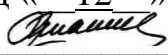



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з навчальної дисципліни
«СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МЕТЕОРОЛОГІЯ»
за темою: «Агрометеорологічна оцінка заморозків»
для студентів денної та заочної форми навчання
спеціальності 103 «Науки про Землю»

Затверджено
на засіданні групи забезпечення спеціальності
Протокол № 8 від « 12 » квітня 2022 р.
Голова групи  Шакірзанова Ж.Р.

Затверджено
на засіданні кафедри
агрометеорології та агроєкології
Протокол № 12 від « 21 » березня 2022 р.
Завідувач кафедри  Польовий А.М.

Одеса 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з навчальної дисципліни
«СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МЕТЕОРОЛОГІЯ»
за темою: «Агрометеорологічна оцінка заморозків»
для студентів денної та заочної форми навчання
спеціальності 103 «Науки про Землю»

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
Протокол № 8
від « 12 » квітня 2022р.

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Сільськогосподарська метеорологія» на тему «Агрометеорологічна оцінка заморозків» для студентів III року навчання денної та заочної форм за спеціальністю 103 «Науки про Землю», рівень вищої освіти бакалавр/ Укладачі: Костюкевич Т. К., канд. геогр. наук, Одеса, ОДЕКУ, 2022, 26 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА		5
1	ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	6
	1.1 Характеристика заморозків	6
	1.2 Географічне поширення заморозків та їх ймовірність	9
	1.3 Вплив заморозків на сільськогосподарські та плодові культури	10
	1.4 Методи прогнозу заморозків	13
	1.5 Методи захисту сільськогосподарських та плодових культур від заморозків	16
2	ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	19
3	КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ	20
ЛІТЕРАТУРА		20
ДОДАТКИ		21

ПЕРЕДМОВА

Зниження температури повітря та поверхні ґрунту часто спостерігаються навесні в період цвітіння рослин та восени до кінця збору врожаю. Заморозки - це метеорологічне явище, яке зазвичай має локальний характер. Залежно від часу настання та інтенсивності можуть частково чи суттєво пошкодити сільськогосподарські культури, зменшити чи повністю знищити врожай. Найбільш небезпечні пізні весняні та ранні осінні заморозки, коли їх терміни збігаються з періодом вегетації сільськогосподарських культур. Тому інформацію про інтенсивність заморозків, про терміни припинення їх навесні та виникнення восени широко використовують для оцінки заморозконебезпечності територій при розміщенні теплолюбних культур, а також при виборі способів захисту від цього стихійного явища.

Завдання методичних вказівок полягає в тому щоб закріпити теоретичні знання з даної теми та придбати практичні навички: розрахування заморозків; оцінка міри небезпечності заморозків в конкретних умовах; проведення аналізу отриманих результатів.

Методичні вказівки повинні забезпечити **знання**:

- основних понять про показники, що характеризують різні типи заморозків;
- реакції різних культур на заморозки різної інтенсивності та тривалості, а також міру пошкодження груп рослин в залежності від фази розвитку;
- методів і способів визначення інтенсивності заморозків, заходи боротьби з ними.

Вміння:

- проводити розрахунки часу наступу заморозків та їх інтенсивності різними методами;
- проводити аналіз отриманих результатів та узагальнювати їх;
- надавати споживачам агрометеорологічні консультації щодо оцінки міри заморозків та їх небезпечності.

Послідовність виконання практичного заняття полягає у вивченні теоретичної частини, виконання практичної частини і відповіді на контрольні питання.

Методика проведення та оцінювання контрольних заходів полягає в оцінюванні результатів виконаних розрахунків, умінні студента узагальнювати результати розрахунків, складати відповідні тексти, повноті відповідей на запитання. Оцінюється виконання практичного заняття і відповіді на запитання. За виконання роботи студент може отримати максимум 5 балів.

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика заморозків

Дослідженнями природи заморозків та їх впливом на стан та продуктивність сільськогосподарських культур, включаючи плодово-ягідні, займалося багато вчених різних спеціальностей – метеорологи, агрометеорологи, агрокліматологи, біологи та ін. (Сапожникова С.А., Чуднівський А.Ф., Гольцберг І.А., Ярославцев І.М., Берлянд М.Є., Коровін А.І., Мамаєв Є.В., Мокієвський В.М., Коровін А.І., Зоїдзе Є.К. та багато інших).

Заморозком називається короточасне зниження температури повітря або поверхні ґрунту (травостою) до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче, що спостерігається на ніч (ввечері, вранці) у вегетаційний період на фоні позитивних середніх добових температур повітря. При заморозках на ґрунті в метеорологічних будках (стандартна висота розміщення приладів 2 м) цей час може бути температура дещо вищою за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (до $+2\dots+3\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Заморозки зазвичай спостерігаються навесні та восени (у північних регіонах та у високогір'ях навіть улітку) при антициклональній погоді, на гребнях підвищеного атмосферного тиску, при високому ефективному випромінюванні підстилаючої поверхні та при слабкому вітрі.

Різні за інтенсивністю заморозки спостерігаються у всіх районах сільськогосподарської зони країни. Залежно від часу появи та ступеня інтенсивності заморозки можуть частково або суттєво пошкодити сільськогосподарські культури, знизити чи повністю знищити їх урожай. **Особливо небезпечні** пізні весняні та ранні осінні заморозки, що збігаються з періодом активної вегетації рослин, що обмежують використання агрокліматичних ресурсів вегетаційного періоду конкретної території. Тому інформація про інтенсивність заморозків, про терміни їх припинення навесні та виникнення восени надзвичайно важлива. Ця інформація також використовується для оцінки заморозконебезпечності території для прийняття рішень щодо розміщення теплолюбних культур, вибору термінів сівби та збирання сільськогосподарських культур, способів їхнього захисту з метою зниження можливої шкоди від цього небезпечного явища природи. До заморозків схильні і субтропічні райони, де зимові зниження температур носять характер заморозків помірною поясу.

