

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра метеорології та кліматології

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему «Характеристики заморозків на Кіровоградщині»

Виконав магістр 2 курсу групи МНЗ- 61з/ф
спеціальності 103 - “Науки по Землю”
Плисенко Ольга Миколаївна

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

Рецензент к.геогр.н., доц.
Вольвач Оксан Василівна

Одеса - 2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ Магістерської та аспірантської підготовки _____
Кафедра _____ метеорології та кліматології _____
Рівень вищої освіти _____ магістр _____
Спеціальність _____ 103 “Науки про Землю” _____
Освітня програма _____ Метеорологія _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____ Івус Г.П.

_____ “ 23 ” березня 2018 року _____

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Плисенко Ользі Миколаївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ Характеристики заморозків на Кіровоградщині _____
керівник роботи _____ Нажмудінова Олена Миколаївна к.геогр.н., доц.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 09 березня 2018 року № 47-С

2. Строк подання студентом роботи _____ 01 червня 2018 р.

3. Вихідні дані до роботи: метеощорічники по Кіровоградській області складені за даними спостережень метеостанцій області АМСЦ Кропивницький та Кіровоградського центру з гідрометеорології за період 2013-2017 рр; результати наземних метеорологічних спостережень; дані температурно-вітрового зондування; карти, таблиці і зведення про штормові явища погоди та СГЯ; дані системи Internet.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Вибір, аналіз та систематизація наукової літератури за напрямком дослідження. 2) Формування вибірки вихідної інформації повторюваності заморозків у 2013-2017 рр. по 8 пунктах Кіровоградської області: Бобринець, Гайворон, Долинська, Знам'янка, Кіровоград, Новомиргород, Помічна, Світловодськ. 3) Визначення статистичних характеристик повторюваності пізніх і ранніх заморозків, заморозків у повітрі і на поверхні ґрунту, тривалості беззаморозкового періоду. 4) Аналіз особливостей циркуляційних умов формування небезпечних заморозків у травні 2017 р.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 - таблиці статистичних характеристик повторюваності заморозків;
 - гістограми, діаграми повторюваності заморозків

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 23.03.2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			У %	За 4-х бальною шкалою
1	Огляд наукової літератури, сучасних публікацій за темою дослідження. Формування теоретичної частини роботи.	07.04.2018	100	відмінно
2	Вибір вихідних даних, робота з архівними матеріалами. Робота в мережі Internet, пошук необхідної інформації.	21.04.2018	100	відмінно
3	Складання таблиць, додатків, побудова гістограм.	30.04.2018	85	добре
	Рубіжна атестація	30.04 – 06.05.2018	95	відмінно
4	Проведення аналізу статистичних характеристик повторюваності заморозків.	20.05.2018	85	добре
5	Складання висновків. Кінцеве редагування тексту. Підготовка презентації і доповіді до захисту матеріалів магістерської роботи.	01.06.2018	80	добре
Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)			90	відмінно

Студент _____ Плисенко О.М.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Характеристики заморозків на Кіровоградщині»

Автор: Плисенко Ольга Миколаївна.

Актуальність дослідження формулюється тим, що заморозки є одним з небезпечних явищ погоди для народного господарства, транспорту і найбільш небезпечним для сільського господарства.

Мета роботи: визначення особливостей формування заморозків на території Кіровоградської області.

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

- проведений аналіз повторюваності заморозків по території Кіровоградської області;
- визначено середні, ранні та пізні дати встановлення заморозку навесні та восени;
- виділено особливості річного розподілу заморозків по станціям області;
- встановлено особливості метеорологічних умов вегетаційного періоду по станціях Кіровоградської області;

Об'єкт дослідження: заморозки.

Предмет дослідження: статистичні характеристики заморозків.

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

Наукова новизна отриманих результатів. У роботі використані дані розподілу заморозків по території Кіровоградської області в останніх п'яти роках. Визначено статистичні характеристики процесів заморозкоутворення в умовах сучасних змін регіонального і глобального клімату.

Практичне значення отриманих результатів. Статистичні характеристики розподілу заморозків можуть бути використані для уточнення прогностичних методик, при складанні штормових попереджень про небезпечні та стихійні гідрометеорологічні явища, для покращення якості агрометеорологічних прогнозів, прогнозів врожайності і валового збору сільгоспкультур.

Магістерська кваліфікаційна робота в обсязі 64 сторінки складається з 4 розділів, висновків, переліку посилань з 15 джерел, 2-х додатків, містить 35 рисунків та 8 таблиць в основному тексті.

Ключові слова: перші і останні заморозки, повторюваність, тривалість безморозного періоду.

SUMMARY

Theme of master's qualification works «Characteristics of frosts in the Kirovograd region».

Author: Plysenko Olga.

The study is formulated in that frosts are one of the dangerous weather phenomena for the economy, transport and the most dangerous for agriculture.

Objective: definition of the characteristics of the formation of frost in the territory of the Kirovograd region.

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

- an analysis of the frequency of frosts in the territory of the Kirovograd region was conducted;
- defined the average, early and late dates for frosts in spring and autumn are;
- features of the annual distribution of frost at the stations of the region are highlighted;
- the peculiarities of the meteorological conditions of the vegetation period at the stations of the Kirovograd region were determined.

Object of study: frost.

Subject of research: statistical characteristics of frost.

Research methods: synoptic-climatic analysis, spatial-temporal generalization.

The scientific novelty of the obtained results. The data of the distribution of frost on the territory of Kirovograd region in the last five years have been used in this work. The statistical characteristics of the processes of frost formation in the conditions of modern changes of the regional and global climate are determined.

Practical significance of the obtained results. The statistical characteristics of the distribution of frosts can be used to specify prognostic techniques, storm warning about dangerous and natural hydrometeorological phenomena, to improve the quality of agrometeorological forecasts, yield forecasts and gross agricultural crops.

Master's qualification work in volume 64 pages consists of 4 sections, conclusions, list of references from 15 sources, two annexes, contains 35 figures and 8 tables in the main text.

Keywords: first and last frost, repeatability, the length of the frost-free period.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Загальні характеристики регіону дослідження.....	8
2 Заморозки.....	13
2.1 Визначення та класифікація.....	13
2.2 Циркуляційні умови утворення заморозків.....	15
2.3 Вплив пізніх заморозків на сільське господарство.....	17
2.4 Просторовий розподіл заморозків на території України.....	19
3 Прогноз заморозків	22
4 Дослідження заморозків в Кіровоградській області у 2013-2017 рр...	29
4.1 Статистичні характеристики заморозків.....	29
4.2. Зміни показників заморозкоутворення.....	44
4.3 Умови формування небезпечних заморозків над Кіровоградською областю 10-11 травня 2017 р.....	50
Висновки.....	59
Перелік посилань.....	61
Додаток А. Довідка.....	62
Додаток Б. Вихідні дані.....	63

ВСТУП

У даній магістерській роботі досліджуються заморозки на території Кіровоградської області.

Розглянута тема є актуальною, оскільки заморозки є одним з небезпечних явищ погоди для народного господарства, транспорту і найбільш небезпечним для сільського господарства.

Заморожок - це короточасне зниження температури приземного шару повітря і (або) поверхні ґрунту до слабо від'ємних значень або до 0°C на загальному фоні додатної температури. Виділяють критерій стихійного заморозку - це зниження температури нижче 0 °C в вегетаційний період у випадку, якщо площа, охоплювана дією явища, складає не менш 1/3 площі району, області, країни.

Стійкість рослин до заморозків і ступінь їхнього ушкодження різні, і залежить від часу настання, інтенсивності і тривалості заморозку, а також від стану самої рослини - фази його розвитку, культури, сорту й умов агротехніки. Найбільшу небезпеку для трав'янистих рослин і плодових культур представляють пізні весняні заморозки, оскільки рослини в цей час інтенсивно вегетують. Виникнення заморозків після високих середньодобових температур весняного сезону на фоні загального потепління ще більше посилює їх негативний вплив.

На розподіл та інтенсивність заморозків, крім зональних закономірностей і синоптичних процесів, значно впливає характер підстильної поверхні. Нерідко вирішальне значення мають місцеві умови (форми рельєфу, близькість великих водойм, міст, фізичні властивості ґрунту), залежно від яких початок і закінчення заморозків може суттєво відрізнитися у близько розташованих пунктах.

Для проведення своєчасних захисних заходів важливу роль відіграє завчасне попередження зацікавлених організацій про очікуваний заморожок, у якому повинна бути вказана територія, де поява заморозку найімовірніша, а також передбачувана його інтенсивність і тривалість. Для ефективного прогнозу заморозків важливий прогноз остаточного переходу на літній режим погоди (стійкий перехід через 15 °C), що повинно свідчити про усунення вірогідності виникнення цього явища. За допомогою довгострокового фонового прогнозу можна встановити ймовірні терміни настання заморозків.

Метою роботи є визначення особливостей формування заморозків на території Кіровоградської області в умовах змін регіонального і глобального клімату.

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

У якості вихідної інформації використані дані АМСЦ Кропивницький та Кіровоградського центру з гідрометеорології (ЦГМ).

Дипломний проект складається з 4 розділів.

Перший розділ містить коротку фізико-географічну та кліматичну характеристику регіону дослідження.

У розділі 2 наведені теоретичні викладення щодо досліджуваного явища, а саме: класифікація заморозків, основні синоптичні ситуації, які обумовлюють формування заморозків, характеристики пізніх заморозків і їх вплив на сільське господарство України. Окремо виділено середньокліматичний розподіл заморозків по території України та сучасні зміни поширення заморозків.

Розділ 4 містить практичну частину дослідження. За даними 8 станцій Кіровоградської області (Бобринець, Гайворон, Долинська, Знам'янка, Кіровоград, Новомиргород, Помічна, Світловодськ) проаналізовано статистичні характеристики заморозків за період 2013-2017 рр. Визначено дати пізніх і ранніх заморозків, тривалість безморозного періоду, характеристики температурного поля.

Дослідження проведене в рамках замовлення Кіровоградського обласного центру з гідрометеорології з метою практичного використання для метеорологічного обслуговування інформації про характеристики та формування заморозків на Кіровоградщині (Додаток А, запит).

1 ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГІОНУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Площа Кіровоградської області складає 24 588 км² (4,07% загальної території України). Довжина області з півночі на південь - майже 148 км, із заходу на схід - 335 км.

Кіровоградська область на півночі межує з Черкаською, на північному сході з Полтавською, на сході та південному сході з Дніпропетровською, на півдні з Миколаївською та Одеською, на заході з Вінницькою областями (рис.1.1).

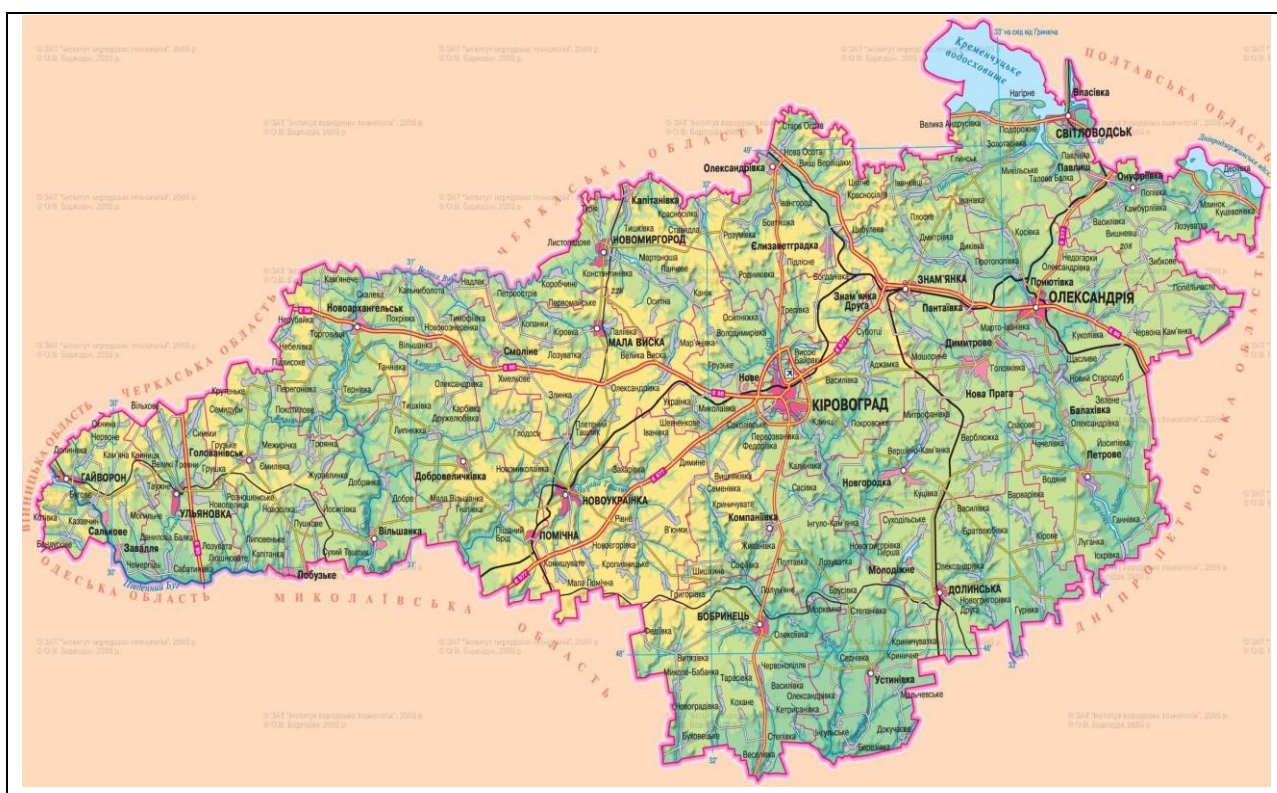


Рис.1.1. Географічна карта Кіровоградської області

Область має вихід до Дніпра (Кременчуцьке водосховище). Практично вся територія області розташована на правому березі Дніпра. Основна частина області знаходиться на Придніпровській височині. Поверхня області – хвиляста підвищена рівнина, розчленована річковими долинами, балками, ярами та сучасними ерозійними процесами. Найбільш розчленованою є північно-східна частина області – Дніпровсько-Інгулецьке межиріччя. Висота її над рівнем моря сягає 267 м, а загальний нахил спрямований на південь, відповідно до напрямку численних рік і річок, що впадають у Чорне море.

Басейни річок розділені великими вододільними просторами – плато, що є найбільш характерними для рельєфу Кіровоградської області. Ріки області належать басейнам Дніпра і Південного Бугу. У Дніпро впадають - Тясмин, Інгулець і Цибульник; у Південний Буг - Інгул, Синюха і Синиця. Природних озер на території області немає. Таке місце розташування обумовлює дуже нерівний горбистий рельєф, на території області знаходиться велика кількість балок і ярів. Дуже актуальною проблемою є водна ерозія ґрунтів [1].

Західна частина області відзначається, навпаки, рівним рельєфом. Центральна частина області характеризується широко- і середньохвилястим рельєфом, але й тут різко виділяються схили, прилеглі до річкових долин, густо помережані балками і ярами.

Кіровоградська область розташована в центрі України на межі двох ґрунтово-кліматичних зон – Степу та Лісостепу.

Відповідно до цього, північна частина області відноситься до Лісостепу, південна – до північного Степу. Клімат області помірно-континентальний, з добре вираженими порами року. Північно-західна Лісостепова частина області знаходиться під більшим впливом вологих повітряних мас з Атлантичного океану. На південну та східну Степову частину області західні повітряні потоки також впливають, але ця територія зазнає більшого впливу континентальних повітряних мас, що надходять з Арктики та Азії. Через це клімат північно-західної частини області є трохи м'якшим, ніж південно-східної. Північно-західна та північна частини області належать до недостатньо вологої, теплої, а південна і східна – до посушливої, дуже теплої агрокліматичної зони.

Середня річна температура повітря на території Кіровоградської області з 1990 по 2013 рр. коливалася від 7,5 °С до 10,5 °С (2007 р.). Середньорічна температура повітря у порівнянні з кліматичною нормою 1961-1990 рр. збільшилась: за період 1990-1999 рр. на 0,4 °С і за період 2000-2013 рр. на 1,2 °С.

Значне і стійке підвищення температурного режиму спостерігалось у холодні місяці року: січні, лютому і березні. Порівняно з кліматичними нормами температура січня збільшилася на 2,1 °С, лютого і березня на 1,4-1,5°С. Також за останні 24 роки істотно потеплішав липень і серпень. Середня температура липня становила 21,1...22,4 °С, серпня 20,1...21,3 °С, що вище кліматичної норми відповідно на 1,6 °С та 1,2 °С. Протягом усього періоду спостережень липень в середньому залишався найтеплішим місяцем року, а січень – найхолоднішим.

Середньорічна сума опадів за 1990-2013 рр. на території Кіровоградської області становила 527-605 мм (середня по області 550 мм), що перевищує кліматичну норму на 13-15 мм (норма 537 мм).

Середня дата останнього заморозку навесні – 20 квітня (найбільш рання – 01 квітня; найбільш пізня – 07 травня); середня дата першого заморозку восени – 11 жовтня (найбільш рання – 28 вересня; найбільш пізня – 25 жовтня); середня тривалість безморозного періоду 173 дні, в окремі роки вона коливалась від 156 до 190 днів [1].

На території області розміщений Кіровоградський обласний центр з гідрометеорології (Кіровоградський ЦГМ), який підпорядковується Українському гідрометеорологічному центру і є бюджетною організацією, що знаходиться у сфері управління Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Аеропорт Кіровоград - український аеропорт, розташований у Кропивницькому. На сьогодні Кіровоградський аеропорт не існує як цілісна організація. Злітна смуга, придатна для польотів, знаходиться у власності Державної літної академії.

Координати контрольної точки аеродрому Кіровоград - N48°32' 29" E32° 16' 58". Висота контрольної точки аеродрому над рівнем моря складає +173,7 м. Нуль барометра над рівнем моря +171,3 м.

Аеродром Кіровоград знаходиться у другому часовому поясі. Магнітне схилення +7°. Аеродром Кіровоград державний, класу Д, має діючу ЗПС з МК 154° - 334°, довжиною 1301 м, покриту асфальтобетоном, оснащenu світлосигнальним обладнанням системи ВМІ типу М-2 (без вогнів наближення).

Аеродром впритул прилягає до північно-східної околиці міста Кропивницький (рис.1.2).

Поверхня аеродрому рівна з невеликими нахилами на південний схід та північний захід. Грунт – супіщаний чорнозем з трав'яним покривом.

Навколо аеродрому рельєф місцевості майже рівний. Він перетинається долиною річки Інгул, яка огинає аеродром на північному заході, заході та південному заході, а також численними балками. На відстані 3-7 км на північному заході від аеродрому знаходяться великі Лелеківське та Обознівське водосховища. За 1,5-2 км в тому ж напрямку є невеликі водоймища. Між вказаними водоймищами та Лелеківським водосховищем розташовані масиви хвойних лісів. З півночі та сходу аеродром оточений

садовими насадженнями. На відстані 2-3 км на схід знаходиться невеликий масив лісу листяних порід.



Рис. 1.2. Схема розташування льотного поля та аеропорту Кіровоград

Кіровоградський аеродром розміщений на південно-східному краю Придніпровської височини, на межі степової та лісостепової зони.

АМСЦ Кропивницький розташована в зоні помірно-континентального клімату і відноситься до помірно-посушливого, теплого агрокліматичного району.

Середня річна температура повітря за період 2005-2009 рр. складає $9,4^{\circ}\text{C}$, від'ємні середньомісячні значення температури спостерігаються в період з грудня по лютий. Найнижчі температури повітря відмічаються з грудня по березень. Найхолоднішим місяцем є січень з середньомісячною температурою $-3,1^{\circ}\text{C}$ та абсолютним мінімумом у цьому ж місяці $-27,8^{\circ}\text{C}$.

Максимальні температури повітря реєструються з травня по вересень. Найбільш теплим місяцем протягом року є липень, середньомісячна температура складає $21,5^{\circ}\text{C}$. Абсолютний максимум становить $37,8^{\circ}\text{C}$ і спостерігається у серпні.

Стійкий сніговий покрив утримується тільки в окремі роки, в середньому 75 днів за рік. Часті відлиги в більшості випадків частково або повністю руйнують сніговий покрив. Середня кількість днів з відлигами в холодний період – 47. Відлиги, як правило, спостерігаються при виході на територію України південних та південно-західних циклонів.

Опади протягом року розподіляються нерівномірно. В літні місяці в середньому їх випадає > 50 мм за місяць, в основному зливого характеру. Взимку місячна кількість опадів вдвічі менша і складає близько 30 мм. Середня річна кількість опадів складає 501 мм.

Для району аеродрому характерна дещо підвищена грозова діяльність у порівнянні з навколишніми районами.

За даними спостережень 2005-2009 рр. середня кількість днів з туманами має чітко виражений річний хід з мінімумом в теплий період (1-2 дні за місяць) і максимумом в холодний період (7-8 днів за місяць).

