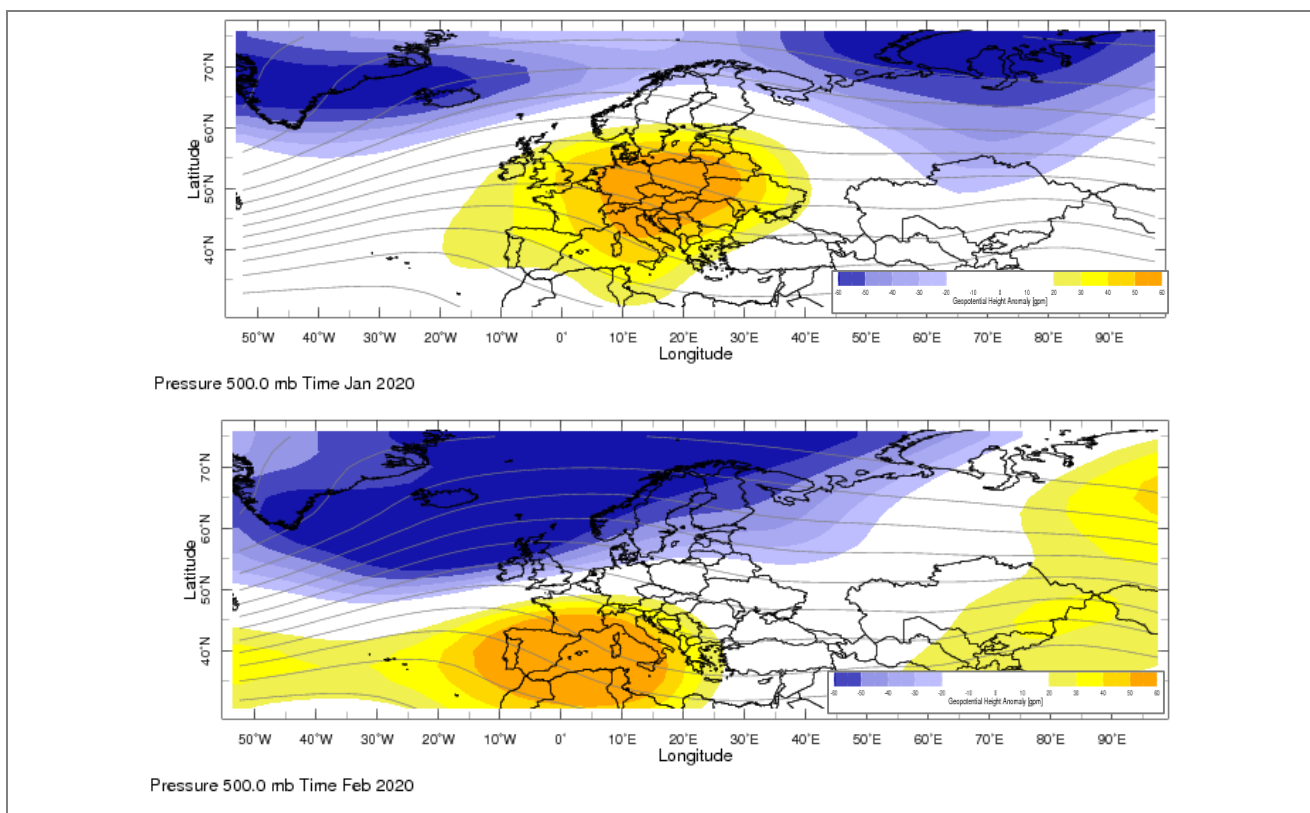
Для України величина додатної аномалії збереглася і в лютому – на переважній частині сягала $>5^{\circ}$. Осередок з максимальними відхиленнями від норми так само розміщений в Київській, Чернігівській та Сумській областях (6-7 $^{\circ}$). Пікові перевищення норми відмічалися в Острі та Семенівці Чернігівської області та Борисполі Київської області – на $7,4^{\circ}$. Для переважної більшості станцій середня температура лютого була додатною.