За **інтенсивністю** виділяють заморозки слабкі, середні та сильні. За слабкі заморозки вважаються зниження температури діяльної поверхні не нижче $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$, коли температура повітря при цьому $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$. При середніх заморозках температура поверхні землі опускається до $-3\dots-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ і заморозок охоплює найнижчі шари повітря, що примикають до поверхні. При сильних заморозках температура знижується до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ та охоплює приземний шар

повітря до висоти 1,5...2 м; саме в цьому шарі знаходиться більшість польових культур. Щодо плодових культур, то під заморозком розуміють аналогічне зниження температури в шарі повітря на рівні крон.

По **тривалості дії** розрізняють заморозки: тривалі (>12 год), середньої тривалості (5...12 год), короткочасні (<5 год).

Короткочасні заморозки рослини переносять із меншими ушкодженнями, ніж тривалі. У зімкнутих посівах пошкоджуються переважно верхні яруси листя та пагонів.

За характером процесів, що викликають заморозки, і погодних умов, що супроводжують їх, виділено три **типи заморозків**.

Адвективні заморозки виникають внаслідок затоки, вторгнення (адвекції) холодних арктичних мас повітря зазвичай, у результаті перебудови сезонної циркуляції атмосфери.

При адвекції холоду температури нижче 0 °C відзначаються у приземному шарі повітря, а й можуть поширюватися до висот. Такі заморозки спостерігаються в початковий період весни або пізно восени при загальному низькому рівні температури, при щільній хмарності та вітрі. Вони можуть охоплювати великі території з тривалістю кілька діб, протягом яких за рахунок денних температур відбувається поступове прогрівання холодних мас повітря, зазвичай це 3-4 доби. Причому на початку холодної хвилі температура нижче 0 °C може протриматися протягом доби і більше. До кінця періоду вторгнення холодного повітря негативні температури спостерігаються лише в нічний час, підвищуючись за рахунок поступового денного прогріву від ночі до ночі. Тому амплітуда добового ходу в такі дні, як правило, невелика, а різниця між температурою повітря на рівні метеорологічної будки та у поверхні ґрунту незначна.

Цей тип заморозків найменш небезпечний, оскільки озимі культури ще не втратили своє загартування холодного періоду року або вже придбали його. Проте в окремі роки восени адвективні заморозки можуть завдати непоправної шкоди плодовим деревам, у яких ще не завершився рух соку в їх провідних судинах.

Радіаційні заморозки виникають у тихі ясні ночі за відносно низьких середньодобових температур повітря внаслідок інтенсивного випромінювання земної поверхні, охолодження її та прилеглого шару повітря до негативних температур.

Природа радіаційних заморозків пов'язана з охолодженням поверхні, що підстилає – ґрунту та рослинного покриву. Заморозки цього типу проявляються при ясному безхмарному небі, безвітряній погоді та насамперед у місцях, розташованих у пониженнях рельєфу, де створюються умови для застою холодного повітря. Поверхня ґрунту і нижній шар атмосфери, що прилягає до неї, в нічний період віддають тепло шляхом випромінювання. Величина віддачі енергії випромінюванням залежить, в

основному, від температури поверхні ґрунту і в меншій мірі – від властивостей самого ґрунту.

Інтенсивність та тривалість радіаційних заморозків залежать від рельєфу та характеру підстилаючої поверхні, вологості ґрунту та повітря, а також за інших місцевих умов. Тривалість їх зазвичай обмежується тривалістю темної доби або ненабагато більше, іноді до 8...12 годин. При ясній, безхмарній погоді заморозки можуть спостерігатися щоночі протягом тривалого періоду. Поява хмарності середнього і навіть верхнього ярусу знижує випромінювання земної поверхні, а отже, і процес вихолодження приземного шару повітря, завдяки чому заморозку може й не бути. Холодне, важче повітря застоюється в пониженнях рельєфу і, якщо там розміщені посіви сільськогосподарських культур, плодові насадження, виноградники, заморозок вражає їх, завдаючи шкоди не лише стану рослин, а й кінцевому врожаю. Розміри останнього залежать від інтенсивності та тривалості.

У той же час на піднесеннях та їх схилах зниження температури рівня заморозку зазвичай немає. Радіаційні заморозки є надзвичайно небезпечними для сільськогосподарських культур.

Адвективно-радіаційні (змішані) заморозки виникають внаслідок вторгнення холодних мас повітря на конкретну територію та наступного нічного вихолодження приземного шару повітря до негативних температур внаслідок випромінювання підстилаючої поверхні. Таким чином, адвекція холоду та радіаційне вихолодження виявляються у цьому типі заморозків у комплексі. Заморозки подібного типу спостерігаються зазвичай наприкінці весни і навіть на початку літа, а також ранньою осінню внаслідок холодних вторгнень арктичного повітря.

Ці терміни збігаються з вегетаційним періодом сільськогосподарських культур, тому небезпека заподіяння шкоди посівам велика, хоча ґрунт і рослинний покрив ще досить прогріті.

