

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему: Особливості поля температури холодного періоду на території
України у 2009-2018 рр.

Виконала студентка 2 курсу групи МЗМ-18
спеціальності 103 - «Науки про Землю»
Кияненко Ірина Ігорівна

Керівник к. геогр. н., доцент
Нажмудінова Олена Миколаївна

Рецензент к. геогр. н., доцент
Барсукова Олена Анатоліївна

Одеса 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет гідрометеорологічний інститут

Кафедра метеорології та кліматології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

(шифр і назва)

Освітня програма Метеорологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри Прокоф'єв О.М.

“28” жовтня 2019 року

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

Кияненко Ірині Ігорівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Особливості поля температури холодного періоду на території України у 2009-2018 рр.

керівник роботи Нажмудінова Олена Миколаївна к. геогр. н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти №235-С від 8 жовтня 2019 р.

2. Строк подання студентом роботи 06 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи дані бюлетенів погоди; оперативна синоптична інформація; щоденники погоди; карти максимальних і екстремальних температур; карти відхилення середньодобової, декадної і місячної температури від норми; карти аномалії геопотенціалу Н925 і Н500; дані реаналізу Національного центру передбачення клімату США NCEP/NCAR поля геопотенціалу на рівні 500 гПа.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Вибір, аналіз та систематизація сучасної наукової літератури за напрямком дослідження. 2) Формування банку вихідних даних з середньомісячних полів температури повітря холодного півріччя за період 2009-2018 рр. на території України. 3) Дослідження відхилень температури повітря у холодний період року за даними станцій Одеса, Харків, Львів, Київ. 4) Визначення хвиль тепла і холоду у холодне півріччя на території України у 2009-2018 рр. 5) Аналіз циркуляційних умов місяців з найбільшими додатними і від'ємними аномаліями температури повітря.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень.) Рис. 4.1–4.20 – графіки середньомісячної температури повітря та її відхилення від норми за станціями: Одеса, Харків, Львів, Київ. Рис. 4.21-4.30 – карти розподілу метеорологічних величин за місяцями. Рис.4.31-4.32 – синоптичні карти погоди. Рис.4.32 – поля індексів блокування I(λ).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 28 жовтня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	<i>Огляд наукової літератури, сучасних публікацій за темою дослідження.</i>	28-31.10 2019 р.	70	задовільно
2.	<i>Створення банку вихідних даних. Складання таблиць, виконання розрахунків, побудова графіків.</i>	01-08.11 2019 р.	75	добре
3.	<i>Проведення аналізу даних. Дослідження хвиль тепла і холоду у різні місяці, визначення аномалій полів геопотенціалу.</i>	09-14.11 2019 р.	85	добре
4.	<i>Аналіз блокуючих процесів взимку 2010 р.</i>	15-17.11 2019 р.	75	добре
5.	<i>Рубіжна атестація</i>	18 –23.11.2019		
6.	<i>Складання висновків. Кінцеве редагування тексту.</i>	24.11-05.12 2019 р.	75	добре
7.	<i>Перевірка на плагіат, підписання авторського договору</i>	06-09.12.2019		
8.	<i>Підготовка доповіді і презентації до захисту. Попередній захист магістерської роботи.</i>	грудень 2019		
Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			75	добре

Студент _____ Кияненко І.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Особливості поля температури холодного періоду на території України у 2009-2018 рр.»

Автор: Кияненко Ірина Ігорівна.

Актуальність дослідження полягає у впливі екстремальних режимів температури повітря, хвиль тепла і холоду у холодне півріччя на функціонування народного господарства і життєдіяльність людини.

Мета роботи: визначення особливостей формування аномалій температури повітря у холодний період року.

Відповідно до поставленої мети розв'язано наступні **задачі:**

- визначено місячні, декадні і добові аномалії температури повітря холодного періоду 2009-2018 рр.;
- виділено періоди з аномальним похолоданням і потеплінням у холодне півріччя на території України;
- встановлено циркуляційні процеси формування найбільших відхилень температури повітря від кліматичної норми;
- досліджено характеристики блокуючих процесів, що визначали виникнення хвиль холоду.

Об'єкт дослідження: приземна температура повітря.

Предмет дослідження: аномалії температури повітря у холодний період року на території України.

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

Наукова новизна отриманих результатів. Для дослідження використано дані поля температури останнього десятиліття. Отримано статистичні і синоптико-кліматичні характеристики температурних аномалій.

Практичне значення отриманих результатів. Повторюваність температурних аномалій у холодне півріччя і типи процесів, що їх зумовлюють, виступають показником регіональних змін клімату і можуть бути використані для діагнозу і прогнозу поля температури.

Магістерська кваліфікаційна робота в об'ємі 58 сторінок складається з 4 розділів, висновків, переліку посилань з 20-ти джерел, одного додатку, містить 32 рисунки в основному тексті.

Ключові слова: холодний період, аномалія температури, відхилення температури, хвиля холоду, циркуляційний процес, блокуючий антициклогенез.

SUMMARY

Theme of master's qualification works «Features of the temperature field in the cold period in Ukraine in 2009-2018».

Author: Kyyanenko Irina.

The relevance of the study lies in the influence of extreme air temperature regimes, heat waves and cold on the national economy and human activity.

Objective: establishing the specifics of the formation of temperature anomalies of the air in the cold period of the year.

According to the stated goal the **following tasks** were accomplished:

- defined monthly, decade and daily air temperature anomalies in the cold period 2009-2018;
- highlighted periods with abnormal cooling and warming in the cold half of the year in Ukraine;
- installed circulation processes in the formation of large deviations of air temperature from the climatic norm;
- the characteristics of blocking processes that determined the occurrence of cold waves were investigated.

Object of study: air temperature near the ground.

Subject of research: anomalies temperature of the air in the cold period of the year in Ukraine.

Research methods: synoptic-climatic analysis, space-time generalization of data, numerical experiment.

The scientific novelty of the obtained results. For the study temperature data for the last decade was used. Statistical and synoptic-climatic characteristics of temperature anomalies have been obtained.

Practical significance of the obtained results. The recurrence of temperature anomalies in the cold half of the year and the types of processes that cause them are an indicator of regional climate change and can be used to diagnose and predict the temperature field.

Master's qualification work in volume 58 pages consists of 4 sections, conclusions, list of references from 20 sources, one annexes, contains 32 figures in the main text.

Keywords: cold period, temperature anomaly, temperature deviation, circulation process, blocking anticyclogenesis.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Сучасні кліматичні зміни на території Європи.....	8
2 Характеристика температурного режиму холодного періоду на території України.....	12
2.1 Загальні відомості.....	12
2.2 Циркуляційні умови формування значних похолодань.....	15
3 Процеси блокування в атмосфері.....	17
4 Дослідження температурних аномалій холодних періодів на території України у 2009-2018 рр.....	22
4.1 Статистичні показники.....	22
4.2 Особливості атмосферної циркуляції при формуванні екстремальних температур.....	37
4.3 Блокуючий антициклонігенез у січні 2010 р.....	51
Висновки.....	54
Перелік посилань.....	56
Додаток А. Довідка.....	58

ВСТУП

Дана магістерська робота присвячена вивченню аномалій температури повітря у холодний період року над Україною.

Неперіодичні зміни температури повітря, або її перепади є істотною рисою кліматичного режиму території. Найбільш зручною формою представлення неперіодичних змін температури повітря є хвилі тепла або холоду.

В умовах глобальної зміни клімату дослідження екстремальної температури повітря, хвиль тепла і холоду, є особливо актуальним питанням, що визначає вплив на навколишнє середовище, соціально-економічний розвиток країни. У свою чергу, характер зміни екстремальних режимів погоди у холодний період року відображає сучасну зміну циркуляційних процесів та їх аномалій.

Сучасні кліматичні зміни супроводжуються збільшенням повторюваності (частоти) інтенсивності хвиль як тепла, так і холоду, тобто періодів (у межах сезону) з екстремально високою або низькою температурою. На території України в останні десятиліття виділяється деяка тенденція до збільшення повторюваності теплих зим, проте на фоні зростання температури у зимові місяці (особливо у грудні) часом відмічаються періоди зі значними зниженнями температури, що завдають великі збитки галузям народного господарства країни.

Значні коливання температури повітря взимку на європейській території – явище досить часте. Регіональні зміни тривалості хвиль тепла і холоду посилюються протягом ХХІ століття й охоплюють майже всю територію європейського сектору. При цьому тривалість зимових хвиль холоду скорочується набагато швидше, ніж росте тривалість хвиль тепла влітку. Найбільші зниження температури у зимовий період як правило формуються при, так званих, «східних процесах», проте над територією Європи в сучасну кліматичну епоху спостерігається набагато менше відрогів сибірського антициклону, ніж у попередні десятиліття. Це викликано посиленням зональних процесів над Сибіром, що привело до зменшення величин від'ємних аномалій приземної температури. І, навпаки, наприкінці ХХ ст. і на початку ХХІ ст. відзначається стійке підвищення максимальної температури в зимові місяці.

Мета дослідження – визначення особливостей формування аномалій температури повітря у холодний період року.

В даній роботі застосовано наступні методи дослідження: синоптико-кліматичний аналіз, просторово-часове узагальнення даних, чисельний експеримент.

Магістерська робота складається з 4 розділів. У розділах 1-3 розміщені теоретичні відомості про сучасні зміни клімату в цілому і температурних показників, зокрема; наведені результати сучасних наукових досліджень у цьому напрямку. Охарактеризовані блокуючі процеси і умови формування значних похолодань над Європою.

Четвертий розділ присвячений практичній частині дослідження. Досліджуються середньомісячні аномалії температури повітря по території України, детальному аналізу підлягали 4 станції у різних регіонах країни: Одеса, Харків, Київ, Львів. Визначені особливості циркуляційних умов, що сприяли формуванню тривалих аномалій. Наведені приклади блокуючих процесів, які зумовлюють найбільші від'ємні аномалії температури повітря взимку.

Напрямок дослідження належить до бюджетної кафедральної тематики «Динаміка зональних екстремальних погодних явищ та їх чисельне моделювання в змінних кліматичних умовах в Україні» №0116u002403 (додаток А).

1 СУЧАСНІ КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ НА ТЕРИТОРІЇ ЄВРОПИ

Сучасне поняття клімату - це характерний для певної території багаторічний режим погоди, зумовлений сонячною радіацією, її перетворенням у діяльному шарі земної поверхні та пов'язаною з нею циркуляцією атмосфери й океанів. Це поняття ґрунтується на генетичних принципах і стосується клімату певних регіонів (регіональний клімат). Зміна глобального клімату є сукупність його змін у різних регіонах, часових і просторових масштабах [11].

Глобальне потепління супроводжується зміною загальної циркуляції атмосфери, що приводить до перерозподілу тепла і вологи на Землі і до зміни просторово-часових особливостей регіонального клімату. Тенденція підвищення глобальної температури співпала з тенденцією підвищення кількості промислових викидів вуглекислого газу в атмосферу, що підсилює сумарний парниковий ефект від усіх парникових газів (ПГ) атмосфери (водяна пара, CO₂ природного походження, метан та ін.). Визнаючи наявність антропогенної складової в сучасних змінах клімату, не можна відкидати наявність природних коливань клімату [17].

Зміни клімату в окремих районах земної кулі, в тому числі в Україні, прийнято характеризувати з допомогою річної температури повітря. Температура є інтегральною характеристикою всіх процесів. Динаміка температури від десятиріччя до десятиріччя за природними зонами України надає можливість прослідкувати наслідки змін клімату з урахуванням природних особливостей території: потепління йде у меридіональному напрямку, тому у західній частині воно проявляється менше. Усі річні аномалії в ХХІ ст. були додатними. В цілому, щорічна зима і за окремими місяцями має додатну аномалію [7].

Наприкінці ХХ ст. і на початку ХХІ ст. відзначається підвищення як максимальної, так і мінімальної температури повітря, найбільше воно в зимові місяці. Мінімальна температура повітря підвищилася більше, ніж максимальна і середня. Такий характер зміни екстремальної температури повітря відображає сучасна зміна циркуляційних процесів [1].

В останні 50 років ХХ ст. середня швидкість росту температури склала близько 0,12°C за десятиліття, тоді як у період 1998-2013 рр. вона зменшилася більш ніж у 2,5 рази. Узимку швидкість росту температури у Північній півкулі навіть стала від'ємною (позначилася тенденція до

похолодання). Льодовитість Північного Льодовитого океану зменшилася за останні два десятиліття, і температура арктичних широт (60-90°півн.ш.) уперше стала вище температури початку 1940-х років, коли відзначався максимум у потепленні Арктики. Але льодовитість на сході Північного Льодовитого океану не змінювалася так сильно, а в окремі роки льодовитість Арктики навіть різко зростала, наприклад у 2013 р. на 40 %.

Виявлено шістнадцятирічну паузу в потеплінні клімату (1998-2013 р.) [8], а також зменшення величини зимового потепління і ріст літнього потепління. Ці особливості в зміні глобального клімату вступають у протиріччя з теорією парникового ефекту: у цей період спостерігалось найбільш інтенсивне збільшення вмісту парникових газів в атмосфері.

Ряд особливостей у зміні глобальної температури можна пов'язати з Тихоокеанським багаторічним коливанням. «Холодні» і «теплі» фази узгодяться з від'ємними і додатними градієнтами середньорічної глобальної температури. Епохи частого повторення явища Ель-Ніньо збігаються з потеплінням глобального клімату, а епохи частого повторення явища Ла-Нінья - з його похолоданням.

Таким чином, за останній 50-літній період, коли спостерігався експонентний ріст парникових газів і їх вміст в атмосфері збільшився (більш 70%), відзначався стрибкоподібний ріст і паузи у зміні глобальної температури. Аналіз нормованих на середнє квадратичне відхилення температур показав, що підвищення температури в тепле півріччя порівняне з ростом температури в холодний час року, що також складно пояснити в рамках теорії парникового потепління клімату. Зміна аерозольного забруднення атмосфери узгодиться зі зміною різниці нормованих на середнє квадратичне відхилення температур теплих і холодних місяців у Північній півкулі. В епоху слабкої мутності атмосфери в 20-40 рр. минулого сторіччя потепління Арктики спостерігалось в основному в теплий час року.

Практично не знижується наукова невизначеність оцінок впливу на клімат природних факторів. Відзначається також неповний облік ролі внутрішніх факторів (загальна циркуляція атмосфери й океану, автоколивання, прямі і зворотні зв'язки) у зміні клімату. Вказані зовнішні і внутрішні факторів можуть виступати у якості «модуляторів» пауз і «стрибків» у зміні клімату. У рамках парникової теорії клімату можна задовільно описати лише позитивну трендову складову в зміні сучасного клімату [9].

Однією із суперечностей в теорії зміни регіонального клімату України під впливом антропогенного фактора є те, що немає зв'язку потепління клімату в Україні безпосередньо з викидами парникових газів на території держави. Зміна клімату в Україні має зв'язок з циркуляцією, яка діє в атлантико-європейському секторі. Додатні і від'ємні відхилення температури від норми обумовлені синоптичними процесами, характерними для атлантико-європейського типу циркуляції. Встановлено підвищення температури повітря для рівнинної території України: в Зоні мішаних лісів та Зоні широколистяних лісів, Лісостепу 0,8–1,0°C; в Степовій зоні на 0,5°C. В кожне десятиліття температура підвищувалось на 0,1°C. В останнє десятиріччя XXI ст. по більшості станцій тренд зріс на 0,3°C. Потепління в Україні фіксується майже всіма станціями [11].

На території України процес потепління досить активний. Регулярне спостереження за температурою повітря в Україні з 1901 р., дає можливість зробити статистично обґрунтованою характеристику схожості вікового ходу річної глобальної і регіональної температур повітря. Добре простежується характеристика сучасної зміни клімату за даними декількох часових періодів зміни глобальної і регіональної (Україна) температури повітря у XX-XXI ст. З 1991 р. спостерігалася активізація глобального і регіонального потепління. В останні десять років XXI ст. простежується стрімкий ріст температури у порівнянні з усім попереднім часом спостережень.

Суперечливим при сучасному глобальному потеплінні є повторюваність суворих зим, оскільки їх виникнення важко інтерпретувати, виходячи з парникової природи минулого, відомого, як потепління Арктики, та теперішнього потепління клімату. Всупереч рекордному середньому потеплінні протягом десятиліть, хвилі холоду все ж мають певну частоту. В Україні, не зважаючи на стрімкий процес потепління в зимовий сезон нерідко створюються умови для формування низької температури повітря ($\leq -10^\circ\text{C}$). Таке зниження температури для умов території України вважається особливо небезпечним явищем для сільського господарства. Ранжирування зим, яке базується тільки на середній температурі зимі не є вичерпним показником суворості зими. За дослідженнями В.Ф. Логінова [8-9] переважна кількість холодних зим збіглася з низькими значеннями індексу ПАК в грудні-березні. Низькі значення індексу ПАК відповідають за слабке переміщення теплого і вологого повітря з Північної Атлантики на територію України зимою, а отже сприяють формуванню холодних зим. Слід зазначити, що не завжди мінімальне значення індексу ПАК забезпечує відповідні умови для

формування холодних зим в Україні. При ослабленні ПАК у високих широтах Північної півкулі спостерігалось підвищення тиску. Холодні сухі масиви з Арктики проникають на континенти і викликають суворі зими. Більша кількість теплих зим припала на період поточного потепління клімату в Україні (16 із 20 випадків). Потепління в холодні періоди в Україні можна пояснити сучасним екологічним впливом сумарної дії парникових газів як глобального парникового ефекту, так і парниковим ефектом виключно власними викидами ПГ на досить значних промислових територіях. Наведені результати свідчать про не випадковий розподіл зим в епоху поточного потепління клімату. При випадковому (нормальному) розподілі зим на епоху поточного потепління клімату повинно припадати не більше 4 теплих зим, а в реальності їх спостерігалось набагато більше. Як і у випадку холодних зим, основним предиктором теплих зим є інтенсивність ПАК [11].

За останні роки у зв'язку зі значними флуктуаціями клімату частота екстремального стану погоди збільшилася. В окремих випадках стихійні метеорологічні явища мають катастрофічний характер та завдають значних збитків економіці та населенню. Для кожного місяця, сезону, періоду і року характерний тип стихійного явища або їх комплекс, зумовлений аномальними циркуляційними процесами в атмосфері та метеорологічними умовами. Підтверджується наявність динаміки СМЯ (стихійних метеорологічних явищ) як загальної закономірності, зумовленої особливостями зміни клімату. Різні явища мають різноманітну спрямованість, проте домінантною в останні 25 років є позитивна тенденція на фоні глобального потепління, за якого їх кількість в середньому збільшується майже на 4 випадки за рік. Таке збільшення СМЯ зумовлено глобальними змінами великомасштабної циркуляції атмосфери, яка активно проявляється над територією України. Зміна циркуляції атмосфери над територією України і прилеглих регіонів спричинена деяким зміщенням баричних центрів на схід [14].

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ХОЛОДНОГО ПЕРІОДУ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

2.1 Загальні відомості

Екстремальна температура повітря є важливою характеристикою температурного режиму і більш мінливою в часі і просторі, ніж середня. Усебічне дослідження екстремальної температури повітря, як складового температурного режиму, в умовах глобальної зміни клімату є особливо актуальним, тому що її коливання приводять до зміни погодних умов, що мають як сприятливе, так і несприятливий вплив на стан людини, навколишнє середовище, соціально-економічний розвиток країни.

Колівання максимальної і мінімальної температури повітря відбуваються в ті самі періоди в зв'язку з тим, що синоптичні процеси впливають на формування цієї температури. Особливо чітко це виявляється в максимальній температурі повітря. Колівання мінімальної температури мають більш згладжений вид [14].

Важливим показником мінливості середньої місячної температури повітря в окремі роки є абсолютне відхилення температури даного місяця від норми. Найбільші (від'ємні і додатні) відхилення від норми відмічаються у зимові місяці. Вони пов'язані з потужною адвекцією холодних або теплих повітряних мас, що охоплюють всю територію або значну її частину. Осередки найбільшого зниження або підвищення температури зазвичай розміщуються у різних районах країни [6].

На формування і розподіл температури повітря насамперед впливає географічне положення місця (широта і довгота). У холодний період (листопад-березень) найнижча температура повітря спостерігається не на крайньому сході, а в районі Донецької височини, що пов'язано з рельєфом. Деяке підвищення температури повітря на довготі 33° пояснюється впливом моря. Зниження температури у межах 35-36° за довготою пов'язано також з Приазовською височиною. Межі зміни за довготою значно менші, ніж за широтою. У зимові та літні місяці вони однакові (3,5°C). У річному ході як за широтою, так і за довготою найхолоднішим є січень.

У січні один раз за чотири роки (25%-на ймовірність) на крайньому півдні України температура повітря завжди вища 0°C, а на півночі

знижується до -5°C . Майже щорічно (95%-на ймовірність) температура повітря відповідно дорівнює $-7\dots-6^{\circ}\text{C}$. Один раз за 10 років (10%-на ймовірність) температура повітря вища 0°C .

Середня місячна температура повітря відображає лише загальні закономірності температурного режиму і тому для вирішення деяких завдань є недостатньо інформативною. Більш інформативною вважається декадна температура повітря. Найхолодніша декада року у середньому — друга-третья декада січня, в окремих районах - перша декада лютого.

Найнижчі значення середнього мінімуму відмічаються у січні (від -11 до -5°C), у Криму - в лютому. Відповідно до загального ходу температури повітря найнижчі значення абсолютного мінімуму за рік у більшості випадків спостерігаються у січні-лютому, в окремі роки можуть відмічатися у грудні, інколи у березні або в листопаді. Абсолютний мінімум температури повітря у січні коливається у межах $-42\dots-26^{\circ}\text{C}$ [6].

За сучасними дослідженнями аналіз зв'язків всередині ряду температур зимових місяців показує, що в більшості випадків, коли спостерігалися холодні зими, за холодним січнем слідував холодний лютий (в 11 із 17 випадків). Таких перевірених тісних зв'язків всередині ряду грудня і січня немає. В цілому суворість зими більшою мірою визначається температурою центрального місяця зими - січня. Саме для цього місяця властиві характерні синоптичні процеси для зимового сезону. Для аномально холодних зим середні значення січня і лютого майже однакові, навіть лютий більш аномальний. В середньому січень під час холодних зим нижче свого середньомісячного значення на $3,18^{\circ}\text{C}$, лютий - на $4,19^{\circ}\text{C}$, грудень - на $2,05^{\circ}\text{C}$ у порівнянні з середніми значеннями температури. Найбільш суворою може вважатися зима, коли температури всіх трьох місяців були нижче норми і хоча б в двох зимових місяцях від'ємні відхилення температури від норми $1,5$ середньоквадратичних стандартних відхилень σ . Середньоквадратичне відхилення температури грудня, січня і лютого дорівнює відповідно $2,56$, $2,80$ і $1,97$. До суворих зим можна з досить достатньою підставою віднести і зими, коли хоча б один із місяців був екстремальним холодним (аномалія температури 2σ).