Таким чином, простір охоплений додатними аномаліями залишився таким же, як і для січня. Такі тривалі умови збереження високих аномалій температури повітря свідчать про переважання стійкого типу циркуляції.

Розглянемо особливості приземних та висотних баричних полів – рис.4.9.



(a)



(б)

Рисунок 4.9 - Синоптичні карти за січень-лютий 2020 р.: (а) - середня місячна аномалія тиску на рівні моря; (б) - середня місячна аномалія Н500

Як відомо, взимку додатні аномалії температури зумовлюються, здебільшого, зональним перенесенням, внаслідок зміни температурного градієнту материк-океан.

У січні, за даними як приземних та і висотних баричних полів, сформувався потужний антициклон над Європою (середня місячна аномалія приземного тиску до 6 гПа). В той же час, Ісландський мінімум був поглиблений (аномалія до -14 гПа), центри циклонів в його системі зміщувалися по дещо нетиповій траєкторії на схід в арктичному басейні внаслідок блокуючого ефекту максимуму в помірних широтах та субтропіках. Поліс був охоплений впливом циркумполярного вихору. В результаті, між цими двома масштабними баричними полями різного знаку сформувалося чітке зональне перенесення зі значними градієнтами від Норвезького моря через Скандинавію і далі, по низхідній гілці ВФЗ, на Східноєвропейську та Західносибірську рівнину. Широтні потоки виносили тепле атлантичне повітря на материк, що і зумовило суттєве підвищення температури повітря. Розподіл середньої місячної аномалії H500 вказує на суттєве перевищення норми над Центральною та Північною Європою у системі потужного блоку – до 120 гпм. Україна перебуває у передній частині максимуму.

До лютого приземне баричне поле і його аномалії вказують на ще більше посилення зональності. Щоденний аналіз карт АТ-500 час від часу виділяв повністю широтні потоки над європейським континентом при зменшенні амплітуди хвилі над Західною та Центральною Європою. На осередненій карті аномалій H500 простежується збереження блоку при локалізації над західною Європою та північчю Африки, при цьому збільшується від'ємна аномалія H500 у системі Ісландського мінімуму – до 120 гпм. Україна перебуває у полі геопотенціалу H500 в межах кліматичної норми.

Чітко домінування у помірних широтах широтних потоків демонструє приземне баричне поле – при поглибленні Ісландського мінімуму і поширенні

його улоговини з заходу на схід у високих широтах та поглибленні циркумполрного вихору з аномаліями тиску до -20 гПа

Таким чином, в обох місяцях простежується відсутність Азіатського зимового ЦДА, що підтверджує теорію про послаблення цього максимуму в сучасну епоху кліматичних змін.

У березні 2020 р. високі додатні аномалії збереглися, але осередок виділявся вже над Східною Європою та Сибіром. На території України найбільші аномалії змістилися на південь, схід та північний схід (відхилення до 6-7°), екстремум – МС Богодухів Харківської області – на 8,1° вище норми. У приземному полі зберігається широтне перенесення у високих широтах, а у помірних формується зонально видовжена смуга високого тиску, над Україною панує антициклонічна циркуляція.

Зовсім інакшими процесами виділяється березень 2018 р. при суттєвому недоборі тепла над європейським сектором і, особливо, на сході регіону – рис.4.10-4.11. Майже по всій Європі березень 2018 року був холоднішим за середній показник. Лише на крайній півночі та на крайньому південному сході континенту було тепліше середнього. У Європі та Азії це був найхолодніший березень з 2013 року.

