

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

до практичних занять з навчальної дисципліни
«СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МЕТЕОРОЛОГІЯ»
за темою: «Агрометеорологічна оцінка
приморозків та умов перезимівлі озимих культур»
для студентів денної та заочної форми навчання
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

Затверджено
на засіданні групи
забезпечення спеціальності
Протокол № 1
від «01» вересня 2023 р.

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Сільськогосподарська метеорологія» на тему «Агрометеорологічна оцінка приморозків та умов перезимівлі озимих культур» для студентів III року навчання денної та заочної форм за спеціальністю 193 «Геодезія та землеустрій», рівень вищої освіти бакалавр/ Укладач: Костюкевич Т. К., канд. геогр. наук, Одеса, ОДЕКУ, 2023, 47 с.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА		5
1	ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1	Агрометеорологічна оцінка заморозків	7
1.1.1	Характеристика заморозків	7
1.1.2	Вплив заморозків на сільськогосподарські та плодові культури	10
1.1.3	Методи прогнозу заморозків	13
1.1.4	Методи захисту сільськогосподарських та плодкових культур від заморозків	16
2.1	Агрометеорологічний аналіз умов і оцінка перезимівлі озимих культур	18
2.1.1	Зимостійкість та морозостійкість рослин	18
2.1.2	Основні причини загибелі озимих культур та заходи щодо захисту посівів	21
2.1.3	Агрометеорологічний аналіз умов перезимівлі озимих культур	23
2	ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	30
3	КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ	32
ЛІТЕРАТУРА		33
ДОДАТКИ		34

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.

У холодний період зимуючі культури піддаються різним несприятливим умовам, що викликають часткову або повну загибель посівів. Ступінь пошкодження озимих культур буває різною в різні роки та в різні періоди поточної зими. Це пояснюється біологічними особливостями сорту, станом рослин у період припинення осінньої вегетації, умовами періоду загартовування, інтенсивністю та тривалістю небезпечних явищ зимового періоду.

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; визначати тривалість та умови проходження озимими рослинами I та II етапу загартовування, визначати критичну температуру вимерзання озимих культур різними методами, визначати ступень зрідженості посівів.

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;
- основних понять про показники, що характеризують умови перезимівлі озимих культур;
- щодо проведення аналізу умов перезимівлі озимих культур.

Вміння:

- проводити розрахунки часу наступу заморозків та їх інтенсивності різними методами;

- надавати споживачам агрометеорологічні консультації щодо оцінки міри заморозків та їх небезпечності;
- проводити розрахунки показників, що характеризують умови перезимівлі озимих культур за різними методами;
- проводити аналіз отриманих результатів та узагальнювати їх;
- надавати споживачам агрометеорологічні консультації щодо необхідності підготовки до підсіву або пересіву озимих культур

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 10 балів.

1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Агрометеорологічна оцінка заморозків

1.1.1 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.

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.

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 $1,5\dots2\text{ м}$; 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 ($5\dots12$ год), короточасні (<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 °С 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 хвили температура нижче 0 °С 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.

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 відрізнитись від його середньої багаторічної тривалості.

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 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 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».

1.1.2 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 (табл. 1.1).

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	-	-

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).

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
Яблуна, 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, полуниця	Квіти і зав'язь	-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.

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

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.

1.1.3 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.

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.

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.

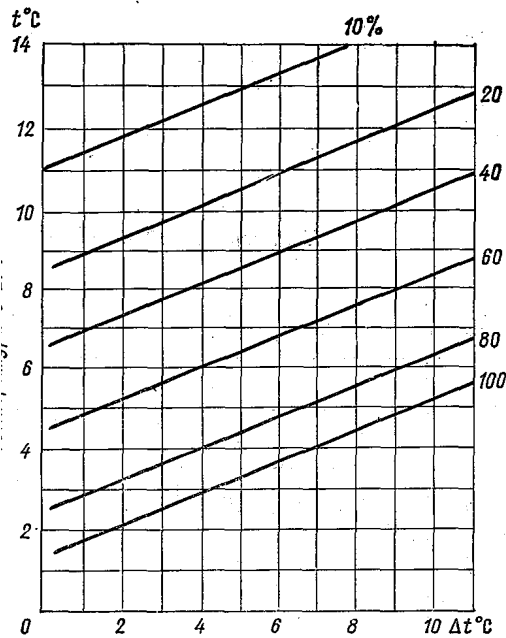


Рис. 1.1 – Графік П.І. Броунова для визначення ймовірності настання заморозку.