Середня річна швидкість вітру $5,2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, найменше середньомісячне значення швидкості вітру відмічається у серпні ($4,5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$), найбільше – в лютому – квітні ($6,3 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$).

Переважаючим напрямком вітру в холодний період року є південно-східний, в теплий період року – північно-західний [15].

2 ЗАМОРОЗКИ

2.1 Визначення та класифікація

Як відомо, в метеорології заморозки розрізняють в повітрі і на поверхні ґрунту. Звичайно під заморозком розуміють короточасні зниження мінімальної температури приземного шару повітря або поверхні ґрунту до 0°C і нижче на загальному фоні додатної температури [3-4, 6, 11,14].

Існує ще, так зване, агрометеорологічне поняття заморозку з тих міркувань, що пониження температури до 0°C не завжди небезпечне для сільськогосподарських культур. Для кожного виду рослин і фаз його розвитку існують цілком певні критичні значення температури, після яких її зниження призводить до часткової або повної загибелі рослини залежно від величини і тривалості цього зниження. Такі заморозки найбільш небезпечні, тому важливий також прогноз зниження температури до 0°C і нижче у відповідні пори року [2].

За процесами виникнення і умовами погоди розрізняють заморозки:

1.Адвективні заморозки - виникають в результаті дії хвилі холоду, спостерігаються при хмарній і вітровій погоді. Ці заморозки найбільш тривалі і зникають в результаті трансформації повітря. Вони, як правило, спостерігаються протягом кількох діб підряд напочатку весни при загальному низькому рівні температури. При таких заморозках нижче 0°C опускається не тільки мінімальна, але і середньодобова температура. При подальшому радіаційному вихолодженні такі заморозки значно посилюються до $-10...-8^{\circ}\text{C}$ вночі. При адвективних заморозках, що супроводжуються вітром і значною хмарністю, мікрокліматичні відмінності в значній мірі згладжуються, найбільш морозонебезпечними є відкриті холодним вітрам ділянки, особливо навітряні схили височин. Адвективні заморозки є найбільш тривалими, прогрівання холодної хвилі і трансформація повітря в місцеве займає 3-4 доби.

2.Радіаційні заморозки - виникають в тихі ясні ночі в результаті добового ходу температури при відносно низьких середньодобових температурах і інтенсивному довгохвильовому випромінюванні. У приморських районах такі заморозки припиняються при середньодобових температурах близько $5...6^{\circ}\text{C}$, у континентальній частині при $12...13^{\circ}\text{C}$, у

вузьких, глибоких долинах - при середньодобовій температурі 14...15 °С. Внаслідок малих швидкостей вітру і слабого вертикального перемішування в приземному шарі повітря при радіаційних заморозках спостерігаються інверсії значної вертикальної протяжності. Ці заморозки спостерігаються протягом ночі або трохи довше, 5-6 годин підряд, іноді до 8-12 годин. При ясній погоді можуть відмічатися щодня протягом досить тривалого часу.

Заморозки перших двох типів спостерігаються переважно на початку весни і пізньою осінню, перед встановленням морозів.

3. Адвективно-радіаційні заморозки - утворюються в результаті вторгнення холодного повітря північного походження і подальшого його вихолодження за рахунок нічного випромінювання. В цьому випадку процеси адвекції і радіації доповнюють один одного. Зниження температури складає до -3...-2 °С і часто відмічається лише в приземних шарах повітря при додатній температурі в метеорологічній будці. Такі заморозки спостерігаються при досить високому рівні середніх добових температур в кінці весни, влітку і ранньою осінню, і є найбільш небезпечними для сільськогосподарських культур помірної зони. Відмічаються під ранок або з половини ночі і триває 3-4 години, в більшості випадків протягом однієї - двох ночей підряд.

Проте таке ділення заморозків досить умовне, оскільки в природі в більшості випадків в чистому вигляді не зустрічаються радіаційні або адвективні заморозки, особливо пізньою весною і ранньою осінню.

Відмінність властивостей підстильної поверхні (вологість ґрунту, забарвлення, наявність або відсутність рослинного покриву тощо) призводить до великої різноманітності в інтенсивності випромінювання окремих ділянок і в розподілі заморозків на близьких відстанях навіть на рівній місцевості, і особливо в умовах розчленованого рельєфу.

Найбільш сприятливими для заморозків є наступні умови [4, 6, 11]:

1. Максимальне ефективне випромінювання підстильної поверхні (ясне небо, невелика абсолютна вологість повітря), що спостерігається звичайно при вторгненні арктичного повітря.
2. Незначний турбулентний теплообмін в приземному шарі повітря (мала швидкість вітру, нічні інверсії).
3. Невелика теплопровідність ґрунту (сухий, розпушений ґрунт).
4. Велике коливання денного ходу температури.

Від поєднання цих чинників залежить як поява, так і інтенсивність заморозків.

Велике значення для сільськогосподарського виробництва має інтенсивність заморозків протягом місяця. Заморозки в Україні зустрічаються найчастіше з інтенсивністю до $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, інтенсивніші заморозки зустрічаються рідше і особливо рідко більш $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Виділяють термін – стихійний заморозок – це зниження температури повітря (поверхні ґрунту) до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче у вегетаційний період на одній третині і більш посівної площі технічних, овочевих, плодових і інших культур. Переважно (50%) стихійні заморозки бувають у травні і можуть одночасно відмічатися на всій території країни. У квітні-травні найчастіше (40-60%) стихійні заморозки фіксуються з мінімальною температурою поверхні ґрунту до $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. У цей період також значною є повторюваність заморозків інтенсивністю $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ та нижче. У червні у середньому інтенсивність пізніх заморозків становить $-2...0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Перші стихійні заморозки у серпні спостерігаються під час зниження температури ґрунту до $-2...0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Інтенсивність заморозків у вересні та жовтні може досягати $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ та нижче [4].

2.2 Циркуляційні умови утворення заморозків

За даними В.Г. Бялиницької [2] для формування заморозків на Україні необхідно мати добре виражене меридіональне поле з фронтальною зоною, що проходить через Україну. Біля поверхні землі при такій структурі тропосферного поля здійснюється адвекція високого тиску і холодного повітря арктичного походження з температурою біля або нижче $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Залежно від цього, а також від швидкості переміщення на Україні виникають заморозки суцільні або місцями. При великих швидкостях переміщення повітря арктичного походження не встигне достатньо сильно трансформуватися над теплим в цю пору року континентом Європи, і над Україною виникають суцільні заморозки. При повільнішому переміщенні повітря встигає так сильно прогрітися, що заморозки з'являються місцями залежно від місцевих фізико-географічних умов. Що ж до адвекції високого тиску, то вона сприяє зменшенню хмарності і появі радіаційного випромінювання в нічний час. Інтенсивність випромінювання в цьому повітрі відносно велика, оскільки повітря арктичного походження порівняно чисте і

має невелику вологість, що сприятливо впливає на випромінювання, а це, у свою чергу, підсилює ефект зниження температури і сприяє появі заморозків.

Висотне баричне поле під час пізніх весняних і ранніх осінніх заморозків має добре виражену меридіональність, обумовлену стаціонуванням над Західною Європою потужного гребеня високого тиску, а над Східною Європою глибокої улоговини. Вершина висотного гребеня досягає 70...75° півн.ш., а його основа пов'язана із субтропічним антициклоном. Вісь улоговини орієнтована з Баренцового і Карського морів або з Таймирського півострова на Чорне море і Північний Кавказ. У південній частині улоговини нерідко формуються окремі циклони. Поглиблення висотної улоговини і стійке положення осі гребеня призводять до посилення меридіональної циркуляції над Східною Європою і поширення холодного повітря на територію України, аж до узбереж Чорного і Азовського морів.

Виникнення пізніх весняних і ранніх осінніх заморозків, як правило, спостерігається при переміщенні з півночі на південь по одній із ультраполярних траєкторій ядер або гребенів високого тиску, що сформувались в холодному арктичному повітрі, в якому денні температури не перевищують 11...15 °С. Крім того, зниженню температури повітря до заморозків сприяє нічне радіаційне вихолодження при проясненні і слабкому вітрі. Спостерігаються три різновиди такого процесу [3, 10]:

1. Приземний антициклон формується над північчю Скандинавії, по східній периферії якого на Східну Європу переміщується холодне повітря з Баренцового або Карського морів;
2. Антициклон утворюється над півднем Карського моря або Таймирським півостровом, звідки на Східну Європу поширюється холодне повітря;
3. Антициклон зароджується над Норвезьким морем, а холодне повітря в його систему втягується із Гренландського і півночі Баренцового морів.

Пізні весняні і ранні осінні заморозки звичайно починаються не відразу після затоку холоду, а в наступні ночі, коли слабшає вітер і розсіюється хмарність, тобто на територію України переміщується центральна частина антициклону або осі гребеня.

Слід зазначити, що в травні заморозки на Україні - явище короткочасне і найчастіше не перевищує 1 - 2 днів. Це пов'язане з тим, що цього місяця на Україні вже є достатньо сприятливі умови для швидкої трансформації

колишнього арктичного повітря. У момент формування заморозків на Україні майже завжди переважає антициклонне поле біля поверхні землі, яке звичайно спостерігається після проходження різко виражених холодних фронтів. Заморозки на Україні в травні мають адвективно-радіаційне походження, де чинник адвекція холодного повітря одночасно з адвекцією високого тиску має вирішальне значення. Хоча територія України порівняно невелика, проте, вона не завжди вся охоплюється заморозками. Більш того, має місце достатньо складна картина їх географічного розподілу.

Умовно всі заморозки можна розділити на дві групи: місцями і суцільні. Заморозки місцями на Україні спостерігаються на окремих або декількох станціях, що займають порівняно невелику територію. Заморозки суцільні охоплюють велику частину України, спостерігаються на порівняно великому числі станцій. Вони відмічаються у двох декадах травня, а місцями можуть виникати протягом всього місяця, хоча в третій декаді їх інтенсивність не перевищує $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Більшість заморозків на території України (58%) утворюються під впливом радіаційного вихолодження земної поверхні вночі, тому розподіл заморозків по території найчастіше носить «плямистий» характер. Для адвективно-радіаційних заморозків (22%) характерний розподіл у вигляді суцільних смуг або крупних плям, що охоплюють порівняно великі території. Нарешті, при «чисто» адвективних весняних і осінніх похолоданнях (20%) заморозки простежуються на великих площах, що охоплюють північну або західну частину України. Адвективно-радіаційні і адвективні заморозки триваліші в часі, чим радіаційні [14].

2.3 Вплив пізніх заморозків на сільське господарство

Заморозки на Україні - звичайне кліматичне явище для перехідних сезонів року. Вони створюють несприятливі умови для зростання і розвитку сільськогосподарських культур тільки в період вегетації. Найбільшу небезпеку для трав'янистих рослин і плодових культур представляють пізні весняні заморозки, оскільки рослини в цей час інтенсивно вегетують [9, 13].

Пізні весняні заморозки згубно діють на молоді теплолюбні рослини у фазі сходів, не менш чутливі до заморозку картопля і боби, бадилля яких при цьому чорніє. З південніших культур нерідко страждають від весняних

заморозків томати, тютюн, кукурудза, соняшник. Страждають також і озимі злаки, але унаслідок своєї холодостійкості вони рідко бувають знищені морозом. Стійкість рослин до заморозків ступінь їх пошкодження різні, і залежить від часу настання, інтенсивності і тривалості заморозку, а також від стану самої рослини - фази його розвитку, культури, сорту і умов агротехніки. Температура, нижче за яку рослини ушкоджуються або гинуть, називається критичною.

Виділено п'ять груп польових культур за їх стійкістю до заморозків на рівні рослин в різні фази розвитку [12]:

1. Найбільш стійкі, які витримують короточасні заморозки до 8-10 °С у момент сходів (ярова пшениця, овес, ячмінь, горох, чечевиця).
2. Стійкі, які витримують заморозки до 6-8 °С (соняшник, льон, коноплі, цукровий буряк, морква, бруква, турнепс).
3. Середньостійкі, що витримують заморозки до 3-4 °С (капуста, люпин жовтий, соя, канатник).
4. Малостійкі, здатні витримувати заморозки 2-3 °С (кукурудза, просо, сорго, картопля).
5. Нестійкі до заморозків (огірки, томати, рис, квасоля, гречка, бавовник, баштанні).

Слід зазначити, що у рослин найменш стійкі до заморозків генеративні органи. У початковий період зростання рослини найбільш стійкі до заморозків, і слабкі заморозки в цей період мало позначаються на урожаї. Сильніші пізні весняні заморозки, навіть якщо вони не перевищують критичну температуру, викликають сповільнений розвиток рослин, що знижує кінцевий врожай на 10-15%.

Заморозки в період цвітіння і дозрівання найбільш небезпечні, оскільки морозостійкість рослин різко знижується. У цей період загибель більшості рослин настає при температурах -4...-2 °С. У плодових і ягідних культур різні частини однієї і тієї ж рослини мають різний ступінь морозостійкості. В період цвітіння і утворення зав'язей заморозки -2...0 °С можуть згубити весь врожай.

Короточасні заморозки рослини переносять з меншими пошкодженнями, ніж тривалі. Заморозки на початку вегетації, не викликаючи видимих зовнішніх пошкоджень, мають сильний вплив на зростання, розвиток і врожай культур. При цьому після сильного заморозку інтенсивність ростових процесів знижується, а настання фаз розвитку запізнюється.

Встановлено, що заморозки різної інтенсивності викликають різну реакцію в ростових процесах. Заморозки слабкої інтенсивності у теплолюбних ($-1,5...-1^{\circ}\text{C}$) і холодостійких (-4°C) культур на ранніх етапах розвитку не викликають істотної післядії. Заморозки інтенсивністю $-3...-2^{\circ}\text{C}$ для теплолюбних (кукурудза) і $-8...-6^{\circ}\text{C}$ для холодостійких (пшениця) культур викликають у рослин сильне відставання в зростанні, ведуть до подовження вегетаційного періоду і зниження у кінцевому результаті урожаю до 70% [13].

Особливо сильно ушкоджуються після заморозку репродуктивні органи рослин. Попередні заморозку середньодобові температури мають певний вплив на морозостійкість рослин. Низькі попередні середньодобові температури дещо послаблюють шкідливу дію заморозків. Дані дослідів Коровіна А.І. (1972) показують, що низькі додатні температури ґрунту підвищують стійкість рослин до заморозків. Поповим С.П. (1969) була проведена серія дослідів по виявленню впливу низьких додатних нічних температур повітря перед заморозком. Виявилось, що як у теплолюбних (кукурудза), так і у холодостійких (пшениця, боби) низькі нічні температури близько $2...3^{\circ}\text{C}$ протягом 3-4 діб перед заморозком підвищують морозостійкість рослин. Така дія у холодостійких рослин повністю нейтралізує негативну дію заморозку на кінцевий урожай [9].

2.4 Просторовий розподіл заморозків на території України

В перехідні сезони на території України спостерігаються заморозки. Заморозки на ґрунті бувають щороку, але закінчення, настання їх навесні та на початку осені змінюються [4, 6].

На розподіл заморозків поряд із синоптичними процесами впливають місцеві умови (форми рельєфу, близькість великих водойм і міст), а також фізичні властивості ґрунту. Так, у вузьких долинах, замкнутих улоговинах, де застоюється холодне повітря, вірогідність виникнення заморозків найбільша, а на відкритих, підвищених ділянках — найменша. Заморозки на поверхні ґрунту бувають частіше і вони інтенсивніші, ніж у повітрі.

Найраніше (у першій декаді квітня) заморозки припиняються на Південному березі Криму та у степовій його частині, на чорноморському

узбережжі - у третій декаді квітня. Переважно весняні заморозки закінчуються у першій декаді травня, а на сході — 10 - 15 травня.

Дати закінчення заморозків залежать від синоптичних процесів весни і коливаються з року в рік. У період холодних затяжних весен найпізніші заморозки на ґрунті зазвичай відмічаються наприкінці травня або навіть у третій декаді червня. Стихійні заморозки неодноразово відмічались після теплового або дуже теплового березня та квітня і співпадали з високим ступенем розвитку рослин. Весною середні дати утворення останнього заморозку на ґрунті коливаються у межах 30-40 днів і залежать від форм рельєфу, континентальності клімату тощо. В окремі роки з теплими веснами заморозки можуть закінчуватися у третій декаді березня, або спостерігатися наприкінці травня. Найпізніше (кінець травня) заморозки закінчуються у гірських долинах, на вершинах Українських Карпат і Кримських гір. Бувають роки, коли заморозки на поверхні ґрунту відмічаються навіть у червні.

Найраніше заморозки на ґрунті фіксуються у долинах і на вершинах гір. На значній території середні дати настання перших заморозків бувають наприкінці вересня. На узбережжі Чорного моря, рівнинному Криму, а також у долинах річок перші заморозки спостерігаються на початку жовтня. Найпізніше - у кінці першої декади грудня - заморозки на ґрунті відмічаються на Південному березі Криму.

В окремі роки перші заморозки можуть відмічатися набагато раніше або пізніше середніх дат. Різниця у середніх датах утворення перших осінніх заморозків на території перевищує 50 днів.

Тривалість безморозного періоду на поверхні ґрунту, як і дати першого і останнього заморозку, залежить від характеру рельєфу і збільшується у знижених формах рельєфу, а зменшується - на височинах. Середня тривалість цього періоду коливається у широких межах - від 90 до 200 днів. Найбільша тривалість безморозного періоду (170-180 днів) характерна для південного Степу і узбережжя Чорного та Азовського морів. У горах безморозний період нетривалий. У західній частині країни, а також на височинах (Волинській, Подільській і Донецькій) він становить 140-150 днів. Загалом, тривалість безморозного періоду: у гірських районах - 70 днів, на сході - 140 днів, на півдні 180-200 днів [4].

За сучасними дослідженнями [7-8] дати початку та закінчення заморозків, а також тривалість безморозного періоду досить суттєво відрізняються у різних природних зонах України. Так, у степу України останній весняний заморозок відмічається значно раніше, ніж у зоні мішаних

лісів. Значущий вплив на розподіл заморозку має географічна широта і ще в половині випадків – висота над рівнем моря водночас, вплив довготи на характеристики заморозку практично відсутній. Зі збільшенням географічної широти дата першого осіннього заморозку на поверхні ґрунту стає ранішою.

За період дослідження 1991-2010 рр. у степовій зоні з 95 %-ю ймовірністю (практично кожного року) останній весняний заморозок у повітрі може відмічатися на початку березня, у зоні мішаних лісів та зоні лісостепу – наприкінці березня, а в зоні широколистяних лісів – у першій декаді квітня. Однак з 5 %-ю ймовірністю (1 раз на 20 років) у степовій зоні він можливий і в першій декаді квітня, у зоні мішаних лісів – наприкінці квітня, для лісостепової зони – у першій декаді травня, у зоні широколистяних лісів – у другій декаді травня.

Останній заморозок на поверхні ґрунту із 95 %-ю ймовірністю в степовій зоні відмічається наприкінці березня, у зоні мішаних лісів та в лісостеповій зоні в другій декаді квітня, у зоні широколистяних лісів – із першої декади квітня. Із ймовірністю 5% у степовій зоні він відмічається першій декаді травня, у зоні мішаних лісів та зоні лісостепу – у третій декаді травня, а в зоні широколистяних лісів – аж до першої декади червня. Різниця можливих дат настання заморозку в повітрі та на поверхні ґрунту становить близько місяця, тобто на поверхні ґрунту останні заморозки можуть відмічатися на 20-30 днів пізніше від заморозків у повітрі.

Перший заморозок у повітрі з ймовірністю 95% у зоні широколистяних лісів може фіксуватися в третій декаді жовтня, а в зоні мішаних лісів, лісостеповій зоні та в степовій зоні – у першій декаді листопада. У зоні широколистяних лісів перший заморозок у повітрі з ймовірністю 5% буває в третій декаді вересня, у зоні мішаних лісів і лісостеповій зоні – наприкінці вересня, а в степовій зоні – у другій декаді жовтня.

Перший заморозок на поверхні ґрунту може спостерігатися в зоні мішаних лісів, лісостеповій зоні та зоні широколистяних лісів з ймовірністю 95 % у другій, на початку третьої декади жовтня, у степовій зоні – наприкінці другої декади листопада. Проте один раз на 20 років (5%-на ймовірність) він можливий для лісостепової зони та зони широколистяних лісів у другій декаді вересня, у зоні мішаних лісів навіть на початку вересня, а для степової зони – у другій декаді жовтня [7-8].

ПРОГНОЗ ЗАМОРОЗКІВ

Інформація про настання заморозків з завчасністю кількох днів дає можливість сільськогосподарським організаціям вжити необхідних заходів по боротьбі з заморозками. При цьому за допомогою довгострокового фонових прогнозу потрібно загострити увагу на можливість настання цього небезпечного явища, а потім, керуючись короткостроковими методами прогнозу, необхідно уточнити раніше складений прогноз, стосовно окремих районів з врахуванням конкретних місцевих фізико-географічних особливостей того або іншого району.