Окремий інтерес представляють дані про повторюваність низької температури повітря -20 , -25 , -30°C і нижче. Така температура, хоч і утримується недовго, проте часто завдає значливої шкоди сільському господарству. Відмічається вона переважно у січні-лютому. Число днів з температурою $\leq -20^{\circ}\text{C}$ у середньому за зимовий сезон становить $5-9$, у

південних районах зменшується до 1-3. Число днів з температурою повітря $\leq -30^{\circ}\text{C}$ навіть у найморозонебезпечніших районах не перевищує 1 дня. Температура повітря $\leq -30^{\circ}\text{C}$ відмічається не щорічно [10].

За повторюваністю періодів з низькими температурами повітря територія України поділена на райони:

1. I район - найхолодніша частина країни - східні, північно-східні області (Луганська, Харківська, Сумська, Чернігівська) і гірські райони Українських Карпат. Число днів з низькою температурою повітря понад 40, їх сумарна тривалість перевищує 550 год.
2. II район: Волинська, Рівненська, Житомирська, Київська, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька, Черкаська; рівнинні регіони Львівської, Івано-Франківської, Закарпатської, Чернівецької областей і Полтавська, Кіровоградська, Дніпропетровська, Донецька області, де число днів з низькою температурою 30-40, а тривалість 450-550 год.
3. III район - південні області (Одеська, Миколаївська, Херсонська, Запорізька) та АР Крим. Число днів з низькою температурою повітря становить 20-30, тривалість 300-450 год.

Як і у випадку аналізу холодних зим, до теплих відносять зими, температура яких на $1,94^{\circ}\text{C}$ вище температури нормальної зими (зима з середньою температурою мінус $3,44^{\circ}\text{C}$), число теплих зим 20. Слід зазначити, що в силу додатної (позитивної) асиметрії, теплих зим більше, ніж холодних. Для теплих зим характерна менша мінливість від місяця до місяця, після аномально теплого грудня слідує більш холодні січень та лютий. Зміна температури в зимовий період розвивається за «теплим» сценарієм, немає на території України жодного випадку із 20 за всі три місяці, коли б температура була нижче норми [11].

Характерною особливістю зимового сезону в Україні є часті відлиги. Днем з відлигою вважається день, коли на фоні сталої від'ємної температури повітря спостерігається максимальна температура повітря вище 0°C .

Відлиги поділяють на адвективні, радіаційні та радіаційно-адвективні. В Україні найчастіше (80%) бувають відлиги адвективного походження. Вони зумовлені процесами, що характеризуються наявністю стійких деформаційних баричних полів з меридіональне орієнтованою глибокою улоговиною над східною Європою або широтними потоками повітря з Атлантики. Інтенсивні адвективні відлиги спостерігаються під час переміщення південно-західних і південних циклонів із Середземного та

Чорного морів, поглиблення яких зазвичай відбувається безпосередньо над Україною і супроводжується різкою зміною погоди. Часто відлиги настають також при русі циклонів із заходу до північних або центральних районів східної Європи. Улоговини цих циклонів, поширені далеко на південь, переміщуються через територію країни. Радіаційна відлига спостерігається у денні години за ясної погоди або хмарності верхнього ярусу та значної добової амплітуди температури повітря, яка відмічається рідше і має менший вплив на температурний режим зими. Якщо після утворення адвективної відлиги настає погода з проясненням, таку відлигу відносять до змішаної.

Відлиги зумовлені нестійкістю погоди зимового сезону. Найчастіше вони повторюються у грудні. У січні на значній частині території спостерігається найменше число днів з відлигою, у лютому повторюваність їх знову збільшується [6].

2.2 Циркуляційні умови формування значних похолодань

Найбільш зручною формою представлення неперіодичних змін температури повітря є хвилі тепла або холоду. Оскільки характеристикою неперіодичних коливань температури найчастіше виступає її міждобова мінливість, то хвилею тепла (холоду) вважається підвищення (зниження) середньої добової температури повітря на $\geq 3^{\circ}\text{C}$, що продовжувалося не менше двох діб. У зимові місяці тривалість хвиль слабо розрізняється між собою. І теплі, і холодні хвилі тривають у середньому 4-5 днів [13].

Науковці, які займалися подібними дослідженнями, висували різні критерії, що відрізнялися величиною перепаду середньодобової температури від дня до дня або по відношенню до норми.

За даними [12], різкими перепадами середньодобової температури повітря у бік підвищення або зниження вважаються зміни приземної середньої добової температури повітря на $6-10^{\circ}\text{C}$ на більше 80% території України. Короточасні зміни температури визначаються тривалістю у межах 2-4-х діб, тривалі зміни - у межах тижня і більше. При цьому не враховується характер фону аномалії середньодобової температури повітря, тобто різкі потепління або похолодання можуть здійснюватися, як на фоні від'ємних, так і додатних аномалій температури повітря. Як правило, сисотно фронтальна

зона (ВФЗ) при різких перепадах температури повітря біля поверхні землі має чітко виражений меридіональний характер.

Для території Європи хвилі холоду зароджуються на крайньому північному заході або, рідше, на півночі; вони являють поступальний хвильовий рух на південний схід, при цьому північно-західні вітри значно сприяють їхньому поширенню. Хвилі холоду мають швидкість, яка значно перевищує швидкість вітру, що спостерігається біля поверхні землі; вони зміщуються від крайнього північного заходу до крайнього південного сходу через європейську територію Росії (ЄТР) всього за 2-5 діб, із середньою швидкістю біля 700 км за добу. Перед хвилею холоду, а також після її проходження нерідко можна спостерігати подібне за характером, хоча менш різко виражене, підвищення температури, що також має поступальний хвилеподібний рух.

Настання суворих зим з великими від'ємними аномаліями температури повітря і тривалим їхнім збереженням пов'язане з розвитком антициклогенезу над центральними районами ЄТР. Низька температура повітря зумовлена вторгненням континентального арктичного повітря, яке поширюється в антициклонах з північного сходу, півночі або з північного заходу у тилу пірнаючих циклонів. Встановлюється холодна антициклональна погода, за якої арктичне повітря зазнає додаткового радіаційного вихолодження, що призводить до значного зниження температури повітря (-35...-30°C). Сильне вихолодження повітря відбувається і під час поширення зі сходу відрогу сибірського максимуму, який посилюється антициклонами з північного заходу або північного сходу. Цей процес на Лівобережній частині зумовлює різке похолодання, яке супроводжується сильним вітром, низовими хуртовинами. Якщо відріг орієнтовано з північного сходу (ультраполярна траєкторія), холодне повітря може розповсюдитися на всю країну. Зниження температури повітря відбувається і у тих випадках, коли над південним сходом Східної Європи і Західним Сибіром формується висока багатоцентрова депресія, у тилу якої відбувається значна адвекція холоду у західні і південні райони [10].

На значення мінімальної температури повітря впливають також місцеві умови. У долинах, улоговинах та інших від'ємних формах рельєфу, де застоюється більш щільне холодне повітря, мінімальна температура повітря нижча, ніж на вершинах або на схилах на тій же висоті. Водні об'єкти (моря, водосховища, великі озера) також впливають на мінімальну температуру повітря [6].

3 ПРОЦЕСИ БЛОКУВАННЯ В АТМОСФЕРІ

Коливання в річному ході температури показують наявність у році таких календарних періодів, коли в даний район вторгаються повітряні маси переважно одного визначеного типу.

Одним з механізмів, який у значній мірі визначає існування триваючих до кількох тижнів хвиль холоду в атмосфері, є блокування панівного у помірних широтах зонального західного повітряного переносу. Блокування супроводжується глибоким меридіональним перетворенням термобаричного поля, що призводить до міжширотного перерозподілу повітряних мас і тепла в тропосфері. Оскільки процеси блокування стійкі за часом і мають визначену географічну локалізацію, вони істотно впливають на формування середнього режиму атмосферної циркуляції. Порушуючи західний перенос і перешкоджаючи зональному переміщенню циклонів, блокуючі системи зумовлюють різкі аномалії метеорологічних величин на великих територіях. На захід від блокуючих антициклонів переважає винос більш теплих повітряних мас з південних регіонів, а в східній частині такого антициклону домінує винос холодного повітря з більш північних широт. Довжина виникаючої при блокуванні хвилі на фоні збуреного зонального потоку - кілька тисяч кілометрів [16].

Причини розвитку блокуючих ситуацій до кінця не визначені. Зроблені спроби теоретичного пояснення поведінки зонального руху, його руйнування і формування блокування. Їх можна об'єднати в наступні групи:

- а) теорія нестійкості атмосферних процесів;
- б) теорія впливу аномалій температури поверхні океанів;
- в) теорія хвильових процесів у середовищах з дисперсією.

Дослідження таких великомасштабних стійких процесів в атмосфері, як блокування, є однією з основних причин великих аномалій погоди в масштабах від тижня до сезону. В усі сезони року північніше 40° півн.ш. виділяються дві великі області найбільш високої активності блоків. Перша область розташована в секторі схід Атлантики-Європа-Сибір, друга область - у секторі схід Тихого океану-захід Північної Америки. Причому в першій з них, за даними більшості авторів, виділяються два центри: один на сході Атлантики, другий - в районі меридіана Уральського хребта. За активністю блокуючого антициклогенезу над різними районами Північної півкулі можна виділити наступні сезонні особливості: взимку найбільш активна діяльність

блоків спостерігається в першій області. Причому найбільш тривалі й інтенсивні блокуючі антициклони узимку відзначаються над Атлантикою [3].

Основною ознакою блокуючого баричного утворення є його тривале стаціонування в одному регіоні при мінімальній зміні свого положення впродовж всього періоду свого існування. Блокуючим вважають антициклон, тривалість існування якого становить не менше 120 годин, а амплітуда довготного зміщення – не більше 25° довготи. Критерій тривалості рівний повним п'яти добам, що відповідає середній тривалості природного синоптичного періоду; просторовий критерій враховує флуктуації міждобового зміщення будь-якого малорухомого баричного утворення на рівні 5° довготи за добу [15].

Можна сформулювати загальні ознаки блокування (умови, яким повинна задовольняти синоптична ситуація, щоб вважати її блокуючою):

- існування малорухомого високого теплового антициклона;
- розвиток меридіонального типу циркуляції, що характеризується однією з трьох форм: розщепленим західним потоком (диполем у баричному полі - на півночі ($< \sim 60^\circ$ півн. ш.) антициклон, на півдні ($\sim 40^\circ$ с. ш.) - циклон), омегаподібним або меридіональним гребенем;
- просторова довжина блокуючої системи $35-45^\circ$ довготи;
- розташування антициклона або гребеня - до півночі від 30° півн.ш.;
- збереження такої ситуації протягом визначеного інтервалу часу.

Синоптичні методи, засновані на обліку комплексу ознак, дозволяють найбільш повно оцінити синоптичну ситуацію з погляду належності її до блоку. Разом з тим, висновки, отримані при використанні цих методів, суттєво залежать від інтересів дослідника, що призводить до значного суб'єктивізму результатів. Цього недоліку позбавлені об'єктивні методи. Об'єктивний спосіб виявлення блоку заснований на використанні об'єктивних показників, що показують, як правило, лише одну з особливостей кінематичної структури баричного поля блокуючого процесу, стійку в часі. В основу одного з об'єктивних методів покладена умова існування стаціонарного антициклона, яку можна представити у вигляді стійкої в часі додатної аномалії тиску або геопотенціалу. Цей метод називають методом стійкої великої аномалії [4].

Існують два індекси, що відображають дипольну структуру термобаричного поля, характерну для однієї з форм блокування [16]. Перший індекс запропонований Лейенасом і Окладом у 1983р. Для ідентифікації блокування використовують індекс $I(\lambda)$ різниці геопотенціалу H_{500} між 40° і

60° півн.ш. у північній півкулі і між 35 і 50° півд.ш. – у південній півкулі на довготі λ :

$$\begin{aligned} I(\lambda) &= H_{40^\circ \text{ півн.ш.}}(\lambda) - H_{60^\circ \text{ півн.ш.}}(\lambda) \\ I(\lambda) &= H_{35^\circ \text{ півд.ш.}}(\lambda) - H_{50^\circ \text{ півд.ш.}}(\lambda), \end{aligned} \quad (3.1)$$

де H – значення H_{500} , отримане у результаті розкладу в ряд Фур'є за широтними колами для кожних 10° довготи.

Такий індекс блокування носить назву індексу зональної циркуляції. До блоків відносять випадки, коли одночасно задовольняються умови:

$$\begin{aligned} I(\lambda) &< 0; \\ I(\lambda-10) + I(\lambda) + I(\lambda+10) &< 10. \end{aligned} \quad (3.2)$$

Надалі розраховують цей індекс для кожного вузла сітки за формулою:

$$I(\lambda, \varphi) = H(\lambda, \varphi - 15) - H(\lambda, \varphi), \quad (3.3)$$

де φ – широта;

λ – довгота;

H – значення H_{500} .

Одночасно введений додатковий критерій: західна складова геострофічного вітру у напрямку до полюсу від широти φ і довготи λ , повинна бути $\geq 15 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Другий індекс, що відображує характерну для блокування дипольну структуру, $-BI(\lambda)$, обчислюється за формулою:

$$BI(\lambda) = U_{27,5^\circ \text{ півд.ш.}}(\lambda) + U_{57,5^\circ \text{ півд.ш.}}(\lambda) - (U_{42,5^\circ \text{ півд.ш.}}(\lambda) + U_{47,5^\circ \text{ півд.ш.}}(\lambda)), \quad (3.4)$$

де $U(\lambda)$ – зональна складова швидкості вітру на відповідній широті для довготи λ .

Максимальні додатні значення індексу $BI(\lambda)$ відповідають блокуючій ситуації на даній довготі. Такий індекс блокування носить назву індексу зональної складової швидкості вітру.

Для визначення блокування за даними об'єктивними методиками, як правило, використовується карта АТ-500 [16].

Виділяють три процеси, які ведуть до гребеневого включення у загальний фон зональної циркуляції. Перший - це розвиток, в основному, короткочасних гребневих відрогів від центрів дії атмосфери в результаті динамічних причин у півкульній циркуляції. Другий - виникнення гребневих відрогів під енергетичним впливом процесів південної півкулі, ототожене із класом меридіональних поздовжніх хвиль. Третій - виникнення гребневих або навіть антициклонічних структур самостійного генезису в силу сформованої в ній замкненої термодинамічної системи під дією теплового впливу підстильної поверхні або псевдоадіабатичного процесу. При цьому перший і другий тип можуть згодом, при їх тривалому стаціонуванні, трансформуватися в третій тип. Однак, визначення типу гребеневого вторгнення є складним і містить у собі спільний аналіз не тільки динаміки процесу, відображеної в еволюції полів тиску, але й у дослідженні його термодинамічної перебудови, що, у свою чергу, вимагає залучення даних не тільки температурного поля, але й всіх параметрів псевдоадіабатичного процесу. Останнє вимагає спільного аналізу довгострокової еволюції вологовмісту в атмосфері з обліком короткоперіодного вологообміну у процесах випаровування й конденсації з утворенням хмарних систем.

Сучасні дослідження блокувальних процесів в атлантичному та континентальному регіонах Євроатлантичного сектора північної півкулі показують [2], що в північній Атлантиці за рік виникає близько 13 блокувальних антициклонів. Важливою характеристикою блокувальних процесів є тривалість, оскільки від тривалості процесу залежить, наскільки довго може встановлюватись аномальний тип погоди над певним регіоном. Середня тривалість блокування в цьому секторі сягає 9 днів, а максимальна - близько трьох тижнів (18 днів). На континентальній частині регіону блокувальних процесів буває вдвічі менше (6 випадків на рік). Вони мають меншу тривалість та інтенсивність, ніж в Атлантиці. Аналіз сезонних особливостей блокувальних процесів на території першого природно-синоптичного регіону показує, що особливо відчутна перевага атлантичних блоків узимку та восени.

Блокувальні процеси над Атлантикою мають більшу тривалість (як середню, так і максимальну), ніж над континентом. Установлено, що в холодний період тривалість блокування в континентальному регіоні суттєво зменшується, а в атлантичному – зростає. При цьому взимку над Атлантикою блокувальні процеси мають таку ж тривалість, як і влітку над континентом. В

євроатлантичному секторі північної півкулі спостерігаються переважно процеси помірної інтенсивності. А над Атлантикою блокування західного перенесення повітряних мас у тропосфері інтенсивніше, ніж над континентом, особливо в холодний період. Таку залежність відмічено протягом усього року, проте взимку інтенсивність блокування вдвічі більша, ніж улітку.

Блокування західного перенесення належить до меридіонального типу циркуляції атмосфери. Протягом останніх десятиріч у північній півкулі відмічено суттєві зміни атмосферної циркуляції, які полягають у збільшенні її меридіональної складової. Ці зміни й зумовили значною мірою зростання кількості та інтенсивності екстремальних явищ погоди. При цьому для блокінгів, що зумовлюють аномальні погодні умови в Україні, характерна більша повторюваність узимку, особливо в січні. Максимальна за сезон кількість небезпечних для України блокувальних процесів може сягати 4-6 випадків [2].

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ АНОМАЛІЙ ХОЛОДНИХ ПЕРІОДІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ У 2009-2018 РР

У якості вихідних даних використано оперативну синоптичну інформацію за даними програми АРМсин, бюлетені погоди, дані кліматичного кадастру України, системи Internet [4, 18-20].

4.1 Статистичні показники

Дослідженню аномалій температурного поля підлягала вся територія України, а для детального аналізу на першому етапі роботи виділені станції Одеса, Київ, Харків, Львів.

У табл. 4.1 представлені температурні показники за холодний період 2009-2018 рр. по станції Одеса, а саме – середньомісячні значення температури повітря і відхилення від кліматичної норми.

Таблиця 4.1 – Характеристики температури повітря за холодний період 2009-2018 рр., ст.33837 Одеса

Рік	Місяць									
	січень		лютий		березень		листопад		грудень	
	$T_c, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$ ($T_c - T_H$)	$T_c, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$ ($T_c - T_H$)	$T_c, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$ ($T_c - T_H$)	$T_c, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$ ($T_c - T_H$)	$T_c, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$ ($T_c - T_H$)
2009	-1,3	0,5	0,9	1,9	2,9	0,4	7,0	1,2	1,3	0,0
2010	-3,2	-1,4	-0,4	0,6	2,8	0,3	13,5	7,7	-1,5	-2,8
2011	1,3	3,0	-3,9	-3,0	1,4	-1,1	4,2	-1,6	4,5	3,2
2012	-0,6	1,1	-5,4	-4,4	4,6	2,1	7,9	2,1	0,3	-1,1
2013	0,2	1,9	2,8	3,7	3	0,5	8,9	3,1	1,6	0,2
2014	0,7	2,4	0,6	1,6	7,3	4,8	4,9	-0,9	1,7	0,3
2015	0,2	1,9	1,7	2,6	5,2	2,7	8,5	2,7	4,2	2,8
2016	-2,6	-0,8	4,4	5,3	5,8	3,3	5,0	-0,8	0,3	-1,1
2017	-3,2	-1,5	0,6	1,6	6,8	4,3	7,1	1,3	5,4	4,1
2018	1,0	2,7	-0,1	0,8	1,1	-1,4	4,3	-1,5	0,8	-0,6

Для наочності за даними усіх станцій побудовані графіки середньомісячних значень температури повітря у 10-ти досліджуваних роках для кожного місяця окремо, у якості демаркаційної лінії нанесено кліматичну норму за даними [4].

Як видно з рис 4.1 в Одесі у січні аномалії температури переважно додатні, максимальне перевищення норми спостерігалось у 2011 р. і склало $3,0^{\circ}\text{C}$, досить високі додатні аномалії також відмічалися у 2014 і 2018 рр. – відповідно $2,4^{\circ}\text{C}$ і $2,7^{\circ}\text{C}$. Від’ємна аномалія спостерігалася у трьох з десяти досліджуваних років, а саме – 2010, 2016, 2017 рр.; найбільша середньомісячна від’ємна аномалія припала на січень 2013 р. ($-1,9^{\circ}\text{C}$).

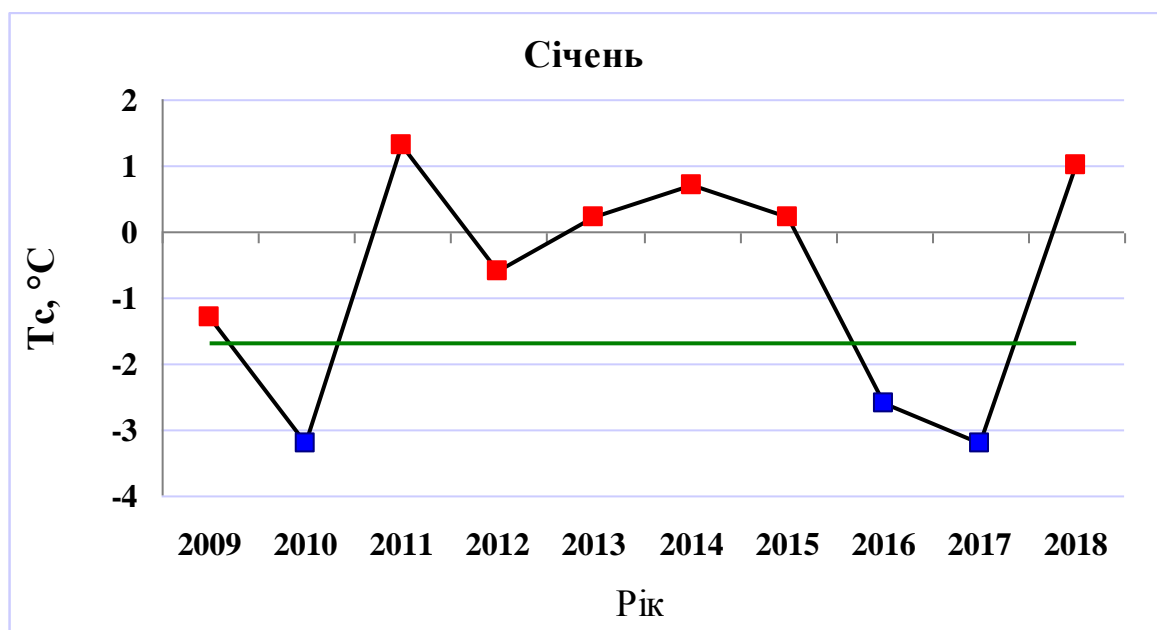


Рис. 4.1. Середньомісячна температури повітря за січень і її відхилення від норми, ст.33837 Одеса

У лютому зберігається тенденція до переважання додатних аномалій температури повітря, лише в двох роках спостерігалось від’ємне відхилення від норми середньомісячної температури, при цьому показники були значні, так, у 2012 р. це $-4,4^{\circ}\text{C}$, а у 2011 р. $-3,0^{\circ}\text{C}$ (рис 4.2). Ще більшою була додатна аномалія, з максимумом 2016 р., що склала $5,3^{\circ}\text{C}$ вище норми.