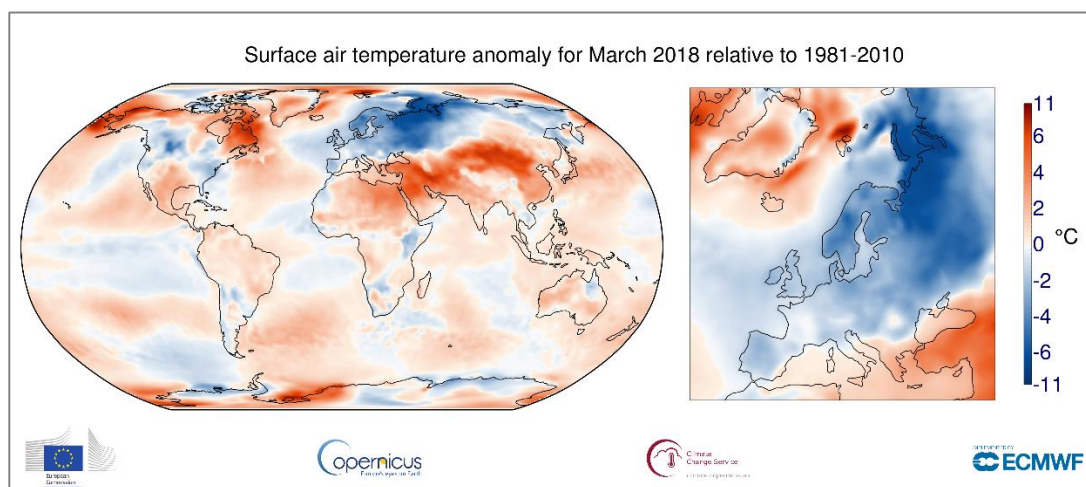


Рисунок 4.10 - Аномалія приземної температури повітря за березень 2018 р. відносно кліматичної норми 1981-2010 рр.

І хоча у березні 2018 року не було рекордно низьких температур, для Європи місцями від’ємні аномалії складали 1,5...5,0° (Австрія, Фінляндія, Швеція, Ірландія, Іспанія). Зниження температури повітря у березні для Європи відбулося після двох місяців, протягом яких середні європейські температури були значно вищими норми, а березнева температура повітря була на -1,6° нижчою норми.

На території України недобір тепла був більшим – в середньому 2-2,5°. Найхолодніше було на Сумщині – МС Суми та МС Глухів вказують на відхилення 3,3° нижче норми (рис.4.11).

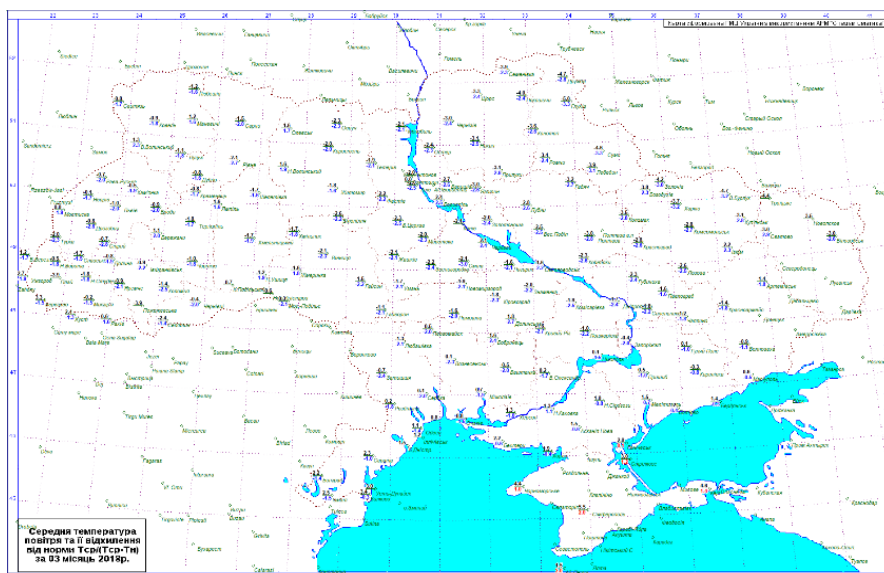


Рисунок 4.11 – Середня місячна температура повітря та її відхилення від норми 1961-1990 рр. над територією України у березні 2018 р.