Основа прогнозу заморозків – це прогноз мінімальної температури (T_{\min}) [3, 11]. Прогноз T_{\min} з добовою завчасністю складається близько 11 год. місцевого часу. Як початковий термін прогнозу береться один з основних строків спостереження. Вибір цього строку залежить від місцевого часу доби (ранок, вечір) і від географічної довготи пункту або території прогнозу. Для прогнозу T_{\min} будуються прогностичні траєкторії за даними фактичних і прогностичних карт АТ-850 і приземного тиску із завчасністю 12, 24, 36 годин.

T_{\min} розраховується за формулами:

$$(T_{\min})_t = (T_{\text{п}})_t + a(\delta T_{\text{дх}})_{t1} + b(\Delta T)_t ; \quad (3.1)$$

$$a(\delta T_{\text{дх}})_{t1} = 0,4(\bar{N}_1 - \bar{N}_2) ; \quad (3.2)$$

$$a(\delta T_{\text{дх}})_{t1} = m(\bar{N}_1 - \bar{N}_2) , \quad (3.3)$$

де $(T_{\text{п}})_t$ - температура в початковій точці траєкторії (адвективна);

$a(\delta T_{\text{дх}})_{t1}$ - трансформаційна зміна температури T за інтервал $t1 = 24$ год. (дх - добовий хід);

$(\Delta T)_t$ - різниця значень температури в кінцевій і початковій точках траєкторії;

\bar{N}_1, \bar{N}_2 - середня кількість низьких хмар в точках 12, 24 годинної траєкторії.

Якщо при прогнозі T_{\min} користуватися даними спостережень за початкову напівдобу, то в цьому випадку приблизно:

$$(T_{\min})_t = (T_{\min})_n + 0,2 (T_k - T_n), \quad (3.4)$$

де t - завчасність прогнозу;

$(T_{\min})_n$ - значення T_{\min} в початковій точці прогностичної траєкторії для $t = 24$ ч;

T_k - температура в пункті прогнозу в вихідний строк t_0 ;

T_n - температура в цей же строк в початковій точці прогностичної траєкторії.

Основною причиною формування заморозків є ефективне випромінювання (E), що є різницею між випромінюванням поверхні ґрунту і противипромінюванням атмосфери і виявляється особливо сильно в ясні тихі ночі. Це випромінювання помітне при вторгненні в середні широти арктичного повітря з малим змістом водяного пару (точка роси в приземному шарі повітря не перевищує $1\text{ }^{\circ}\text{C}$) і з дуже великою прозорістю. Чим менша вологість повітря, тим менше противипромінювання атмосфери при ясному небі і тим більше E . Якщо небо вкрите хмарами, то противипромінювання збільшується і E зменшується. Чим нижча хмарність і чим вища температура їх нижньої межі, тим більше випромінювана ними радіація і тим менше E .

Внаслідок ефективного випромінювання охолоджується поверхня землі. Зниження температури призводить до охолодження прилеглих до неї шарів повітря і ґрунту. Чим далі розташовані ці шари від поверхні землі, тим менше вони охолоджуються, в результаті температура вгору і вниз від підстильної поверхні поступово підвищується.

Теплообмін між підстильною поверхнею і атмосферою здійснюється шляхом турбулентного перемішування різних шарів повітря. Ступінь турбулентного перемішування залежить від висоти, швидкості вітру і стратифікації атмосфери. Вона більше при нестійкій стратифікації і великій швидкості вітру і менше при стійкому розподілі температури, особливо за наявності інверсії. Зі збільшенням турбулентності в нічний час збільшується потік тепла з атмосфери до поверхні ґрунту. Тому при збільшенні швидкості вітру вночі сповільнюється зниження температури, а при зменшенні, навпаки, зростає.

Теплообмін в ґрунті залежить від ступеня його теплопровідності. Оскільки повітря поганий провідник тепла, то рихлий ґрунт, що має більше повітря, гірше проводить тепло і охолоджується повільніше, ніж щільний. Разом з цим теплопровідність води більша, ніж повітря. Тому вологий ґрунт проводить тепло краще сухого і, отже, потік тепла з ґрунту до її поверхні в

нічний час менше при слабкому зволоженні, чим при сильному. Таким чином, виникнення заморозків ймовірніше над сухими ґрунтами.

Ступінь нічного вихолоджування повітря залежить від початкового розподілу температури по вертикалі, яке визначає початкове значення потоку тепла до підстильної поверхні з повітря і ґрунту. У свою чергу початковий розподіл температури по вертикалі обумовлений термічним режимом повітря і ґрунту в попередній час. Тому при прогнозі нічного мінімуму температури можна замість вертикального профілю в початковий момент взяти до уваги амплітуду коливань температури на одному рівні в попередню початковому терміну добу. Чим більше різниця між середньою температурою в попередні терміни і початковою температурою на даному рівні в денний або вечірній термін, тим більше охолоджується повітря вночі.

Нічне вихолоджування повітря звичайно триває до сходу Сонця, коли досягається мінімум температури. Вранці після сходу Сонця температура повітря підвищується. Тому проміжок часу від початкового терміну прогнозу до сходу Сонця і тривалість ночі є істотними чинниками, які необхідно враховувати при прогнозі нічного мінімуму температури. З подовженням цього проміжку збільшується вихолодження повітря і ґрунту.

Не кожне вторгнення холодного повітря на материк в травні-червні і в серпні-жовтні супроводжується заморозками. Коли на півночі материка при вторгненні повітря з Арктики спостерігається хмарна погода з вітром, то заморозки можуть бути відсутніми, якщо маса повітря, що переміщується, має температуру вище за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. У міру розвитку антициклону або гребеня в холодному повітрі і переміщення його на південь або південний схід звичайно хмарність руйнується і вітер слабшає. Створюються умови для нічного вихолоджування нижнього шару повітря і утворення приземних інверсій, при яких часто відбувається зниження температури до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ [11].

Прогноз T_{\min} при адвективних заморозках складається із завчасністю близько 12 год, з урахуванням інформації за денні строки спостережень. Так само знаходиться T_{\min} при прогнозі адвективно-радіаційних і радіаційних заморозків. В результаті радіаційного охолоджування вночі утворюється приземна інверсія температури. При цьому ґрунт має температуру звичайно на $2\text{...}5\text{ }^{\circ}\text{C}$ нижче, ніж повітря в психрометричній будці, а в окремих випадках - на $8\text{...}11\text{ }^{\circ}\text{C}$. При утворенні інверсії в приземному шарі повітря заморозки на ґрунті і в рослинному покриві часто спостерігаються при додатній температурі повітря в будці.

При прогнозі заморозків необхідно звертати увагу на вологовміст холодного повітря, а також враховувати наступне:

- а) якщо під час спостереження в 21 год точка роси виявилася нижчою $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, то слід чекати нічні заморозки;
- б) якщо до 21 год точка роси була нижча $2\text{ }^{\circ}\text{C}$, то при безхмарному небі і безвітрі можна чекати нічні заморозки;
- в) при точці роси вище за $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ заморозки малоімовірні.

Заморозки неможливі, якщо точка роси біля земної поверхні вище $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, масова частка водяного пару не змінюється або зростає з висотою. Заморозки також не виникають після інтенсивних зливових дощів в другій половині дня, що випали на прогрітий ґрунт, коли точка роси помітно збільшується внаслідок випаровування, а температура повітря знижується. За цих умов у разі безхмарного неба і послаблення вітру вночі часто утворюється туман, перешкоджаючи виникненню заморозків.

Утворення приземних інверсій сприяє появі заморозків, для цього вітер повинен слабшати вночі до $1\text{--}4\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Вітер більше $4\text{--}5\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ перешкоджає виникненню приземних інверсій, а отже, і нічних заморозків.

Адвекція вологого теплого повітря над шаром холодного при збереженні невеликої хмарності збільшує зустрічне випромінювання до земної поверхні і зменшує вірогідність заморозків. При збільшенні хмарності вночі заморозки ще менш вірогідні.

Точність прогнозу радіаційних і адвективно-радіаційних заморозків залежить від ступеня вивчення місцевих умов, що впливають на їх появу. Відомо, що при заморозках температура повітря (ґрунту) на станціях в річкових долинах, ярах і балках на $5\text{--}8\text{ }^{\circ}\text{C}$, а іноді на $10\text{--}12\text{ }^{\circ}\text{C}$ нижче за температуру на станціях, розташованих на рівнині. В умовах гірського рельєфу за відсутності заморозків на піднесених місцях температура в улоговинах і гірських долинах може опускатися до $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. При їх прогнозі застосовується формула:

$$T_{\min} = T_{\max} - A_N \quad (3.5)$$

де T_{\max} - максимальна температура поточного дня;

A_N - амплітуда температури T ;

N - кількість (бали) низьких хмар згідно прогнозу.

Можливість заморозків в повітрі вказується при $T_{\min} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Прогноз радіаційних заморозків в повітрі і на ґрунті в однорідних повітряних масах при швидкостях вітру менше $5-6 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ і хмарності менше 8 - 10 балів складають, використовуючи спеціальні номограмами (рис. 3.1 - 3.2).

Початковими для прогнозу є дані метеоспостережень в початковий термін: температура повітря T_0 і парціальний тиск водяної пари e_0 (гПа) на висоті 2 м, температуру поверхні ґрунту θ_0 , швидкість вітру V ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$), візуальна оцінка зволоження ґрунту за градаціями: суха, волога, мокра. До початкових даних відноситься також очікувана в найближчу ніч хмарність.

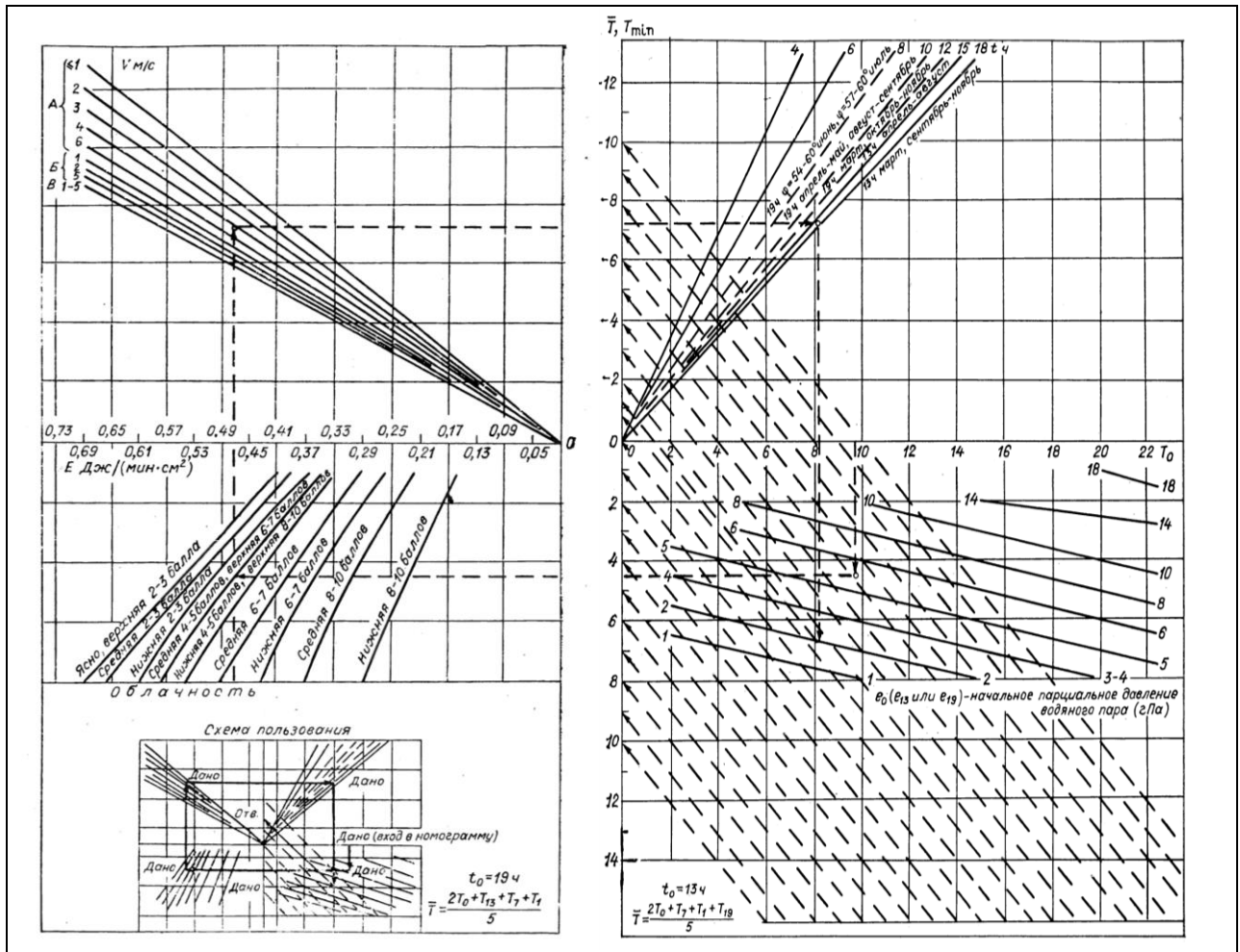


Рис.3.1. Номограма для визначення заморозків в повітрі

Враховуючи наближений характер способу, вже при T_{\min} і θ_{\min} менше за $2 \text{ }^\circ\text{C}$ слід вживати заходи по боротьбі із заморозками [11].

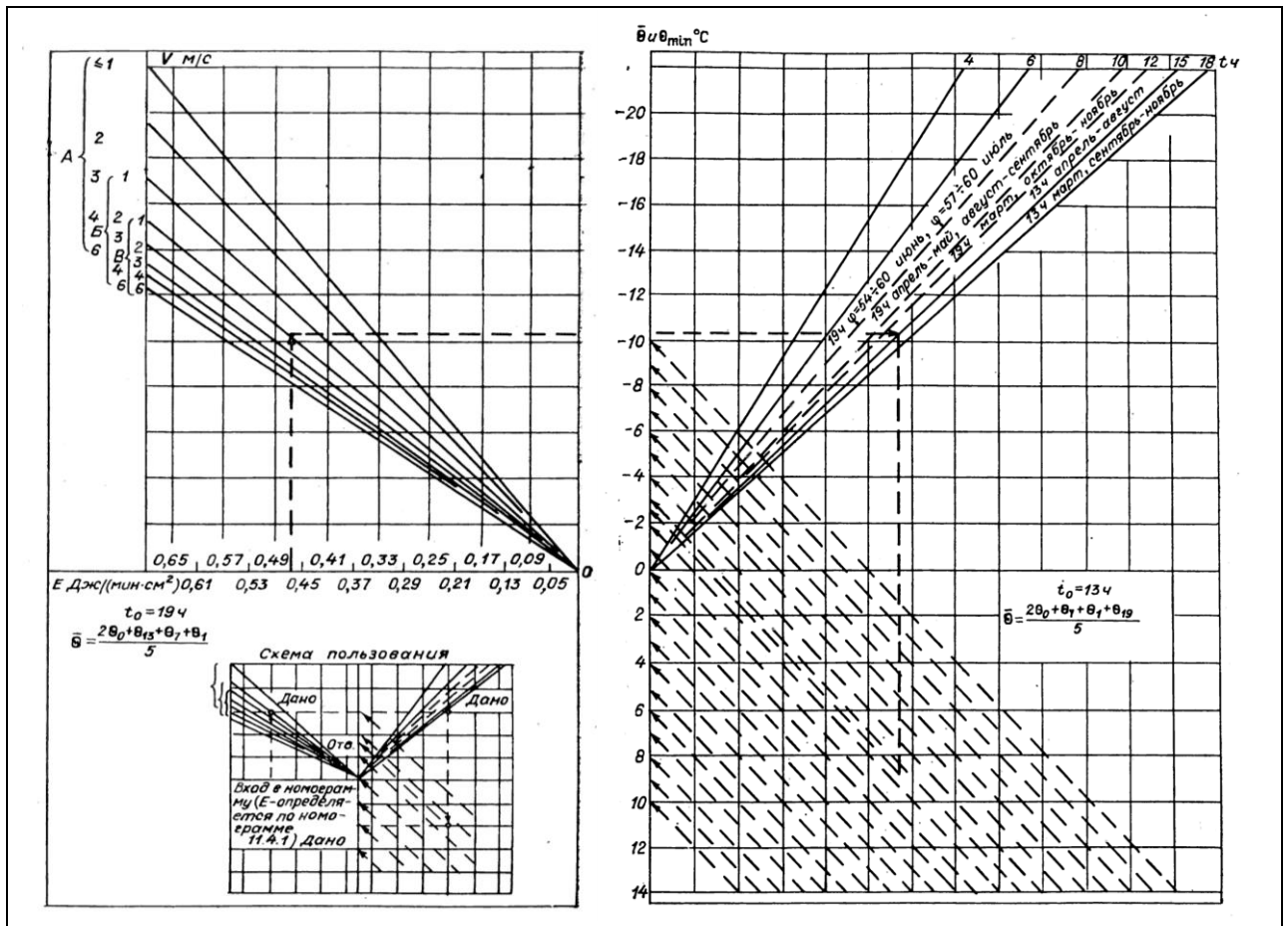


Рис.3.2. Номограма для визначення заморозків на поверхні ґрунту

Для розрахунку мінімальних значень температури в періоди повернення холодів використовують методику, яка рекомендує застосування графіка добового ходу температури. Прийнято вважати, що якщо о 21 год за місцевим часом $T_d \leq 0^\circ\text{C}$ або $T_d \leq 2^\circ\text{C}$ при ясному небі і штилі, то вночі слід чекати заморозки, а якщо $T_d > 2^\circ\text{C}$, то заморозки малоімовірні.

Для прогнозу заморозків використовують кілька методів [3].

Метод Міхельсона дозволяє визначити імовірність виникнення заморозків за графіком (рис. 3.3). По горизонталі відкладені значення абсолютної вологості, а по вертикалі – імовірність виникнення заморозків. Похилі лінії відповідають абсолютній вологості повітря о 13 і 21 год за місцевим часом.

Метод Броунова дозволяє розрахувати можливість виникнення заморозків в імовірнісній формі (рис. 3.4). На графіку по горизонталі знаходиться різниця температур о 13 і 21 год за місцевим часом, а по вертикалі – температура повітря о 21 год. Шість похилих ліній показують різну імовірність виникнення заморозків.

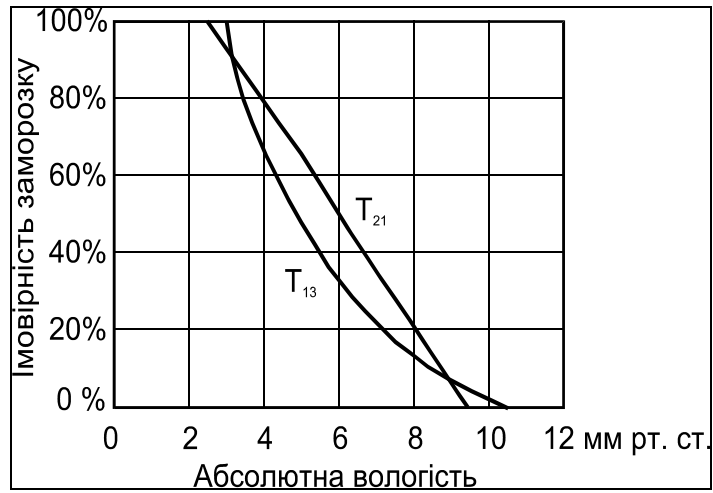


Рис. 3.3. Графік Міхельсона для визначення імовірності заморозків

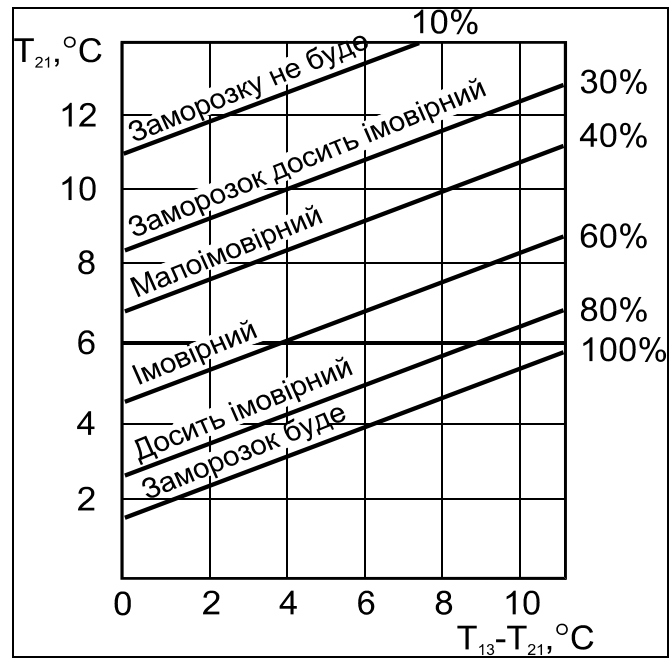


Рис. 3.4. Графік Броунова для визначення імовірності заморозків

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАМОРОЗКІВ В КІРОВОГРАДСЬКІЙ ОБЛАСТІ У 2013-2017 РР.