На рис 4.3 проілюстровано розподіл температурних показників березня. Аналогічно лютому перевищення норми у температурному фоні домінує у 8 роках з 10-ти. У 2009-2010, 2013 рр. це слабкі додатні аномалії

(0,3-0,5°C), а екстремум належить 2014 року в 4,8°C, також значне додатне відхилення у 2017 р. (4,3°C).

Від'ємні відхилення температури невеликі: -1,4°C і -1,1°C відповідно 2011-го і 2018-го року.

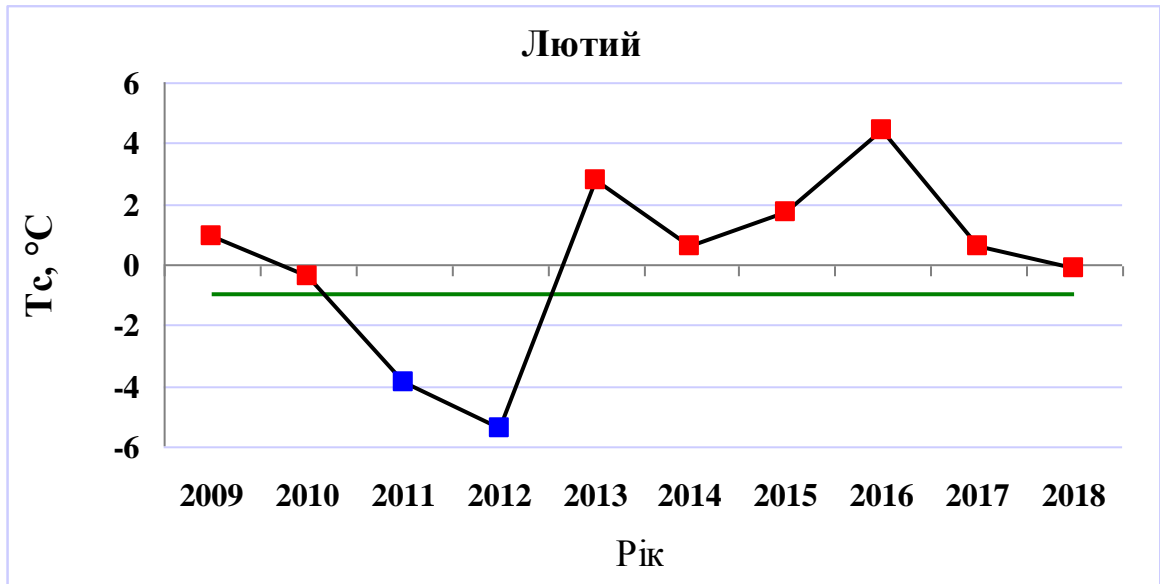


Рис. 4.2. Середньомісячна температури повітря за лютий і її відхилення від норми, ст.33837 Одеса

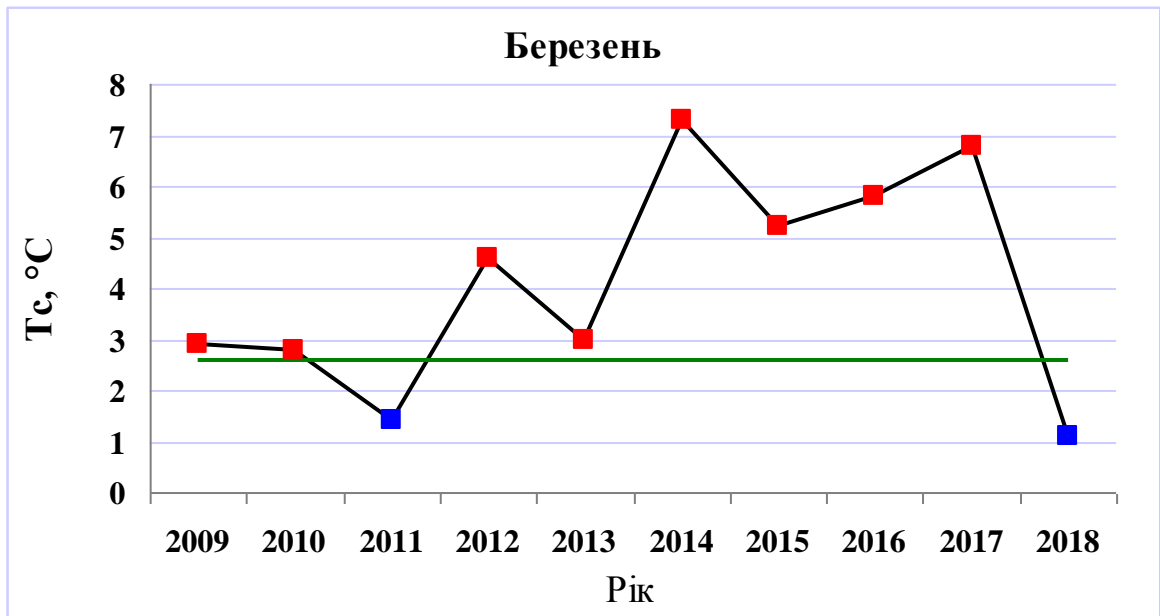


Рис. 4.3. Середньомісячна температури повітря за березень і її відхилення від норми, ст.33837 Одеса

Температурі відхилення у листопаді носили змінний коливальний характер, практично рік через рік знак аномалії змінювався. Загалом середньомісячна температура була вище норми зі значним перевищенням 2010 р. в 7,7°C. Від'ємні відхилення відмічалися у 2011, 2014, 2016, 2018 рр. і були незначними в межах -1,6...-0,8 °C (рис.4.4).

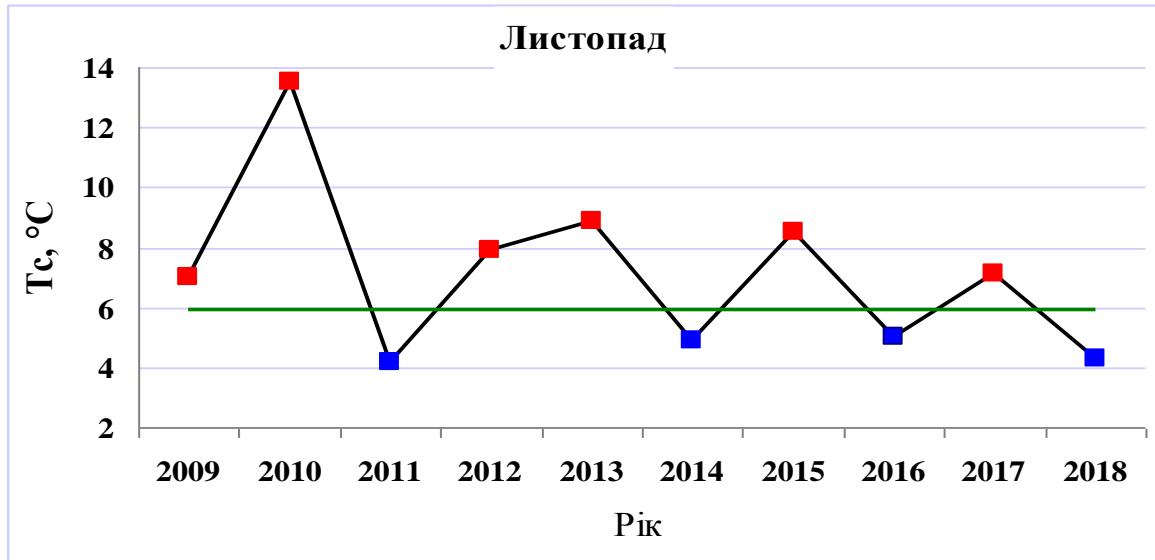


Рис. 4.4. Середньомісячна температури повітря за листопад і її відхилення від норми, ст.33837 Одеса

На рис 4.5 показано хід середньомісячної температури грудня в Одесі.

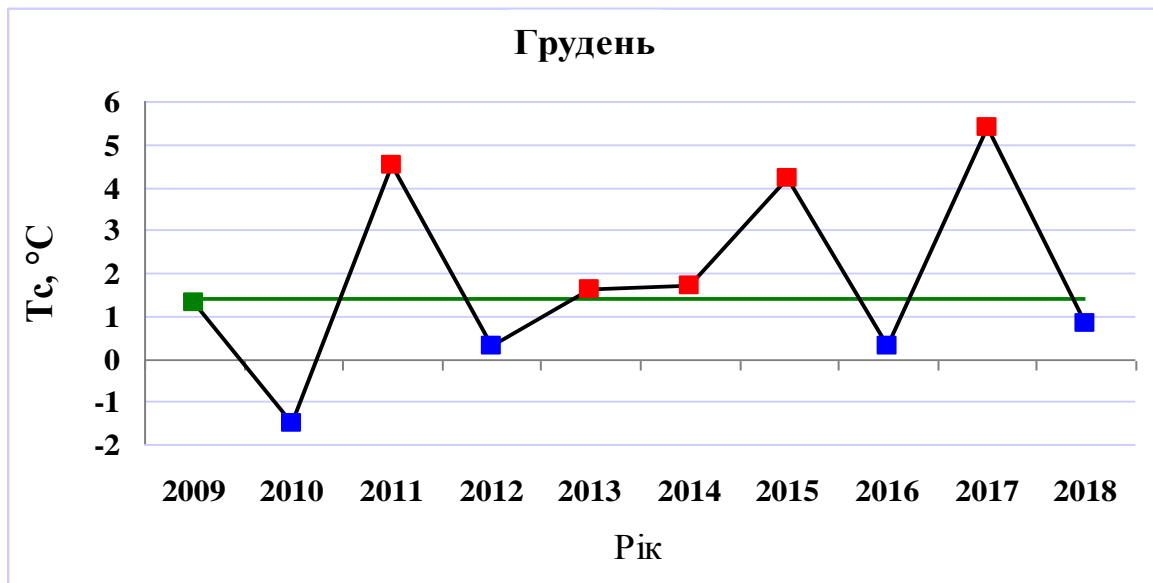


Рис. 4.5. Середньомісячна температури повітря за грудень і її відхилення від норми, ст.33837 Одеса

Так, у 2009 р. температура повітря за місяць відповідала нормі, у 2013 і 2014 рр. – близька до норми. На парних роках: 2010, 2012, 2016 та 2018 рр. відхилення температури були від’ємні, але невеликі, з мінімумом $-2,8^{\circ}\text{C}$ у 2010 р. В 2011, 2015, 2017 рр. спостерігалось суттєва додатна аномалія температури, з максимумом 2017-го року в $4,1^{\circ}\text{C}$.

Надалі проаналізуємо температурні аномалії у Харкові – табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Характеристики температури повітря за холодний період 2009-2018 рр., ст.33340 Харків

Рік	Місяць									
	січень		лютий		березень		листопад		Грудень	
	$T_c,$ $^{\circ}\text{C}$	$\Delta T,$ $^{\circ}\text{C}$ (T_c-T_H)	$T_c,$ $^{\circ}\text{C}$	$\Delta T,$ $^{\circ}\text{C}$ (T_c-T_H)	$T_c,$ $^{\circ}\text{C}$	$\Delta T,$ $^{\circ}\text{C}$ (T_c-T_H)	$T_c,$ $^{\circ}\text{C}$	$\Delta T,$ $^{\circ}\text{C}$ (T_c-T_H)	$T_c,$ $^{\circ}\text{C}$	$\Delta T,$ $^{\circ}\text{C}$ (T_c-T_H)
2009	-6,1	0,9	-2,4	3,3	-0,3	0,1	4,0	2,7	-4,0	-0,7
2010	-10,3	-3,3	-4,2	1,5	-1,3	-0,8	9,2	7,9	-3,2	0,1
2011	-8,6	-1,6	-10,7	-5,0	0,7	1,1	0,4	-0,9	1,3	4,7
2012	-4,3	2,7	-10,2	-4,5	-0,6	-0,2	3,7	2,4	-5,2	-1,9
2013	-3,4	3,7	-1,1	4,6	-1,0	-0,6	5,2	3,9	-1,8	1,5
2014	-6,4	0,6	-1,8	3,9	5,1	5,5	0,6	-0,7	-2,3	1,0
2015	-3,1	3,9	-1,7	4,0	3,4	3,8	4,0	2,7	1,0	4,3
2016	-7,4	-0,3	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	-2,9	0,4

Січнева середньомісячна температура 2016 р. була близька до норми, загалом відмічалися додатні аномалії за виключенням 2010-2011 і 2016 рр., найбільший недобір тепла спостерігався у січні 2010 р. ($-3,3^{\circ}\text{C}$). Додатні аномалії коливались у межах $0,6\dots 3,9^{\circ}\text{C}$ – рис.4.6.

На рис 4.7 зображено хід середньомісячної температури повітря у лютому. Переважає підвищений температурний фон зі значними показниками відхилення від норми, максимум у $6,9^{\circ}\text{C}$ припадає на 2016 р., значне додатне відхилення також у 2013 і 2014 рр., відповідно $4,6^{\circ}\text{C}$ і $3,9^{\circ}\text{C}$. Зниження середньомісячних показників температури повітря в лютому у порівнянні з нормою відмічалось лише в 2011-2012 рр., але становило значні відхилення в $-5,0$ і $-4,5^{\circ}\text{C}$ відповідно.

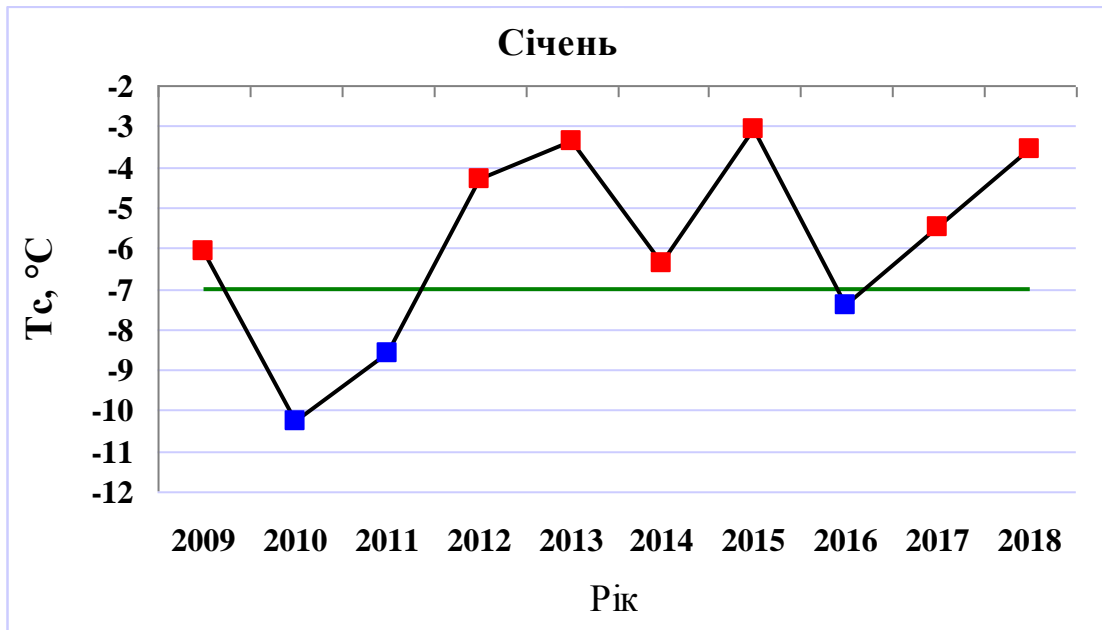


Рис. 4.6. Середньомісячна температури повітря за січень і її відхилення від норми, ст.34300 Харків

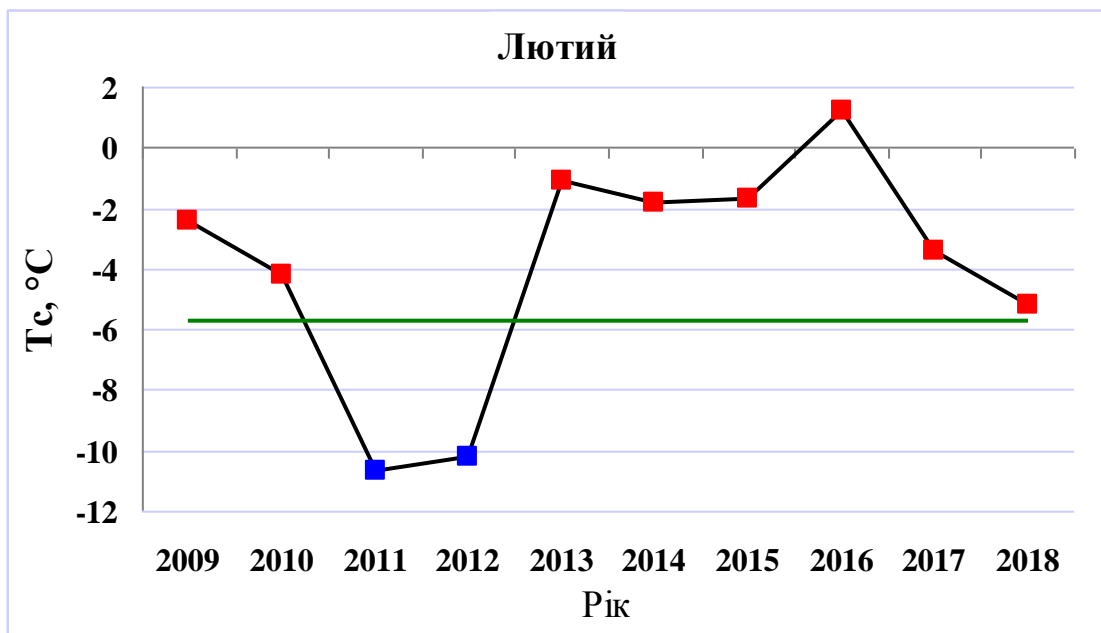


Рис. 4.7. Середньомісячна температури повітря за лютий і її відхилення від норми, ст.34300 Харків

У березні (рис.4.8) 2009 р. середньомісячна температура практично відповідала нормі, а далі у 2010-2013 рр. мала незначні відхилення різного знаку не більше $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Починаючи з 2014 до 2017 р. зафіксовано суттєве перевищення норми з різнозначним максимумом у $5,5^{\circ}\text{C}$ у 2014 та 2017 рр. В

останньому році досліджуваного періоду хід середньомісячної температури повітря показав досить значну від'ємну аномалію в $-3,2^{\circ}\text{C}$.

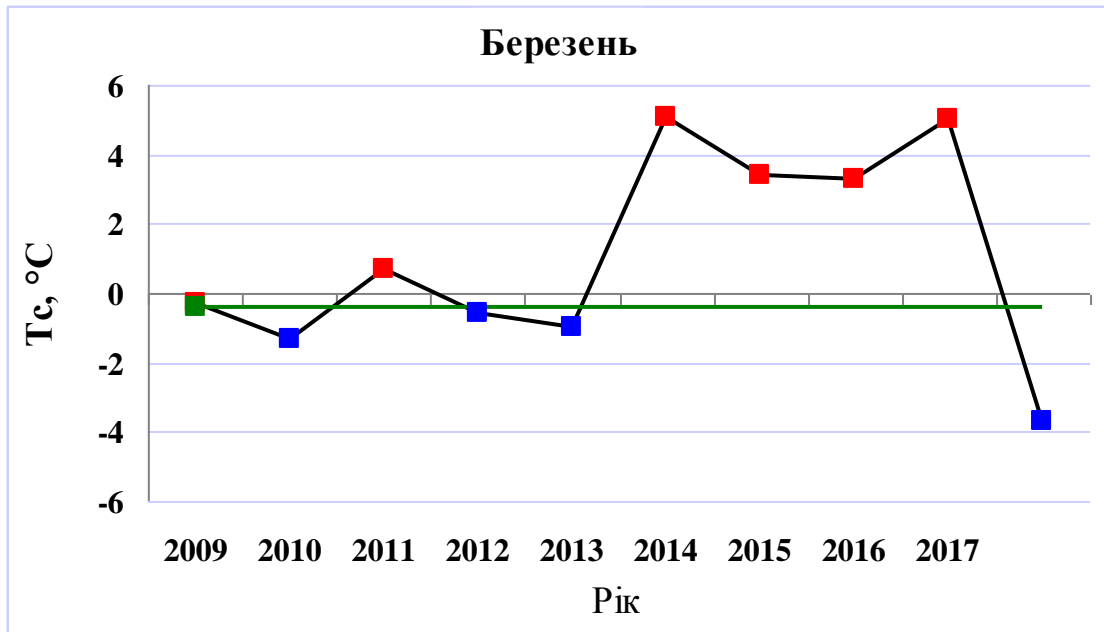


Рис. 4.8. Середньомісячна температури повітря за березень і її відхилення від норми, ст.34300 Харків

На рис 4.9 наведено хід середньомісячної температури листопада.

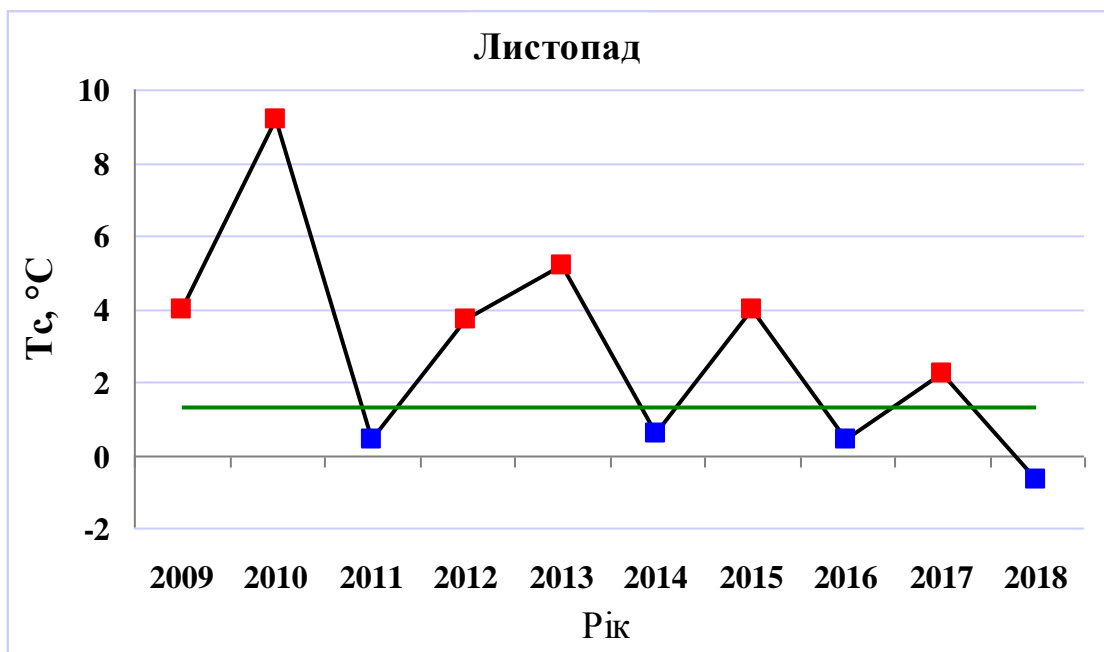


Рис. 4.9. Середньомісячна температури повітря за листопад і її відхилення від норми, ст.34300 Харків

Представляє інтерес ідентичність конфігурації кривої розподілу з даними по Одесі у цьому ж місяці – чергування додатних і від’ємних відхилень, які повністю співпадають за роками. Так, від’ємні відхилення від норми невеликі, лише у 2018 р. складають $-2,0^{\circ}\text{C}$. Домінує підвищений температурний фон листопада у більшості років, зі значним екстремумом у 2010 р. в $7,9^{\circ}\text{C}$.