Після аномально теплого січня з перевищенням норми по всій території країни на 3-4°, у лютому показники знизилися, проте незначні додатні аномалії ще були присутні на Лівобережжі та на сході - до 1°. Надалі березень характеризувався нетипово низькими температурами – за винятком окремих районів південного регіону, показники $t_{см}$ були від’ємними. Від’ємна аномалія

температури повітря охоплювала весь простір країни. Як згадувалося вище, хвиля холоду відмічалася на початку та у другій половині місяця.

Визначимо процеси, що сприяли поширенню адвекції холоду над європейським сектором у березні 2018 р. – рис.4.12.

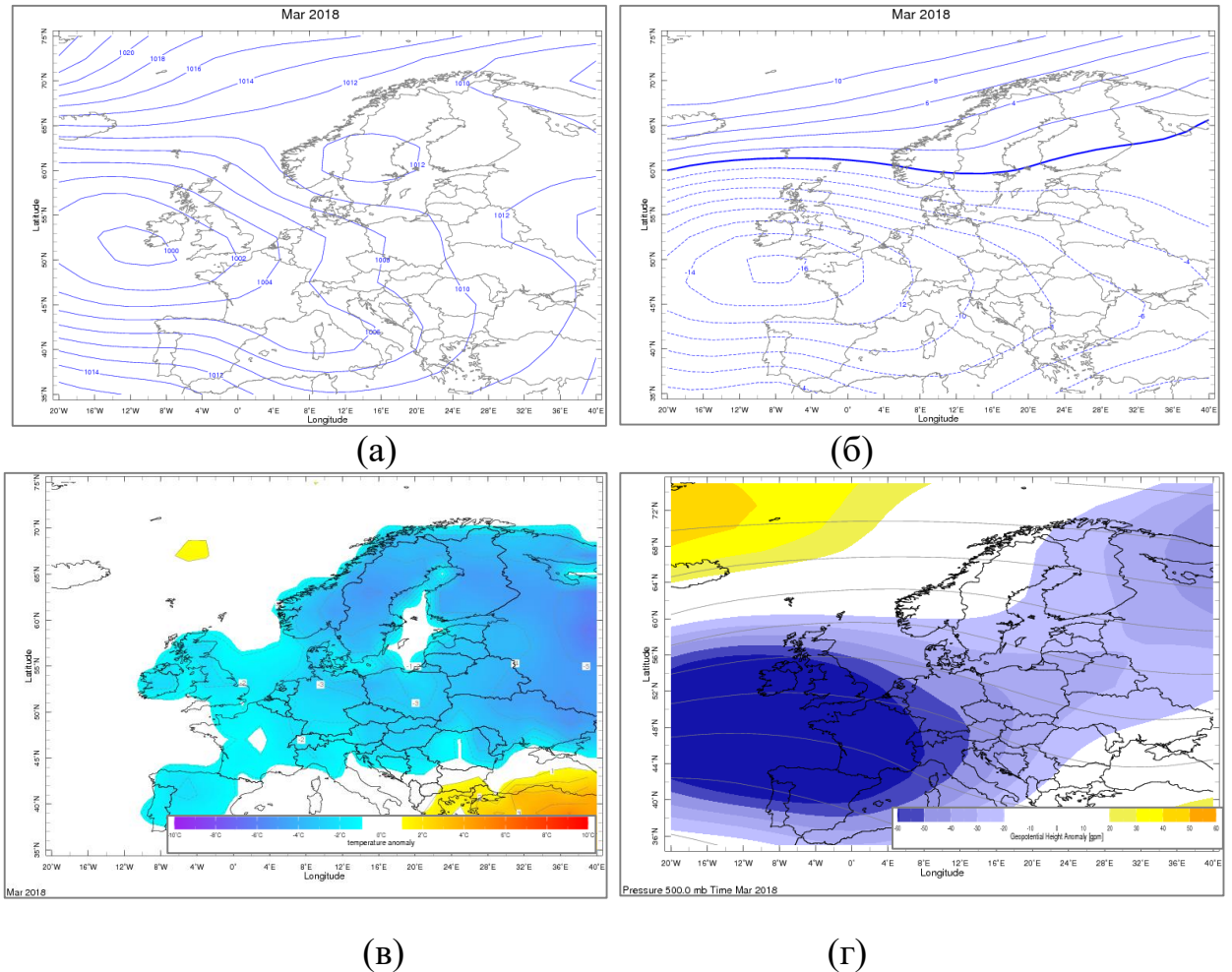


Рисунок 4.12 - Синоптичні карти за березень 2018 р.: (а) – середній місячний тиск на рівні моря; (б) – середня місячна аномалія тиску на рівні моря; (в) – середня місячна аномалія температури повітря; (г) – середня місячна аномалія H500