У якості вихідних даних використано метеощоденники 8 метеостанцій Кіровоградської області у період 2013-2017 рр.: Бобринець, Гайворон, Долинська, Знам'янка, Кіровоград, Новомиргород, Помічна, Світловодськ.

4.1 Статистичні характеристики заморозків

На території Кіровоградської області останні заморозки в повітрі можуть спостерігатися в період з 25 березня по 11 травня (додаток Б, табл.Б.1). На рис. 4.1 представлено загальну повторюваність закінчення останнього заморозку в повітрі навесні.

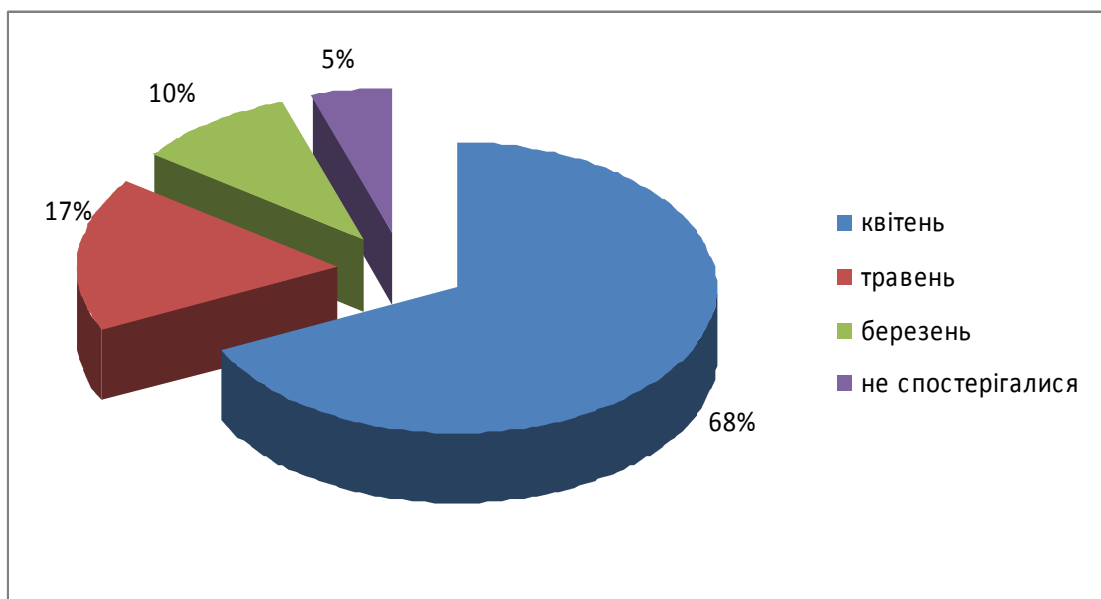


Рис. 4.1. Повторюваність закінчення останнього заморозку в повітрі навесні, (%)

Аналізуючи спостереження за заморозками протягом 5 років, слід відмітити, що заморозок у повітрі найчастіше закінчується у квітні (68% випадків), рідше – у травні та березні (17% та 10% випадків відповідно). Проте за роки спостережень є випадки, коли заморозки взагалі не

спостерігалися на території Кіровоградської області, хоча їх частка незначна, лише 5% усіх випадків.

Встановлено, що різниця в датах останнього заморозку в повітрі між районами області коливається від 2 до 5 днів, лише на узбережжі Кременчуцького водосховища, а саме за даними Світловодської гідрометеорологічної обсерваторії середня дата останнього заморозку в повітрі навесні - 8 квітня. Крім цього, це найраніша середня дата останнього заморозку в повітрі навесні на території Кіровоградської області за даними спостережень метеостанцій області за останні 5 років. Середні дати останнього заморозку в повітрі майже однорідні по всіх досліджуваних станціях та відмічаються в другій декаді квітня, лише в Світловодську – у першій декаді квітня (рис.4.2.).



Рис. 4.2. Середні дати останнього заморозку в повітрі навесні

Надалі аналізуючи формування заморозків на Кіровоградщині встановлено, що найраніша дата останнього заморозку навесні в повітрі відмічена в Світловодську 25 березня 2015 року (рис. 4.3.). Ця дата відрізняється від середньої по області на 23 дні. Якщо аналізувати відхилення за даними метеостанцій області, то просліджується подібність відхилення на території області, крім південних районів. Так, найбільше відхилення від середніх дат (21 день) мають станції Долинська та Бобринець. На решті станцій найраніші дати останнього заморозку навесні відрізняються від середніх на 14-18 днів.

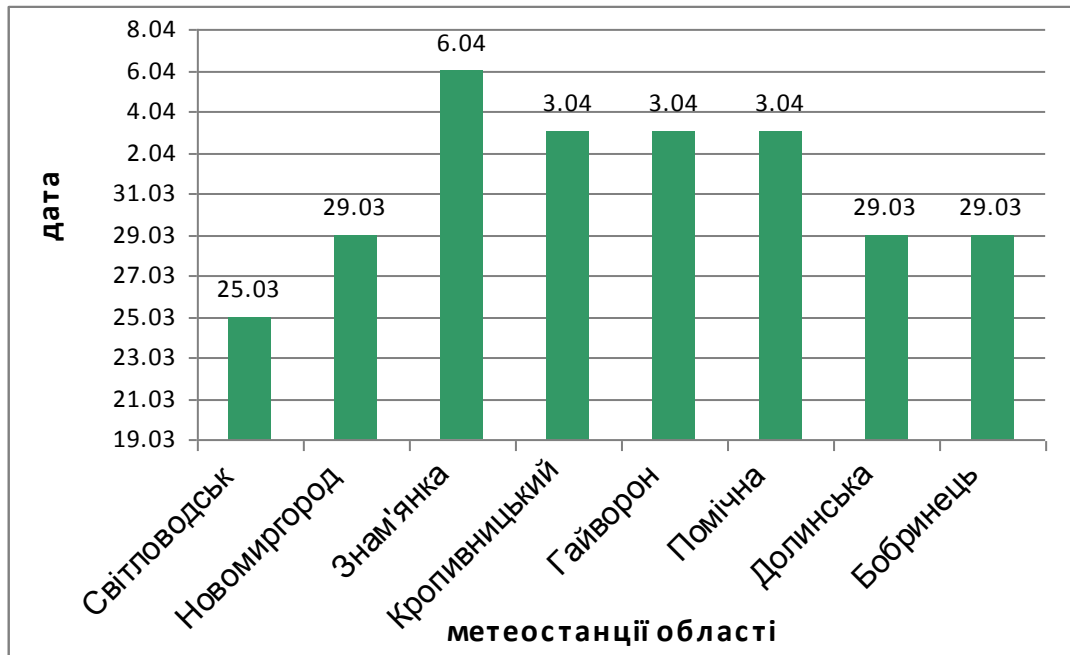


Рис. 4.3. Найраніша дата останнього заморозку в повітрі навесні

Найпізнішу дату останнього заморозку в повітрі за останні 5 років відмічено 11 травня 2017 року (рис. 4.4.). Заморозки відмічалися за даними 7 метеостанцій Кіровоградської області, крім Світловодської гідрометеорологічної обсерваторії.

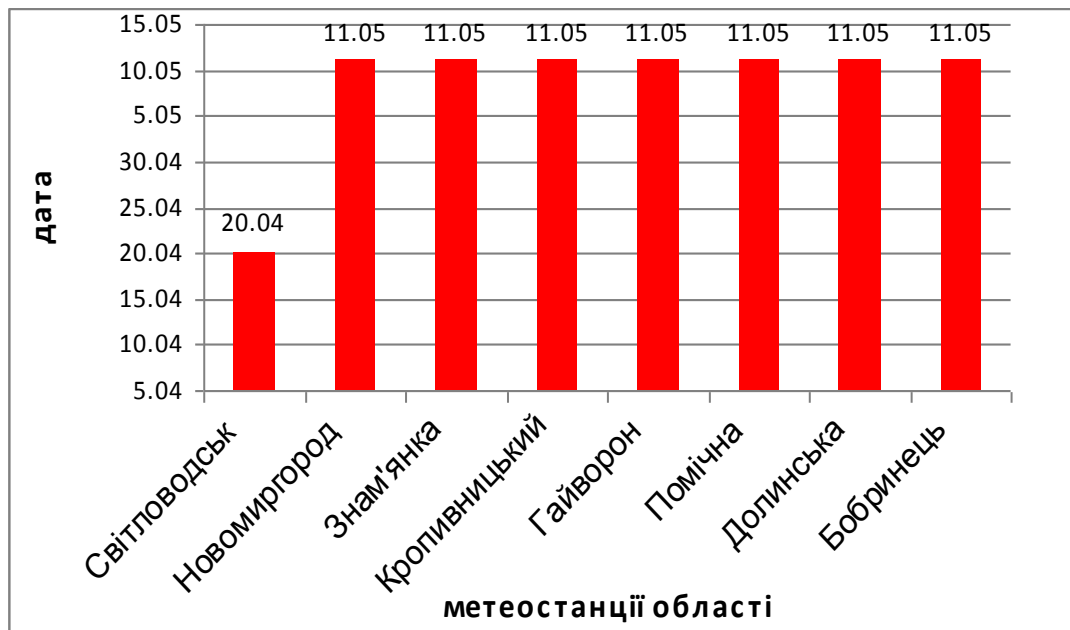


Рис. 4.4. Найпізніша дата останнього заморозку в повітрі навесні

Порівняно із середньою датою останнього заморозку в повітрі навесні, дата найпізнішого відрізняється на 26 днів. Найбільше – на метеорологічній станції Новомиргород (на 27 днів), Гайворон та Помічна (на 26 днів), рідше в Долинській та Бобринці (на 24 дні), в центральних та північно-східних районах області (Знам'янка та АМСЦ Кропивницький) – на 23 дні. Найменше – на Світловодській гідрометеорологічній обсерваторії (на 19 днів).

У Додатку Б, табл. Б.1 представлено значення середнього квадратичного відхилення. За даними таблиці видно, що мінливість середніх дат настання заморозків досить значна ($\sigma = 11-17$ днів).

На території Кіровоградщини в період з 2013 по 2017 рр. перші заморозки в повітрі восени спостерігалися з 19 вересня до 23 жовтня (додаток Б, табл. Б.2.). На рис. 4.5. проілюстровано повторюваність початку першого заморозку в повітрі восени.

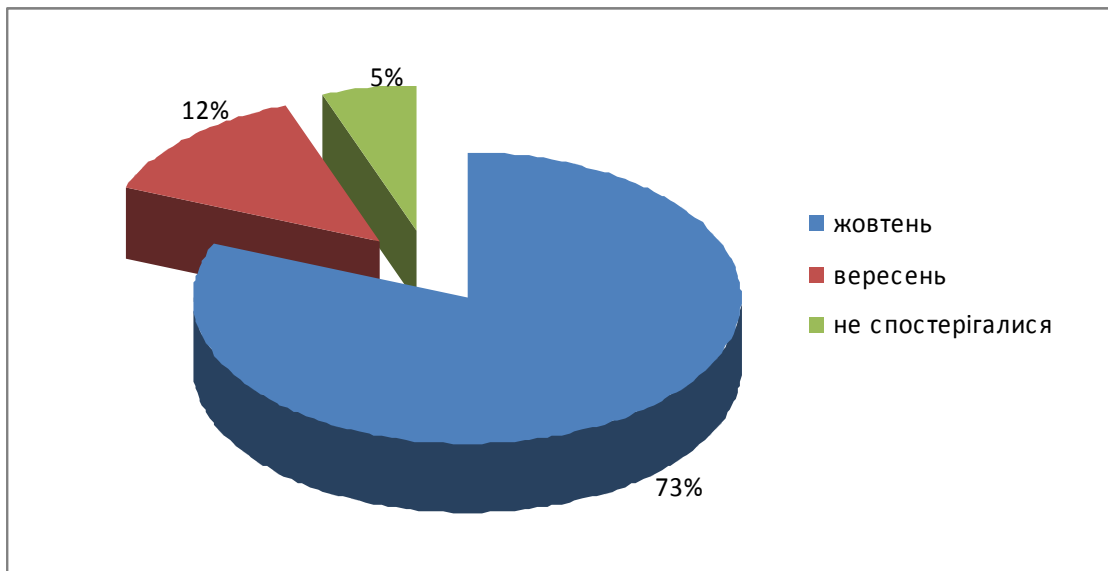


Рис. 4.5. Повторюваність початку першого заморозку в повітрі восени, (%)

Як видно з рис.4.5, перший заморозок у повітрі найчастіше відмічається в жовтні (73% випадків), рідше у вересні, що становить 12% від усіх випадків. Порівнюючи частоту закінчення останнього заморозку в повітрі навесні та початку першого заморозку в повітрі восени відмічається однаковий відсоток, коли заморозки не спостерігалися. Як і навесні, частка цих випадків незначна і складає 5% від усіх випадків.

На наступному етапі роботи проаналізовано дати середніх, найраніших та найпізніших заморозків у повітрі восени.

На території Кіровоградської області перший заморозок восени в середньому починається у жовтні, а саме в середині першої та на початку другої декади (4-11 жовтня). Крім цього, за даними метеостанції Новомиргород середня дата перших заморозків відрізняється і припадає на 30 вересня. Дещо виділяється з загального розподілу ст. Світловодськ за найпізнішою датою першого заморозку 11 жовтня

Осереднення даних показує, що середня дата перших заморозків у повітрі восени на Кіровоградщині - 6 жовтня (рис. 4.6.).

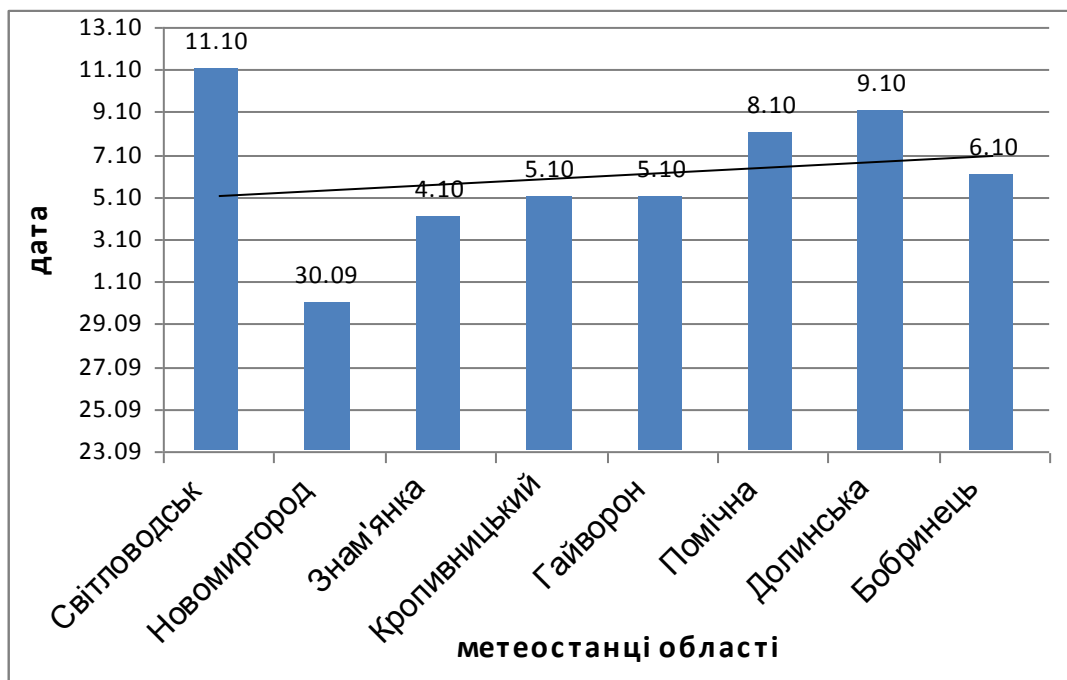


Рис. 4.6. Середні дати першого заморозку в повітрі восени

Найранішу дату першого заморозку восени в повітрі за досліджуваний період відмічено 19 вересня 2016 р. на метеостанції Новомиргород (рис. 4.7).

Найраніша дата відрізняється від середньої за даними цієї ж метеостанції на 12 днів. Якщо порівняти цю дату з середньою датою по області, то відхилення становить 18 днів, це максимальне відхилення по області. Найраніші дати інших семи досліджуваних метеостанцій мають більш однорідний характер та відрізняються на 4-9 днів.



Рис. 4.7. Найраніша дата першого заморозку восени в повітрі

Найпізнішу дату останнього заморозку в повітрі восени за останні 5 років відмічено в Помічній та Долинській 23 жовтня 2017 р. (рис. 4.8.).

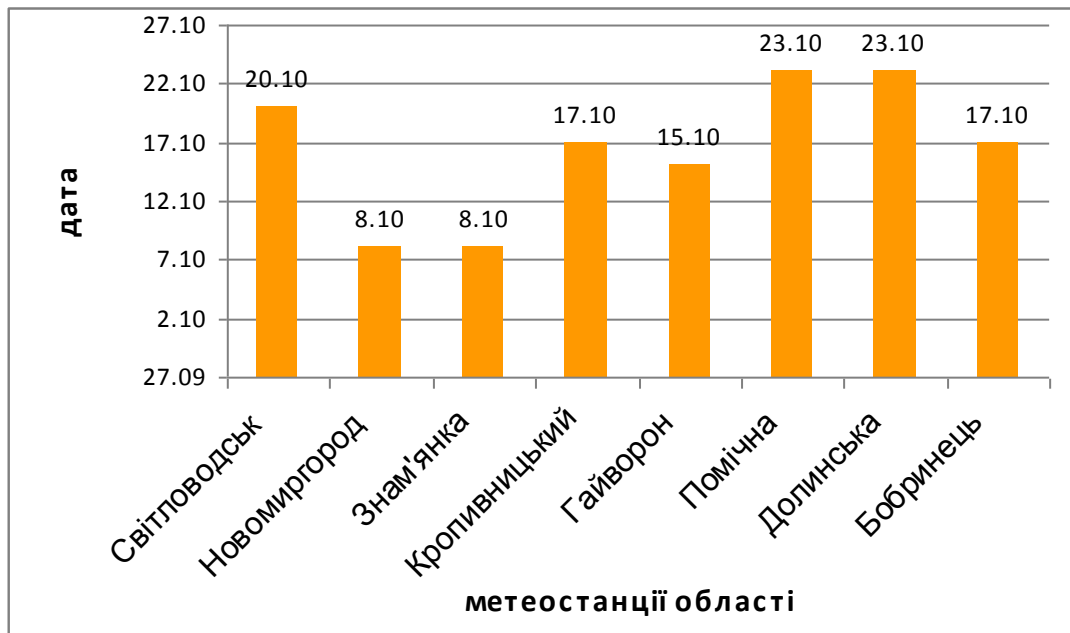


Рис. 4.8. Найпізніша дата першого заморозку восени в повітрі

8 жовтня 2015 р. спостерігалась найраніша дата останнього заморозку в повітрі восени в північно-західних та північно-східних районах області, це було зафіксовано на метеостанції Новомиргород та Знам'янка. На решті

території області дати останнього заморозку в повітрі восени коливаються від 15 жовтня до 20 жовтня, тобто у другій декаді жовтня. Порівняно з середніми, дати найпізнішого заморозку відрізняються на 5-16 днів. Найбільше відхилення відмічається на метеостанції Помічна – 16 днів. В Долинській відхилення складає 15 днів. Дещо менше відхилення відмічається на АМСЦ Кропивницький (13 днів). В крайніх північно-східних та крайніх західних районах області (Світловодська ГМО та М Гайворон) дати найпізнішого заморозку відрізняються на 10-11 днів відповідно. Різниця у 9 днів між датами найпізнішого та середнього заморозку восени спостерігається на метеостанціях Новомиргород та Бобринець. Мінімум – на метеостанції Знамянка (на 5 днів).

Порівняння дати останнього заморозку в повітрі восени із середньою датою настання першого заморозку по області вказує різницю у 3-18 днів. Максимум виділяється в Помічній та Долинській (18 днів), тобто аналогічно відхиленню з середніми датами по метеостанціях. Найменше відхилення спостерігається в північно-східних та північно-західних районах області (Новомиргород та Знамянка) – 3 дні. На решті території найпізніша дата останнього заморозку в повітрі восени відрізняється від середньої на 9-15 днів. Значення середніх квадратичних відхилень дат першого заморозку восени в середньому становлять 6-7 днів. Найбільше значення в Помічній та Долинській ($\sigma = 10$ днів), а найменше – в Знамянці ($\sigma = 2$ дні).

За датами закінчення заморозків навесні та початку їх восени визначається тривалість періоду без заморозків – рис. 4.9.