Середньомісячні показники температури повітря у грудні у Харкові показують здебільшого додатні відхилення від норми. У 2010 р. температура місяця була близька до норми, від’ємні аномалії були незначні з мінімумом у 2012р. в $-1,9^{\circ}\text{C}$. Суттєве перевищення кліматичної норми грудневої температури повітря спостерігалось в 2011, 2015 і 2017 рр., максимальне додатне відхилення склало $6,2^{\circ}$ у 2017 р. - рис.4.10.

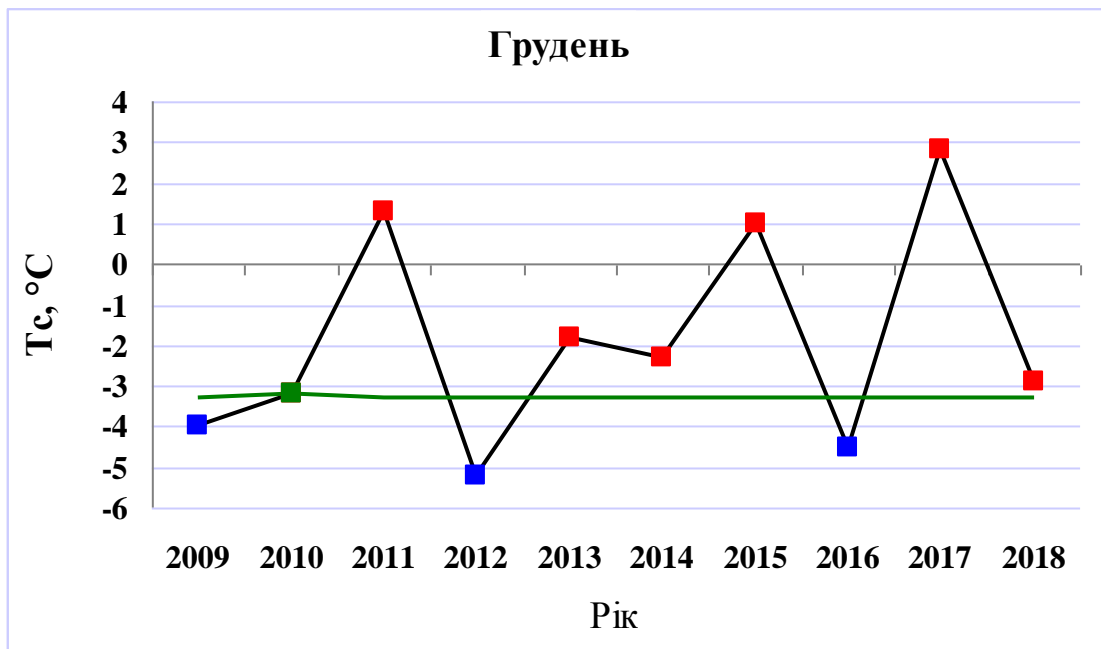


Рис. 4.10. Середньомісячна температури повітря за грудень і її відхилення від норми, ст.34300 Харків

Наступна обрана для дослідження метеостанція – Київ (табл. 4.3).

У 2016 р. середня січнева температура відповідала нормі, в інших роках, за виключенням 2010 р. (відхилення склало $-3,8^{\circ}\text{C}$), відмічалось перевищення кліматичної норми. Значні додатні аномалії за місяць відзначені у 2011 і 2015 рр. - відповідно $5,2^{\circ}\text{C}$ і $4,6^{\circ}\text{C}$ – рис.4.11.

Таблиця 4.3 – Характеристики температури повітря за холодний період 2009-2018 рр., ст.33345 Київ

Рік	Місяць									
	січень		лютий		березень		листопад		грудень	
	$T_c, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$ ($T_c - T_H$)	$T_c, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$ ($T_c - T_H$)	$T_c, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$ ($T_c - T_H$)	$T_c, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$ ($T_c - T_H$)	$T_c, ^\circ\text{C}$	$\Delta T, ^\circ\text{C}$ ($T_c - T_H$)
2009	-4,3	1,3	-2,8	1,3	1,0	0,3	4,0	1,9	-3,3	-1,0
2010	-9,4	-3,8	-3,3	0,8	-0,2	-0,8	9,8	7,7	-5,3	-3,0
2011	-0,3	5,2	-8,3	-4,1	1,1	0,5	2,4	0,3	2,8	4,6
2012	-3,6	1,9	-9,6	-5,5	2,8	2,1	4,7	2,6	-5,1	-2,8
2013	-4,4	1,2	-0,4	3,7	-1,7	-2,3	6,2	4,1	-0,2	2,1
2014	-4,4	1,1	-0,3	3,8	6,9	6,2	1,7	-0,4	-1,8	0,5
2015	-0,9	4,6	-0,1	4,0	5,3	4,6	4,7	2,6	2,6	4,9
2016	-5,5	0,0	2,1	6,3	4,0	3,3	1,2	-0,9	-1,6	0,7
2017	-4,7	0,9	-2,1	2,0	6,3	5,7	3,3	1,2	1,6	3,9
2018	-2,5	3,0	-4,4	-0,3	-3,2	-2,5	0,2	-1,9	-2,2	0,1

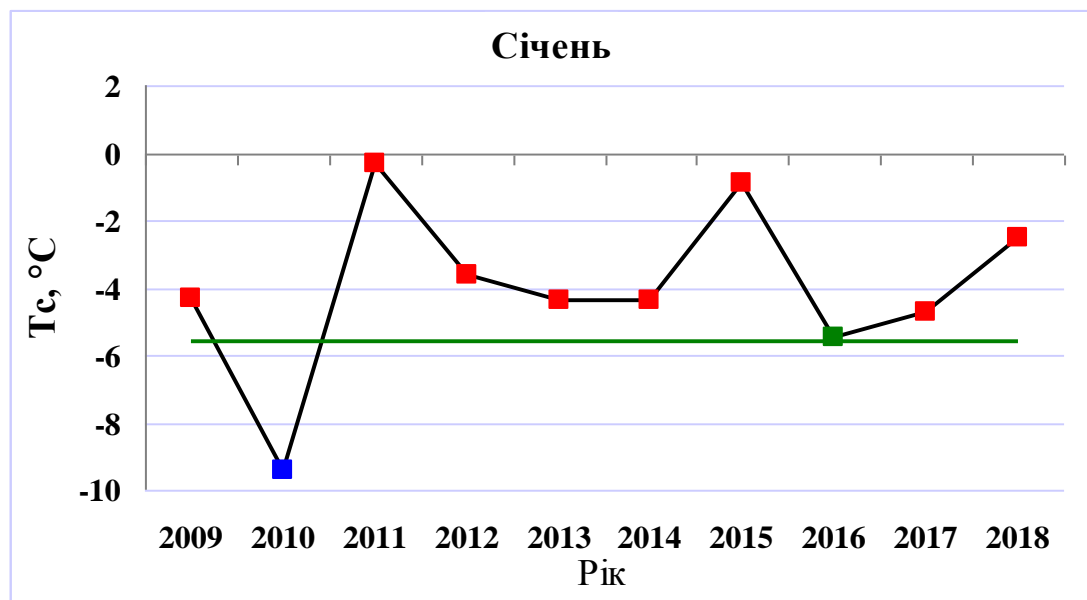


Рис. 4.11. Середньомісячна температури повітря за січень і її відхилення від норми, ст.33345 Київ

На рис 4.12 проілюстровано зміни середньомісячної температури лютого впродовж 2009–2018 рр. У 2018 р. температура за місяць була близька до норми. В 2011 і 2012 рр. відмічалось істотне зниження температури повітря у

порівнянні з нормою, відповідно $-4,2^{\circ}\text{C}$ і $-5,5^{\circ}\text{C}$. В інші роки спостерігався підвищений температурний фон місяця, суттєве перевищення додатне відхилення складало $6,3^{\circ}\text{C}$ у 2016 р.

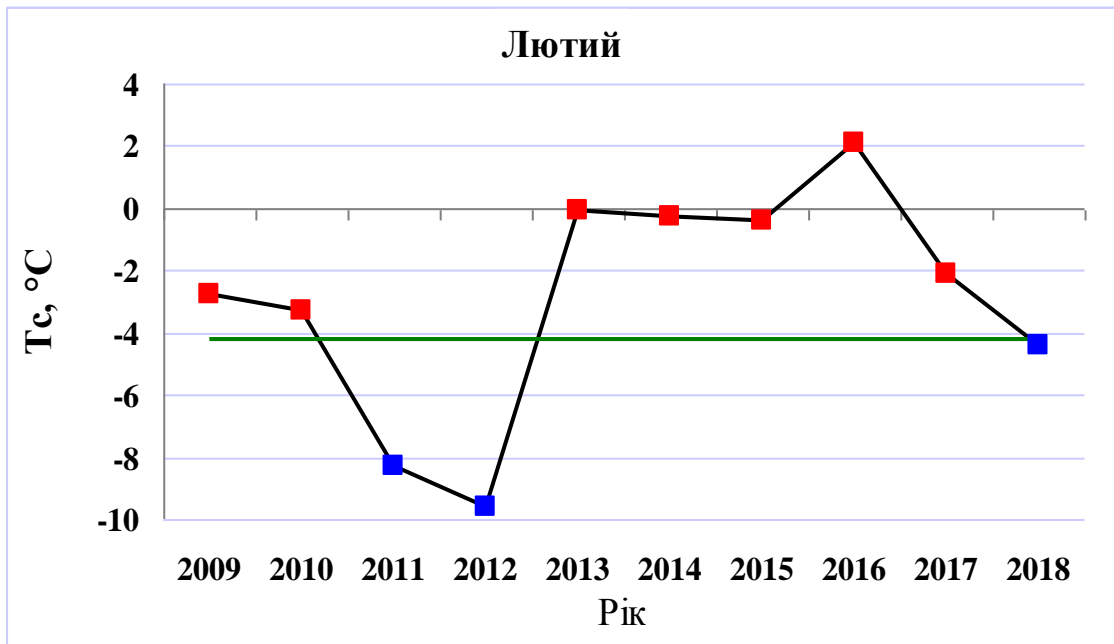


Рис. 4.12. Середньомісячна температури повітря за лютий і її відхилення від норми, ст.33345 Київ

Березневі показники температури повітря у Києві демонструє рис 4.13.

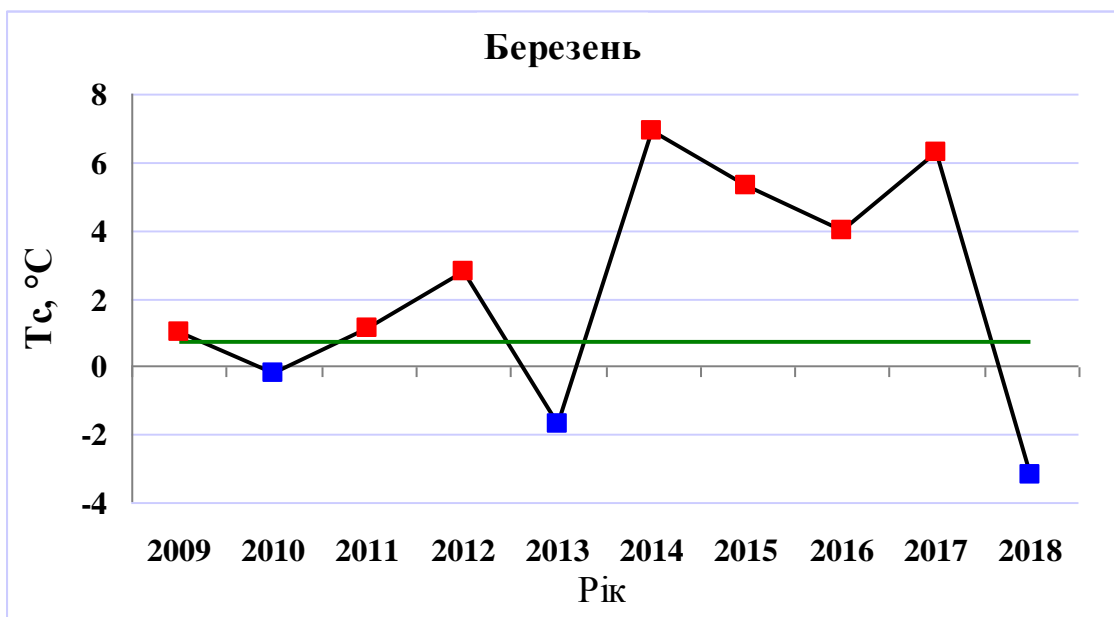


Рис. 4.13. Середньомісячна температури повітря за березень і її відхилення від норми, ст.33345 Київ

На станції Київ в березні відхилення температури були переважно додатні. При цьому у періоді 2014-2017 рр. зареєстровано найбільші аномалії в межах 3,3...6,2°C. Від'ємна аномалія не перевищувала 2,5°C (2018 р.).

У листопаді знову переважає підвищений температурний фон - рис.4.14. Максимум додатної аномалії в 7,7°C припадає на 2010 р., у 2011 місячна температура близька до норми. Найбільше зниження середньомісячних показників відмічалось у 2018 р. і склало -1,9°C.

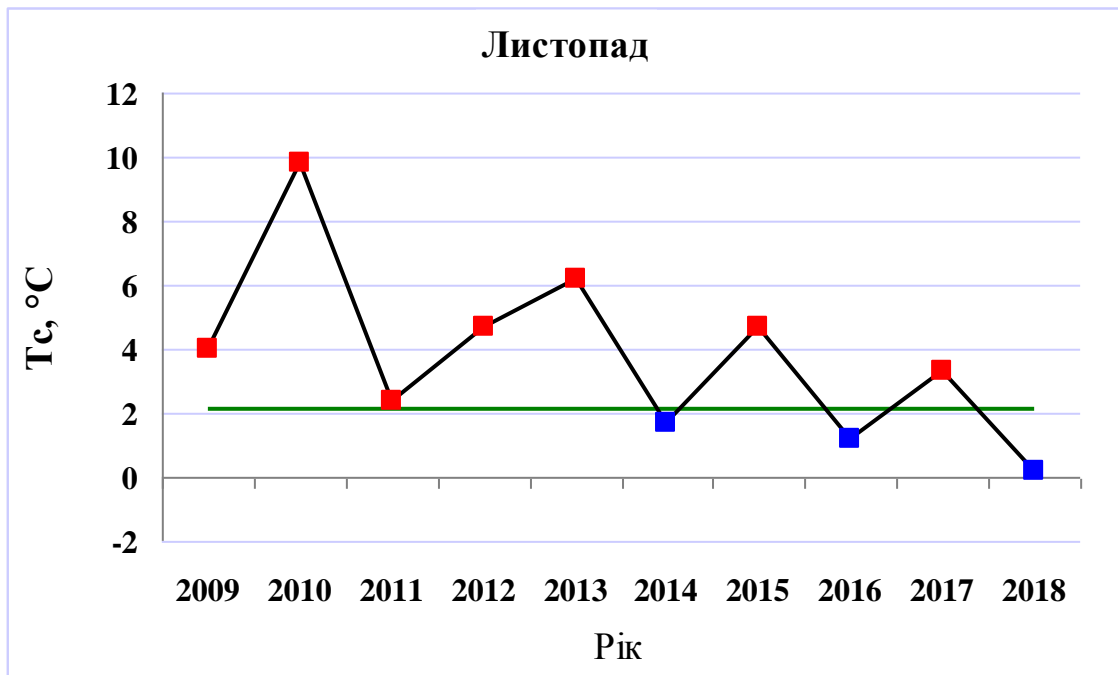


Рис. 4.14. Середньомісячна температури повітря за листопад і її відхилення від норми, ст.33345 Київ

На рис 4.15 наведено середньомісячний хід температури повітря у грудні. Від'ємна аномалія простежується лише у трьох роках – 2009-2010 і 2012 рр., при цьому у 2010 і 2012 рр. відхилення складало до -3°C.

В 2010 та 2012 рр. спостерігалось від'ємне значення відхилення температури. Додатні аномалії були значними у 2011, 2015 і 2017 рр. Найбільш теплим був грудень 2015 р. – перевищення норми на 4,9°C.

Останньою метеостанцією для дослідження температурних відхилень відібрано Львів для порівняльного аналізу за регіонами країни.

У табл. 4.4 представлені температурні показники за холодний період 2009-2018 рр. по станції Львів.

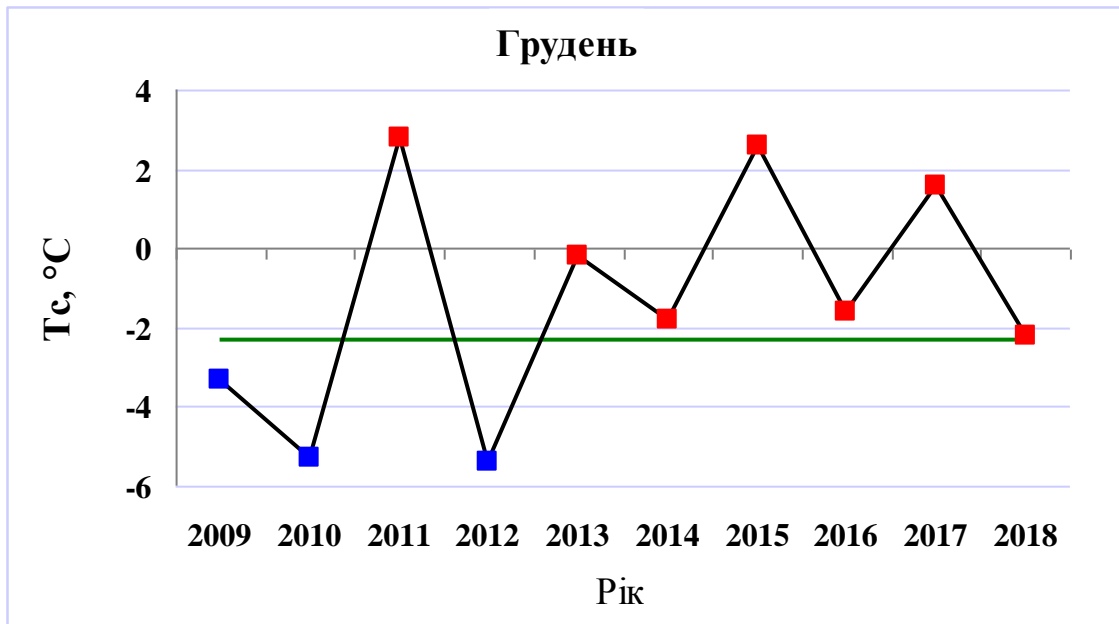


Рис. 4.15. Середньомісячна температури повітря за грудень і її відхилення від норми, ст.33345 Київ

Таблиця 4.4 – Характеристики температури повітря за холодний період 2009-2018 рр., ст.33393 Львів

Рік	Місяць									
	січень		лютий		березень		листопад		грудень	
	Тс, °C	ΔТ, °C (Тс-Тн)	Тс, °C	ΔТ, °C (Тс-Тн)	Тс, °C	ΔТ, °C (Тс-Тн)	Тс, °C	ΔТ, °C (Тс-Тн)	Тс, °C	ΔТ, °C (Тс-Тн)
2009	-4,6	0,0	-3,1	-0,1	-0,4	-1,4	4,8	2,2	-1,6	0,4
2010	-7,7	-3,1	-2,7	0,3	0,9	-0,1	7,7	5,1	-4,8	-2,8
2011	-0,1	4,5	-7,1	-4,1	1,8	0,8	2,2	-0,4	1,6	3,7
2012	-2,2	2,4	-8,7	-5,7	4,0	3,0	5,2	2,6	-4,1	-2,1
2013	-3,5	1,1	-0,8	2,2	-1,7	-2,7	6,0	3,4	0,2	2,2
2014	-2,0	2,6	0,8	3,8	6,3	5,3	4,0	1,4	0,5	2,5
2015	-0,2	4,4	1,0	4,0	4,2	3,2	4,6	2,0	3,3	5,4
2016	-3,9	0,7	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

Січневі температури впродовж 2009–2018 рр. переважно мали додатні відхилення, максимум склав 4,5°C у 2011 р., та 4,4°C у 2015 р. січень 2009 р.

за температурою був в межах норми, а зниження температури відносно норми відмічалось лише у 2010 р. з екстремумом в $-3,1^{\circ}\text{C}$, та у 2017 р. – рис.4.16.

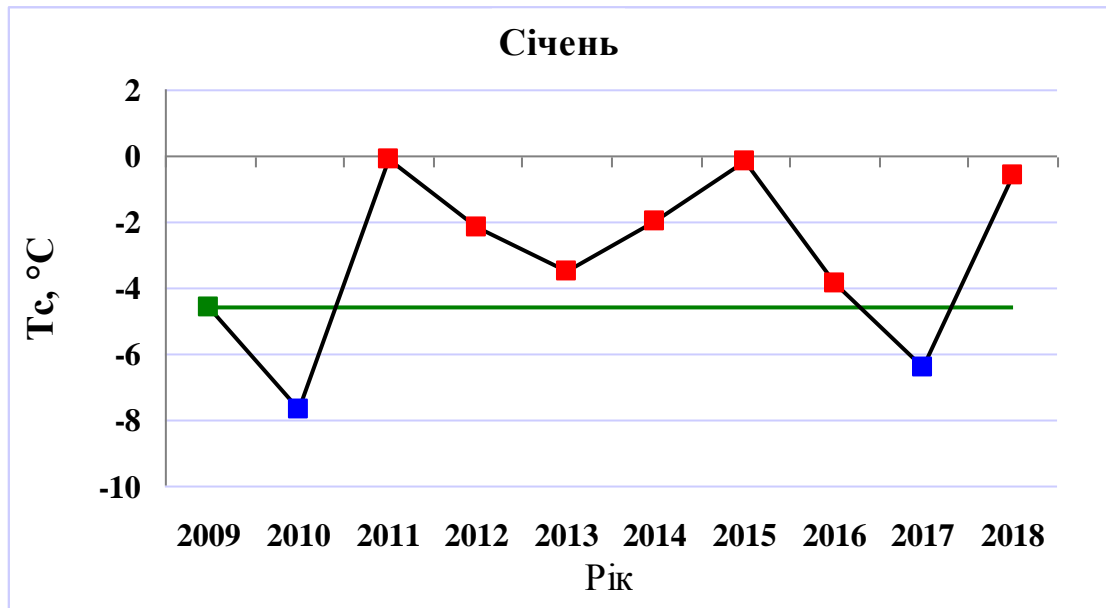


Рис. 4.16. Середньомісячна температури повітря за січень і її відхилення від норми, ст.33393 Львів

На рис 4.17 демонструються температурні аномалії лютого.