Заморозок зазвичай виникає в нічний годинник, головним чином перед сходом сонця, його тривалість найчастіше не перевищує 3...4 год, а інтенсивність, як правило, близько -2...-3 °С. Відзначаються вони зазвичай на поверхні ґрунту або травостою, але можуть спостерігатися тільки у приземному шарі повітря. У таких випадках температура на поверхні ґрунту і в метеорологічній будці позитивна, а теплолюбні рослини ушкоджуються заморозком. Таке явище пояснюється тим, що резервуар мінімального термометра, що лежить на поверхні ґрунту, наполовину присипаний ґрунтом, отримує «додаткове тепло» з його нижчих шарів, тому температура поверхні ґрунту фіксується термометром вищою, ніж фактична, і виявляється вищим за 0 °С.

Помітний «середній» вплив на інтенсивність і тривалість заморозків надає рельєф місцевості, наявність лісової рослинності та великих водних поверхонь або інших фізико-географічних особливостей території. В умовах перетнутого рельєфу – горбистого чи гірського – до цих особливостей

нічного випромінювання різної підстилаючої поверхні додаються умови стоку або підтоку холодного повітря на схилах. Чим більша площа схилів, з яких стікає в долину охолоджене повітря, тим інтенсивніше і частіше заморозки у такій долині.

1.2 Географічне поширення заморозків та їх ймовірність

На території України час припинення заморозків навесні та настання їх восени від року до року дуже мінливе. Зазначимо, що беззаморозковим періодом називається час (на добу), обмежений середніми багаторічними датами останнього весняного і першого осіннього заморозку. За часом настання заморозків на території України та суміжних держав умовно поділяють на три зони: 1) холодну, 2) помірну, 3) теплу (з теплою зимою).

Знання тривалості беззаморозкового періоду необхідне щодо можливості вирощування теплолюбних культур на певній території. У межах конкретного календарного року тривалість беззаморозкового періоду може відрізнятись від його середньої багаторічної тривалості.

Заморозки розрізняються за тривалістю, інтенсивністю, повторюваністю, за ступенем небезпеки для різних сільськогосподарських культур. Найбільш детальні дослідження явища заморозків біля колишнього СРСР було виконано проф. І. А. Гольцберг.

Заморозки закінчуються і починаються у різних районах землеробської зони за різних рівнів середньої добової температури повітря. У різні роки заморозки припиняються або починаються раніше або пізніше їхньої середньої багаторічної дати. Для оцінки ступеня заморозконебезпеки території користуються спеціальними таблицями, за допомогою яких розраховуються ймовірності їх припинення та початку

Для характеристики заморозконебезпечності території використовують наступні показники: дату останнього весняного та першого осіннього заморозку в повітрі та на поверхні ґрунту різної інтенсивності; тривалість заморозконебезпечного періоду різної інтенсивності навесні та восени в повітрі та на поверхні ґрунту; ймовірність років (%) із заморозками різної інтенсивності в повітрі та на поверхні ґрунту, число днів із заморозками різної інтенсивності в повітрі та на поверхні ґрунту навесні та восени. Дати останнього весняного та першого осіннього заморозку різної інтенсивності виражені у вигляді середніх, ранніх і найпізніших дат, зафіксованих на мережі станцій за період із 1936 по 1985 рік.

Дослідженнями агрокліматологів (Зоїдзе Є. К., Овчаренко Л. І.) було виявлено, що найбільшою інформативністю про заморозконебезпечність території має показник «ймовірність років (%) із заморозками повітря за квітень...жовтень із інтенсивністю від -2 до -5 °С».

1.3 Вплив заморозків на сільськогосподарські та плодові культури

Добре відомо, що в зимовий час сільськогосподарські культури, які своєчасно пройшли всі стадії передзимового «загартування», витримують вплив дуже низьких негативних температур. З початком вегетації всі зимуючі рослини в міру наростання температури повітря та прогріву ґрунту втрачають загартування і стають особливо чутливими до різкого зниження температури навколишнього середовища. Їх властивості морозостійкості та заморозкостійкості нівелюються та зникають.

Велику роботу з визначення низьких температур, що ушкоджують сільськогосподарські культури у польових умовах під час заморозків, було виконано професором Г.Т. Селяніновим. В свою чергу, Степановим В.М. складено зведення за стійкістю 49 сільськогосподарських культур до заморозків у різні фази їх розвитку. При цьому автор враховував загальний стан рослин, режим харчування, рівень «загартування», умови попередньої погоди, вологість ґрунту тощо. З багаторічних спостережень В.М. Степанов виділив п'ять основних екологічних груп польових культур за рівнем стійкості до заморозків їх вегетативних та генеративних органів.

Рівень критичної температури різний для різних культур. Вся біологічна різноманітність сільськогосподарських культур умовно поділено на 5 груп за ступенем їхньої природної стійкості до заморозків у різні фази розвитку при середній тривалості заморозків 5...6 год та залежно від мікрокліматичних умов навколишнього середовища (табл. 1.1). У таблиці наведено деякі дані про критичні температури у різні фази розвитку основних сільськогосподарських культур.

Як видно з даних цієї таблиці, генеративні органи значно чутливі до заморозків і ушкоджуються слабкими, короткочасними зниженнями температури повітря від 0 до -2°C . З цієї причини автор не вважав за можливе виділяти групи рослин за їх стійкістю до заморозків у фазу цвітіння.

Для плодових та ягідних культур заморозки особливо небезпечні в період цвітіння та утворення зав'язей (табл. 1.2).

Стійкість рослин до заморозків та ступінь їх ушкодження залежать від багатьох факторів. Це час наступу, інтенсивність і тривалість заморожування, вид, сорт та фаза розвитку рослин, умови вирощування, швидкість відтавання тканин рослин, пошкоджених заморозком тощо.