Приземне баричне поле, осереднене за місяць виділяє масштабний мінімум з центром побіля півдня Ірландії (1000 гПа). Улоговина поширюється на весь європейський регіон, а над Казахстаном стаціонує Азіатський максимум.

Середня місячна аномалія приземного тиску ілюструє значне відхилення від кліматичної норми до -16 гПа над східним узбережжям Атлантики.

Висотне баричне поле за розподілом аномалій H500 чітко показує значну від'ємну аномалію в цьому ж регіоні та над Західною Європою і Британією – до 120 гпм. Україна знаходиться у смузі знижених показників геопотенціалу H500 відносно норми.

Від'ємні аномалії температури повітря над Східною Європою сформувалися при поширенні висотних улоговин ультраполярної спрямованості в перших числах місяця (процес тривав від 23 лютого) та у другій половині березня – рис.4.13.

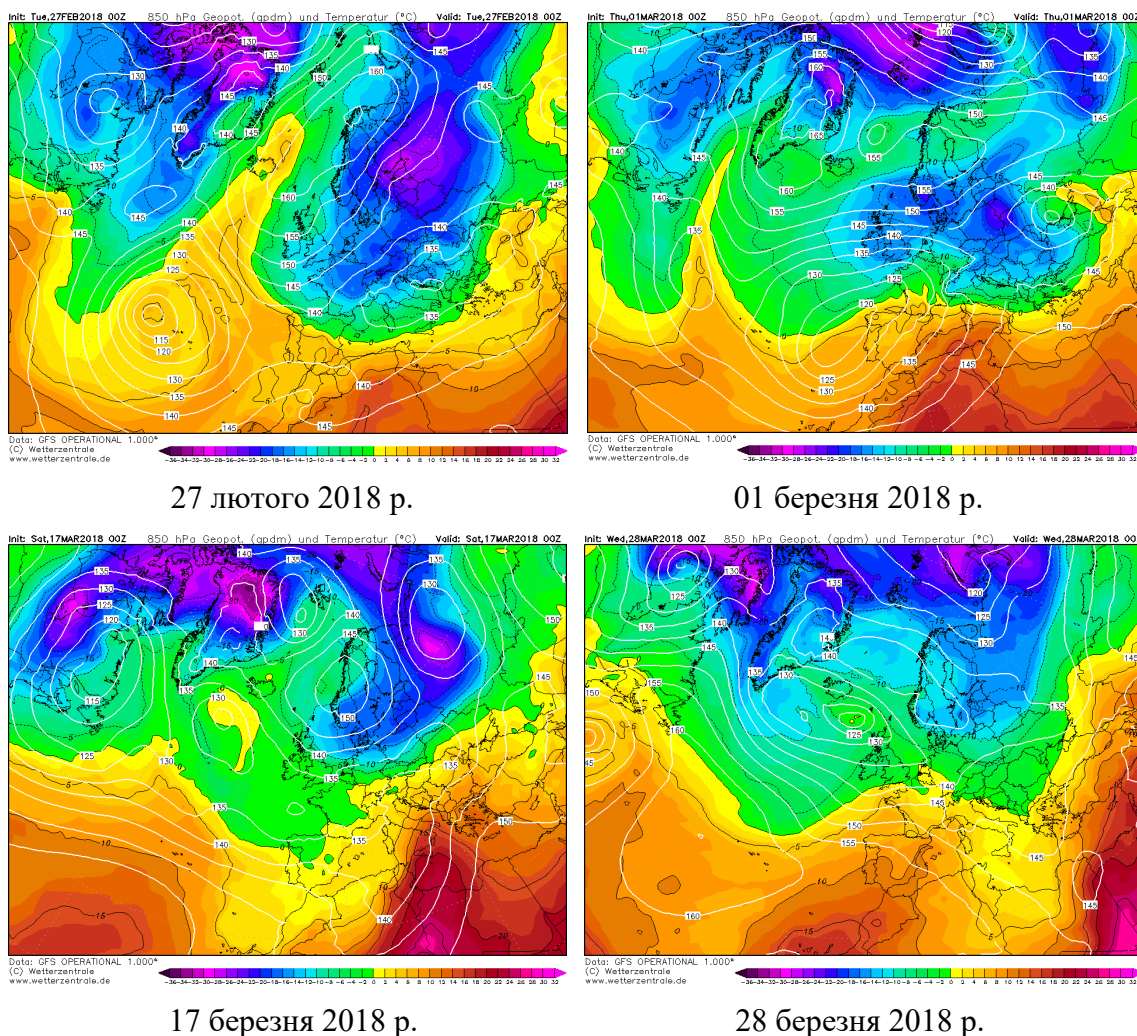


Рисунок 4.13 – Карти АТ-850

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження температурного режиму повітря за 2016-2020 рр, на території України, можна зробити наступні висновки:

1. Виділяється загальна тенденція переважання додатних аномалій середньої місячної температури повітря – 62% (37 місяців з 60). При цьому за холодний і теплий період року показники теплих місяців близькі – 64% і 60% відповідно.