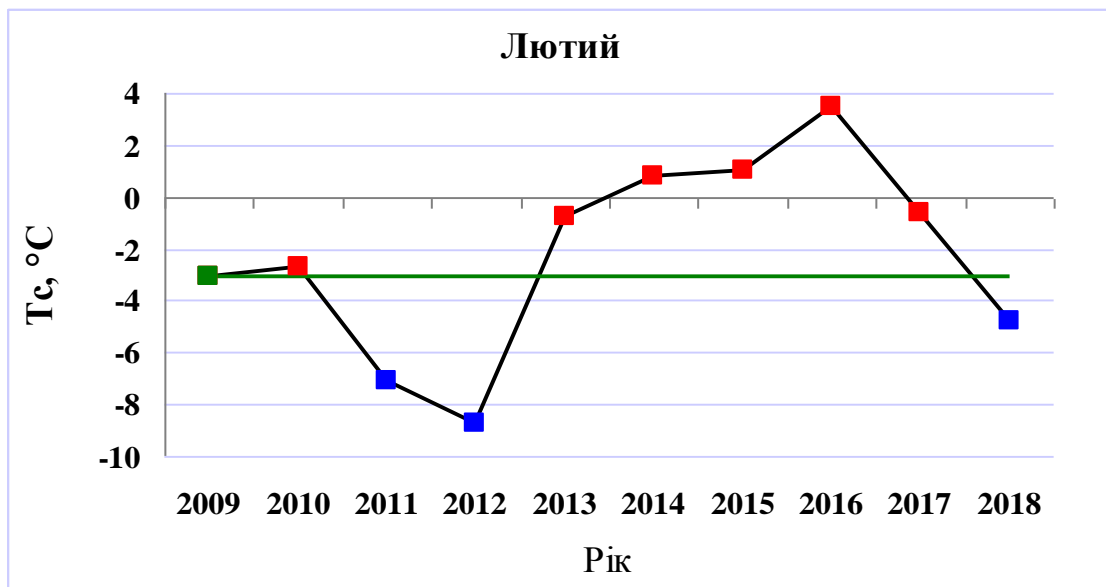


Рис. 4.17. Середньомісячна температури повітря за лютий і її відхилення від норми, ст.33393 Львів

2009-2010 року лютнева температура була близька до норми, в 2011-2012 рр. відмічався суттєвий недобір тепла, а саме – 2011 р. від’ємна аномалія склала $-4,1^{\circ}\text{C}$, а екстремум в $-5,7^{\circ}\text{C}$. відзначено за лютий 2012 р. Додатні відхилення були високими з 2014 по 2016 рр., максимум додатної аномалії за місяць склав $6,5^{\circ}\text{C}$ у 2016 р.

У березні досліджуваного періоду на станції Львів також переважали додатні аномалії з найвищим показником $5,3^{\circ}\text{C}$ у 2014 р. Зниження температурного фону відносно норми спостерігалось 2009, 2013 і 2018 р. з найбільшим відхиленням $-2,7^{\circ}\text{C}$ у 2018 р. – рис.4.18.

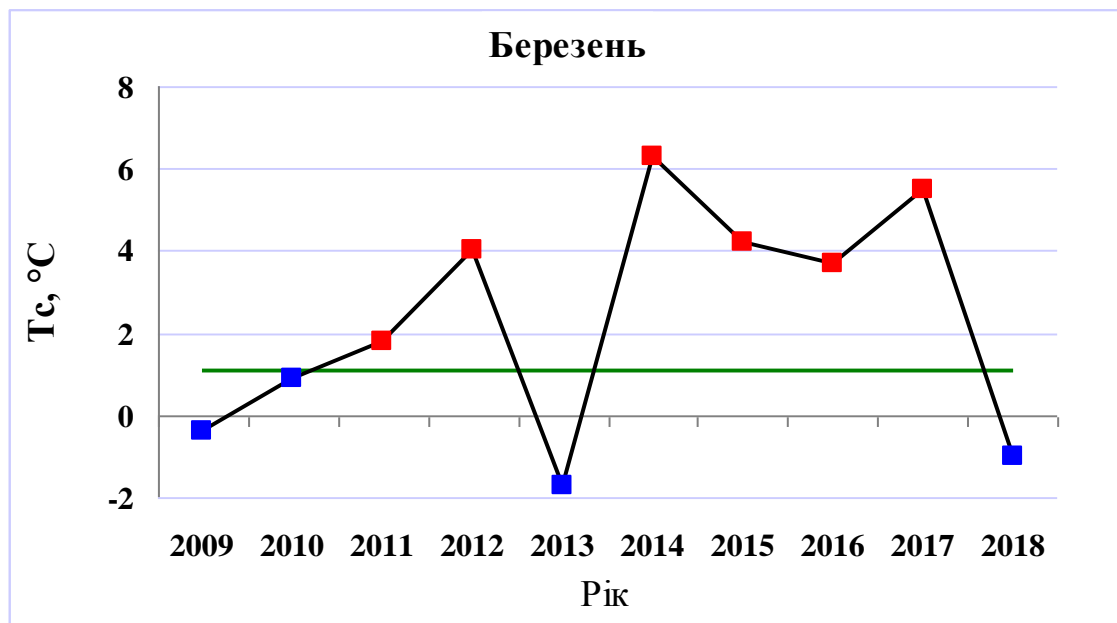


Рис. 4.18. Середньомісячна температури повітря за березень і її відхилення від норми, ст.33393 Львів

Практично в усі роки листопад у Львові перевищував температурну норму. Лише в 2011 і 2016 рр. середньомісячні показники були близькі до норми з невеликими від’ємними відхиленнями. Максимальне додатне відхилення складало $5,1^{\circ}\text{C}$ у 2010 р. – рис.4.19.

Подібний розподіл температури зберігся і у грудні (рис.4.20). Так, тільки у двох з 10 років присутні від’ємні аномалії, найбільша – у 2010 р. ($-2,8^{\circ}\text{C}$). В інші роки груднева температура була вищою норми з максимальним додатним відхиленням $5,4^{\circ}\text{C}$ 2015-го року.

Таким чином, на досліджених станціях у різних регіонах країни зберігався практично ідентичний розподіл середньомісячних аномалій температури холодного періоду, тобто основний вплив на температурне поле

мали масштабні циркуляційні процеси, що визначали погодні умови на великих територіях, а не місцеві умови.

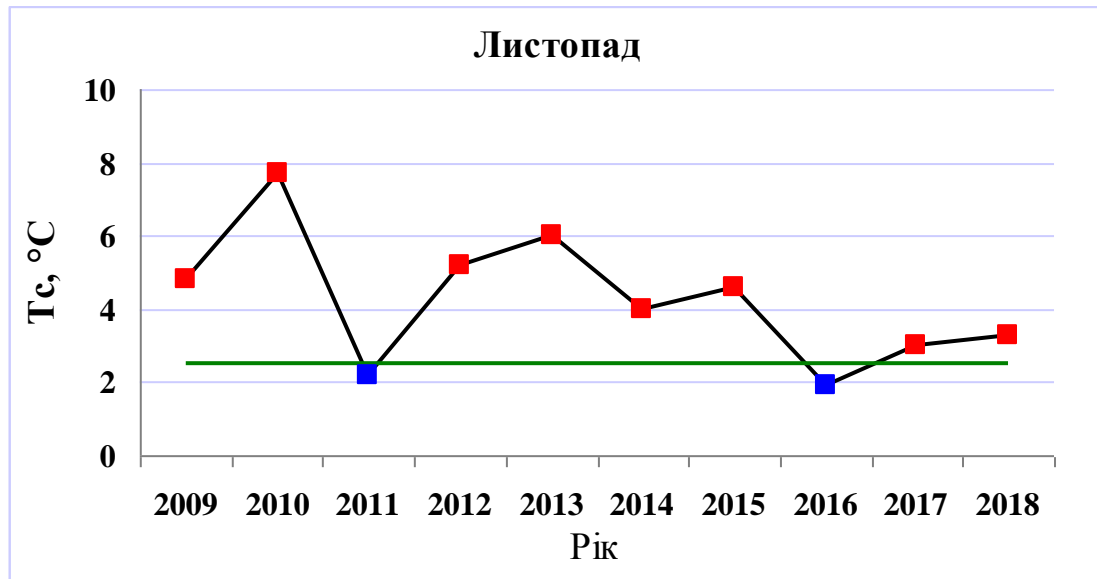


Рис. 4.19. Середньомісячна температури повітря за листопад і її відхилення від норми, ст.33393 Львів

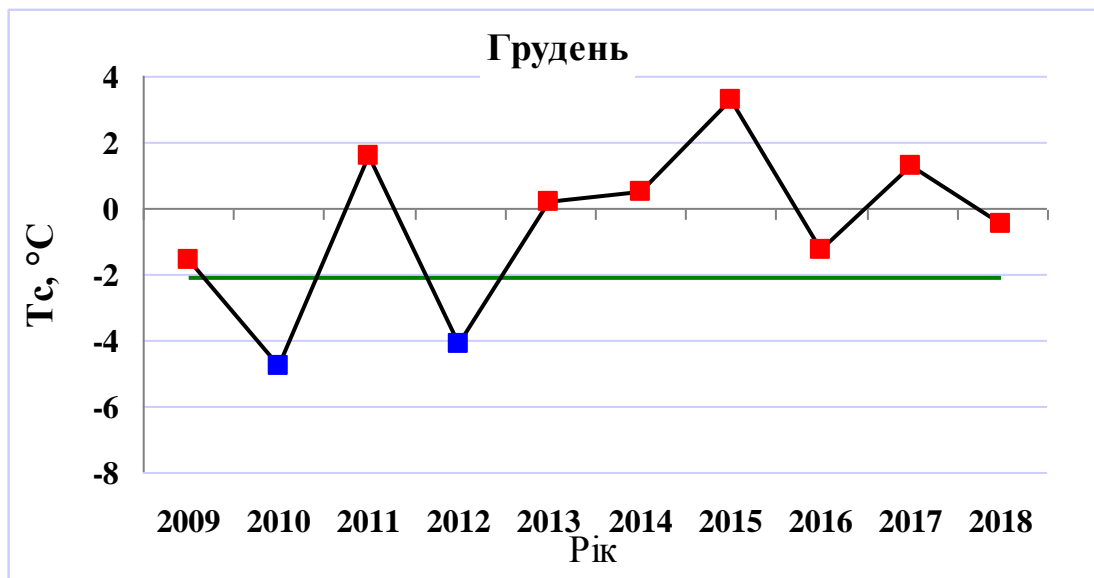


Рис. 4.20. Середньомісячна температури повітря за грудень і її відхилення від норми, ст.33393 Львів

4.2 Особливості атмосферної циркуляції при формуванні екстремальних температур

Для дослідження використано карти аномалій середньомісячних показників геопотенціальної висоти H_{500} , аномалії середньомісячних значень приземної температури повітря, середньомісячний розподіл тиску на рівні моря з використанням базового періоду 1981-2010 рр. [18]; карти відхилень середньомісячних і декадних температур від кліматичної норми за даними програми АРМсин.

Аналіз осереднених показників температури повітря холодного півріччя дозволив виділити у досліджуваному періоді з 10 років місяці (листопад, грудень, січень, лютий, березень) з найбільшими додатними і від'ємними аномаліями. До уваги приймалися хвилі тепла і холоду, що охоплювали переважну частину країни, тобто знак аномалії зберігався на всьому просторі.

На першому етапі розглянемо найінтенсивніші похолодання у холодне півріччя 2009-2018 рр.

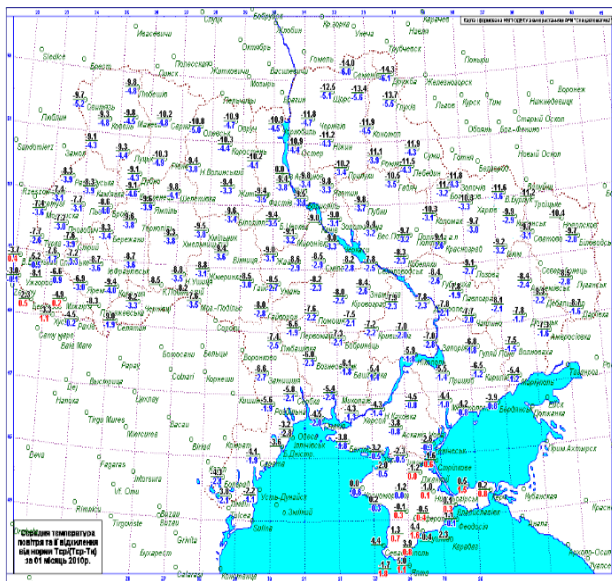
Визначено місяці з найбільшими від'ємними аномаліями по території України:

1. Січень 2010 р.
2. Грудень 2010 р.
3. Лютий 2012 р.
4. Березень 2018 р.
5. Листопад 2018 р.

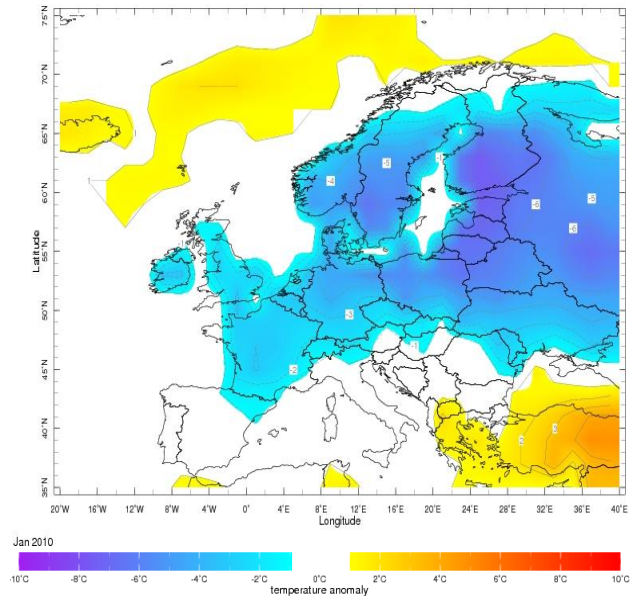
У визначеному часовому порядку детально проаналізуємо особливості формування хвиль холоду.

Січень 2010 р. відзначився аномально низькими температурами як у Європі, так і на просторі азійського регіону (рис. 4.21 (1)-(2)). Від'ємна аномалія температури охоплювала весь європейський сектор і Європейську територію Росії (ЄТР) – середньомісячна аномалія температури повітря ілюструє відхилення до $5-6^{\circ}\text{C}$ на переважній частині I природно-синоптичного району і до $3-4^{\circ}\text{C}$ у бік недобору тепла над Україною. За даними середньомісячного тиску на рівні моря спостерігається поширення відрогу сибірського максимуму далеко на захід, упритул до східного узбережжя Атлантики (рис.4.21 (3)). На рівні 500 гПа (рис.4.21 (4)) простежується від'ємна аномалія геопотенціалу - висотний циклон над західною і центральною Європою і Середземномор'ям. Детальніше по

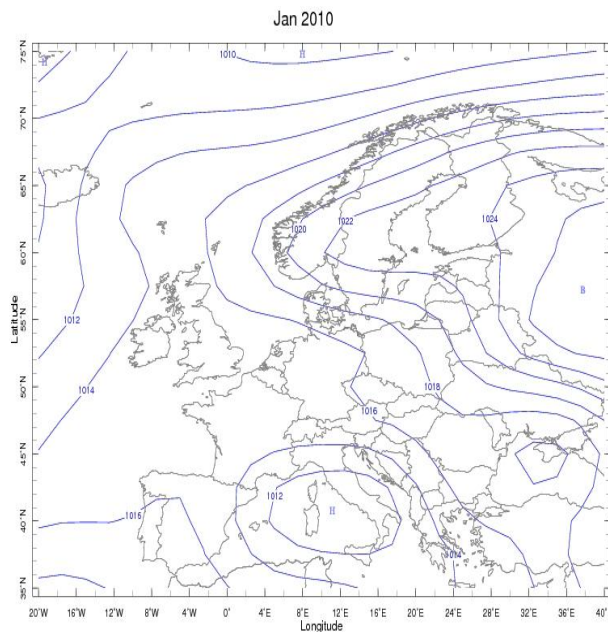
території України: відмічалися від'ємні аномалії температури повсюдно, за виключенням окремих районів АР Крим і Закарпаття. Загалом найбільші від'ємні аномалії належать північним і північно-західним районам – до 5-6°C.



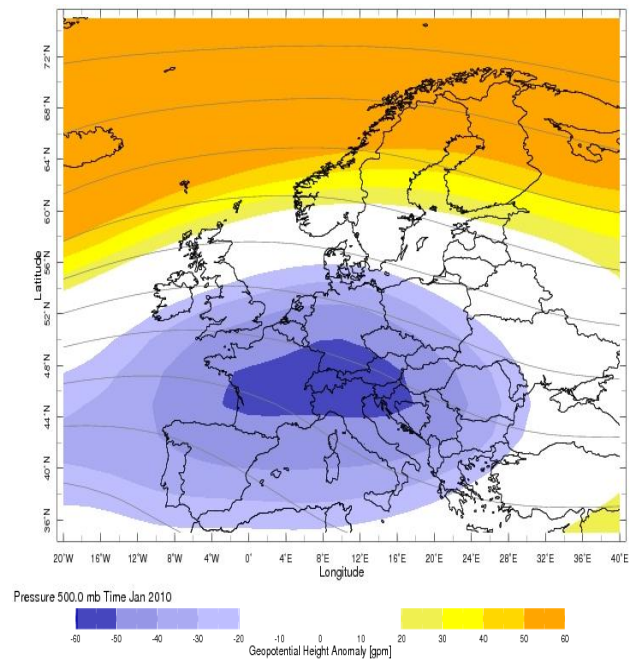
(1)



(2)



(3)



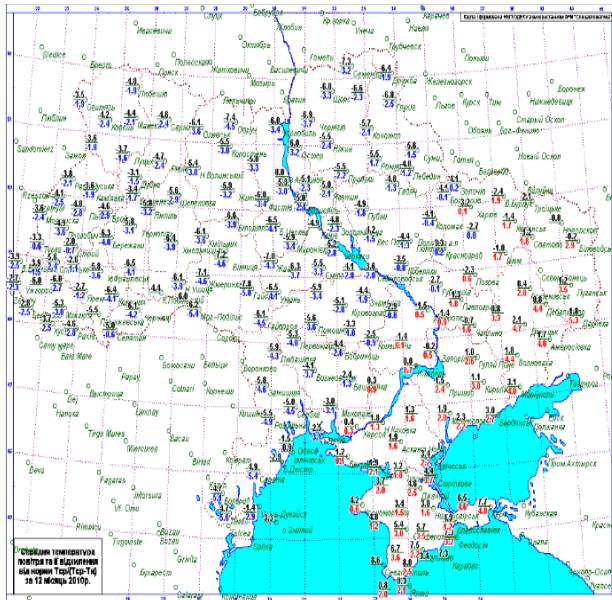
(4)

Рис.4.21. Карти розподілу метеорологічних величин за січень 2010 р.:

- (1) - середня температура повітря та її відхилення від норми по Україні;
- (2) - середньомісячна аномалія температури повітря;
- (3) - середньомісячний тиск на рівні моря;
- (4) - середньомісячна аномалія поля H500

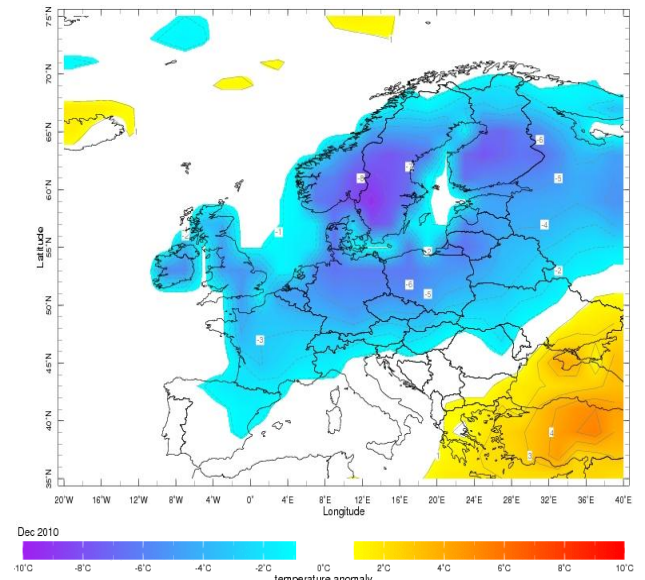
При цьому, аналізуючи щоденні і декадні показники зазначимо, що хвиля холоду поширилася зі сходу та посилилась на Україну на третю декаду січня, коли мінімальна температура повітря знизилася до $-32..-28^{\circ}\text{C}$, і навіть на півдні країни спостерігались екстремальні відмітки в $-26...-24^{\circ}\text{C}$, а в АР Крим до -25°C (25-17 січня 2010 р.)

У цьому ж році сильними морозами відзначився грудень (рис.4.22).