Заморозкостійкістю називається стійкість рослин до негативних температур, що спостерігаються у теплий період року. Саме в пізній весняний, літній чи ранній осінній періоди вегетації рослини у процесі зростання та розвитку втрачають набуту в холодні місяці стійкість до низьких температур.

Таблиця 1.1 - Критичні температури повітря (°С) для сільськогосподарських культур у різні фази їх розвитку (за Степановим В.М.)

Культура	Температура початку пошкодження, часткової загибелі рослин, 0°С			Температура загибелі більшості рослин, 0°С		
	сходи	цвітіння	дозрівання	сходи	цвітіння	дозрівання
Найбільш стійкі						
Яра пшениця	-9,-10	-1,-2	-2,-4	-10,-12	-2	-4
Овес	-8,-9	-1,-2	-2,-4	-9,-11	-2	-4
Ярий ячмінь	-7,-8	-1,-2	-2,-4	-8,-11	-2	-4
Горох	-7,-8	-3	-3,-4	-8,-11	-3,-4	-4
Сочевиця	7,-8	-2,-3	-2,-4	-8,-11	-3	-4
Стійкі						
Нут	-6,-7	-2,-3	-2,-3	-8	-3	-3,-4
Люпин вузьколистий	-5,-6	-2,-3	-3	-6,-7	-3,-4	-3,-4
Боби	-5,-6	-3	-2,-3	-6	-3	-3,-4
Соняшник	-5,-6	-3	-2,-3	-7,-8	-3	-3
Льон, коноплі	-5,-7	-1,-2	-2,-4	-7	-2	-4
Буряки цукрові і кормові	-6,-7	-2,-3	-	-8	-3	-
Середньостійкі						
Соя	-3,-4	-2	-2,-3	-4	-2	-3
Люпин жовтий	-4,-5	-2,-3	-	-6	-3	-
Капуста	-5,-7	-2,-3	-6,-9	-	-	-
Малостійкі						
Кукурудза, сорго	-2,-3	-1,-2	-2,-3	-3	-2	-3
Просо, суданська трава, картопля	-2	-2	-1,-2	-2,-3	-2,-3	-3
Нестійкі						
Гречка	-1,-2	-1	-1.5,-2	-2	-1	-2
Квасоля	-1,-1.5	-0.5	-2	-1,-1.5	-1	-2
Рицина	-1,-2	-1	-2,-3	-1,-2	-1,-2	-3
Бавовна	-0.5	-0.5	-1	-1	-1	-1,-2
Баштанні	-1	-0.5,-1	-0.5,-1	-1	-1	-1
Рис	-0.5,-1	-0.5,-1	-	-1	-0.5	-
Овочеві	-0,-1	0,-1	0,-1	-2	-	-

Таблиця 1.2 - Критичні температури ушкодження заморозками деяких плодових та ягідних культур (з Н.І. Синиціною)

Культура	Частина рослини, що пошкоджується заморозками	Критична температура
Лимон	Дерево повністю	-9,-10
	Крона	-7,-8
	Листя	-6
Апельсин	Дерево повністю	-10,-11
	Крона	-8,-9
	Листя	-7
Мандарин	Дерево повністю	-12
	Крона	-10
	Листя	-8
Виноград	Закриті бруньки	-1
	Квіти	0
Яблуня, груша, вишня, слива	Розпукнуті бруньки	-4
	Квіти	-2
	Плодова зав'язь	-1
Черешня	Бруньки і квіти	-2
	Плодова зав'язь	-1
Абрикос, персик	Закриті бруньки	-2
	Квіти	-3
	Плодова зав'язь	-1
Малина, полуниці	Квіти і зав'язь	-2

В агрометеорології широко використовується поняття **критична температура рослин** – це граничне значення температури навколишнього середовища, нижче якого настає загибель рослини.

Фахівцями відмічається, що ступінь заморозкостійкості культур певною мірою залежить від умов погоди. Наприклад, квітки рослин, що розкриваються в прохолодну погоду, стають більш стійкими у разі настання заморозків, оскільки їх критична температура виявляється на 1 ... 3 °С нижчою, ніж у квіток, що розпустилися при вищій температурі повітря. Цей ефект пов'язаний із загартуванням, адаптаційною дією не лише знижених температур, а й впливом амплітуди добових коливань температури в період до настання заморозку: чим більше амплітуда, тим вище ступінь загартовування і тим менші збитки для майбутнього врожаю.

На ступінь ушкодження рослин заморозками впливає і вид мінерального добрива. Азотні добрива знижують стійкість до заморозків у більшості сільськогосподарських культур, але у бобових – підвищують. Рясне калійне харчування підвищує стійкість гречки та картоплі, але знижує її у кукурудзи та сої тощо.

1.4 Методи прогнозу заморозків

Відомо, що заморозки завдають значної шкоди сільськогосподарському виробництву. Для забезпечення ефективного захисту сільськогосподарських рослин від заморозків необхідне їх надійне прогнозування або прогноз. Дослідники давно відзначили певну подібність в умовах погоди, що спостерігаються при заморозках: це незначна хмарність або її відсутність, слабкий вітер чи штиль, низька вологість повітря та ґрунту.

Для глибокого дослідження природи заморозків та складання науково обґрунтованого прогнозу його виникнення агрометеорологу необхідні достатні знання в галузі біології та фізіології рослин, метеорології (термодинаміка, аеродинаміка, синоптика), в галузі ґрунтознавства, фізики та математики.