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 малоймовірний, 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, °C;
 Q_{\min} - очікувана мінімальна температура поверхні ґрунту, °C;
 T – температура повітря за сухим термометром о 13 годині, °C;

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.

1.1.4 Методи захисту сільськогосподарських та плодкових 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 обігриває, 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» (тепліці, парники, оранжереї та інше), а також ткани та підручні матеріали.

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 плодових 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 урожajem.

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 заморозування 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. Агrometeorологічний аналіз умов і оцінка перезимівлі озимих культур

2.1.1 Зимостійкість та морозостійкість рослин

Зимостійкість рослин – це біологічна властивість рослин, що зимують, переносити вплив комплексу несприятливих умов зимового періоду без суттєвих ушкоджень. Ця властивість залежить від особливостей фізіологічних та біохімічних процесів, що відбуваються в тканинах рослин взимку, які, в свою чергу, визначаються видом рослин, його спадковими властивостями (селекцією), кліматичними умовами середовища та агrometeorологічними умовами конкретного року.

Зимостійкість рослин визначається не тільки термічним режимом, а й висотою снігового покриву, товщиною та тривалістю залягання крижаної кірки, глибиною промерзання ґрунту, режимом сніготанення навесні та іншими факторами та умовами.

Для кількісної оцінки зимостійкості рослин користуються коефіцієнтом перезимівлі рослин - відношенням числа рослин (пагонів), що зберегли

життєздатність і відновили вегетацію на одиниці площі до рослин (пагонів), що увійшли в зиму, на такої ж площі.

Морозостійкістю рослин називається властивість зимуючих рослин витримувати вплив негативних температур із збереженням здатності до вегетації та репродукції при настанні сприятливих агрометеорологічних умов.

Морозостійкість рослин, так само як і загальна їхня зимостійкість, залежить від ступеня загартовування та умов перезимівлі посівів. Морозостійкість озимих зазвичай характеризують критичною температурою вимерзання, за якої гине ≥ 50 % рослин.

Морозостійкість залежить від виду (сорту) рослини, фази його розвитку в момент «догляду» в зиму, рівня живлення та ступеня передзимового загартовування. Загартовуванням рослин називається процес підвищення їх холодостійкості (морозостійкості) в умовах поступового зниження температури навколишнього середовища, скорочення тривалості світлового дня, коли зупиняються ростові процеси у тканинах рослин. Завдяки процесу поступового загартовування рослини набувають до кінця осені якості зимостійкості та морозостійкості.

Підготовка рослин до зимівлі починається ще восени. Рослина проходить дві фази загартовування під впливом погодних умов. Хороші умови для проходження першої фази створюються за сонячної погоди, середньої добової температури повітря від 6 до 0 °C та великої добової амплітуди температури (вдень 10...15 °C, вночі -1...-2 °C), тобто, при слабо позитивних середніх добових температурах. У таких умовах у тканинах рослин (у зернових культур у листі, і особливо у вузлах куштиння) йде накопичення захисних речовин (цукрів) вдень і уповільнена витрата їх уночі. Біохімічні аналізи підтвердили, що при температурах трохи вище 0 °C на світлі відбувається значне збагачення клітин цукром. У середньому перед відходом у зиму у озимих культур накопичується близько 20...25 % цукрів (на одиницю сухої маси). У таких температурних і світлових умовах, що продовжуються до 12 ... 15 (20) діб, морозостійкість рослин зростає від -5 °C до -10 ... -12 °C. За більшої тривалості першої фази загартовування (30...40 діб) відбувається зниження морозостійкості рослин.

Фізіологічний механізм цього явища пов'язаний з тим, що осінні сонячні дні в рослинах порівняно інтенсивно продовжується процес фотосинтезу. У вечірні, нічні та ранкові години при зниженні температури уповільнюються процеси дихання та росту рослин, що сприяє накопиченню цукрів. Теплі похмурі дні з невеликою добовою амплітудою температури повітря менш сприятливі для проходження першої фази загартовування, так як рослини продовжують рости і витрачати накопичені запаси цукрів.