2. За досліджуваний період спостерігалось лише 4 місяці (~7%), коли від’ємна аномалія t_{cm} охоплювала весь простір країни: жовтень-листопад 2016 р., березень 2018 р., травень 2020 р.
3. В 19-ти місяцях (31%) у розподілі t_{cm} по території України відмічались і додатні, і від’ємні аномалії, тобто регіони підпадали під вплив різних циркуляційних процесів.
4. За величиною відхилень однозначно переважають перевищення кліматичної норми (1960-1991 рр.). При цьому виділяються значно більші аномалії для холодного півріччя. Від’ємні аномалії не перевищували 3-4° в окремих регіонах, а при поширенні по всій країні, в середньому, складала 1,5-3°.
5. У річному розподілі лише додатні аномалії t_{cm} відмічались у теплому півріччі по всіх метеостанціях в 2018 р., у холодному – 2019-2020 рр.
6. В теплому періоді п’ятиріччя у місячному розподілі для всіх досліджуваних метеостанцій – Київ, Львів, Одеса, Харків, t_{cm} перевищувала норму у вересні. Додатково у Києві – квітень, червень-липень; Львів – квітень, червень; Одеса – липень; Харків – квітень, липень. Найвищі додатні аномалії t_{cm} реєструвалися у Києві – червень 2019 р. 5,5°; Львів - квітень 2018 р. 5,6°; Одеса та Харків – жовтень