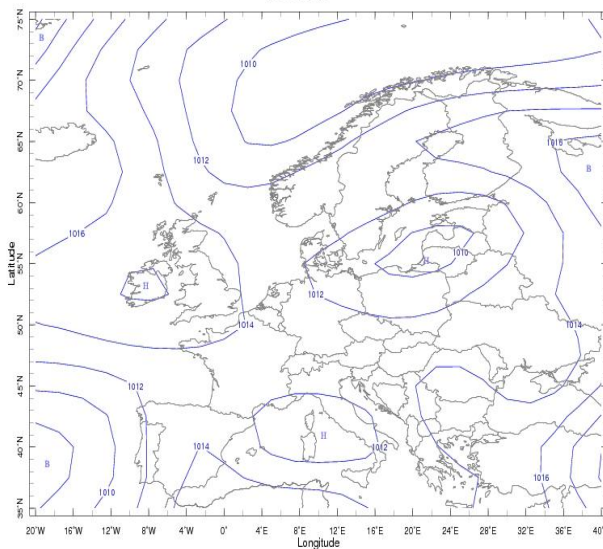


(1)

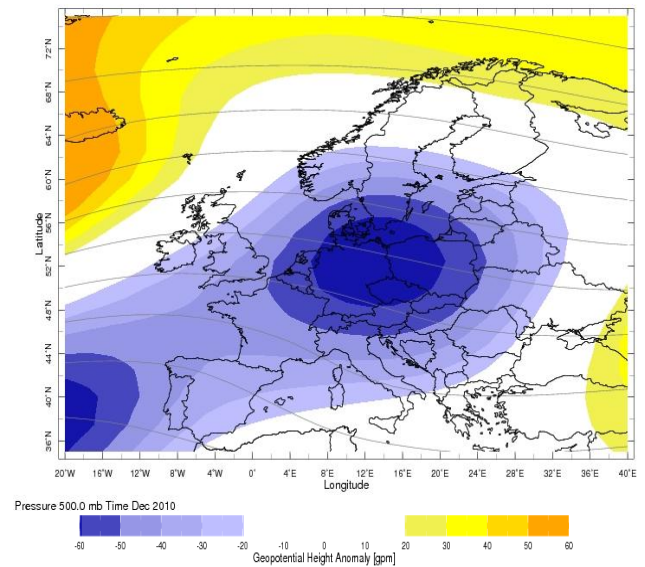
Dec 2010



(2)



(3)



(4)

Рис.4.22. Карти розподілу метеорологічних величин за грудень 2010 р.:

- (1) - середня температура повітря та її відхилення від норми по Україні;
- (2) - середньомісячна аномалія температури повітря;
- (3) - середньомісячний тиск на рівні моря;
- (4) - середньомісячна аномалія поля Н500

Оскільки хвиля холоду була зумовлена іншим циркуляційним процесом, то схід і південний схід країни при осередненні за місяць виділилися додатною аномалією температури, місяцями до 4-5°C. Нетипово найбільші від'ємні аномалії спостерігалися на півдні та в центрі країни – до 4-6°C (рис.4.22 (1)). Загалом над Європою та ЄТР найбільше зниження температури відмічалось над Скандинавією – аномалії середньомісячних показників температури до 7-8°C – рис.4.22 (2). Аномалія H500 на рис.4.22(4) ілюструє поглиблений холодний центральний циклон над Європою

Низькі аномалії температури повітря на території України в грудні були спричинені впливом циклонів північних траєкторій при поступовому поширенні арктичного повітря на територію України з заходу та північного-заходу.

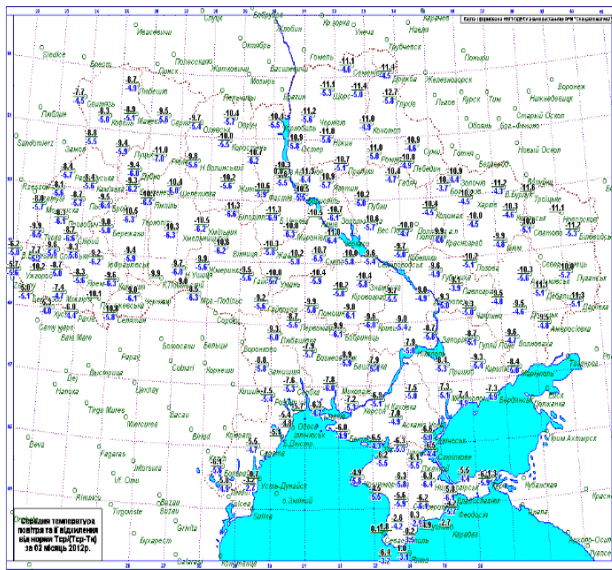
Найбільші від'ємні аномалії температури повітря у лютого припадають на 2012 р. – рис.4.23.

Місяць виявився аномально холодним: середня місячна температура була на 4-6°C нижче за норму, місцями (Рівненська область) до 7°C. Найбільші відхилення від норми спостерігались в північному та північно-східному регіоні, на Закарпатті та в центрі країни. В АР Крим також зафіксовані екстремальні показники: від'ємна аномалія від 3,1 до 6,4°C. Хвиля холоду охоплювала всю територію країни – рис.4.23 (1).

Погодні умови лютого 2012 р. визначились областю аномального високого тиску на півночі та північно-західній частині країни (рис. 4.13). Формуванню аномалії високого тиску в Україні сприяв Сибірський антициклон. Антициклон поширився від Атлантичного океану і спостерігається майже по всій Європі. Антициклональний режим погоди сприяє інтенсивній трансформації повітряних мас. Цей факт виявився вирішальним при формуванні термічного режиму лютого на значній території України і зумовив значне зниження температури повітря, знизивши її нижче норми. Наявність області низького тиску в районі Чорного моря сприяла активному циклогенезу в цьому регіоні (рис. 4.23 (1)). Розподіл середньомісячної аномалії температури по Європі (рис.4.23 (2)) показує найбільші відхилення саме над Україною та Молдовою.

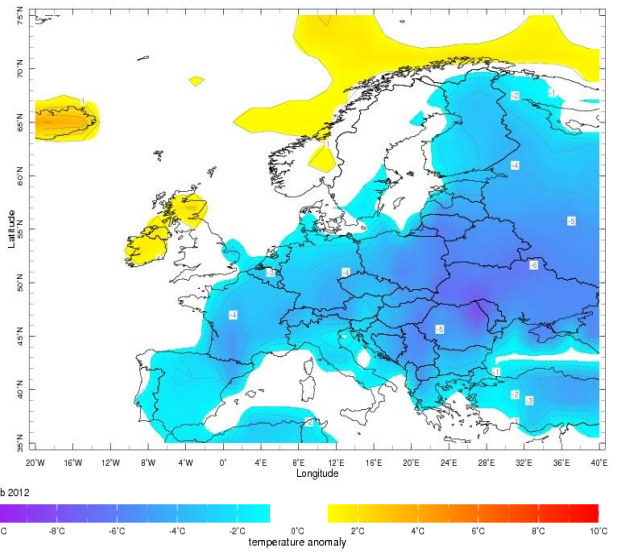
Цікавим є факт, що осереднене за лютий поле приземного тиску – рис.4.23 (3), виділяє над територією України баричну сідловину при ослабленні градієнтів. Висотне баричне поле тропосфери вказує на від'ємну аномалію H500 – циркуляційні процеси місяця характеризувалися взаємодією потужного атлантичного антициклону, сибірського максимуму (що панував

над європейським сектором у першій декаді) і періодичним «пірнанням» циклонів з акваторій Норвезького та Баренцового морів.

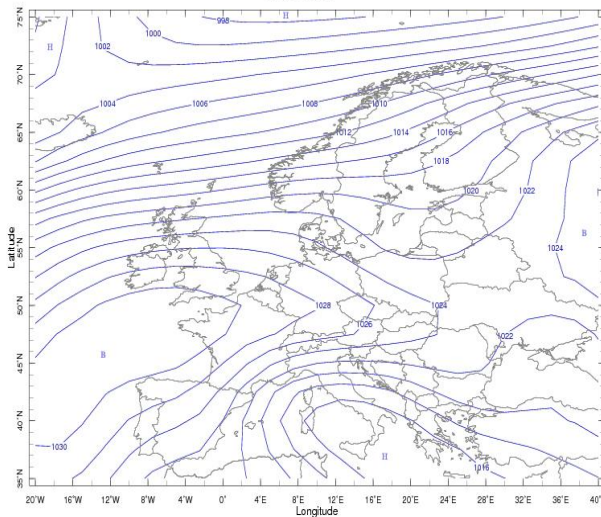


(1)

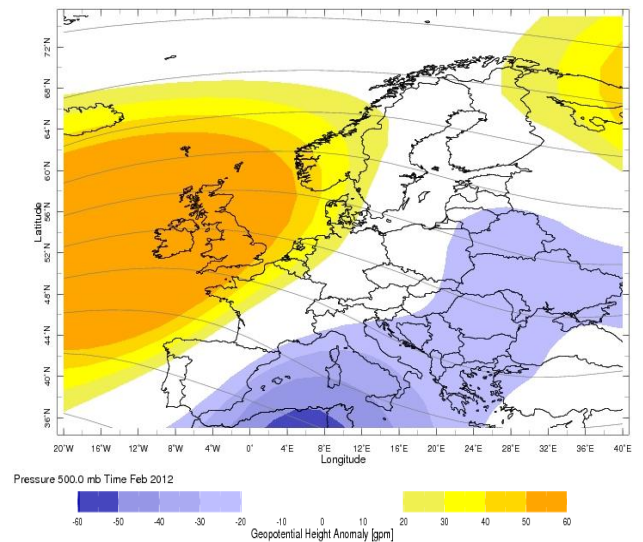
Feb 2012



(2)



(3)



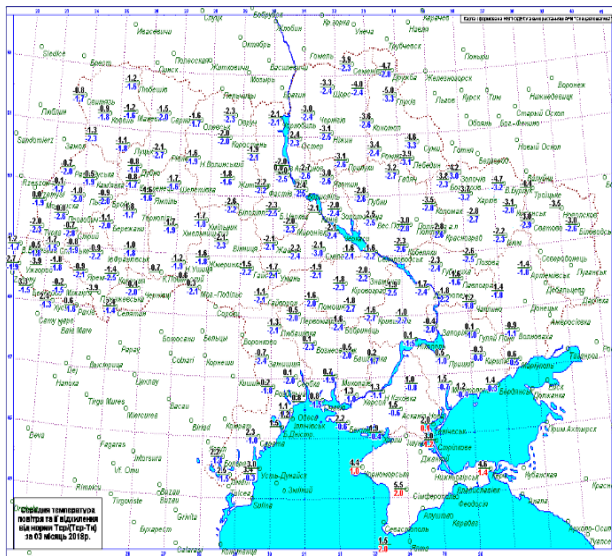
(4)

Рис.4.23. Карти розподілу метеорологічних величин за лютий 2012 р.:

- (1) - середня температура повітря та її відхилення від норми по Україні;
- (2) - середньомісячна аномалія температури повітря;
- (3) - середньомісячний тиск на рівні моря;
- (4) - середньомісячна аномалія поля Н500

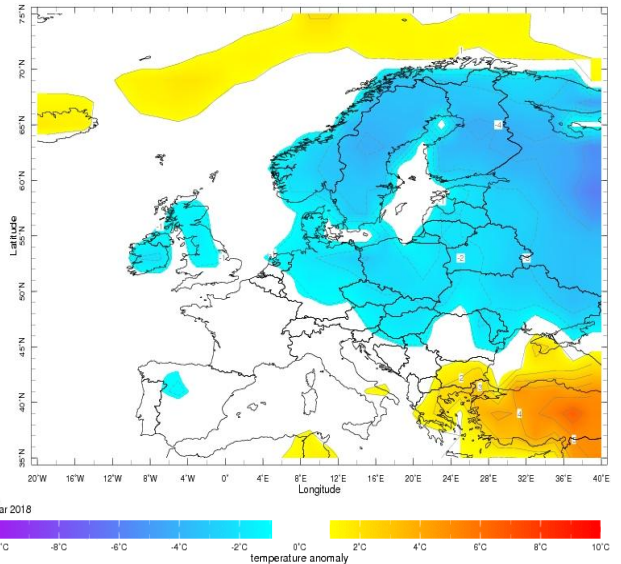
Надалі виділено найхолодніший березень за досліджуваний період – це 2018 р. – рис.4.24. Погодні умови початку весняного сезону фактично були продовженням зими. Від'ємна аномалія температури охоплювала північну та східну Європу, ЄТР та Сибір – рис.4.24 (2). Синоптичний процес визначався

переважанням циклонічної діяльності над Атлантико-європейським сектором – рис.4.24 (3)-(4) при збереженні ще досить інтенсивного сибірського максимуму, що визначав траєкторії циклонів і зумовлював їх стаціонування над Європою та ЄТР. Періодично протягом місяця спостерігалось вторгнення арктичних антициклонів, що переривали смугу низького тиску.

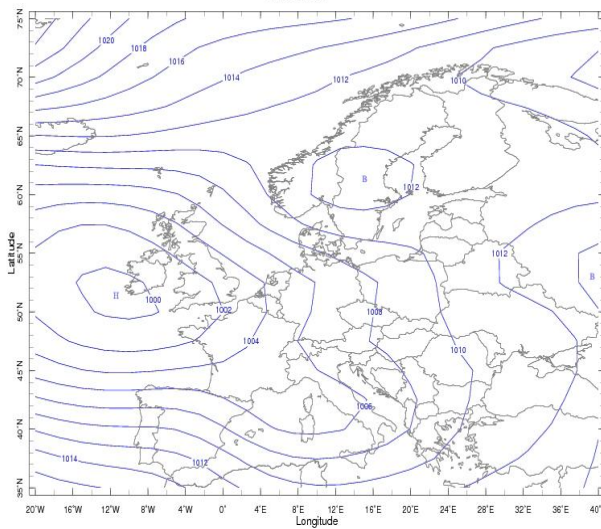


(1)

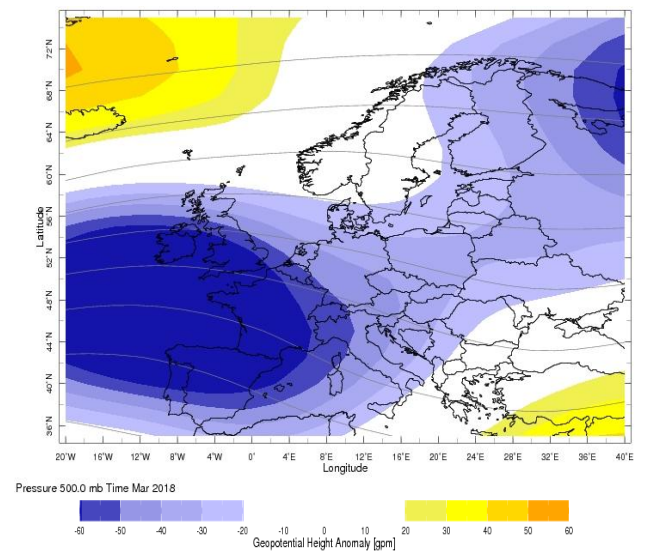
Mar 2018



(2)



(3)

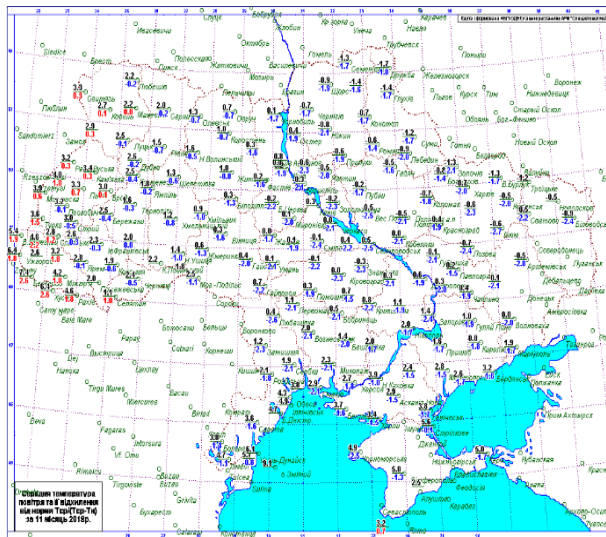


(4)

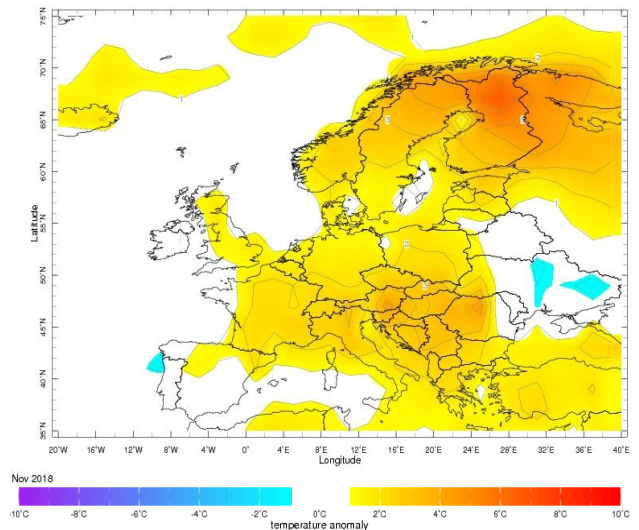
Рис. 4.24. Карти розподілу метеорологічних величин за березень 2018 р.:
 (1) - середня температура повітря та її відхилення від норми по Україні;
 (2) - середньомісячна аномалія температури повітря;
 (3) - середньомісячний тиск на рівні моря;
 (4) - середньомісячна аномалія поля Н500

За виключенням території АР Крим по Україні зберігалася від'ємна аномалія температури, здебільшого за рахунок хвиля холоду у третій декаді березня. Відхилення температури від норми у бік зниження складали 1-3°C.

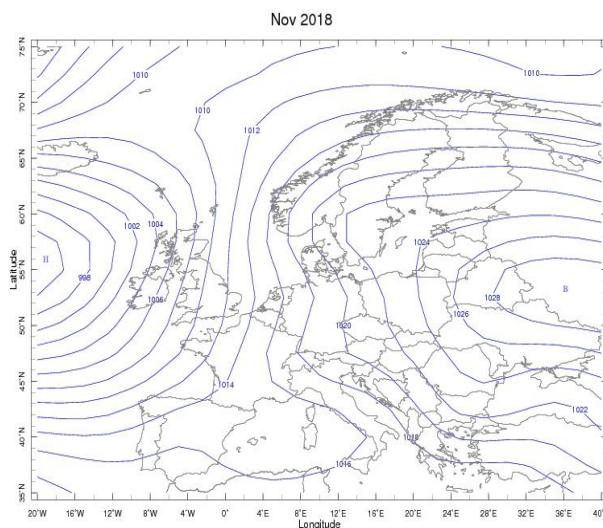
Наприкінці аналізу хвиль холоду при виділенні найбільш холодного листопада за період 2009-2018 рр., зазначимо, що практично всі температурні режими листопада характеризувалися додатними аномаліями температури на території України, лише у 2018 р. відмічалися незначні від'ємні відхилення, тому саме цей рік відібрано для розгляду – рис.4.25.



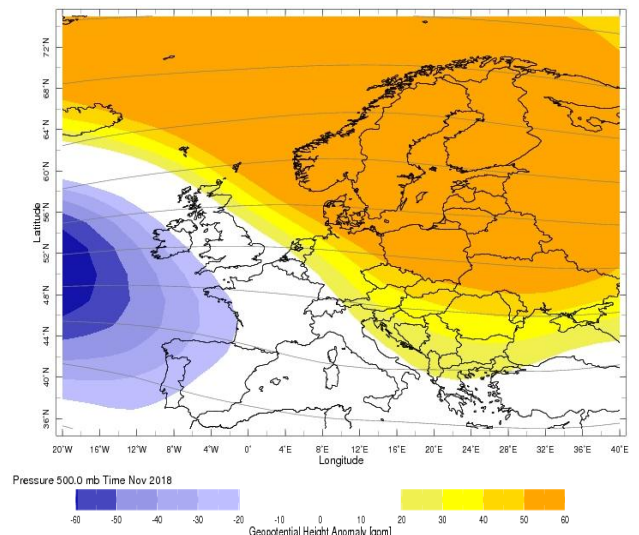
(1)



(2)



(3)



(4)

Рис. 4.25. Карти розподілу метеорологічних величин за листопад 2018 р.:
 (1) - середня температура повітря та її відхилення від норми по Україні;
 (2) - середньомісячна аномалія температури повітря;
 (3) - середньомісячний тиск на рівні моря;
 (4) - середньомісячна аномалія поля Н500

Наочно такий розподіл температури чітко ілюструє рис.4.25 (2) – лише ізольовані осередки від'ємної аномалії виділяються над Україною.

Загалом, крайні західні райони країни мали слабкі додатні відхилення середньомісячної температури від норми, а на Закарпатті – до $2,6^{\circ}\text{C}$. Найбільші від'ємні аномалії спостерігалися на півдні у центрі та на сході країни – до $2,6-2,7^{\circ}\text{C}$.

Приземне баричне поле на рис.4.25 (3) демонструє потужний антициклон над переважною частиною європейського сектору та ЄТР, висотне баричне поле також виділяє додатну аномалію H500 – рис.4.25 (4).

На наступному етапі проаналізуємо хвилі тепла над Європою у холодне півріччя 2009-2018 р. Відмітимо, що в останні десятиліття відмічається зростання температури повітря у зимові місяці, відмітки додатних аномалій середньомісячної температури повітря значно перевищують від'ємні відхилення від норми.

Так, для дослідження виділено найтепліші місяці:

1. Листопад 2010 р.
2. Березень 2014 р.
3. Січень 2015 р.
4. Лютий 2016 р.
5. Грудень 2017 р.

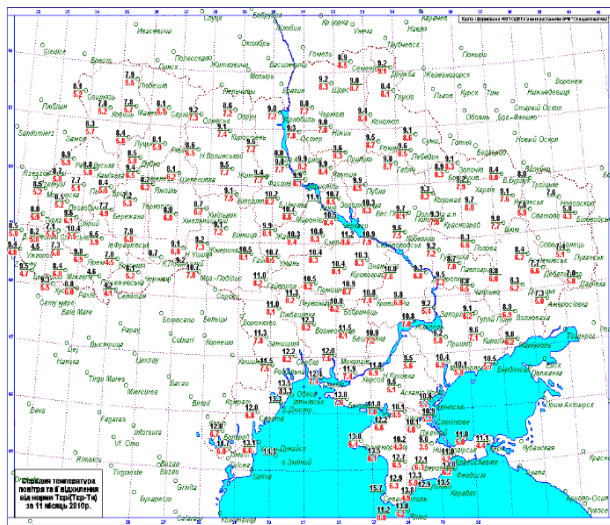
У 2010 році листопад на території України був аномально теплий – рис.4.26, екстремальні показники спостерігалися по всій території країни.

Карти розподілу середньомісячних показників температури повітря виразно показують найбільші відхилення температури саме над Україною до $6-7^{\circ}\text{C}$ - рис.4.26 (2). Детальна характеристика темперного поля виділяє найбільші додатні відхилення до $6-8^{\circ}\text{C}$ у центрі, на сході, півдні та півночі. Екстремальне відхилення відмічається нетипово на півночі країни – Сумська область: $9,1^{\circ}\text{C}$. Середньомісячна температура повітря перевищувала $10-13^{\circ}\text{C}$.