Своєчасне попередження про терміни наступу та очікувану інтенсивності заморозків сприяє зниженню шкоди, а в окремих випадках дозволяє уникнути їх важких наслідків для рослинництва. Для попередження настання заморозків розроблено різні методи їх розрахунку та прогнозу. Вторгнення холодних мас повітря, що обумовлює адвективні та адвективно-радіаційні заморозки на великих територіях, досить надійно прогнозуються синоптиками із завчасністю 1...3 доби. Вище зазначалося, що залежно від місцевих умов, інтенсивність заморозків може бути різною (рельєф, великі водні об'єкти, лісові масиви та інше). Тому агрометеоролог, який знає місцеві умови, має уточнити синоптичний прогноз для своєї території.

Велике поширення у розрахунках виникнення заморозків набули найпростіші емпіричні методи, що використовують дані показань сухого та змоченого термометра, розрахунку точки роси, добової амплітуди, а також графічні та комбіновані методи. Авторами цих методів (правил) є багато вітчизняних та зарубіжних учених: М.Є. Берлянд, В.А. Міхельсон, П.І. Броунов, А.Ф. Чудновський та інші. Всі ці методи визначають шуканий нічний температурний мінімум за допомогою вимірювань напередодні ввечері чи вночі температури та вологості повітря. Коефіцієнти, що використовуються у таких методах, встановлюють шляхом статистичної обробки масових матеріалів спостережень за заморозками та супутніми їм метеорологічними елементами, виконаних для конкретних територій та місяців року.

Метод П. І. Броунова. Метод Броунова пов'язує ймовірність виникнення заморозку з температурою повітря у вечірній термін спостереження з різницею між температурою повітря у денний та вечірній терміни. На графіку по вертикалі нанесено температури повітря, відраховані в 21 год, по горизонталі різниця температур о 13 і 21 год (рис. 1.1) На рисунку показана серія похилих прямих, на кінці кожної прямої поставлені числа, що показують відсоток ймовірності виникнення заморозків. Знаючи

температуру повітря в 21 год і різницю температур повітря в 13 і 21 год, за графіком рис. 1.1 визначається ймовірність заморозку.

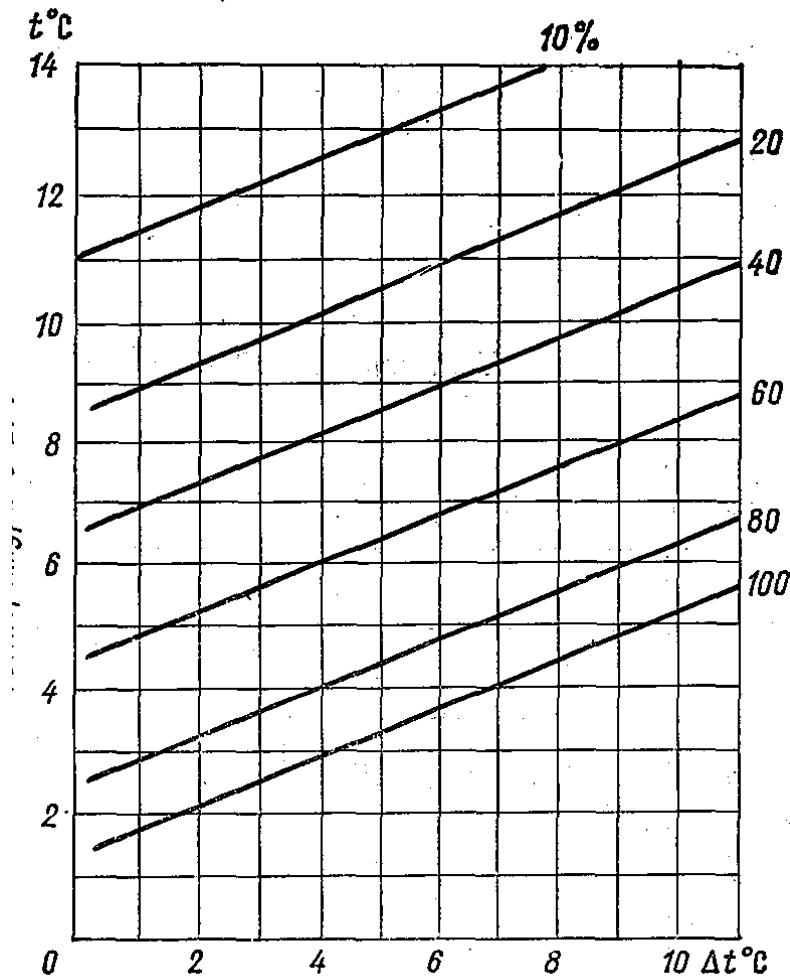


Рис. 1.1 – Графік П.І. Броунова для визначення ймовірності настання заморозку.

Δt , °C - різниця температур повітря, виміряних в 13 і 21 год;
 t , °C - температура повітря о 21 год.

Якщо $P(\%)$ дорівнює 0-10 % - заморозку не буде, 11-20 % - заморозок ймовірний, 21-40 % - заморозок мало ймовірний, 41-60 % - заморозок можливий, 61-80 % - заморозок вельми можливий, 81-100 % - заморозок буде.

Метод М.І. Михалєвського. Розрахунок проводиться за формулою на основі даних спостережень за температурою сухого та змоченого термометрів і вологості повітря о 13 годин, а також введені поправки на хмарність, формула має вигляд:

$$T_{\min} = T' - (T - T')C, \quad (1.1)$$

$$Q_{\min} = T' - (T - T')2C, \quad (1.2)$$

де, T_{\min} – очікувана мінімальна температура повітря на висоті 2 м, °С;

Q_{\min} - очікувана мінімальна температура поверхні ґрунту, °С;

T – температура повітря за сухим термометром о 13 годині, °С;

T' - температура повітря за змоченим термометром о 13 годині, °С;

C – коефіцієнт, який залежить від відносної вологості повітря (H) також о 13 годині, який визначається з табл. 1.3.