На думку ряду фізіологів, морозостійкість рослин значною мірою зумовлена активністю та спрямованістю ферментативних рослин процесів, регулюючих як вуглеводний, а й азотний обмін.

Чим триваліший перехід від високих температур повітря восени до знижених температур зимового періоду і чим ці температури сприятливіші для загартовування рослин, тим інтенсивніше відбувається процес накопичення цукрів у вузлах кушення злаків. Недорозвинені або перерослі озимі рослини за осінній період погано переносять зиму. Встановлено, що морозостійкі сорти пшениці озимої восени ростуть повільніше, формують коротке, вузьке листя, розташоване біля поверхні ґрунту та накопичують більше цукрів порівняно з менш стійкими сортами.

Друга фаза загартовування проходить у замерзлих рослинах лише після завершення першої фази за середньої добової температури повітря $-3...-5$ °С, тобто при слабко негативних середньодобових температурах. У більш морозостійких сортів рослин озимого жита збільшення морозостійкості відбувається за нижчих температур, $-6...-8$ °С. Підвищення зимостійкості рослин у цей період відбувається за рахунок зневоднення тканин та збільшення концентрації клітинного соку.

Крохмаль у клітинах рослин частково перетворюється на цукру, запаси яких збільшуються: зимостійкість та морозостійкість рослин у цей, короткий тимчасовий період значно зростають. Після проходження двох фаз загартовування у більшості сортів пшениці озимої критична температура вимерзання знижується до -18 °С, а у високо зимостійких сортів - до -20 °С. Встановлено, що в умовах перезволоження верхнього шару ґрунту морозостійкість озимих, що пройшли дві фази загартовування, дещо знижується.

Нагадаємо, що критична температура вимерзання – це граничне значення температури навколишньої рослини середовища, нижче якого настає загибель рослини. Критичні температури вимерзання озимого жита становлять $-22...-24$ °С і нижче, у люцерни $-17...-19$ °С, у озимого ячменю та двохукісної конюшини $-13...-16$ °С. Крони багатьох плодових культур можуть переносити морози до $-25...-30$ °С, лісові дерева до $-45...-50$ °С.

Дослідженнями В.О. Мойсейчик (1975) встановлено, що динаміка морозостійкості озимих культур кількісно виражається через критичну температуру вимерзання рослин, яка пов'язана із зміною фізіологічного стану, вуглеводного обміну та «глибини» вимушеного спокою у рослин під впливом агрометеорологічних умов зимівлі. У зв'язку з умовами, що складаються, морозостійкість рослин може змінюватися протягом холодного зимового періоду.

Стійкість рослин до холодів змінюється з року в рік при збереженні загальної закономірності: на початку зими морозостійкість порівняно невисока, до середини зими вона зростає до максимальної, а до весни поступово знижується. Зимостійкість рослин залежить також від вологості ґрунту в осінній період: при вологості 50 ... 70 % повної вологості озимі отримують найбільшу зимостійкість, при надмірному осінньому зволоженні (більше 80 % повної вологості) загартовування проходить слабше.

Умови осені, що зазвичай змінюються рік від року, істотно впливають на зимостійкість одних і тих же сортів озимих культур.

Усі озимі культури проходять стадію яровизації, без завершення якої рослини не можуть перейти до утворення та розвитку генеративних органів та до плодоношення. Ця стадія протікає в осінній період вегетації та завершується, як правило, до початку, середини зими. Найшвидше яровизація вегетуючих рослин проходить при зниженій температурі та безперервному освітленні, дещо повільніше при «короткому» дні і не проходить (або не завершується) у темряві.

2.1.2 Основні причини загибелі озимих культур та заходи щодо захисту посівів

У холодний період року ушкодження і загибель зимуючих культур, що у стані вимушеного спокою, зазвичай викликаються комплексом несприятливих умов. До основних багатofакторних комплексів відносяться: видування, вимерзання, вимокання, випирання, випрівання, зимова засуха, крижана кірка, ожеледиця. Основними факторами, що визначають перезимівлю озимих культур є: висота снігового покриву, мінімальна температура повітря та ґрунту на глибині вузла кушення в різні періоди зими, сума негативних температур повітря, глибина промерзання ґрунту, тривалість періоду з висотою сніжного покриву вище 30 см, сума опадів за осінній та зимовий періоди та ін.