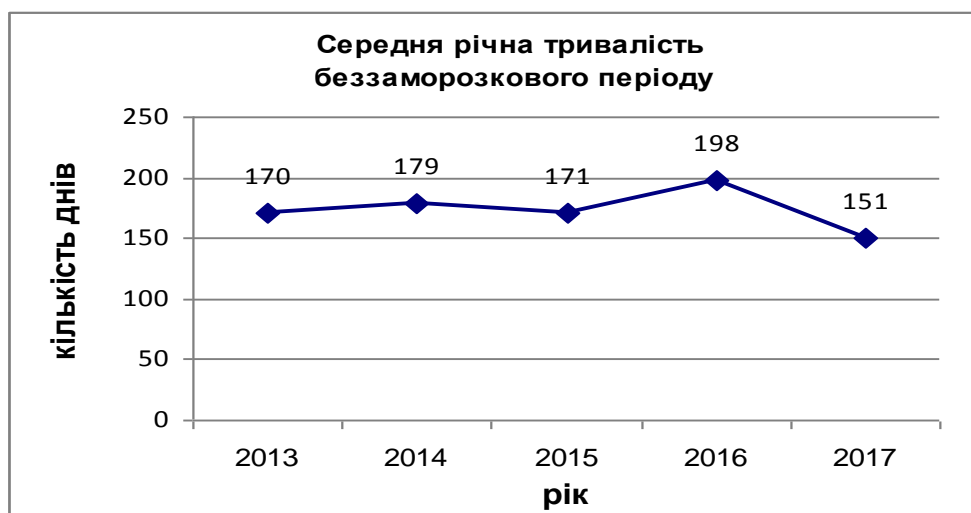


Рис. 4.9. Річна тривалість беззаморозкового періоду по Кіровоградській області (дні)

Річний розподіл вказує на збільшення періоду без заморозків у 2016 р., мінімальна тривалість припадає на 2017 р. – 151 день.

За період дослідження на території Кіровоградської області тривалість періоду без заморозків в середньому становить 170-190 днів (рис. 4.10.).

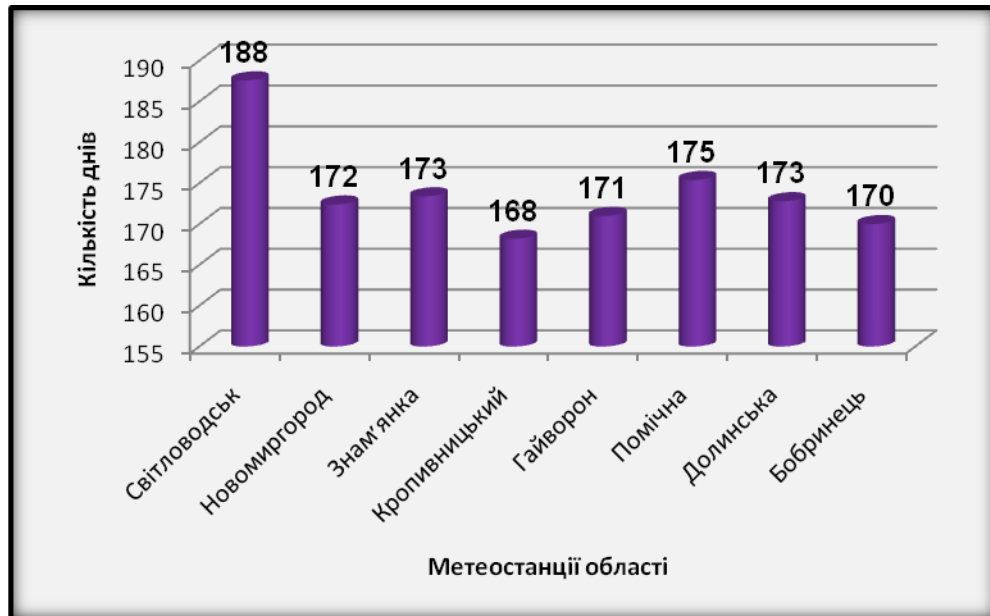


Рис. 4.10. Середня тривалість беззаморозкового періоду за період 2013-2017 рр. на території Кіровоградської області

Так, найбільша тривалість періоду без заморозків спостерігається в крайніх північно-східних районах області, а саме в Світловодську – 188 днів, а найменша тривалість – в центральних (за даними АМСЦ Кропивницький) районах і становить 168 днів.

Розглянемо більш детально тривалість беззаморозкового періоду по роках, починаючи з 2013 р. (табл. 4.1.).

На території області в 2013 р. дата стійкого переходу температури повітря через 5 °С навесні спостерігалася 31 березня, а восени перехід середньодобової температури повітря через 5 °С в бік її зниження майже по всій території області відмічався 26 листопада, окрім Знам'янки. За даними цієї метеостанції перехід відбувся 14 листопада.

Найбільша тривалість безморозного періоду спостерігалась в Світловодську (190 днів), найменша – в центральних, південно-західних та південних районах області (157-159 днів). На решті території області тривалість періоду становила від 173 до 178 днів.

Таблиця 4.1 - Дата стійкого переходу температури повітря через 5 °С та тривалість безморозного періоду у 2013 р.

Назва метеостанції (агрометпоста)	Дата		Тривалість, (дні)	
	навесні	восени	у повітрі (на висоті 2 м)	на ґрунті
Світловодськ	31.03	26.11	190	175
Новомиргород	31.03	26.11	173	157
Знам'янка	31.03	14.11	178	157
Кропивницький	31.03	26.11	159	157
Гайворон	31.03	26.11	173	157
Помічна	31.03	26.11	173	157
Долинська	31.03	26.11	157	157
Бобринець	31.03	26.11	159	159

Аналізуючи дати закінчення заморозків навесні та початку їх восени (Додаток Б) тривалість беззаморозкового періоду в 2013 році коливається від 157 до 190 днів (рис.4.11).

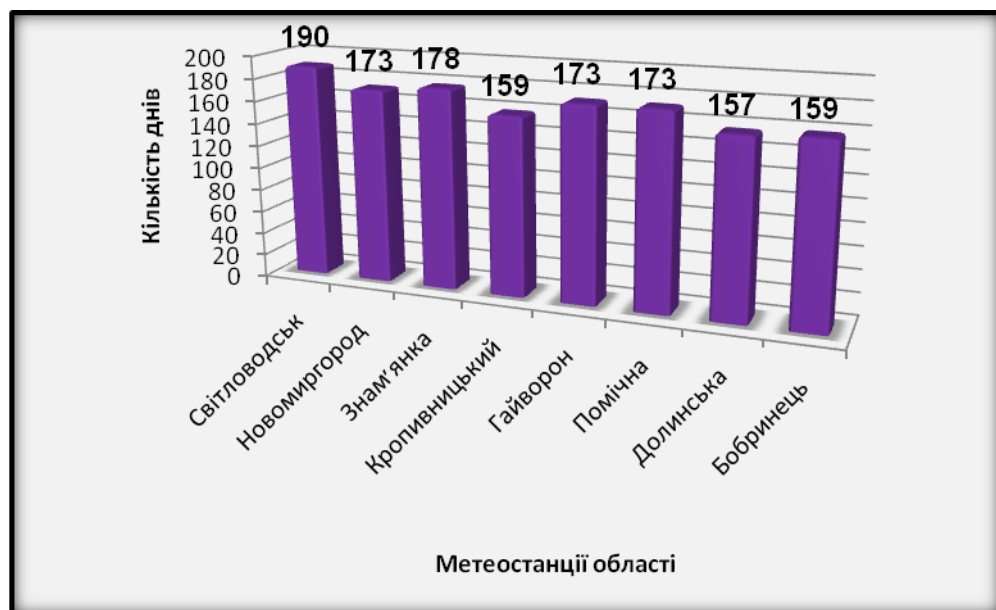


Рис. 4.11. Тривалість беззаморозкового періоду в 2013 р. на території Кіровоградської області

В 2014 р. дати стійкого переходу температури повітря через 5 °С навесні та восени розподілилися більш нерівномірно в порівнянні з 2013 р., а саме: в Новомиргороді, Знам'янці, Кропивницькому, Помічній, Долинській та Бобринці перехід середньодобової температури повітря через 5 °С в бік її підвищення навесні відбувся 11 березня, в Світловодську – 14 березня, а в крайніх західних районах області (Гайворон) – 10 березня (табл. 4.2.).

Восени в Світловодську, Новомиргороді, Кропивницькому, Гайвороні та Помічній перехід температури повітря через 5 °С у бік зниження відбувся 24 жовтня, в Знам'янці – 23 жовтня, в Долинській та Бобринці – 14 листопада.

Тривалість беззаморозкового періоду в 2014 р. на території Кіровоградської області за даними метеостанцій складає 177-185 днів (рис.4.12.).

Таблиця 4.2 - Дата стійкого переходу температури повітря через 5 °С та тривалість безморозного періоду у 2014 р.

Назва метеостанції (агрометпоста)	Дата		Тривалість, (дні)	
	навесні	восени	у повітрі (на висоті 2 м)	на ґрунті
Світловодськ	14.03	24.10	185	183
Новомиргород	11.03	24.10	179	141
Знам'янка	11.03	23.10	179	144
Кропивницький	11.03	24.10	178	134
Гайворон	10.03	24.10	179	136
Помічна	11.03	24.10	179	141
Долинська	11.03	14.11	177	144
Бобринець	11.03	14.11	179	135

Майже по всій території тривалість періоду не перевищила 179 днів. Саме тривалість безморозного періоду в 179 днів охопила найбільшу кількість метеостанцій (5 метеостанцій). В Кропивницькому та Долинській тривалість періоду без заморозків становила 178 та 177 днів відповідно. Максимум тривалості безморозного періоду знову відмічається в Світловодську – 185 днів.

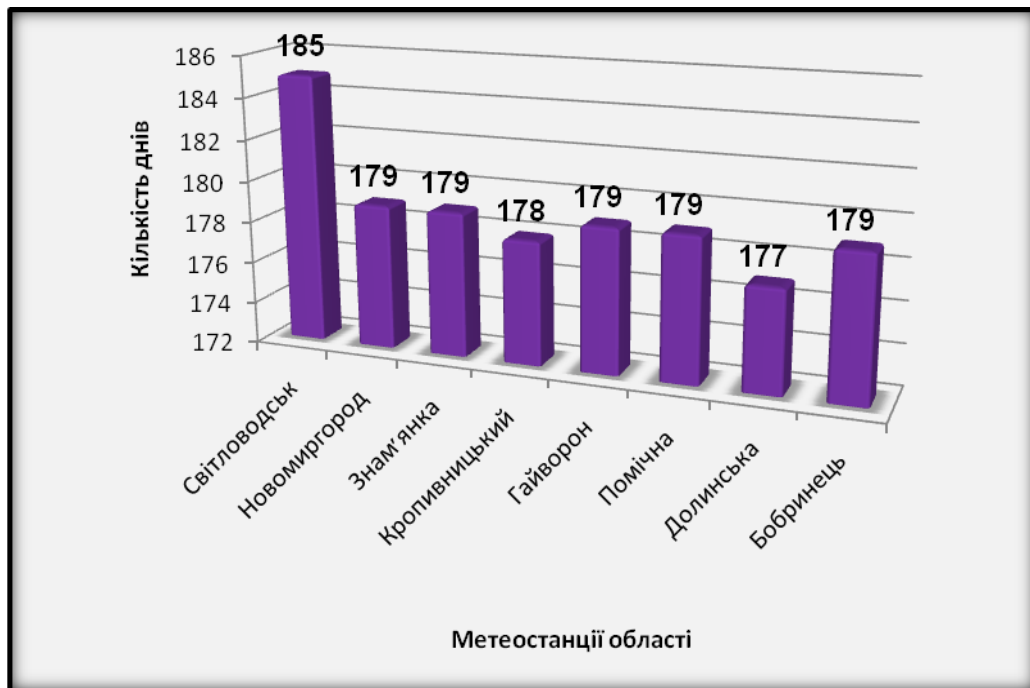


Рис. 4.12. Тривалість беззаморозкового періоду в 2014 р. на території Кіровоградської області

Дати стійкого переходу температури повітря через 5 °С навесні 2015 р. відмічалися 25 та 26 березня, а восени 24 листопада. Лише за даними ст.Гайворон перехід середньодобової температури повітря через 5 °С в бік її зниження відмічався 23 листопада (табл. 4.3, рис.4.13).

Аналізуючи тривалість безморозного періоду в 2015 р., виділено суттєве відхилення показників за даними Світловодської ГМО від даних інших метеостанцій.

На території області тривалість цього періоду складає 167-169 днів. Більше того, 4 з 8 метеостанцій області охоплені періодом тривалістю 167 днів (центральні частина області та південна).

На метеостанціях Знам'янка та Гайворон – 169 днів, а в північно-західних районах області тривалість періоду не перевищує 169 днів. Повертаючись до даних Світловодської ГМО, тривалість періоду без заморозків становила 196 днів, це друге по величині значення за останні 5 років.

Таблиця 4.3 - Дата стійкого переходу температури повітря через 5 °С та тривалість безморозного періоду у 2015 р.

Назва метеостанції (агрометпоста)	Дата		Тривалість, (дні)	
	навесні	восени	у повітрі (на висоті 2 м)	на ґрунті
Світловодськ	25.03	24.11	196	169
Новомиргород	25.03	24.11	169	161
Знам'янка	26.03	24.11	168	161
Кропивницький	26.03	24.11	167	167
Гайворон	25.03	23.11	168	162
Помічна	26.03	24.11	167	167
Долинська	26.03	24.11	167	164
Бобринець	26.03	24.11	167	167

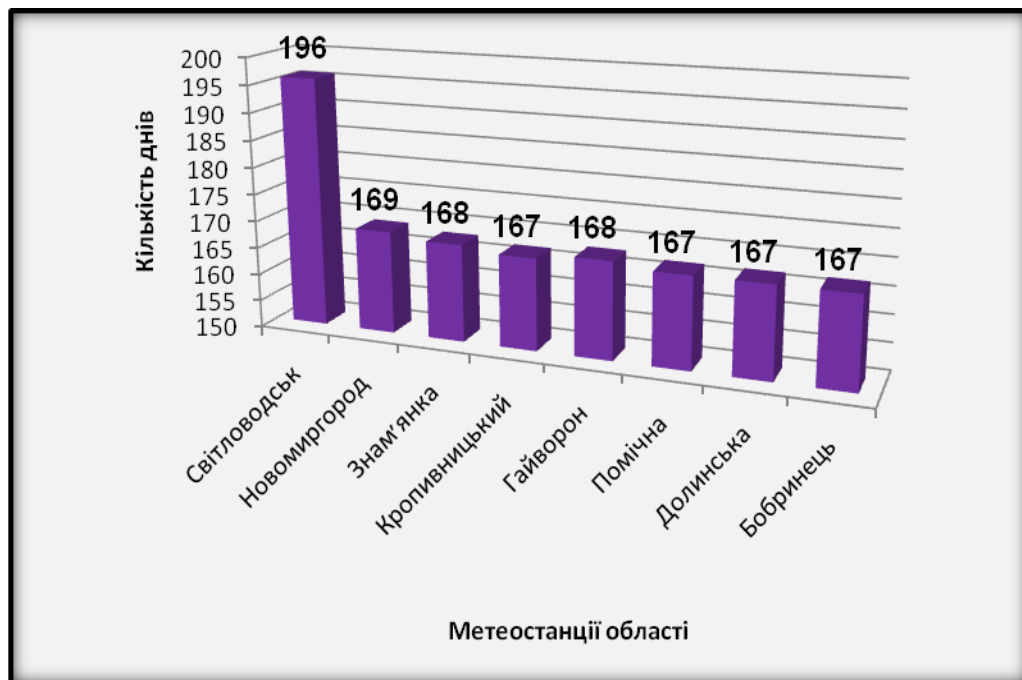


Рис. 4.13. Тривалість беззаморозкового періоду в 2015 р. на території Кіровоградської області

Навесні 2016 р. дати стійкого переходу температури повітря через 5 °С на території області розподілилися вкрай нерівномірно (табл. 4.4.).

Найраніше перехід відбувся 7 березня на метеостанціях Гайворон та Бобринець, надалі перехід відмічався 28 березня (Новомиргород та Помічна).

29 березня відмічався перехід середньодобової температури повітря через 5 °С в бік її підвищення за даними трьох метеостанцій: Знам'янка, Кропивницький та Долинська. Найпізніша дата стійкого переходу температури повітря виділена в Світловодську – 30 березня.

Встановлено, що восени 2016 р. дати стійкого переходу температури повітря відмічалися протягом жовтня, окрім Світловодської ГМО.

Таким чином, найраніший перехід спостерігався 13 жовтня за даними метеостанцій Новомиргород та Знам'янка; 15 жовтня перехід відбувся на метеостанції Помічна. Надалі, в третій декаді жовтня, а саме 24-25 жовтня, спостерігався перехід в Кропивницькому, Долинській та Бобринці. Як і навесні, найпізніша дата стійкого переходу температури повітря відмічена в Світловодську – 11 листопада.

Таблиця 4.4 - Дата стійкого переходу температури повітря через 5°С та тривалість безморозного періоду у 2016 р.

Назва метеостанції (агрометпоста)	Дата		Тривалість, (дні)	
	навесні	восени	у повітрі (на висоті 2 м)	на ґрунті
Світловодськ	30.03	11.11	202	192
Новомиргород	28.03	13.10	197	152
Знам'янка	29.03	13.10	198	173
Кропивницький	29.03	24.10	196	151
Гайворон	07.03	10.11	194	160
Помічна	28.03	15.10	194	175
Долинська	29.03	25.10	199	153
Бобринець	07.03	25.10	201	177

Встановлено, що найбільша тривалість безморозного періоду за останні 5 років на території Кіровоградської області спостерігалася саме в 2016 р. і склала від 194 до 202 днів (рис.4.14).

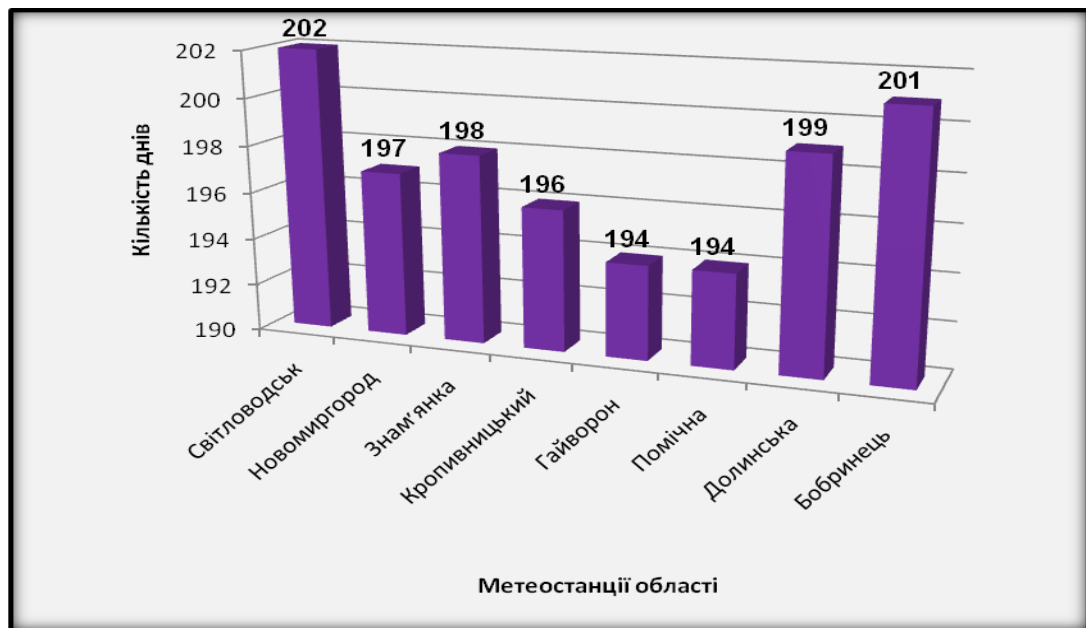


Рис. 4.14. Тривалість беззаморозкового періоду в 2016 р. на території Кіровоградської області

Найбільша тривалість періоду відмічається в Світловодську – 202 дні. Крім того, це максимальна тривалість безморозного періоду за період дослідження 2013-2017 рр. на Кіровоградщині.

В південних районах області (Бобринець) тривалість періоду відрізняється на один день і становить 201 день, відповідно. На решті території області тривалість періоду без заморозків коливалась від 194 до 199 днів.

В 2017 р. дати стійкого переходу температури повітря через 5 °С розподілилися нерівномірно лише навесні (табл. 4.5, рис.4.15).

Найраніше на ст. Бобринець – 4 березня. Надалі перехід відмічався 5 березня на метеостанціях Новомиргород, Гайворон та Помічна. І найпізніше, а саме 22 березня, перехід відбувся в Світловодську, Знам'янці, Кропивницькому та Долинській.

Восени 2017 р. дати стійкого переходу температури повітря через 5 °С на території області розподілилися рівномірно - за даними восьми метеостанцій області стійкий перехід температури повітря через 5 °С у бік зниження відмічався 15 листопада.

Таблиця 4.5 - Дата стійкого переходу температури повітря через 5 °С та тривалість безморозного періоду у 2017 р.