Якщо розрахована величина нижче -2 °С, то треба очікувати заморозок; при значеннях від -2 до $+2$ °С заморозок ймовірний; при значеннях вище $+2$ °С – малоімовірний.

О 21 годині в розраховану величину вносять поправки на хмарність. Якщо небо ясне (хмарність не менше 4 балів), то величину очікуваного мінімуму температури слід зменшити на 2 °С, при хмарному небі (від 4 до 7 балів) вона залишається без змін і при похмурому небі (більше 7 балів) - підвищується на 2 °С.

Метод М. І. Михалевського зручний тим, що передбачення нічного мінімуму температури проводиться вдень і є можливість завчасно попередити господарства про можливість заморозку і мати змогу підготуватися до захисту рослин. Одним із недоліків методу є те, що він не враховує такі важливі фактори, як вітер, хід деяких метеорологічних процесів і окремих елементів, які визначають заморозок.

Таблиця 1.3 – Відносна вологість повітря і значення коефіцієнту C

H	C	H	C	H	C
00	5,0	70	2,0	40	0,9
95	4,5	65	1,8	35	0,8
90	4,0	60	1,5	30	0,7
85	3,5	55	1,3	25	0,5
80	3,0	50	1,2	20	0,4
75	2,5	45	1,0	15	0,3

Метод Р. М. Меджитова. Для північно-західних і західних районів в сільському господарстві використовуються великі площі висушених торф'яно-болотних земель, температурний режим яких, і, як наслідок, умови виникнення заморозків, значно відрізняються від недосушених ґрунтів.

Для визначення очікуваної мінімальної температури повітря і ґрунту на осушених торф'яно-болотних ґрунтах використовуються наступні формули:

$$T_{\min} = 0,80T + 0,09H - 14,1, \quad (1.3)$$

$$Q_{\min} = 0,78T + 0,11H - 18,3, \quad (1.4)$$

де T і H – температура повітря і відносна вологість о 13 год. або в будь-який інший строк між полуднем і заходом Сонця.

1.5 Методи захисту сільськогосподарських та плодових культур від заморозків

Численними дослідженнями було показано, що впливаючи на різні фактори, що визначають тепловий режим приземного шару, можна зменшити зниження температури. Нічне вихолодження зменшиться, якщо знизити ефективне випромінювання, зволожити поверхню ґрунту, збільшити перемішування приземного шару повітря (турбулентний обмін) тощо.

Для захисту цінних сільськогосподарських культур від заморозків застосовують різні методи, що об'єднуються поняттям «боротьба із заморозками». Це – комплекс локальних, агротехнічних, технологічних та технічних заходів, що проводяться серед посівів сільськогосподарських культур, садів та виноградників з метою зменшення втрат тепла рослинами за рахунок власного випромінювання та штучного підвищення температури нижнього шару приземного повітря.

До найбільш поширених методів захисту рослин від заморозків, що забезпечують реальний захист посівів та садів на великих площах, відносяться: **метод створення димових завіс або обкурювання** за допомогою димових куп і відкритий обігрів за допомогою пальників або спеціальних технічних установок.

Зниження ефективного випромінювання в диму призводить до зменшення втрати тепла ґрунтом і падіння температури підстилаючої поверхні в нічні години. Виграш тепла на задимленій ділянці через зменшення ефективного випромінювання розподіляється між приземним шаром повітря та поверхневим шаром ґрунту. Значно збільшується ефективність димової завіси за наявності лісових смуг у зв'язку із зменшенням швидкості вітру. Дія лісової смуги позначається в першу чергу на більшому зниженні ефективного випромінювання при тих самих витратах димових засобів на міжсмугових та відкритих ділянках.

Для захисту рослин від заморозків широко застосовуються також методи поливів та дощування посівів (посадок). **Метод поливу** може використовуватись у таких посушливих районах, де функціонує зрошувальна система. Зрошення, як відомо, не застосовується на ґрунтах з підвищеною вологістю, а також для сільськогосподарських культур, не що переносять

сильне зволоження. У південних районах температура поливної води восени зазвичай на кілька градусів вище (на 6...10 °С і більше), ніж температура поверхні ґрунту під час приморозків. Таким чином, при поливі плантацій (виноградників та інших теплолюбних культур) більш теплою водою перед приморозком в ґрунт вноситься значна кількість тепла при середніх нормах зрошення 700 ... 1000 м³ на 1 га. В результаті температура з глибиною зростає та відбувається передача тепла від нижніх, більш теплих шарів ґрунту, до верхніх, холодніших. При цьому теплопровідність ґрунту зростає, і температура охолоджених верхніх горизонтів може підвищитись у холодні ночі на 2...3 °С.

Іншою важливою причиною підвищення температури повітря при поливі є виділення теплоти конденсації водяної пари в наслідок збільшення вологості повітря над зрошуваною ділянкою поля та підвищення температури точки роси. Деяке підвищення температури ґрунту може відбутися за рахунок виділення теплоти її змочування. Тривалість захисного впливу зрошення становить кілька діб. Вважається, що метод поливу пом'якшує інтенсивний заморозок та повністю захищає від слабких заморозків.

Дощування – це агротехнічний спосіб подачі води на поверхню ґрунту та рослин у вигляді штучного дощу за допомогою спеціальних дощувальних машин або установок різних конструкцій.