- 2020 р. $5,6^{\circ}$ та $5,0^{\circ}$ відповідно. Найспекотнішим став червень 2019 р. з аномаліями t_{cm} по території України більше 5° . Найхолоднішим виявився травень 2020 р., найбільша від'ємна аномалія – Київ в $2,7^{\circ}$.
7. В холодному періоді п'ятиріччя у місячному розподілі температура повітря перевищувала норму: Київ – січень, грудень; Львів – грудень; Одеса та Харків – лютий. Найвищі додатні аномалії t_{cm} зафіксовані у Києві, Одесі та Львові у лютому 2020 р. – відповідно $6,7^{\circ}$, $5,7^{\circ}$, $5,5^{\circ}$; у Харкові - березень 2020 р. в $7,0^{\circ}$. Найтеплішим виявився період січень-березень 2020 р. та лютий 2016 р., додатні аномалії перевищували 7° . Пікові відхилення відмічені у січні 2020 р. - Глухів на $8,1^{\circ}$, Дружба та Семенівка - на 8° вище кліматичної норми; а також у березні 2020 р. – Богодухів, додатна аномалія $8,1^{\circ}$. Найбільший недобір тепла спостерігався у березні 2018 р., в середньому по країні від'ємні аномалії t_{cm} склали $1,5 \dots 2,5^{\circ}$ з максимумом на Сумщині в $3,3^{\circ}$.
8. Досліджені циркуляційні процеси, що обумовили найбільші аномалії t_{cm} різного знаку. Спека у червні 2019 р. були спричинена потужною хвилею тепла над європейським регіоном при формуванні блокуючої ситуації і її тривалому збереженні. У холодний період високі додатні аномалії температури повітря січня-березня 2020 р. сформувалися при стійкому зональному перенесенні у тропосфері. Від'ємні аномалії температури у березні 2018 р. обумовлені ультраполярними вторгненнями впродовж місяця, а зниження температури повітря у травні 2020 р. також відмічалось при переважанні меридіональних процесів і арктичному вторгненні на Східну Європу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Басок Б. Глобальне потепління: проблеми, дискусії та прогнози / Б. Басок, Є. Базєєв. *Світгляд*. 2020. № 6(86). С.4-15.
2. Єремєєв В. Регіональні аспекти глобальної зміни клімату / В. Єремєєв, В. Єфімов. *Вісник НАН України*. 2003. № 2. С. 14-19.
3. Зміна клімату 2007: фізична наукова база / наук. ред. В. М. Ліпінський. Київ: Державна гідрометеорологічна служба України, 2007. 28 с.
4. Клімат України / Під ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ. Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
5. Кліматичний Кадастр України. Державна гідрометеорологічна служба УкрНДГМІ. Центральна Геофізична Обсерваторія. Київ, 2006.
6. Клок С.В., Краснова Я.В. Просторово-часові зміни мінімальної температури повітря на території України на сучасному етапі. *Наукові праці УкрНДГМІ*. 2016. Вип. 268. С.51-57.
7. Кульбіда М.І., Єлістратова Л.О., Барабаш М.Б. Прогноз змін клімату України на початку ХХІ століття. *Наукові записки Вінницького педуніверситету*. Сер. Географія. 2011. Вип. 23. С.10-17.
8. Кульбіда М.І., Єлістратова Л.О., Барабаш М.Б. Сучасний стан клімату України. *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки*. 2013. Вип. 35. С. 118-130.
9. Лялько В.І., Єлістратова Л.О., Кульбіда М.І., Апостолов О.А., Барабаш М.Б. Особливості змін клімату в Україні на кінець ХХ – початок ХХІ ст. за наземними та супутниковими даними. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2015. Вип. 6. С.33-84.
10. Осадчий В.І.1 Бабіченко В.М., Набиванець Ю.Б., Скриник О.Я. Динаміка температури повітря в Україні за період інструментальних метеорологічних спостережень: монографія. Київ: Ніка-Центр, 2013. 257 с.

11. Пашков А.П., Немикіна А.Д. Глобальні зміни клімату: загрози людству та шляхи вирішення. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2009. Вип. 19.15. С.107-115.
12. Приходько М. Причини, наслідки і шляхи протидії зміні клімату. *Наукові записки ТНПУ ім. В.Гнатюка*. Серія: Географія. 2014. №1. С.35-43.
13. Шевченко О. Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна. Київ: КФСП, 2014. 63 с.
14. Wilson. L., New. S., Daron. J., Golding. N. Climate Change Impacts for Ukraine. Met Office, 2021. 34 p.
15. Xu, P., Wang, L., Liu, Y., Chen, W., & Huang, P. The record-breaking heat wave of June 2019 in Central Europe. *Atmospheric Science Letter*. 2020. 21(4), e964. <https://doi.org/10.1002/asl.964>
16. <http://www2.wetter3.de/fax> <http://www.wetterzentrale.de/>
17. <https://climate-copernicus-eu/>
18. <https://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/index.html>
19. <https://www.eumetsat.int/>
20. <https://www.severe-weather.eu/>