Назва метеостанції (агрометпоста)	Дата		Тривалість, (дні)	
	навесні	восени	у повітрі (на висоті 2 м)	на ґрунті
Світловодськ	22.03	15.11	165	164
Новомиргород	05.03	15.11	144	140
Знам'янка	22.03	15.11	144	140
Кропивницький	22.03	15.11	141	141
Гайворон	05.03	15.11	141	140
Помічна	05.03	15.11	164	133
Долинська	22.03	15.11	164	141
Бобринець	04.03	15.11	144	141

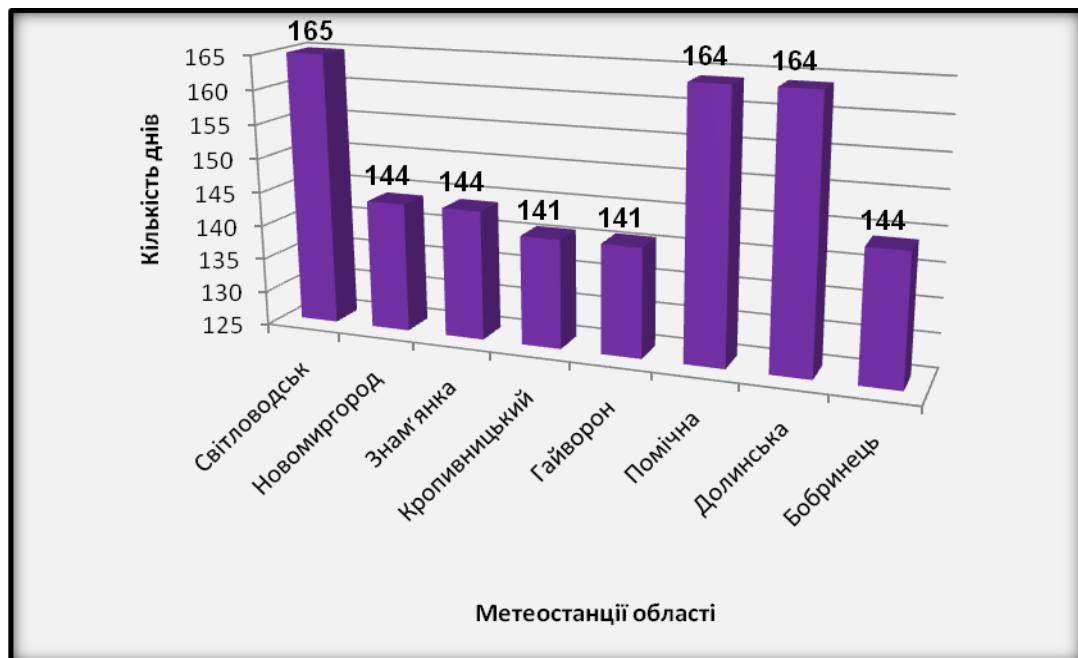


Рис. 4.15. Тривалість беззаморозкового періоду в 2017 р. на території Кіровоградської області

Досліджено, що в 2017 році, в зв'язку із пізніми заморозками, що відмічалися у ніч з 10 на 11 травня 2017 р. на Кіровоградщині тривалість безморозного періоду значно відрізняється від попередніх років.

Саме в 2017 році спостерігається найменша тривалість безморозного періоду. За даними АМСЦ Кропивницький та метеостанції Гайворон - 141 день. В Новомиргороді, Знам'янці та Бобринці тривалість періоду без заморозків становила 144 дні. На решті території області це значення коливалося від 164 до 165 днів.

4.2. Зміни показників заморозкоутворення

Окремим етапом роботи проведений аналіз відхилень характеристик виникнення заморозків у Кіровоградській області (додаток Б, табл. Б.1- Б.2) відповідно до середніх кліматичних показників за даними кліматичного кадастру України [5].

Середньокліматичні показники дат першого та останнього заморозку і тривалість безморозного періоду наведені в табл. 4.6-4.7.

За даними Світловодська у період 2013-2017 рр. відмічається незначне відхилення у розкиді дат останнього заморозку – середня дата змістилася на 5 діб з 3 квітня за середньокліматичними показниками на 8 квітня. А в датах першого заморозку виділяються суттєві відмінності: середня дата першого заморозку змістилася на 10 діб у більш ранній строк – 11 жовтня, при цьому ранні заморозки почалися дещо пізніше – з 3 жовтня (кліматичні показники з 28 вересня), а найбільш пізня дата першого заморозку значно змістилася на ранній строк – до 20 жовтня у порівнянні з нормою 19 листопада. Таким чином, по станції Світловодськ в останніх п'яти роках скоротився період між найранішою і найпізнішою датою настання першого заморозку і склав лише 10 діб: 3-20 жовтня, тоді як середні показники вказують на більший розкид дат – від 21 жовтня до 19 листопада. Отже, у Світловодську перші заморозки загалом стали формуватися раніше.

По станції Новомиргород подібна ситуація – у розподілі дат останнього заморозку навесні ще менші відхилення – у середньому на 3-4 доби, а настання перших заморозків істотно відрізняється від середніх показників. Так, середня дата перших заморозків у період 2013-2017 рр. змістилася на 10 діб на більш ранні числа – до 30 вересня (кліматична норма 9 жовтня);

найбільш рання дата перших заморозків практично співпадає з середньокліматичним розподілом, а найбільш пізнє настання перших заморозків в останні п'ять років змістилося майже на місяць на більш ранній календарний строк – до 8 жовтня (норма 10 листопада). Як результат, по станції Новомиргород перші заморозки в останні роки утворюються значно раніше.

Таблиця 4.6 - Дата останнього і першого заморозку у повітрі по Кіровоградській області (1961 – 1990 рр.), [5]

Дата останнього заморозку						Дата першого заморозку					
Середня	Середнє квадратичне відхилення	Найраніша	Рік	Найпізніша	Рік	Середня	Середнє квадратичне відхилення	Найраніша	Рік	Найпізніша	Рік
Світловодськ											
3.IV	9.9	21.III	1988	24.IV	1987	21.X	11.4	28.IX	1977	19.XI	1960
Новомиргород											
19.IV	11.5	28.III	1966	15.V	1980	9.X	10.8	16.IX	1942	10.XI	1960
Знам'янка											
18.IV	13.1	24.III	1951	14.V	1980	13.X	10.7	19.IX	1958	9.XI	1974
Кіровоград											
19.IV	11.2	23.III	1920	24.V	1904, 1910	11.X	10.5	5.IX	1906	10.XI	1938
Гайворон											
20.IV	11.5	28.III	1966	24.V	1980	8.X	11.9	3.IX	1983	2.XI	1960
Помічна											
15.IV	12.2	24.III	1951	15.V	1980	14.X	9.8	17.IX	1952	19.XI	1960
Долинська											
16.IV	8.2	1.IV	1976	6.V	1986	12.X	12.1	17.IX	1952	10.XI	1967
Бобринець											
19.IV	12.5	28.III	1966	24.V	1980	12.X	11.9	17.IX	1952	9.XI	1974

Дослідження по станції Знам'янка вказують на зсув найранішої дати останнього заморозку біля двох тижнів на пізніші календарні строки – до 6 квітня (норма 24 березня). Отже, останні заморозки в загальному почали відмічатися пізніше. Середня дата перших заморозків відмічається у більш

ранній строк – 4 жовтня (норма 13 жовтня), при цьому зміщена найраніша дата перших заморозків на два тижні назад і найпізніша дата на місяць вперед. Таким чином, головна відмінність розподілу заморозків у Знам'янці – початок настання перших заморозків спостерігається пізніше, а кінцевий строк першого заморозку більш ранній, при цьому значно звузився період між ранніми і пізніми датами формування першого заморозку – до 5 діб.

Формування останніх заморозків у Кропивницькому за середніми показниками співпадає, а ранні дати останніх заморозків зміщені на два тижні вперед і відмічаються 3 квітня (норма 23 березня); найбільш пізня дата останнього заморозку змістилася назад – до 11 травня (норма 24 травня). Перші заморозки відмічаються пізніше за ранніми датами – 30 вересня (норма 5 вересня), а найпізніші дати зміщені практично на місяць назад – тобто остання дата перших заморозків відмічається значно раніше (17 жовтня і 10 листопада відповідно).

За даними ст. Гайворон виокремлюються невеликі відхилення найбільш ранньої дати останніх заморозків вперед – 3 квітня при кліматичних показниках 28 березня, а найбільш пізня дата останнього заморозку має зсув назад – 11 травня при нормі 24 травня. Ранні заморозки мають типові (як для інших станцій області) відхилення: перші заморозки розпочинаються пізніше – з 30 вересня при кліматичній нормі 3 вересня, а найпізніше настання перших заморозків змістилося на 2 тижні назад – на 15 жовтня при нормі 2 листопада.

Для ст. Помічна Кіровоградської області останні заморозки в досліджуваній період відмічаються пізніше – з 3 квітня (норма 24 березня), найпізніші дати близькі до середньокліматичних. Восени середні дата перших заморозків дещо раніша – 8 жовтня при нормі 14 жовтня, найраніше заморозки стали спостерігатися з 30 вересня при нормі 17 вересня, тобто у більш пізні календарні строки; найпізніша дата перших заморозків знову суттєво змістилася назад – до 23 жовтня при середньокліматичних показниках 19 листопада.

По ст. Долинська весняні заморозки відмічаються дещо пізніше – до 11 травня при нормі 6 травня. Осінні заморозки розпочинаються пізніше – з 28 вересня при нормі 17 вересня, а остання дата ранніх заморозків має великий зсув назад – до 23 жовтня (норма 10 листопада).

Подібний розподіл характеристик заморозкоутворення спостерігається на ст. Бобринець: весняні заморозки закінчуються раніше – 11 травня при середньокліматичних даних 24 травня. А ранні заморозки мають відхилення,

як у середніх датах настання – 6 жовтня (норма 12 жовтня), так і у найбільш ранніх датах – з 30 вересня при нормі з 17 вересня, та, особливо, останній даті формування першого заморозку – 17 жовтня при нормі 9 листопада.

Таким чином, по Кіровоградській області в останніх п'яти роках виділяється чітка тенденція відхилення характеристик перших заморозків восени. Зокрема, найпізніша дата настання ранніх заморозків 17 жовтня, а середньокліматичні показники змінюються по всіх станціях області в межах листопада (найпізніше 19 листопада). При цьому перші заморозки стали відмічатися пізніше - з 19 вересня при середніх показниках 27 вересня, а кліматичні дані вказують на першу дату заморозків 3 вересня. Отже, внаслідок регіональних змін клімату, а саме, підвищення температури у вересні і жовтні, перші заморозки на Кіровоградщині розпочинаються пізніше, додатково суттєво скоротився період між найранішою і найпізнішою датою настання першого заморозку – практично місяць: 19 вересня – 17 жовтня, тоді як середньокліматичний розподіл мав розмах від 3 вересня до 19 листопада. Слід зазначити, що останні найбільш небезпечні заморозки навесні стали відмічатися всередньому раніше – до 11 травня, тоді як кліматичний розподіл виділяв дати до 24 травня.

Відмітимо, що для категоричних висновків і виділення закономірностей щодо зміни у розподілі дат перших і останніх заморозків необхідно розширити період дослідження.

Надалі визначимо загальні відмінності у тривалості безморозного періоду на Кіровоградщині (рис. 4.16, табл.4.7 - 4.8).

На рис. 4.16 показані криві середньої тривалості безморозного періоду по області за даними Кліматичного кадастру України (1961-1990 рр.) і за досліджуваний період 2013-2017 рр. з метою порівняння і максимальної наочності.

Найбільші відхилення у середній тривалості безморозного періоду належать ст. Світловодськ – 188 днів при кліматичних показниках у 200 днів, тобто виділяється скорочення безморозного періоду. Проте у середині річного розподілу у 2016 р. середня тривалість в межах кліматичної норми, а максимальне скорочення безморозного періоду виділяється у 2017 р. – на 35 днів (показник 165 днів), що є нижчим і за найменшу кліматичну тривалість.

Новомиргород має середні показники, що відповідають кліматичним, за іншими станціями області середня тривалість безморозного періоду скоротилася на 4-6 днів, за виключенням Гайворона, де ця тривалість зросла на 1 день.

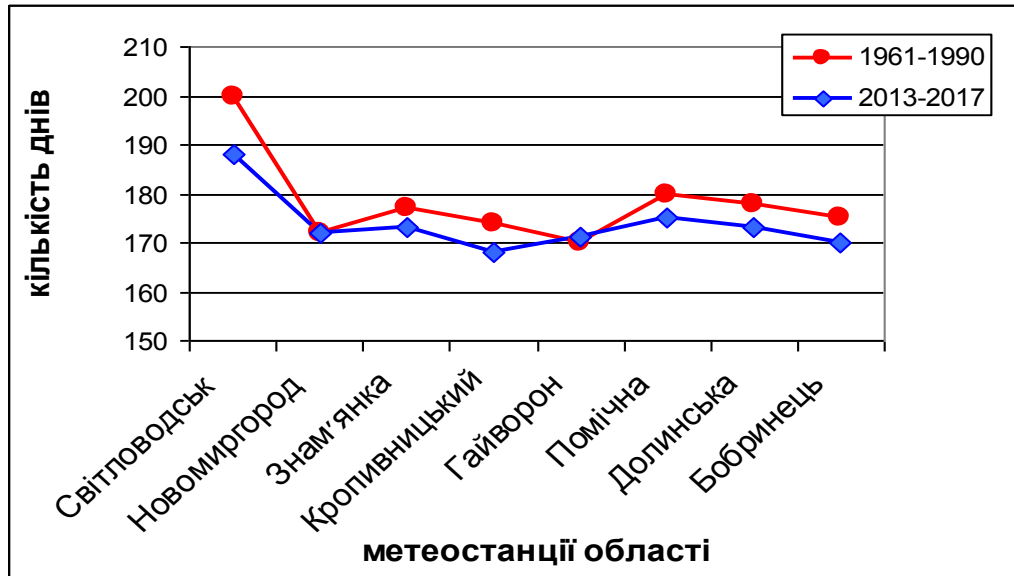


Рис. 4.16. Середня тривалість безморозного періоду у Кіровоградській області

Таблиця 4.7 – Річна тривалість безморозного періоду у Кіровоградській області за період 2013-2017 рр. (кількість днів)

Метеостанція	Рік					Середня
	2013	2014	2015	2016	2017	
Світловодськ	190	185	196	202	165	188
Новомиргород	173	179	169	197	144	172
Знам'янка	178	179	168	198	144	173
Кропивницький	159	178	167	196	141	168
Гайворон	173	179	168	194	141	171
Помічна	173	179	167	194	164	175
Долинська	157	177	167	199	164	173
Бобринець	159	179	167	201	144	170
Середня	170	179	171	198	151	

Таблиця 4.8 – Тривалість безморозного періоду у Кіровоградській області (1961 – 1990 рр.), [5]

Тривалість безморозного періоду, кількість днів						
Середня	Середнє квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації	Найменша	Рік	Найбільша	Рік
Світловодськ						
200	12,7	0.06	172	1979	227	1967
Новомиргород						
172	13,3	0.08	129	1952	215	1960
Знам'янка						
177	16,0	0.09	144	1986	202	1974
Кропивницький						
174	14,2	0.08	125	1910	201	1966
Гайворон						
170	15,4	0.09	116	1952	200	1966
Помічна						
180	13,3	0.07	129	1952	224	1960
Долинська						
178	12,4	0.07	144	1986	208	1938, 1950
Бобринець						
175	15.7	0.10	129	1952	208	1950

2017 р. демонструє значення тривалості з найбільшим відхиленням від норми за всіма станціями області по скороченню середньої тривалості до 15 днів.

Зазначимо, що за останні 5 років як мінімальну, так і максимальну тривалість безморозного періоду відповідно до середньокліматичних показників не досягнуто на жодній зі станцій області.

Середня кліматична тривалість безморозного періоду загалом по області у 178 днів перевищена лише у 2014 і 2016 рр., з максимумом у 2016 р. – на 20 днів.

4.3 Умови формування небезпечних заморозків над Кіровоградською областю 10-11 травня 2017 р.

Синоптична ситуація біля поверхні землі в атлантико-європейському регіоні 10 травня (рис.4.17) визначалась переважанням циклонічної діяльності над атлантико-європейським сектором.

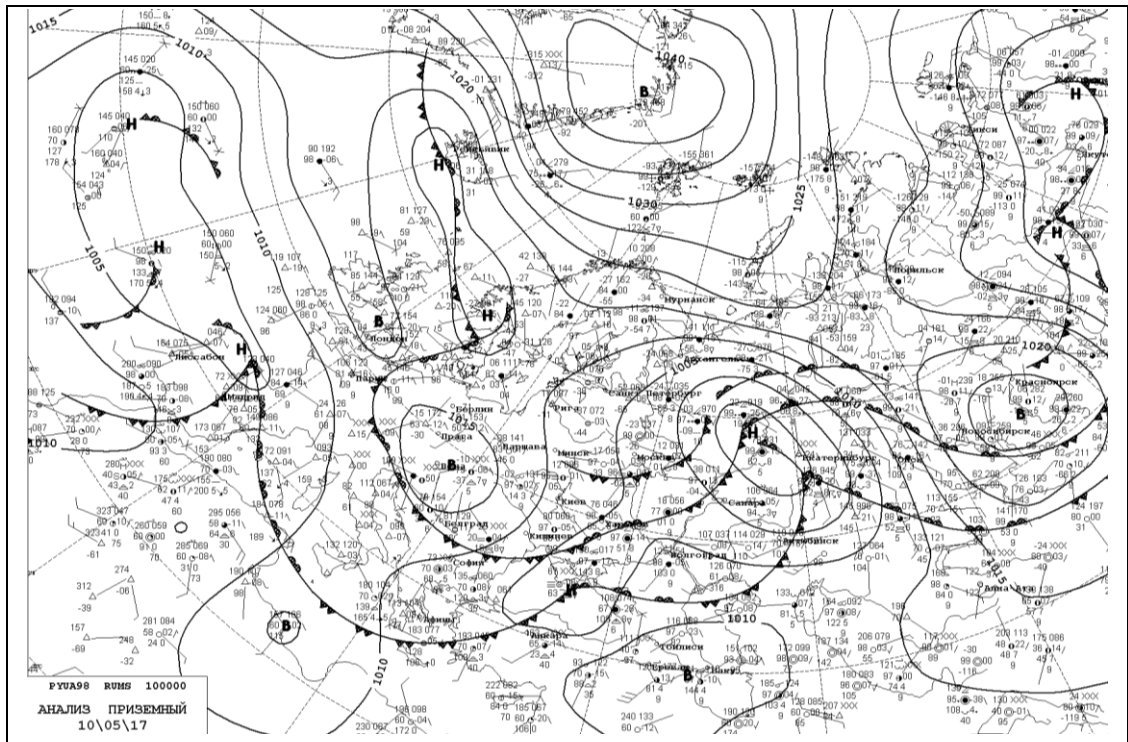


Рис. 4.17. Приземна карта погоди 10.05.2017 р., 00 ВСЧ

Погодні умови над східною Європою, ЄТРі західносибірською рівниною визначав циклонічний вихор з центром на північ від Самари, окреслений трьома замкнутими ізобарами з мінімальним тиском в центрі 993,1 гПа. Улоговина циклону, орієнтована на південний захід, обумовлювала синоптичну ситуацію над Лівобережною Україною. На півдні Кримського п-ова в улоговині оформився локальний центр низького тиску. З циклонічним вихром пов'язана система полярного фронту, яка проходила від Єкаторинбурга на північ Каспійського моря. Далі на Чорне море, де і утворився циклон на хвилі фронту. Від Чорного моря полярний фронт опускається на Середземномор'я і далі зонально направлений на захід.

Арктичний фронт 10 травня входить в систему полярно-хвильового циклону. Холодна ділянка цього фронту направлена від центру циклона на

північно-східні області України, над центральною Україною спостерігається хвильове збурення на фронті. Саме над Україною системи полярного та арктичного фронтів максимально наближенні одна до одної. Це свідчить про те, що холодне арктичне повітря в тилу циклону опустилось до 45° півн.ш., тобто до помірних широт.

Деталізовано приземне баричне поле характеризує кільцева приземна карта – рис. 4.18.