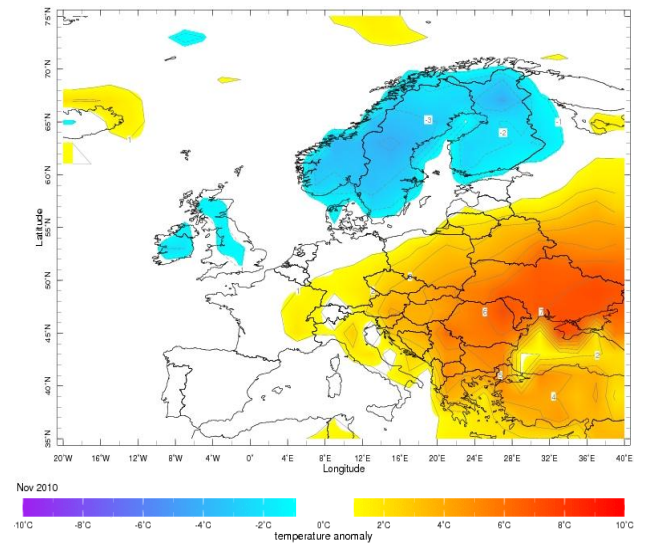
При цьому спостерігається від'ємна аномалія приземного тиску та H500 над переважною частиною Європи (рис.4.26 (3)-(4)). Україна перебуває на південно-східній периферії високого поглибленого циклону у південно-західних потоках.

Наступна хвиля тепла охоплювала Україну у березні 2014 р. Додатні аномалії приземної температури повітря склали $5-6^{\circ}\text{C}$ на переважному просторі країни - рис.4.27.

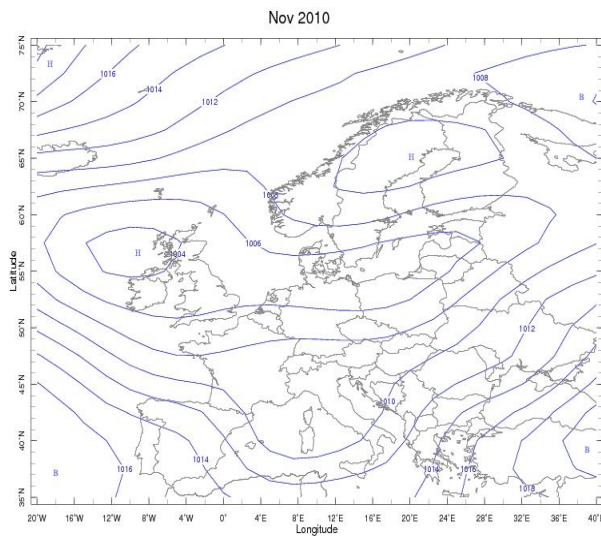
Найбільші відхилення від норми середньомісячної температури повітря у бік перевищення спостерігалися на півночі, північному заході та у центрі країни. Максимальна аномалія у $6,7^{\circ}\text{C}$ виділяється у Житомирі.



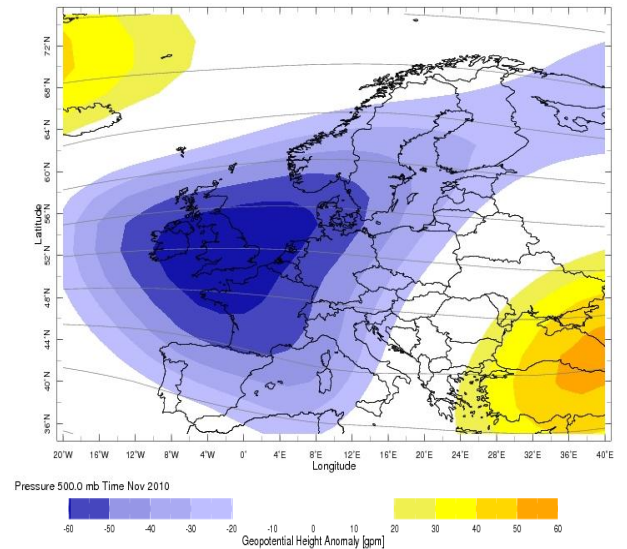
(1)



(2)



(3)



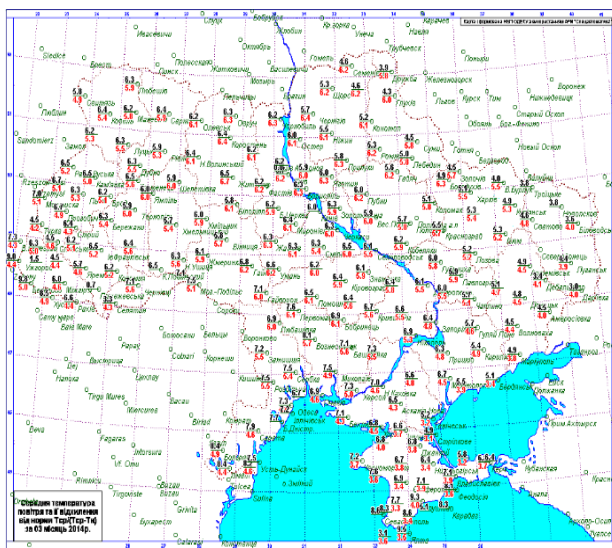
(4)

Рис. 4.26. Карти розподілу метеорологічних величин за листопад 2010 р.:
 (1) - середня температура повітря та її відхилення від норми по Україні;
 (2) - середньомісячна аномалія температури повітря;
 (3) - середньомісячний тиск на рівні моря;
 (4) - середньомісячна аномалія поля H500

Розподіл аномалії температури по європейському регіону та ЄТР ілюструє рис.4.27 (2) – крім західної Європи весь простір і природно-

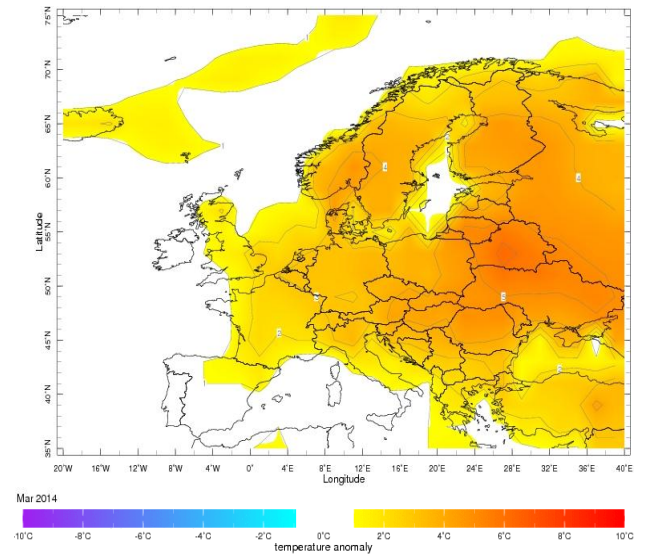
синоптичного району охоплений додатною аномалією з найвищими відмітками над Україною та Білоруссю у 5-6°C.

Структура приземного тиску на рис.4.27 (3) виділяє малоградієнтне баричне поле над Україною, утворене смугою високого тиску з двох масштабних максимумів – азорського із заходу і, ще досить потужного, - сибірського зі сходу. Висотне баричне поле на рівні 500 гПа також характеризується додатною аномалією – практично протягом усього місяця над європейським сектором розміщувалася гребенева структура.

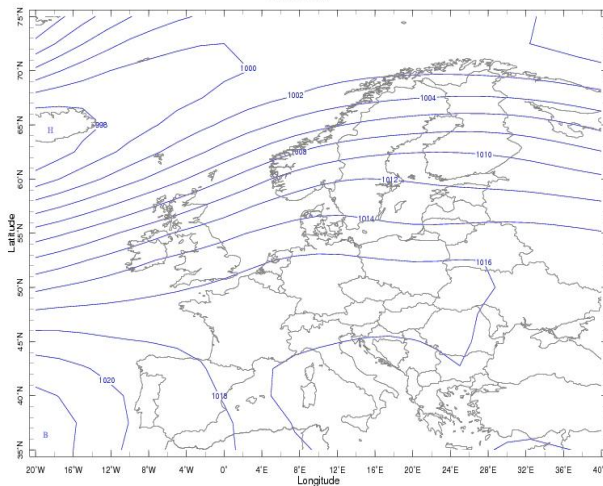


(1)

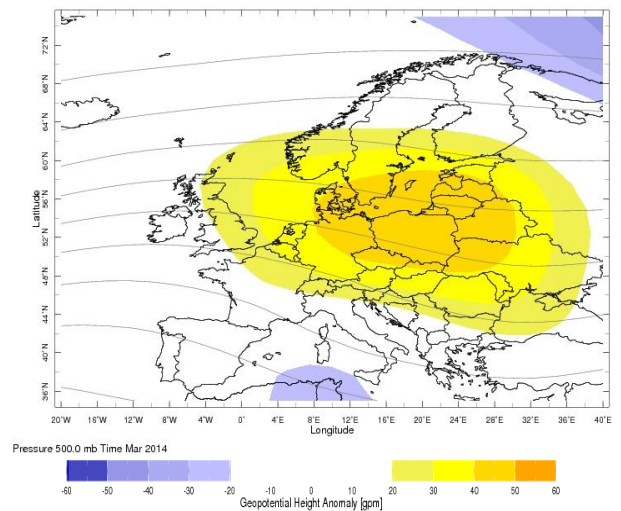
Mar 2014



(2)



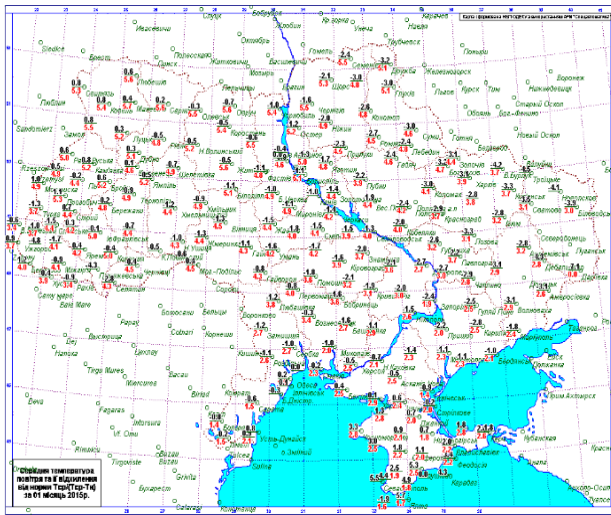
(3)



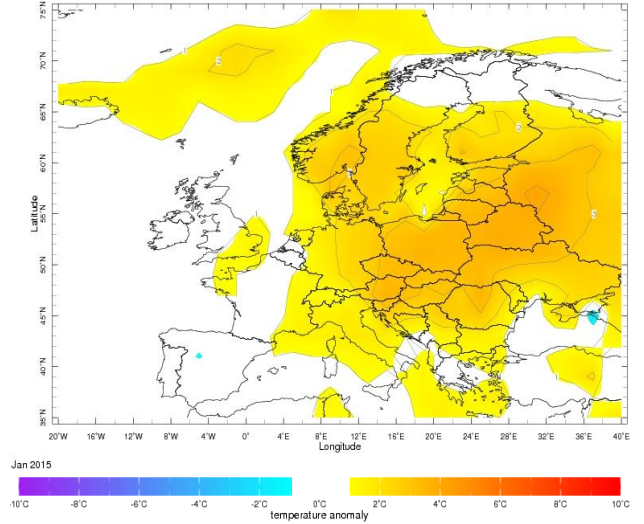
(4)

Рис. 4.27. Карти розподілу метеорологічних величин за березень 2014 р.:
 (1) - середня температура повітря та її відхилення від норми по Україні;
 (2) - середньомісячна аномалія температури повітря;
 (3) – середньомісячний тиск на рівні моря;
 (4) - середньомісячна аномалія поля Н500

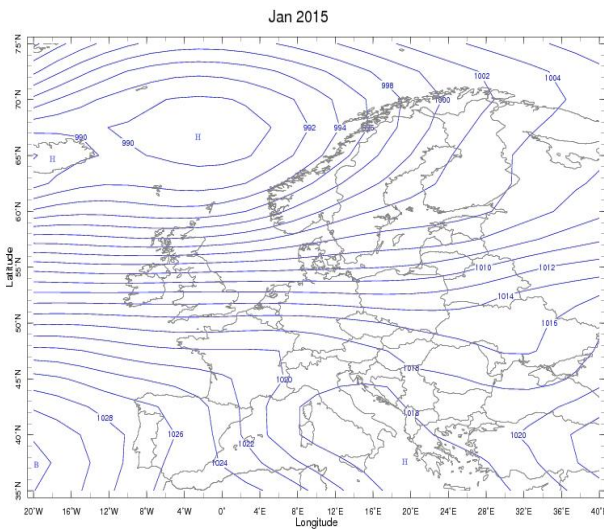
Визначено найтепліший січень – у 2015 р. Знову додатна аномалія температури охоплювала всю територію України і Європи, за виключенням Піренейського півострова, Британських островів та більшої частини Франції – рис.4.28 (1)-(2).



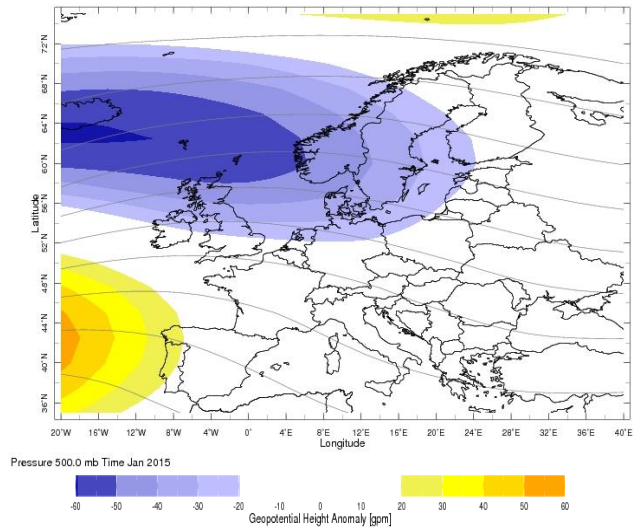
(1)



(2)



(3)



(4)

Рис. 4.28. Карти розподілу метеорологічних величин за січень 2015 р.:

- (1) - середня температура повітря та її відхилення від норми по Україні;
- (2) - середньомісячна аномалія температури повітря;
- (3) - середньомісячний тиск на рівні моря;
- (4) - середньомісячна аномалія поля Н500

Найбільші додатні відхилення у 4-5°C відмічалися на заході, північному заході та півночі з максимумом 5,7°C на Волині.

Баричне поле тропосфери за лютий на рис.4.28 (4) демонструє розподіл H500 у межах кліматичної норми і лише над північною та північно-східною Атлантикою виділяється поглиблений ісландський мінімум. Приземне поле тиску характеризується посиленою зональністю по південній периферії ісландського ЦДА. Такі процеси є типовими – сезонний теплообмін океан-континент визначає більш теплу водну поверхню води і широтне перенесення з Атлантики взимку зумовлює тривалі потепління, відлиги тощо.

Ще більшою аномалією у зимовий період відзначався лютий 2016 р. – рис.4.29. Середньомісячна температура по території України місцями на півдні та заході складала 4...6°C, реєструвалися екстремальні відхилення температури повітря від норми у бік перевищення у 6-8°C на всьому просторі країни. Максимальні відхилення – у східних регіонах: 8,0-8,3°C (рис.4.29(1)).

Розподіл середньомісячної аномалії температури по Європі ілюструє рис.4.29 (2), де чітко видно значні відхилення температури, лише частина Піренейського півострова характеризувалася температурою повітря у межах норми. Екстремальні показники виокремлюються саме над східною Європою та ЄТР – до 6-7°C.

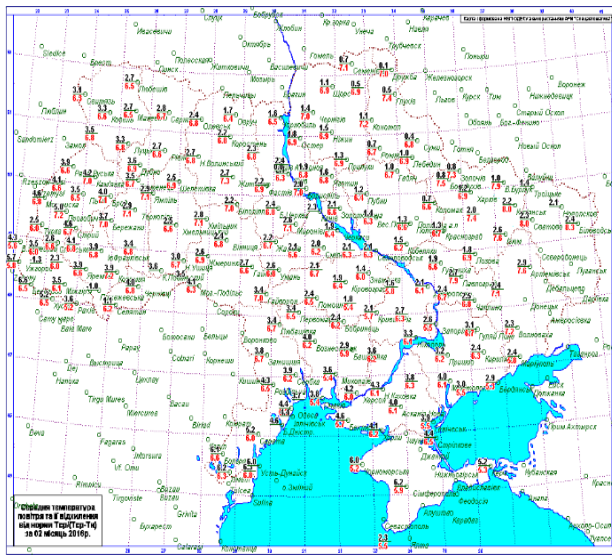
Профіль приземного баричного поля практично ідентичний вище проаналізованому у січні 2015 р. - зональне перенесення з Атлантики взимку визначає підвищення температури на материковій частині – рис.4.29 (3).

Розподіл середньомісячних значень геопотенціалу на рівні 500 гПа виділяє взаємодію двох баричних систем різного знаку – поглиблений ісландський мінімум, дещо зміщений з кліматичного осередку формування на схід до Європи і гребенева структура, що поширюється з Малої Азії на Урал - рис.4.29 (4).

Останнім у часовому ході для розгляду обрано найтепліший грудень – у 2017 р. – рис.4.30.

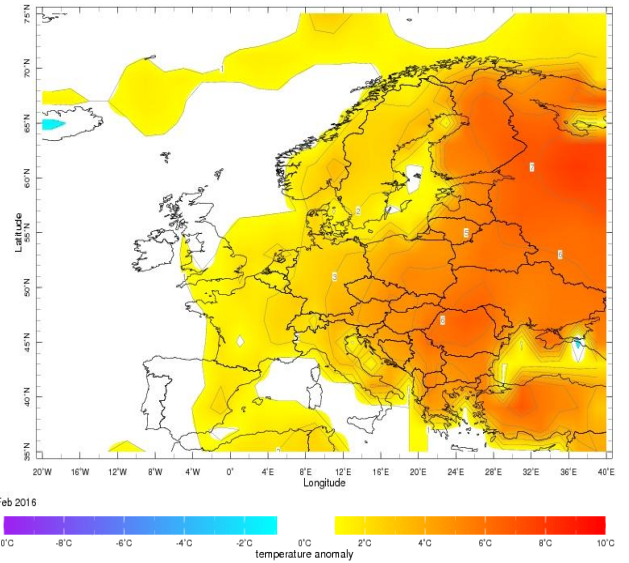
Синоптичний процес практично ідентичний двом попередньо проаналізованим. Таким чином, хвилі тепла в усі зимові місяці були зумовлені зональним типом циркуляції. Хоча в сучасну кліматичну епоху переважають меридіональні процеси, які і визначають комплекси небезпечних явищ та аномального розвитку метеорологічних полів, для зимової додатної аномалії температури повітря є характерним саме перенесення теплого вологого повітря з Атлантики по периферії високих циклонів. Типова ситуація для формування додатної аномалії температури повітря у термобаричному гребені взимку не є характерною, оскільки

вихолоджений континент не підтримує тривале існування гребеневої структури.

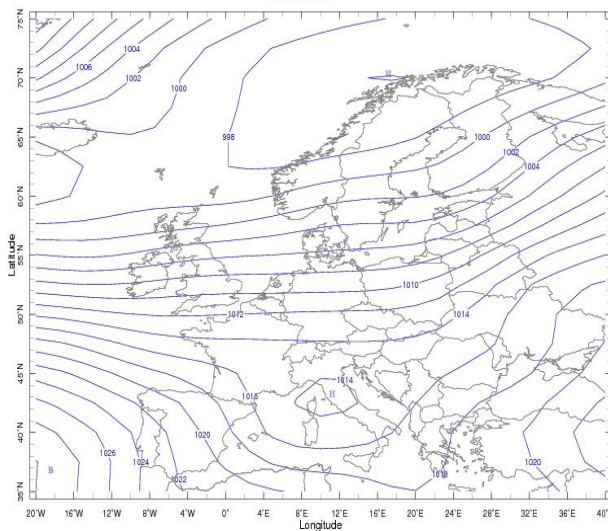


(1)

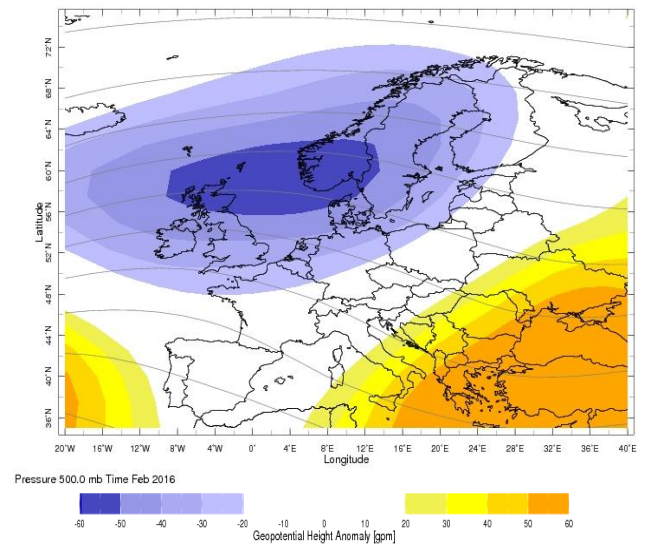
Feb 2016



(2)



(3)



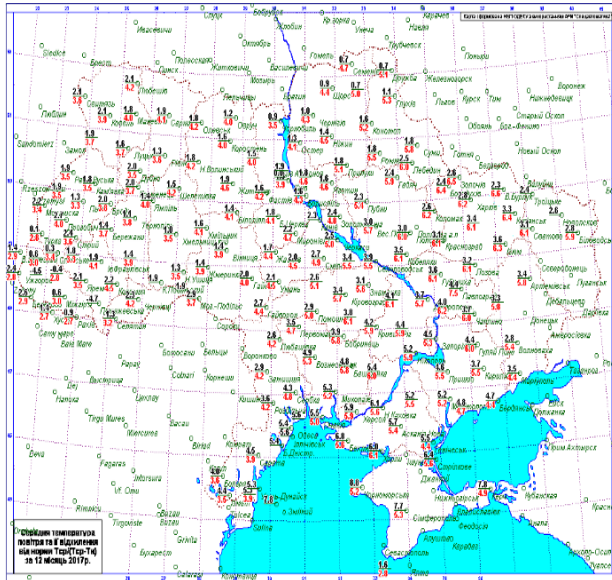
(4)

Рис. 4.29. Карти розподілу метеорологічних величин за лютий 2016 р.:

- (1) - середня температура повітря та її відхилення від норми по Україні;
- (2) - середньомісячна аномалія температури повітря;
- (3) - середньомісячний тиск на рівні моря;
- (4) - середньомісячна аномалія поля H500

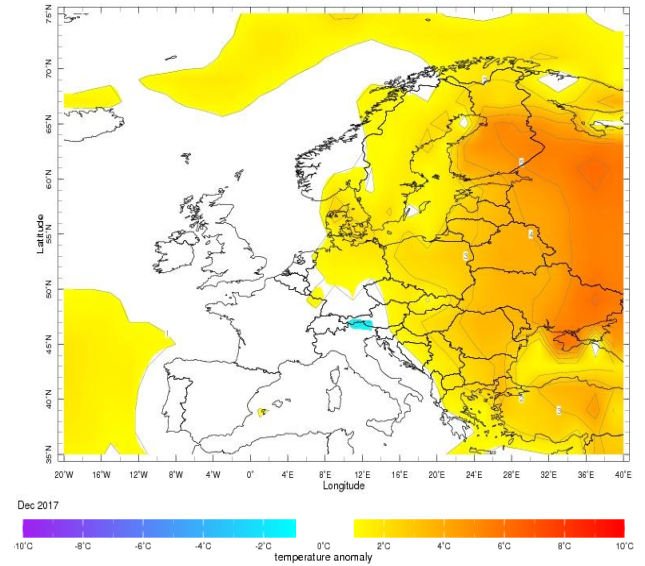
У даному випадку, найбільша додатна аномалія температури охоплювала центральну Росію та схід Європи, а, отже, найвищі показники відхилень припадали саме на схід і південний схід України та АР Крим – до

5-7°C рис. 4.30 (1)-(2). Максимальне відхилення температури повітря від норми в 7,5°C відмічалось у Дніпропетровській області. Загалом середньомісячна груднева температура склала 0..3°C на переважній частині країни і 5-6°C на півдні.