Дощ має ряд переваг перед методом поливів: можливість проводити більш часті поливи як до настання заморозків (за кілька годин), і безпосередньо в годинник з негативними температурами. Крім того, витрата норми води на одиницю площі значно менша в порівнянні з поливом, менша і глибина промочування ґрунту, що дуже важливо в умовах близького залягання ґрунтових вод. Передзаморозкове дощування дуже ефективно при заморозках до -2 °С та вітрі 1,5...2 м/с, а при штилі – до -4 °С. Ефективність цього способу так само, як і при зрошенні, обумовлена підвищенням відносної вологості повітря, збільшенням теплопровідності зволоженого ґрунту, дією поливної води, що обігріває, підвищенням температури точки роси і теплотою, що виділяється при замерзанні води. Встановлено, що при дощуванні можливе підвищення температури повітря на 4 °С (Берлянд М.Є., Красіков П.Н.).

Відомими агротехнічними прийомами боротьби із заморозками є також: зміна часу посіву на більш пізні терміни, коли ймовірність повернення холодів стає незначною; застосування підвищених доз калійних добрив; укриття рослин з метою їх утеплення. Для цього застосовують різноманітні світлопрозорі матеріали – плівку, скляні «ковпаки» (теплиці, парники, оранжереї та інше), а також ткани та підручні матеріали.

Ефективним вважається присипка молодих пагонів картоплі, що з'явилися над землею, які відростають надалі з позитивним ефектом для формування додаткового врожаю бульб. Велика роль у зниженні збитків від

заморозків належить селекції з виведення заморозкостійких культур, скоростиглих сортів та ін.

Для прийняття оперативно-господарських рішень кожному землекористувачу незалежно від форм власності необхідні знання про повторюваність та різну інтенсивність заморозків на ґрунті та в повітрі. Такі знання стосовно конкретних місцевих умов використовуються для визначення термінів посівів сільськогосподарських культур при розробці схем грамотного розміщення посадок плодкових культур та виноградників на площах, найменш схильних до радіаційних та адвективно-радіаційних заморозків, для визначення термінів збирання культур з метою зниження можливостей заподіяння збитків майбутнім урожаю.

До способів захисту від заморозків за допомогою перемішування нижніх та верхніх шарів приземного повітря відноситься застосування потужних вентиляторів або авіаційних (лопатевих та реактивних) двигунів, що витратили свій льотний ресурс. Відомо застосування цього способу у виробничих масштабах у США (штат Каліфорнія), Австрії, Угорщини. Вентилятори (двигуни) встановлюються на висоті 10...12 м на спеціальних опорах, що допускають повільне обертання двигуна довкола своєї осі. Оскільки при радіаційних заморозках температура повітря на цій висоті на 4,0...5,5 °С вище, ніж на рівні 1,0...1,5 м над поверхнею землі, то в результаті перемішування верхніх і нижніх шарів дозволяє знизити інтенсивність заморожування на 2,0...2,5 °С. При використанні реактивних двигунів тепловий ефект значно підвищується завдяки потужним потокам нагрітого повітря.

До активних методів впливу на заморозки належить й метод нанесення тепловиділяючих речовин (екологічно безпечних) на поверхню ґрунту. Ці речовини – солі гідриду кальцію – при їх взаємодії з водяною парою повітря та ґрунту виділяють тепло протягом декількох годин. Швидкість гідролізу невелика, а час виділення тепла порівняно з тривалістю радіаційних та адвективно-радіаційних заморозків.

Таким чином, для ефективного захисту сільськогосподарських рослин від заморозків необхідно використовувати весь комплекс заходів, спрямованих на підвищення продуктивності оброблюваних рослин культур, повніше використання агрокліматичних ресурсів території та зниження збитків від цього небезпечного природного явища.

2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання практичної роботи.

1. Визначити свій варіант за номером залікової книжки (якщо остання цифра 0 або 1 – I варіант, якщо остання цифра 2 або 3 – II варіант, якщо остання цифра 4 або 5 – III варіант, якщо остання цифра 6 або 7 – IV варіант, якщо остання цифра 8 або 9 – V варіант) та підготувати дані (Додаток А 1)

2. Розрахувати очікувані мінімальні температури повітря і на поверхні ґрунту за методами Броунова, Михалевського та Меджитова*. Порівняти величини очікуваного мінімуму температури, визначеного різними методами. Для зручності використати табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняння величин очікуваного мінімуму температури (...варіант)

Географічний пункт	Метод розрахунку				
	Броунова	Михалевського		Меджитова	
		повітря	ґрунт	повітря	ґрунт
1.		-5,2	-14,5		
2.					
3.					

3. Визначити, які сільськогосподарські культури, що знаходяться у фазі сходів та цвітіння, можуть частково загинути від очікуваних заморозків в даному районі (табл. 1.1 та 1.2). Для зручності використовувати табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Ймовірність пошкодження сільськогосподарських культур (...варіант)

Географічний пункт	Культура	Фаза розвитку	Температура початку пошкодження та часткової (більшості) загибелі рослин, °С	Ймовірність пошкодження

4. Скласти агрометеорологічний текст. Проаналізувати умови ймовірності заморозків в даному районі. На підставі проведених агрометеорологічних досліджень умов вказати можливі рекомендації сільськогосподарським організаціям щодо міри небезпечності заморозків.

3. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що називається заморозком?
2. Назвіть причини виникнення заморозків.
3. Як впливає рельєф місцевості на інтенсивність та тривалість заморозків?
4. За рахунок яких метеорологічних елементів та за допомогою яких приладів робиться прогноз заморозків методом М.І. Михалєвського?
5. Яка температура називається критичною?
6. Дайте характеристику заморозків за типом.
7. Дайте характеристику заморозків за інтенсивністю та тривалістю.
8. Пояснить метод передбачення заморозків, запропонований Броуновим.
9. Як впливають заморозки на тривалість вегетаційного періоду сільськогосподарських культур та їх урожайність?
10. Для яких цілей потрібні відомості про заморозки?
11. Для яких ґрунтів використовується метод Р.М. Меджитова, та чому?