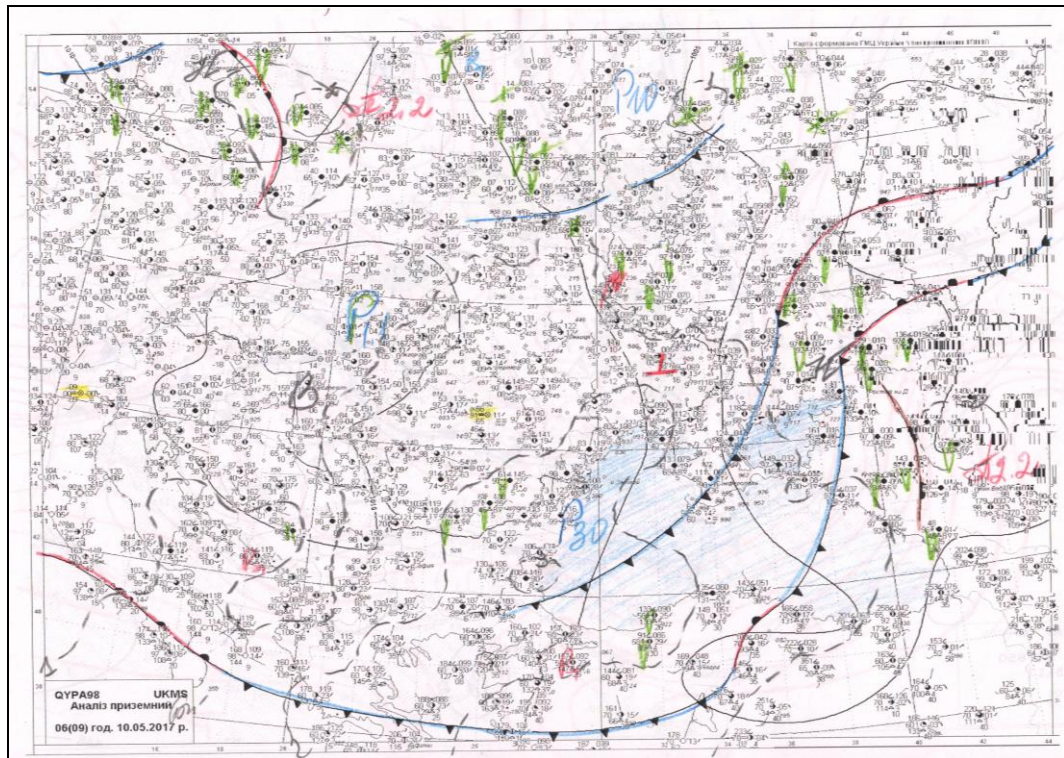


Рис. 4.18. Приземна кільцева карта погоди 10.05.2017 р., 06 ВСЧ

На карті АТ-850 (рис.4.19) центр циклону дещо зміщений на північний захід, відомо що основним критерієм фронтогенезу на карті АТ-850 є контраст температури повітря, аналіз карти підтверджує наявність двох фронтальних систем полярного і арктичного фронтів, особливо активним є арктичний фронт, який характеризується значною вологістю повітря та великими контрастами температури до 12°C на 1000 км. Арктичний фронт проходить через територію України з північного сходу на південний захід. Територія Кіровоградської області знаходиться на південь від фронтального розділу.

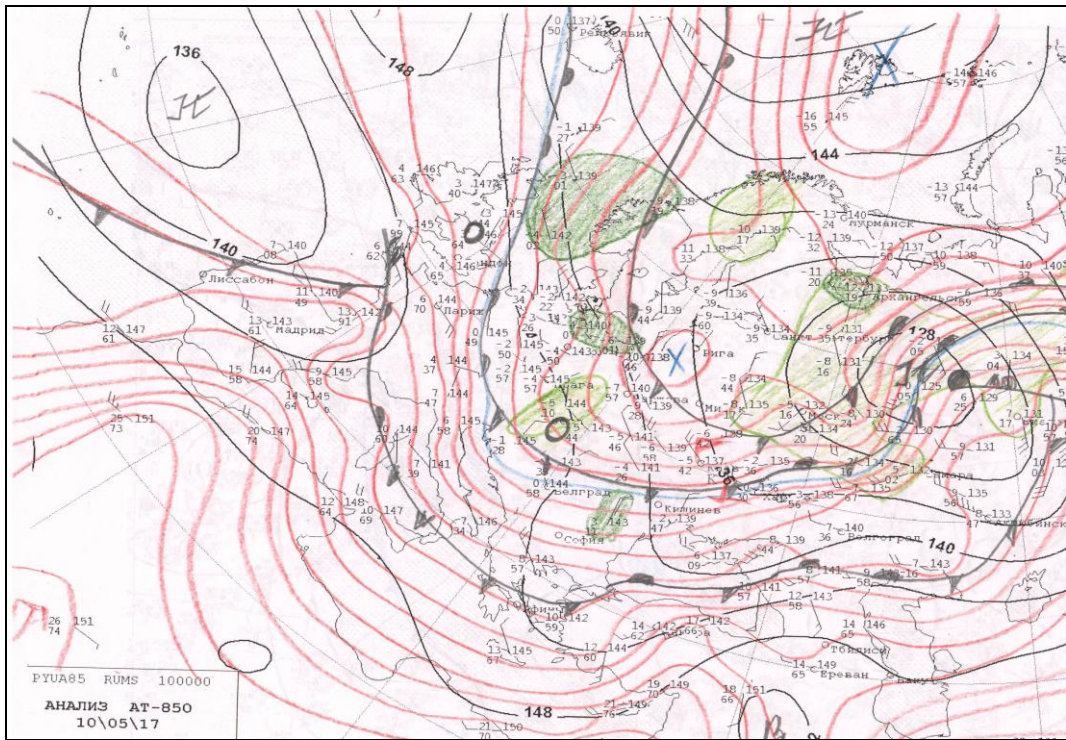


Рис. 4.19. Карта АТ-850 10.05.2017 р., 00 ВСЧ

На карті АТ-700 (рис.4.20) центр циклону також зміщений на північний-захід, тобто його просторова вісь не вертикальна, що свідчить про активність цього циклону протягом доби.

Аналіз поля геопотенціалу свідчить про те, що територія України знаходилась в полі знижених геопотенціальних висот, тобто барична улоговина поглиблювалась, що сприяло активізації полярного розділу. Через 6 год центр локального циклону від Кримського узбережжя перемістився на східні області України, а в його тилівій частині продовжилась адвекція холодного повітря. За рахунок інтенсивного зростання тиску, за холодним арктичним фронтом, вплив антициклону з центром в районі Будапешта поширився на Правобережну Україну.

За висотними картами погодні умови на 10 травня обумовлювала адвекція холодного арктичного повітря за полярною віссю вторгнення з району арктичного басейну від о.Шпіцберген через Скандинавію, Прибалтику до центральної і східної Європи. До 11 числа термічна улоговина поглибилась, здобула гострий «V»- подібний профіль з симетричною віссю вздовж 30-35° півн.ш, охоплюючи територію від центральної Європи до Уралу – рис. 4.21.

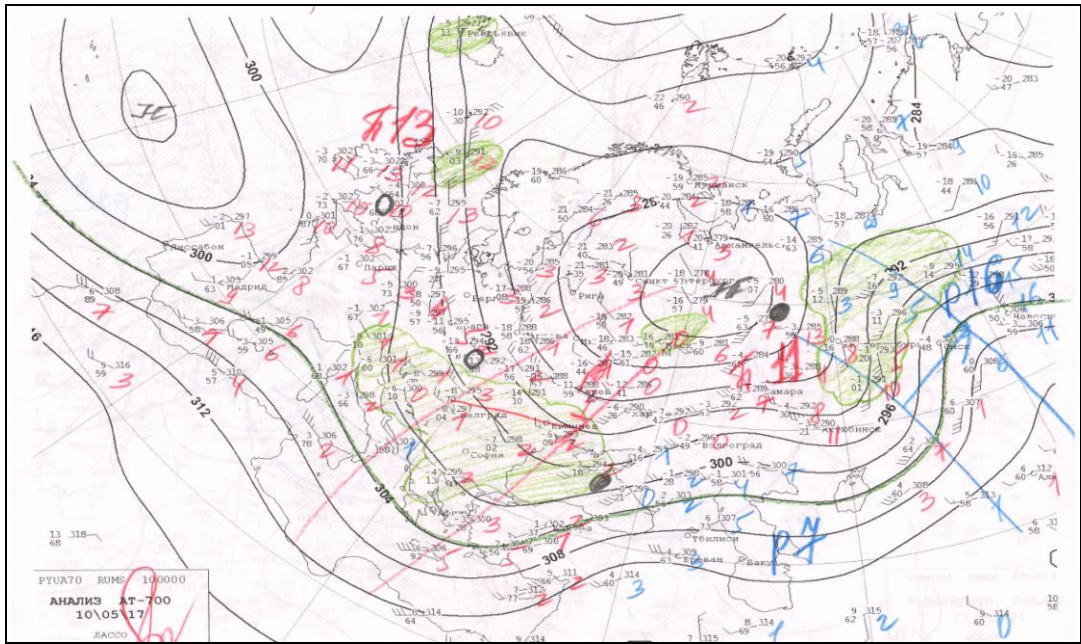


Рис. 4.20. Карта АТ-700 10.05.2017 р., 00 ВСЧ

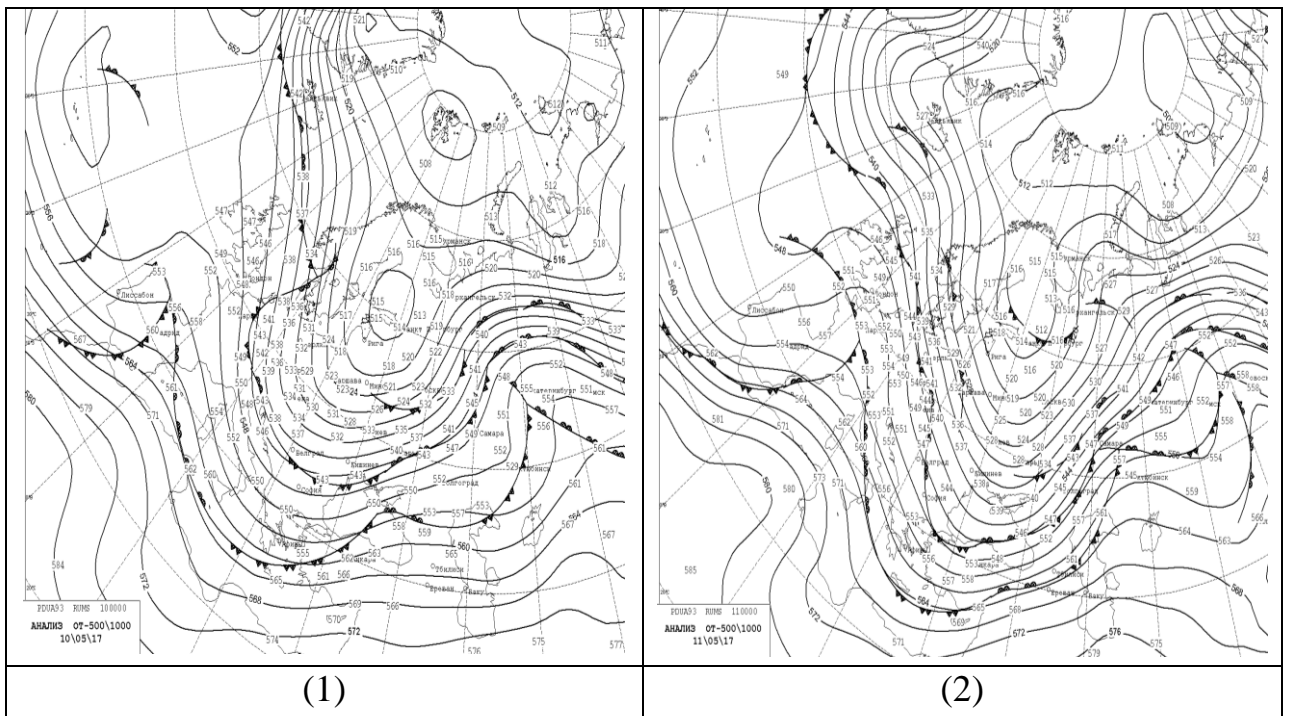


Рис. 4.21. Карти ВТ-500/1000: (1) – 10.05.2017 р.; (2) – 11.05.2017 р.

Біля поверхні землі 11 травня висотній улоговині холоду відповідає антициклон на південному сході Європи, що охоплює всю Україну, з центром над Одесою - $p_{\max}=1016,7$ гПа – рис. 4.22- 4.23.

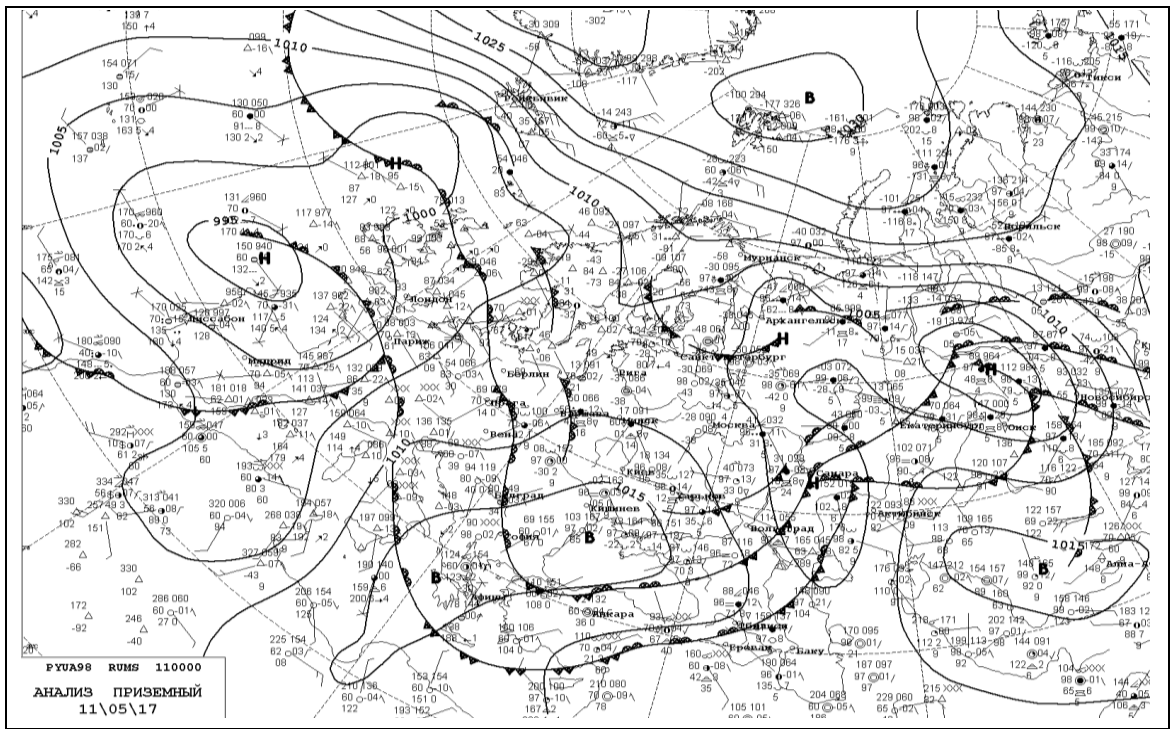


Рис. 4.22. Приземна карта погоди 11.05.2017 р., 00 ВСЧ

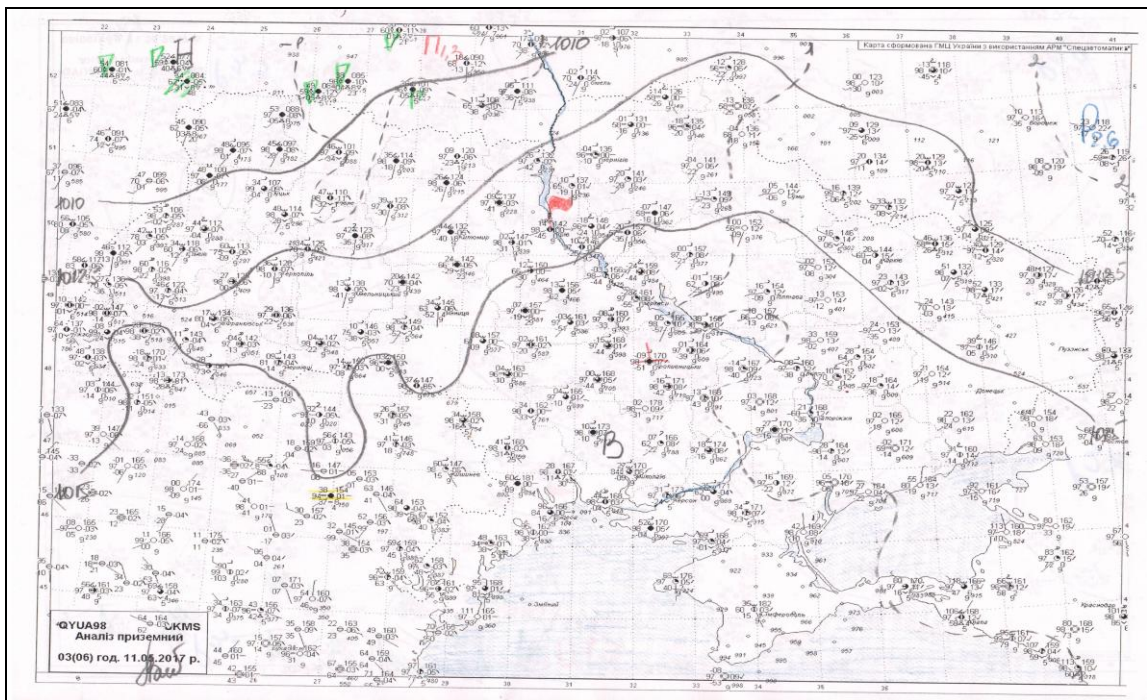


Рис. 4.23. Приземна кільцева карта погоди 11.05.2017 р, 03 ВСЧ

За системою арктичного фронту по території країни суттєво знизилася температура повітря – рис.4.24.

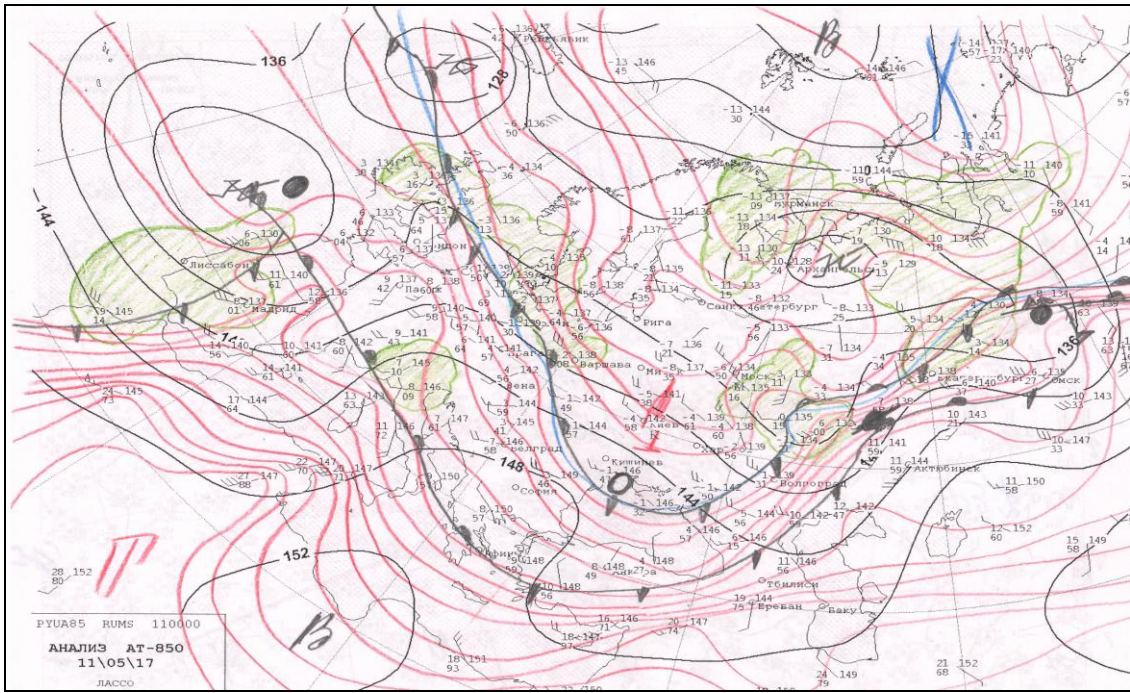


Рис. 4.24. Карта АТ-850 11.05.2017 р., 00 ВСЧ

Розподіл мінімальної температури повітря на території України ілюструє рис. 4.25.