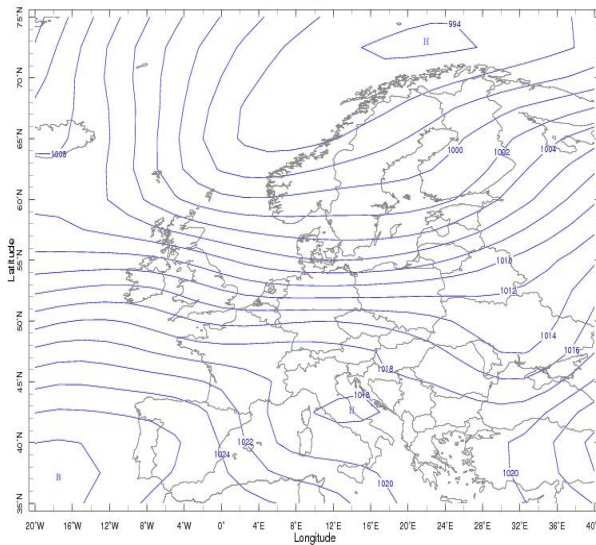


(1)

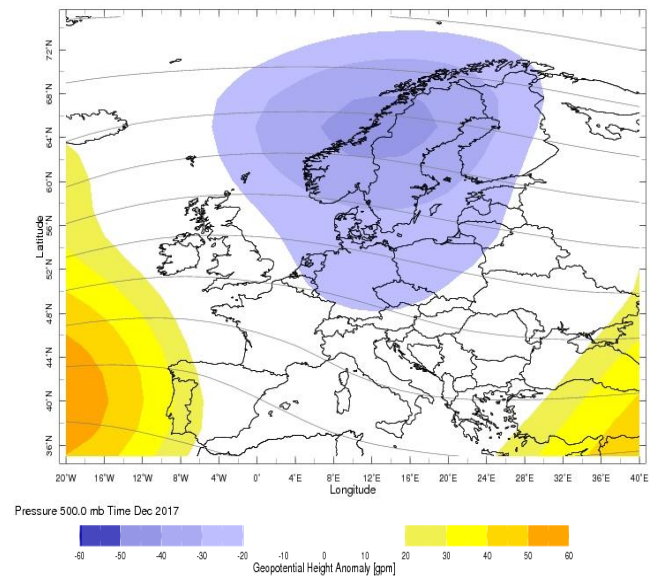
Dec 2017



(2)



(3)



(4)

Рис. 4.30. Карти розподілу метеорологічних величин за грудень 2017 р.:
 (1) - середня температура повітря та її відхилення від норми по Україні;
 (2) - середньомісячна аномалія температури повітря;
 (3) – середньомісячний тиск на рівні моря;
 (4) - середньомісячна аномалія поля H500

4.3 Блокуючий антициклогенез у січні 2010 р.

Одним з синоптичних процесів, що визначають аномальні похолодання над європейським сектором є блокуючий антициклогенез. Взимку такі умови складаються при блокуванні панівного західно-східного перенесення сибірським максимумом. Над територією європейського сектору в сучасну кліматичну епоху спостерігається набагато менше відрогів сибірського антициклону, ніж у попередні десятиліття. Це викликано посиленням зональних процесів над Сибіром, що призвело до зменшення величин від'ємних аномалій приземної температури. Проте, відмічаються роки з посиленням розвитком азійського (сибірського, монгольського) антициклону, яке проявляється у розповсюдженні його відрогів далеко на захід, що обумовлює суворі зими над територією Європи. Найінтенсивніший східний процес відзначався у січні 2010 р.

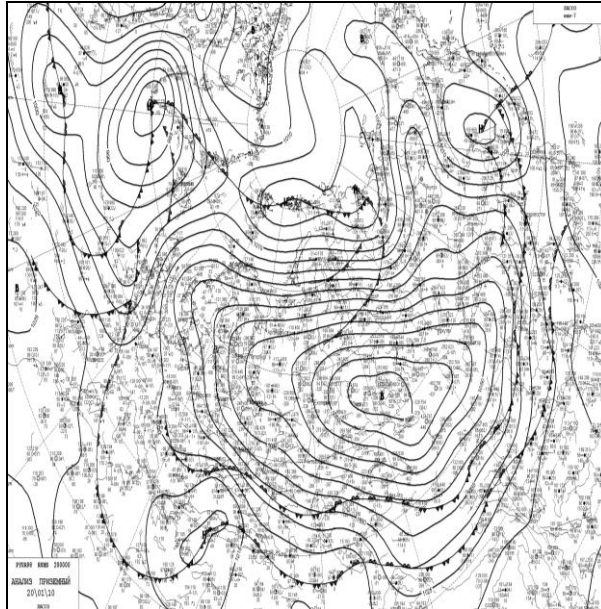
Важливо встановити кількісні показники процесів блокування. При визначенні індексів блокування використані дані ре-аналізу Національного центру передбачення клімату США NCEP/NCAR поля геопотенціалу на рівні 500 гПа у межах сітки значень з просторовою розв'язкою: 0–180° сх.д. і 35 – 90° півн.ш. Чисельний експеримент полягає у розрахунку індексів блокування за методикою Лейєнаса і Окланда $I(\lambda)$ за щоденними даними ре-аналізу поля геопотенціалу H500, який враховує меридіональний профіль геопотенціалу, відповідно до об'єктивних методик [16].

На початку січня конфігурація поля H500 виділяє блокуючу систему за типом «диполь», а надалі до 18 січня - «меридіональний гребінь» (рис.4.31).

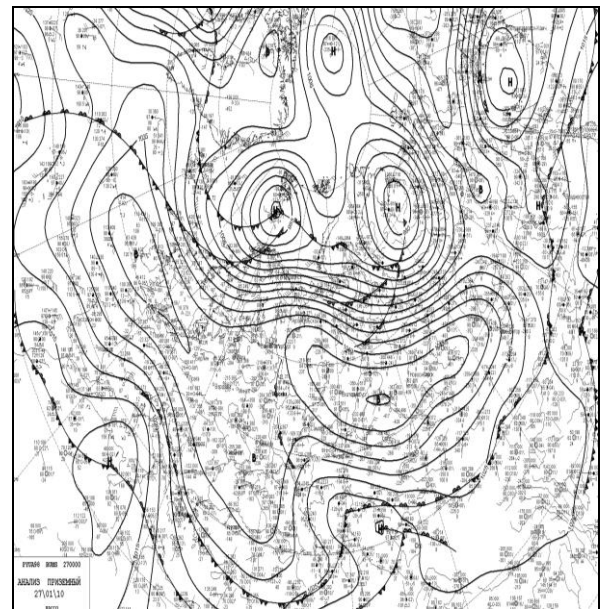
Для наочності побудовані поля розподілу індексів блокування $I(\lambda)$, блокам відповідають від'ємні значення індексу: $I(\lambda) < 0$ (рис.4.32).

7–8 січня 2010 р. основний осередок від'ємних значень індексу блокування відповідає південній периферії сибірського антициклону і локалізується над Монголією і півднем західносибірської рівнини ($I(\lambda) = -193$). Від 9 січня виділяється нова область зі значимими індексами $I(\lambda)$, яка не змінює положення і інтенсивності до кінця періоду над заходом Середземного моря, Піренейми і Францією ($I(\lambda) = -192$). Від 12 січня відбувається опускання на ЄТР ядра антициклону з північного сходу, якому відповідають значимі індекси блокування і формування смуги з північного заходу на південний схід з від'ємними числами критерію блокування до -193. 20 – 21 січня з'являються від'ємні позначки критерію на південно-західній

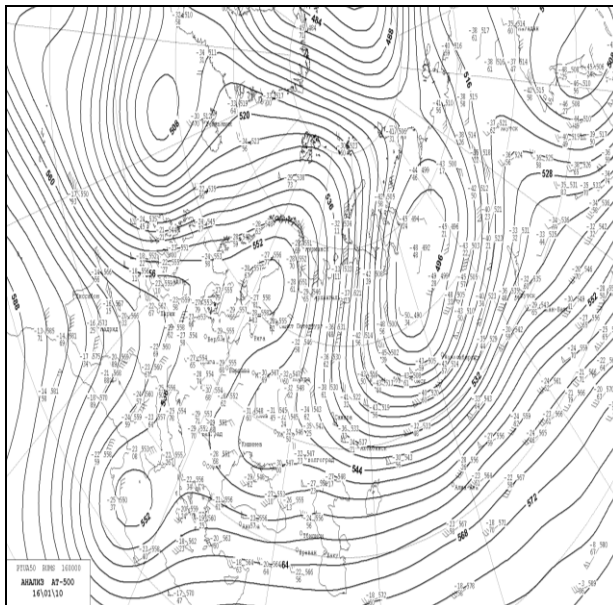
окраїні вихору над східною Європою ($I(\lambda) = -139$ і посилення блоку у високих широтах вздовж 140° сх.д., особливо високі значимі індекси блокування відмічаються 22–24 січня - до -340 . Ця область відповідає потужному осередку холоду над Якутією.



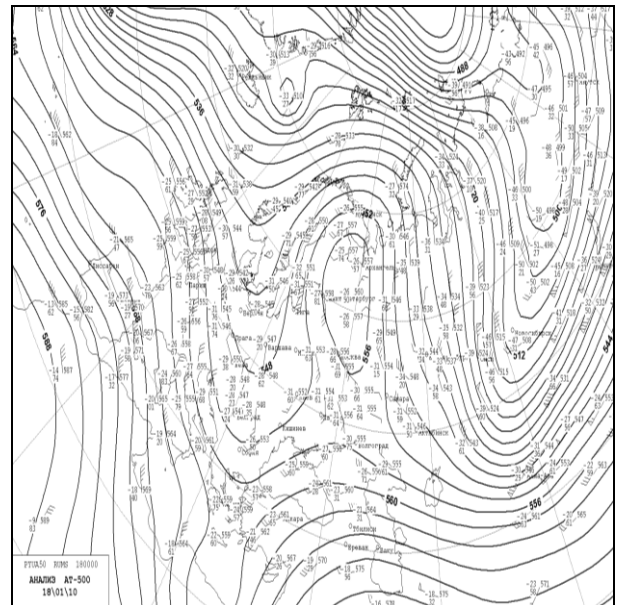
(a)



(б)



(в)



(г)

Рис. 4.31. Приземні карт погоди: (а) – 20.01.2010 р.; (б) – 27.01.2010 р.;
карти АТ-500: (в) – 16.01.2010; (г) - 18.01.2010 р., 00 UTC

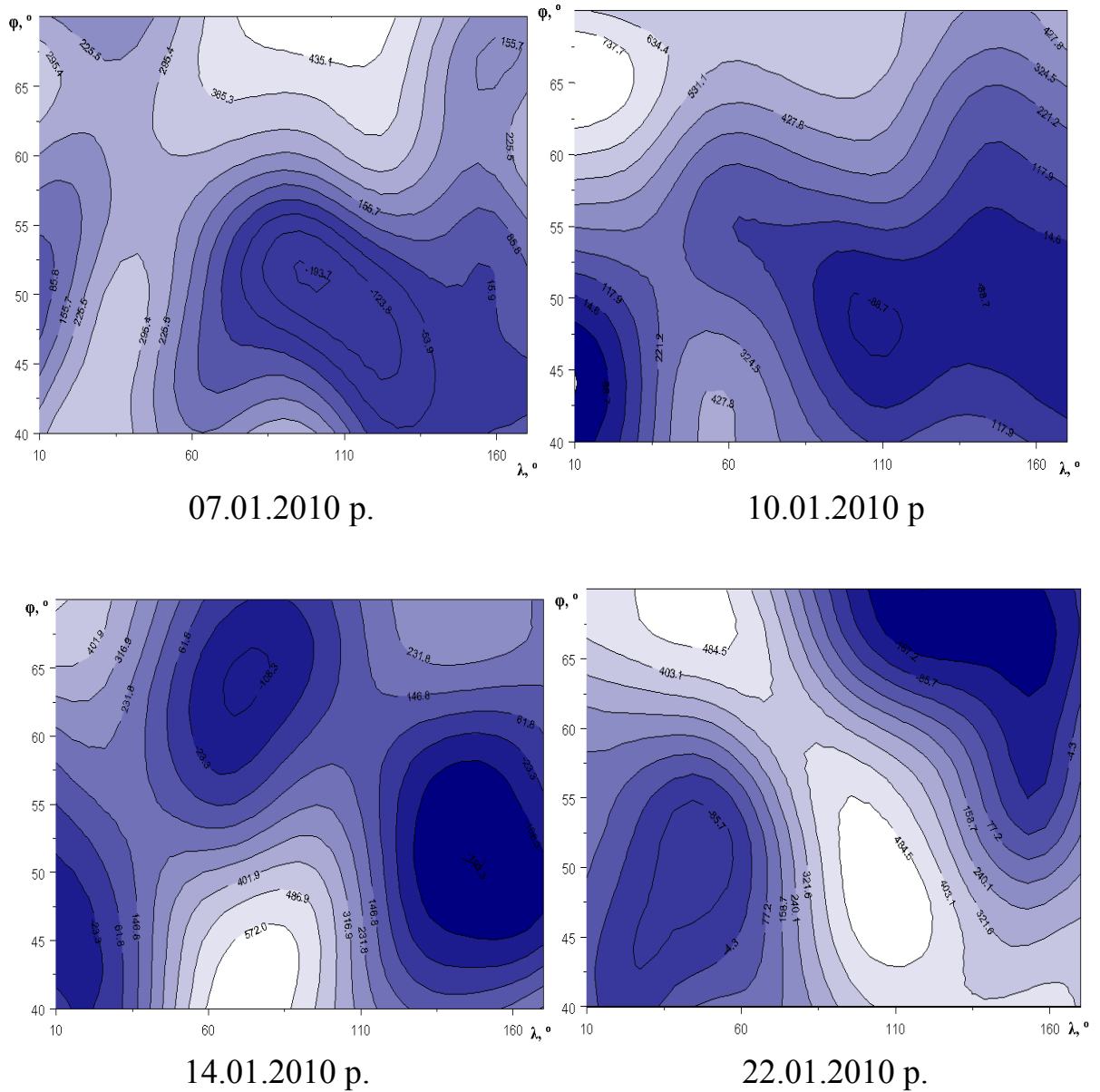


Рис. 4.32. Поля індексів блокування $I(\lambda)$

Отже, стаціонавання антициклонів над переважною частиною європейського сектору у цей інтервал часу відповідає областям від'ємних значень індексу блокування, що добре узгоджується з непрямыми ознаками блокування при аналізі синоптичних карт.

ВИСНОВКИ

У роботі досліджено температурні аномалії холодного півріччя у 2009-2018 р. Виконаний аналіз дозволяє зробити наступні висновки:

1. За даними розподілу температури повітря по станціях Одеса, Київ, Харків, Львів досліджені додатні і від'ємні відхилення від кліматичної норми. У січні середньомісячні температури повітря на цих станціях здебільшого були вище норми, за виключенням 2-3 років, на станції Київ – один рік. Максимальна додатна аномалія становила 4-5°C У Києві та Львові. Найбільші від'ємні відхилення складала 3,8°C. У лютому тенденція зберігається – до 2-3 років, з найбільшими від'ємними аномаліями до 4-5°C у 2011 і 2012 рр. Додатні відхилення найбільші у 2016 р. – до 6-7°C. У березні від'ємні аномалії температур відмічалися у 3-4 роках, з найвищими показниками у 2018 р. до 2-3 °C. Додатні аномалії були найбільші в 2014 і 2017 рр. до 4-6°C. Температурі відхилення у листопаді носили змінний коливальний характер, але домінувала додатна аномалія з максимумом у 5-7°C 2010 р. Від'ємна аномалія не перевищувала 2°C. Розподіл температури повітря за грудень показує переважання додатних відхилень з найбільшими відмітками в 2011, 2015 і 2017 рр. до 5°C; від'ємна аномалія в окремих роках складала до 3°C.
2. Виділено і проаналізовано місяці з найбільшими додатними і від'ємними аномаліями над Європою. Це найхолодніші місяці - січень 2010 р., грудень 2010 р., лютий 2012 р., березень 2018 р., листопад 2018 р. і найтепліші місяці: листопад 2010 р., березень 2014 р., січень 2015 р., лютий 2016 р., грудень 2017 р.
3. Серед холодних місяців найбільша аномалія виділялась у січні 2010 р. - відхилення до 5-6°C та лютий 2016 р. – аномалії до 6°C.
4. Серед теплих місяців аномальний хід температури припадає на грудень 2017 р. – додатні відхилення від норми складала до 7°C. Хвилі тепла в усі зимові місяці були зумовлені зональним типом циркуляції при перенесення теплого вологого повітря з Атлантики по периферії високих циклонів.

5. Температурні режими листопада практично усіх досліджуваних років характеризувалися додатними аномаліями температури на території України, лише у 2018 р. відмічалися незначні від'ємні відхилення.
6. Досліджено циркуляційні умови формування найбільших від'ємних аномалій температури повітря над європейським сектором у січні 2010 р. – блокування панівного західно-східного перенесення сибірським максимумом. Визначено якісні і кількісні показники процесів блокування. На початку січня конфігурація поля H500 виділяє блокуючу систему за типом «диполь», а надалі до 18 січня - «меридіональний гребінь». Розраховано індекси блокування за методикою Лейєнаса і Окленда $I(\lambda)$, стаціонування антициклону над переважною частиною європейського сектору відповідає областям від'ємних значень індексу блокування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабиченко В.Н., Адаменко Т.И., Бондаренко З.С., Николаева Н.В., Рудишина С.Ф., Гущина Л.М. Экстремальная температура воздуха на территории Украины в условиях современного климата // Глобальные и региональные изменения климата. Киев, Ника-Центр, 2011. С.161–173.
2. Базалєєва Ю.О., Балабух В.О. Повторюваність, тривалість та інтенсивність блокувальних процесів, що зумовлюють аномальні погодні умови в Україні // Наук. праці УкрНДГМІ. 2016. Вип. 268. С.44-51.
3. Груза Г.В., Коровкина Л.В. Сезонные особенности пространственного распределения индексов блокирования в Северном полушарии / Метеорология и гидрология, 1991. № 3. С.108-110.
4. Кліматичний Кадастр України (електронна версія) Державна гідрометеорологічна служба УкрНДГМІ. Центральна Геофізична Обсерваторія. К., 2006.
5. Коровкина Л.В. Сравнительный анализ методов определения блокирующих ситуаций в атмосфере // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1989. Вып. 306. С.106-112.
6. Климат Украины / Під ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ. Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
7. 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.
8. Логинов В.Ф. Тренды, «скачки» и паузы в изменении глобального и регионального климата и их возможные причины // Український географічний журнал. 2015, №1. С.12-19.
9. Логинов В.Ф. Сезонные особенности многолетних изменений глобального климата и их причины // Український географічний журнал. 2013, №2. С.23-29.
10. Логвинов К.Т., Бабиченко В.Н., Кулаковская М.Ю. Опасные явления погоды на Украине. Л.: Гидрометеоздат, 1972. С.197 - 207.
11. Лялько В.І., Єлістратова Л.О., Кульбіда М.І., Апостолов О.А., Барабаш М.Б. Парниковий ефект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки // Український журнал дистанційного зондування Землі. 2015. Вип.6. С.33-63.

- 12.Мартазинова В.Ф., Остапчук В.В. Взаимосвязь процессов циркуляции в тропосфере и стратосфере при кратковременных и длительных потеплениях и похолоданиях в Украине // Наук. праці УкрНДГМІ. 2004. Вип. 253. С.28-36.
- 13.Морозова С.В. Прогноз волн тепла и холода для Саратовской области с использованием физико-статистического метода В.Ф. Мартазиновой «плавающий аналог» // Труды ГМЦ России. 2017. Вып.363. С.138-159.
- 14.Осадчий В.І., Бабіченко В.М. Динаміка стихійних метеорологічних явищ в Україні // Український географічний журнал. 2012. № 4. С. 8-14.
- 15.Самчук Є.В. Просторово-часова мінливість атмосферного блокування на території Євроатлантичного сектору Північної півкулі за період 1976-2015 роки. Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Серія: Геологія. Географія. Екологія. 2017. Вип.47. С.160-168.
- 16.Синоптико-климатическая характеристика процессов блокирования в атмосфере. Обзорная информация / Под ред. Н.А. Иванова, Л.В. Гришкина // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 1989. Вып.2. 53 с.
- 17.Шерстюков Б.Г. Изменения, изменчивость и колебания климата. Изд. ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», Обнинск 2011, 293 с.
- 18.http://iridl.ldeo.columbia.edu/maproom/Global/Atm_Temp/Anomaly.html
- 19.[http://rp5.ua/Погода в мире](http://rp5.ua/Погода_в_мире)
- 20.<http://www2.wetter3.de/fax> <http://www.wetterzentrale.de/>

Додаток А

Довідка

кафедри метеорології та кліматології
до магістерської кваліфікаційної роботи
маг. гр. МЗМ-18 Кияненко Ірини Ігорівни

на тему

«Особливості поля температури холодного періоду на території України
у 2009-2018 рр.»

Виконання магістерської кваліфікаційної роботи проведене в рамках бюджетної кафедральної тематики «Динаміка зональних екстремальних погодних явищ та їх чисельне моделювання в змінних кліматичних умовах в Україні» №0116u002403. Результати, отримані в магістерській кваліфікаційній роботі можуть бути використані у розділах звіту з науково-дослідної роботи кафедральної теми.

В.о. зав. кафедри

/Прокоф'єв О.М./