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеса, 2012. 629 с.
2. Практикум з сільськогосподарської метеорології: навчальний посібник / Польовий А. М., Божко Л. Ю., Ситов В. М., Ярмольська О. Є. Одеса, 2002. 400 с.
3. Божко Л.Ю. Оцінка впливу екстремальних явищ на продуктивність сільськогосподарських культур : навчальний посібник. Одеса, 2013. 238с.
4. Копачевська М. Н. Заморозки на Україні. Київ: Вид-во УАСГН, 1961. 67с.

Додаткова

1. Олексієнко І.М., Затула В.І. Просторово-часовий розподіл останніх весняних та перших осінніх заморозків у повітрі на території України за 1991-2010 рр. Наук.праці УкрНДГМІ. Київ, 2011. Вип. 260. С. 67-79.
2. Олексієнко І.М. Кліматичний прогноз заморозку на території України. Наук.праці УкрНДГМІ. Київ, 2012. Вип. 263. С. 66-80.
3. Костюкевич Т.К., Колосовська В.В., Данілова Н.В. Вплив заморозків на умови вирощування рослин за кліматичних змін сьогодення та майбутнього. Current aspects of the development of science and technology : collective monograph. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2022. P. 12-17. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/11046>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Варіант 1

Таблиця А 1 – Вихідні дані для розрахунку ймовірності заморозку

№	Географічний пункт	Дата	Температура повітря в строки за термометром, °С				Вологість повітря о 13 год. (відносна, %)	Хмарність о 21 годин бали	Культура	Фаза розвитку
			сухий			змочений				
			13	19	21					
1	Олевськ*	5.05	7.2	5.4	2.2	4.1	82	2	Цукровий буряк	сходи
									горох	сходи
									овес	сходи
2	Фастів	10.05	6.0	4.2	3.4	2.7	78	5	яблуневі	цвітіння
									картопля	сходи
									кукурудза	сходи
3	Суми	15.05	8.4	5.3	3.8	5.1	76	8	абрикос	цвітіння
									виноград	цвітіння
									квасоля	сходи

Варіант 2

Таблиця А 1 – Вихідні дані для розрахунку ймовірності заморозку

№	Географічний пункт	Дата	Температура повітря в строки за термометром, °С				Вологість повітря о 13 год. (відносна, %)	Хмарність о 21 годин бали	Культура	Фаза розвитку
			сухий			змочений				
			13	19	21	13				
1	Херсон	22.04	4.4	2.8	2	3.3	86	6	овес	сходи
									Ярий ячмінь	сходи
									горох	сходи
2	Біловодськ	10.05	9.0	4.8	5	4.7	74	1	груша	цвітіння
									картопля	сходи
									просо	сходи
3	Сарни*	15.05	7.8	6.3	8	4.1	74	4	соняшник	сходи
									гречка	сходи
									квасоля	сходи

Варіант 3

Таблиця А 1 – Вихідні дані для розрахунку ймовірності заморозку

№	Географічний пункт	Дата	Температура повітря в строки за термометром, °С				Вологість повітря о 13 год. (відносна, %)	Хмарність о 21 годин бали	Культура	Фаза розвитку
			сухий			змочений				
			13	19	21	13				
1	Любешів*	2.05	6.9	5.2	2	3.1	80	6	Цукровий буряк	сходи
									горох	сходи
									овес	сходи
2	Тетерів	12.05	7.8	4.0	5	3.1	72	2	яблуневі	цвітіння
									картопля	сходи
									кукурудза	сходи
3	Щорс	17.05	9.4	6.5	8	4.2	78	4	абрикос	цвітіння
									виноград	цвітіння
									квасоля	сходи

Варіант 4

Таблиця А 1 – Вихідні дані для розрахунку ймовірності заморозку

№	Географічний пункт	Дата	Температура повітря в строки за термометром, °С				Вологість повітря о 13 год. (відносна, %)	Хмарність о 21 годин бали	Культура	Фаза розвитку
			сухий			змочений				
			13	19	21	13				
1	Гайворон	25.04	7.2	5.4	2	4.1	82	3	абрикос	цвітіння
									сочевиця	сходи
									Яра пшениця	сходи
2	Вінниця	8.05	7.4	5.2	5	2.4	78	8	Цукровий буряк	сходи
									картопля	сходи
									соя	сходи
3	Овруч*	12.05	12.4	6.3	8	6.1	76	5	льон	сходи
									кукурудза	сходи
									квасоля	сходи

Варіант 5

Таблиця А 1 – Вихідні дані для розрахунку ймовірності заморозку

№	Географічний пункт	Дата	Температура повітря в строки за термометром, °С				Вологість повітря о 13 год. (відносна, %)	Хмарність о 21 годин бали	Культура	Фаза розвитку
			сухий			змочений				
			13	19	21	13				
1	Асканія - Нова	28.04	5.2	3.4	2	2.1	92	7	абрикос	цвітіння
									овес	сходи
									Яра пшениця	сходи
2	Крижопіль	8.05	9.4	6.2	5	3.4	78	9	Цукровий буряк	сходи
									картопля	сходи
									горох	сходи
3	Ратнівськ*	18.05	13.8	6.3	8	4.1	80	2	льон	сходи
									кукурудза	сходи
									коноплі	сходи