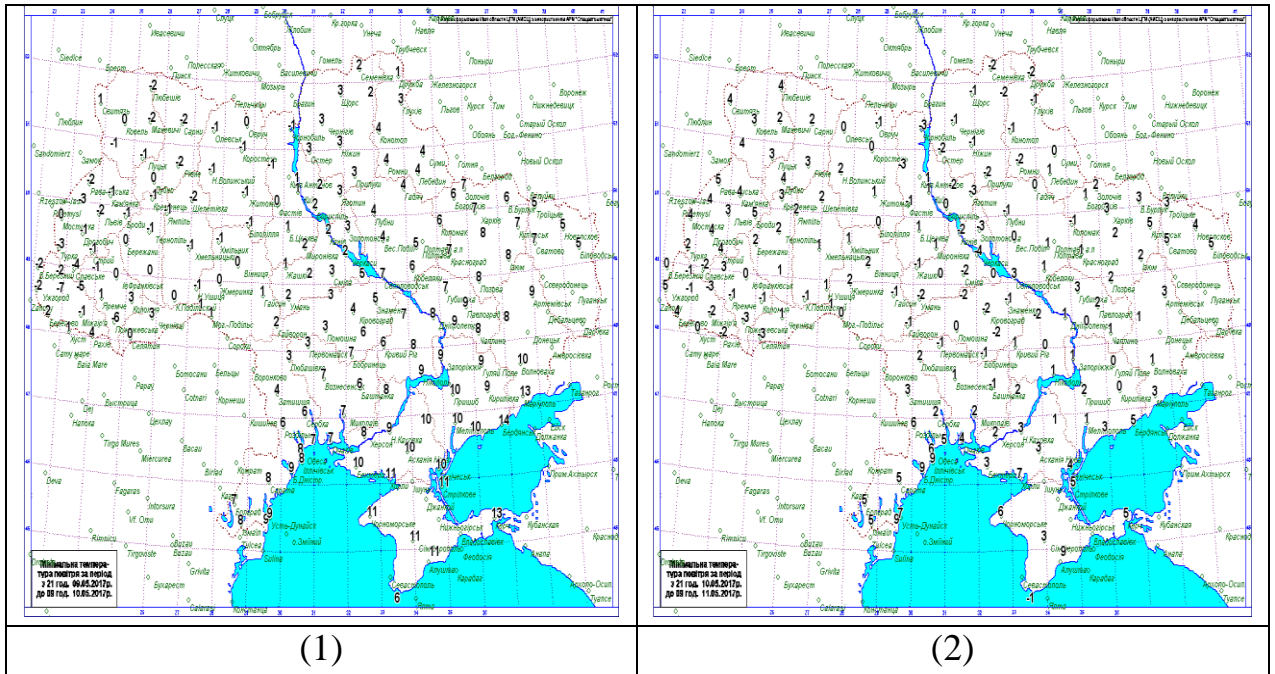


Рис. 4.25. Карта розподілу мінімальної температури повітря: (1) – 10.05.2017 р.; (2) - 11.05.2017 р.

10 травня найнижчі температури відмічалися на заході і північному заході України з мінімумом до $-7...-5^{\circ}\text{C}$ на Закарпатті. Інша територія країни перебувала під впливом циклонічної діяльності і фронтальних розділів: мінімальні температури були істотно вищі – на південному сході до $13-14^{\circ}\text{C}$.

До 11 травня нічні температури знизилася по всій території країни і лише на Одещині залишилися досить високі до $7...9^{\circ}\text{C}$. Від'ємні позначки збереглися на заході, з'явилися у центрі і на півночі до $-4...-3^{\circ}\text{C}$.

Наведемо карти заморозків на ґрунті та у повітрі за вказані 2 доби – рис.4.26 – 4.27.

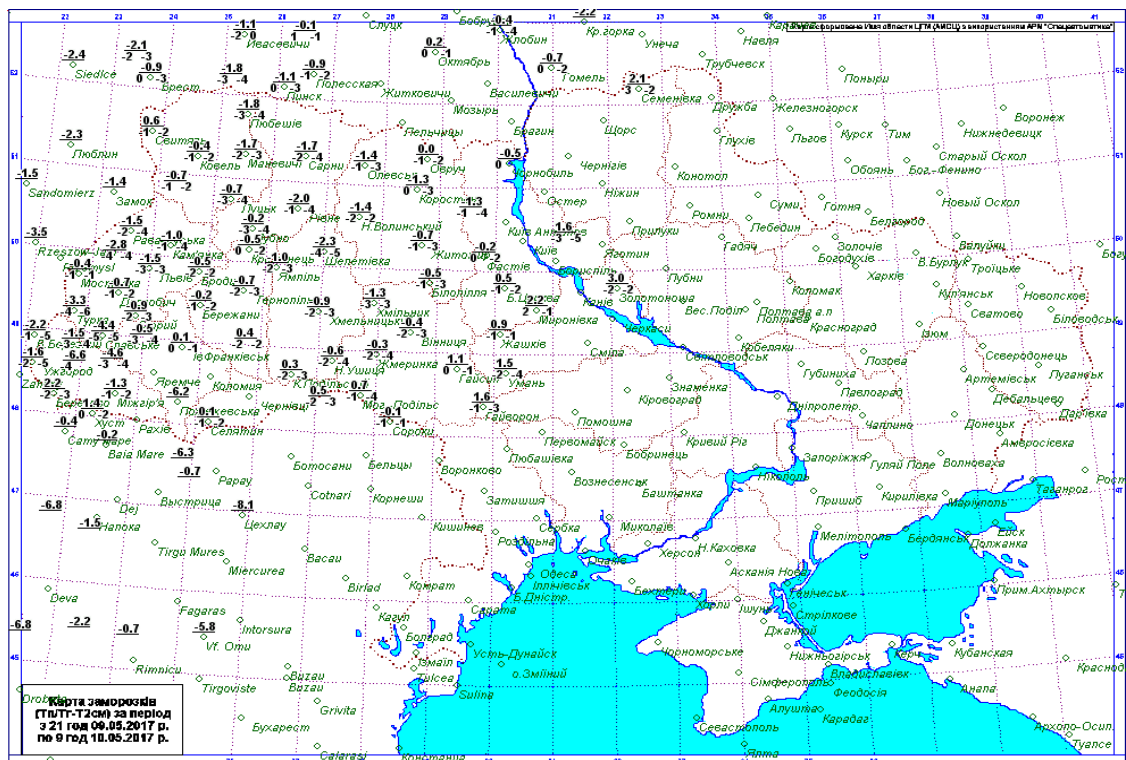


Рис. 4.26. Карта розподілу заморозків за період з 21 год. 09 травня до 09 год. 10 травня 2017 р.

Як видно за картою на рис. 4.26, 10 числа заморозки охопили західні і північно-західні і частково північні регіони України відповідно до траєкторії поширення улоговини холоду. У повітрі найсильніші заморозки зафіксовані на Закарпатті – до $-6,6^{\circ}\text{C}$ морозу, на ґрунті $-6...-4^{\circ}\text{C}$ у Львівській області.

11 травня заморозки охопили переважну частину країни – рис.4.27.

У повітрі мінімум відмічався на Закарпатті до $-3,1^{\circ}\text{C}$, у Київській області до $-3,7^{\circ}\text{C}$. На ґрунті критичні позначки зафіксовані у Київській, Черкаській і Чернівецькій області – до $-8...-6^{\circ}\text{C}$ морозу.

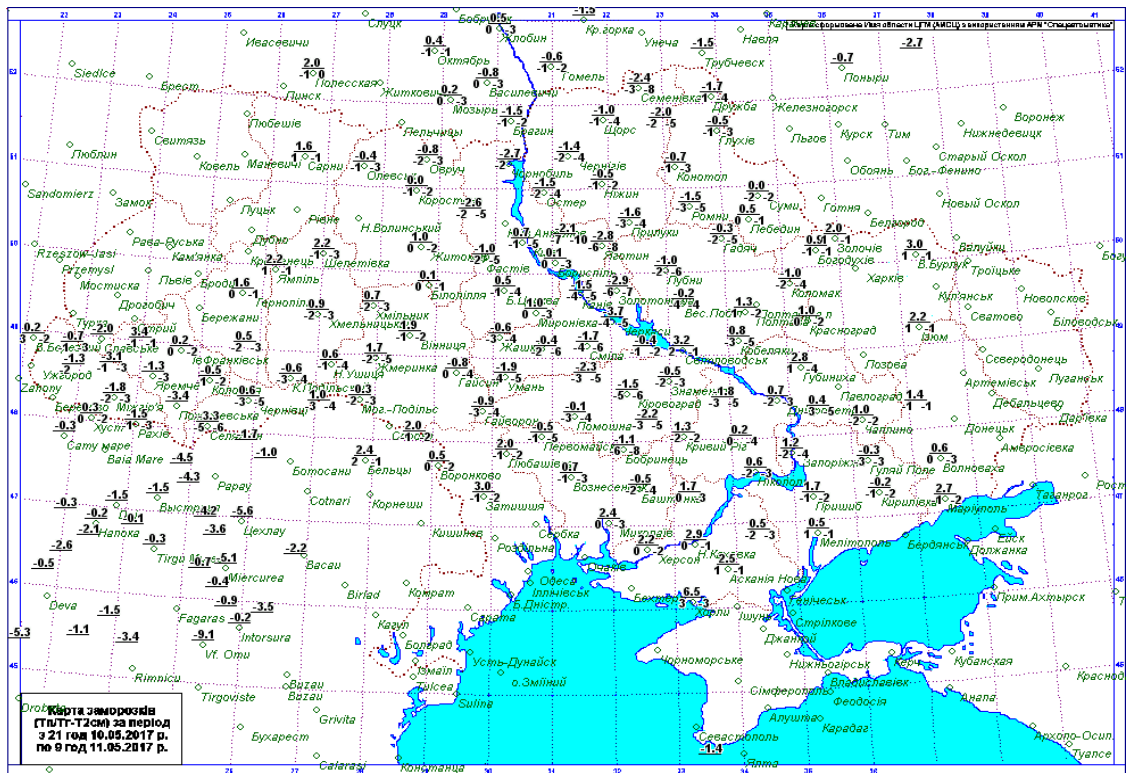



Рис. 4.27. Карта розподілу заморозків за період з 21 год. 10 травня до 09 год. 11 травня 2017 р.

У ніч з 10 на 11 травня 2017 р. на Кіровоградщині спостерігались сильні заморозки у повітрі інтенсивністю $0-2^{\circ}$, на поверхні ґрунту $1-8^{\circ}$. Такі умови негативно вплинули на розвиток теплолюбних пізніх ярих культур.

Синоптиками Кіровоградської АМСЦ був складений наступний прогноз на 11 травня 2017 року: по області: мінлива хмарність, без опадів. Вітер північно-західний, $7-12 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, температура повітря вночі $0-5^{\circ}$ тепла, на поверхні ґрунту та місцями в повітрі заморозки, $0-5^{\circ}$, температура повітря вдень $12-17^{\circ}$ тепла. По місту: мінлива хмарність, без опадів. Вітер північно-західний, $7-12 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$. Вночі на поверхні ґрунту та в повітрі заморозки, $1-3^{\circ}$, температура повітря вдень $14-16^{\circ}$ тепла.

Споживачам гідрометеорологічної інформації було доведено штормове попередження про погіршення погодних умов, які в свою чергу негативно вплинули на роботу галузей народного господарства, незважаючи на те, що синоптики завчасно попередили про стихійне явища (рис.4.28 - 4.29). Спостерігалися збитки.


Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Кіровоградський обласний центр з гідрометеорології
 25022 м. Кіровоград, вул. Віктора Чміленка, 84, тел. /факс 0522-229800
 e-mail: pgdkirovograd@meteo.gov.ua, e-mail: zgm@kw.ukrtel.net

«7 травня» 2017 р. № 29-07/566

**Штормове попередження СГЯ
 на території Кіровоградської області № 18/13**

10 та 11 травня по місту Кропивницький та області на поверхні ґрунту, 11 травня місцями по області у повітрі очікуються заморозки 0-5 градусів.

Першим керівникам доведено в 14.05

Черговий синоптик Вілкова О.В. 14.10

Начальник Кіровоградського обласного центру з гідрометеорології *Юрченко* О.І. Юрченко

Виноградова В.О.
34-40-30

Рис. 4.28. Штормове попередження по Кіровоградській області на 10-11 травня 2017 р.

Метеоданні ГЦТОІ <http://gcst.meteo.gov.ua/armua/upload/index.phtml>

Відправлення регулярного повідомлення

виберіть тип повідомлення: **введіть термін (замість \$\$):**

введіть УВАЖНО повідомлення:

025 4444/
 ВДУР42 КИКЦ 110650
 Вночі та вранці 11 травня 2017 року на території області, відмічалися заморозки: в повітрі до 0-2°, на поверхні ґрунту до 2-6°, на висоті 2 см від поверхні ґрунту до 1-8°.
 Штормове попередження було складено та доведено АМСЦ Кропивницький першим керівникам 07.05.2017 р. о 14.10 год такого змісту: 10 та 11 травня по місту Кропивницький та області на поверхні ґрунту, 11 травня місцями по області у повітрі

11.05.2017 9:49

Рис. 4.29. Зведення про небезпечні явища погоди 11.05.2017 р., АМСЦ Кропивницький

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. На території Кіровоградської області останні заморозки в повітрі можуть спостерігатися в період з 25 березня по 11 травня.
2. Заморожок у повітрі найчастіше закінчується у квітні - 68% випадків, рідше – у травні та березні (17% та 10% відповідно). За період спостереження заморозки не спостерігалися у 5% усіх випадків.
3. Різниця в датах останнього заморозку в повітрі між районами області в середньому коливається від 2 до 5 днів, з максимумом у Світловодську - 8 днів.
4. Найраніша дата останнього заморозку в повітрі навесні відмічена в Світловодську 25.03.2015 р. (різниця від середньої по області 23 дні).
5. Найпізніша дата останнього заморозку в повітрі – 11.05.2017 р. за даними 7 станцій, за виключенням Світловодська. Порівняно із середньою датою останнього заморозку навесні максимальна різниця у Новомиргороді - 27 днів.
6. Перші заморозки в повітрі восени спостерігалися з 19 вересня до 23 жовтня. Найчастіше - в жовтні - 73% випадків, рідше у вересні - 12%. Середня дата перших заморозків у повітрі восени - 6 жовтня.
7. Найраніша дата першого заморозку восени в повітрі – 19.09.2016 р. (Новомиргород).
8. Найпізнішу дату останнього заморозку в повітрі зафіксовано в Помічній та Долинській 23.10.2017 р. Порівняно з середніми, дати найпізнішого заморозку відрізняються на 5-16 днів.
9. Порівняння дати останнього заморозку в повітрі восени із середньою датою настання першого заморозку по області показує різницю у 3-18 днів.
10. На території області тривалість періоду без заморозків в середньому становить 170-190 днів. Найбільша тривалість періоду без заморозків відмічається в крайніх північно-східних районах області – Світловодськ (188 днів), найменша тривалість – в центральних районах (АМСЦ Кропивницький) - 168 днів.
11. Максимальна тривалість безморозного періоду по області спостерігалася в 2016 р. і становила від 194 до 202 днів. У 2017 р.

zareestrowano najmenшу trivalist' bezmoroznego periodu - za danimi AMSЦ Kropivnic'kij ta meteostanciji Gajvoron - 141 den'.

12. Porivnannya z serednoklimatичними pokaznikami za period doslidzhennja vidiljaє vidхилення u виникненні заморозків восени: перші заморозки стали відмічатися пізніше, суттєво скоротився період між найранішою і найпізнішою датою настання першого заморозку практично до місяця. Останні весняні заморозки закінчуються в середньому раніше на 2 тижні.
13. За даними більшості станцій області середня тривалість безморозного періоду скоротилася, з максимумом у Світловодську - на 12 днів, відповідно до кліматичної норми.
14. Аналіз умов формування останнього заморозку 11 травня 2017 р. на території Кіровоградської області показав, що причиною виникнення явища стало вторгнення арктичного повітря за полярною віссю, інтенсивність заморозків в повітрі склала 0-2°, на поверхні ґрунту до 2-6° та на висоті 2 см від поверхні ґрунту до 1-8°.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Агрокліматичний довідник по Кіровоградській області (1986-2005 рр.) / Міністерство надзвичайних ситуацій України; Кіровоградський ЦГМ; за ред. О.І. Юрченко, Т.І. Адаменко. Одеса: Астропринт, 2011. 212 с.
2. Бялыницкая В.Г., Педь Д.А. Условия формирования заморозков на Украине. Л.: Гидрометеиздат, 1957. С.264 – 286.
3. Івус Г.П. Практикум зі спеціалізованих прогнозів погоди: навчальний посібник. Одеса, «Екологія», 2007. С.52 - 63.
4. Клімат України / Під ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ. Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
5. Кліматичний кадастр України [Електронний ресурс] / Державна гідрометеорологічна служба УкрНДГМІ. Центральна геофізична обсерваторія. Київ, 2006. 2296 с.
6. Логвинов К.Т., Бабіченко В.Н., Кулаковская М.Ю. Опасные явления погоды на Украине // Труды УкрНИГМИ, 1972. Вып.110. С.178 - 189.
7. Олексієнко І.М. Затула В.І. Оцінка впливу географічного положення на основі характеристики заморозку // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2014. Том 10. Вып. 1. С.777 - 782.
8. Олексієнко І.М. Кліматичний прогноз заморозку на території України // Наук. праці УкрНДГМІ, 2012. Вип. 263. С. 66 - 80.
9. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. СПб: Гидрометеиздат, 1992. С.234 – 248, 270 – 285.
- 10.Руководство по долгосрочным прогнозам на 3–10 дней. Л.: Гидрометеиздат, 1968. С.255 – 262.
- 11.Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Л.: Гидрометеиздат. Ч.1. 1986. С. 332 – 342.
- 12.Степанов В.Н. Устойчивость сельскохозяйственных культур к заморозкам на различных фазах развития. Докл. МСХА им. Тимирязева, 1946. Вып. III. С. 46 – 49.
- 13.Удовенко Г.В., Гончарова Э.А. Влияние экстремальных условий среды на структуру урожая сельскохозяйственных растений. Л.: Гидрометеиздат, 1982. С.9 - 10.
- 14.Шахнович А.В., Павлова Г.М. Заморозки // Труды УкрНИГМИ, 1972. Вып.110. С.178 – 189.
- 15.<http://avia.pro/blog/aeroport-kirovograd>

Додаток А

Довідка

кафедри метеорології та кліматології
до магістерської кваліфікаційної роботи
маг. гр. МНЗ- 61з/ф Плисенко Ольга Миколаївни
на тему
«Характеристики заморозків на Кіровоградщині»

Тема дипломного проекту обрана згідно замовлення Кіровоградського обласного центру з гідрометеорології з метою практичного використання для метеорологічного обслуговування інформації про характеристики та формування заморозків на Кіровоградщині.

Зав.кафедрою

/Івус Г.П./

Додаток Б

Вихідні дані

Таблиця Б.1 - Дата останнього заморозку у повітрі і на поверхні ґрунту по Кіровоградській області за період 2013-2017 рр.

Дата останнього заморозку навесні											
на висоті 2 м						на поверхні ґрунту					
середня	середнє квадратичне відхилення	найбільш рання	рік	найбільш пізня	рік	середня	середнє квадратичне відхилення	найбільш рання	рік	найбільш пізня	рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Світловодськ											
08.04	11,0	25.03	2015	20.04	2017	13.04	7,4	05.04	2016	21.04	2017
Новомиргород											
15.04	16,7	29.03	2016	11.05	2017	29.04	8,9	23.04	2016	11.05	2017
Знам'янка											
19.04	15,9	06.04	2014	11.05	2017	29.04	9,1	22.04	2016	11.05	2017
Кропивницький											
19.04	15,3	03.04	2016	11.05	2017	29.04	9,1	22.04	2016	11.05	2017
Гайворон											
16.04	15,3	03.04	2016	11.05	2017	30.04	8,3	22.04	2015	11.05	2017
Помічна											
16.04	15,7	03.04	2016	11.05	2017	30.04	11,4	22.04	2016	18.05	2017
Долинська											
18.04	16,4	29.03	2016	11.05	2017	29.04	8,6	22.04	2016	11.05	2017
Бобринець											
18.04	16,8	29.03	2016	11.05	2017	29.04	9,1	22.04	2016	11.05	2017
По області											
16.04		25.03	2015	11.05	2017	27.04		05.04	2016	18.05	2017

Таблиця Б.2 - Дати першого заморозку у повітрі і на поверхні ґрунту по Кіровоградській області за період 2013-2017 рр.

Дата першого заморозку восени											
на висоті 2 м						на поверхні ґрунту					
середня	середнє квадратичне відхилення	найбільш рання	рік	найбільш пізня	рік	середня	середнє квадратичне відхилення	найбільш рання	рік	найбільш пізня	рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Світловодськ											
11.10	7,2	03.10	2017	20.10	2013	8.10	4,6	03.10	2017	15.10	2016
Новомиргород											
30.09	7,1	19.09	2016	08.10	2015	27.09	3,4	23.09	2016	02.10	2015
Знам'янка											
04.10	2,4	03.10	2014	08.10	2015	27.09	5,1	20.09	2014	02.10	2015
Кропивницький											
05.10	7,3	30.09	2013	17.10	2016	27.09	7,6	19.09	2014	08.10	2015
Гайворон											
05.10	6,3	30.09	2013/ 2017	15.10	2016	29.09	5,9	20.09	2014	06.10	2016
Помічна											
08.10	10,2	30.09	2013	23.10	2017	30.09	5,6	25.09	2014	08.10	2015
Долинська											
09.10	9,9	28.09	2013	23.10	2017	29.09	5,4	23.09	2016	08.10	2015
Бобринець											
06.10	6,7	30.09	2013	17.10	2016	3.10	10,1	20.09	2014	17.10	2016
По області											
06.10		19.09	2016	23.10	2017	30.09		19.09	2014	17.10	2016