Видування посівів (ґрунту) – це знос сильним вітром ($\geq 10 \dots 12$ м/с) верхнього шару ґрунту на сільськогосподарських полях найчастіше разом із посіяним насінням, сходами і рослинами, що слабо вкоренилися. Видування зимуючих посівів частіше спостерігається на півдні степовий зони, де сніговий покрив невисокий і нестійкий, або й зовсім відсутній. Як основні агротехнічні прийоми боротьби з видуванням посівів проводяться роботи, створені задля збільшення запасів ґрунтової вологи та зниження негативного впливу сильних вітрів. До них відносяться: безвідвальне орання, глибоке загортання насіння в ґрунт, коткування ґрунту після посіву, створення кулісних посівів, посадка лісових полезахисних смуг, снігозатримання тощо.

Вимерзання посівів – це пошкодження або загибель зимуючих рослин внаслідок порушення обміну речовин та утворення кристалів льоду в протоплазмі клітин при низьких температурах повітря і ґрунту (на глибині залягання вузла кушення), за відсутності або незначності снігового покриву під час морозів. Можлива також загибель рослин у зв'язку з промерзанням ґрунту та утворенням морозобійних тріщин, розривають кореневі системи.

Основним методом захисту зимуючих посівів від вимерзання вважається снігозатримання, що сприяє збільшенню висоти снігового покриву та більш рівномірному його розподілу за площею.

Вимокання рослин – це пошкодження або загибель озимих культур внаслідок порушення процесів дихання та фотосинтезу, нестачі кисню та надлишку вуглекислого газу (CO₂) при затопленні рослин водою. Найчастіше вимокання відбувається у роки з великою кількістю опадів при високому рівні ґрунтових вод на полях з тяжко-суглинистими ґрунтами внаслідок затоплення їх водами (у тому числі талими) у знижених місцях рельєфу, у чагарників та на узліссях лісу.

Зниженню негативного впливу вимокання на стан рослин сприяє високий рівень агротехніки, але переважно це своєчасне відведення надлишків вологи шляхом землевпорядних робіт.

Випрівання рослин – це пошкодження або загибель озимих рослин під високим сніговим покривом при тривалому його заляганні в умовах м'якої зими внаслідок виснаження рослин через слабкий фотосинтез (або його відсутності) і інтенсивної витрати поживних речовин, що продовжується, на дихання і слабкий ріст. Явище випрівання, особливо у полях, котрі знаходяться в зниженнях рельєфу. Застосування високої агротехніки є найбільш ефективним способом у боротьбі із загибеллю озимини від випрівання та грибних захворювань.

Випирання рослин – це пошкодження озимих культур у вигляді виносу вузла кущіння або верхньої частини кореневої системи до поверхні ґрунту (або на нього) при неодноразових змінах відтавання та замерзання верхнього перезволоженого шару ґрунту. Таке явище спостерігається восени, коли збільшується добова амплітуда температури повітря та ґрунту: вночі – від'ємні температури, вдень – додатні. У зимовий час випирання рослин відбувається при частому чергуванні відлиг та морозної погоди.

Агротехнічні заходи: своєчасний обробіток ґрунту під посів озимих культур; посів у ґрунт, що ущільнився, з більш глибоким закладенням насіння; осушення надмірно зволжених полів; іноді застосовується снігозатримання на полях, більшість рослин у яких мають оголені вузли кущіння та інших.

Випадіння рослин озимих культур (далі - випадіння) - явище, що спостерігається при різкому і активному наростанні тепла в період відновлення вегетації та одночасно при недостатчі вологи у верхньому шарі ґрунту. При цьому вторинна коренева система не встигає використовувати вологу більш глибоких шарів ґрунту і рослини гинуть. Це явище більш розповсюджене при пізній весні.

Зимова посуха - припинення подачі води у надземну частину рослини при відсутності на полях снігового покриву та підвищенні температури повітря вдень до 0 °C і вище або при інтенсивній сонячній радіації, коли відбувається посилене випаровування листками вологи та їх засихання. Внаслідок зневоднення листків висихають надземні органи, потім вузли кущіння, і рослини гинуть. Найчастіше зимові посухи відзначаються у степових районах на початку зими, коли сніговий покрив ще не встановився,

і наприкінці малосніжної зими за сильних вітрів. Надійним захистом від зимової посухи є всі способи снігозатримання на полях.

Льодяна кірка (притерта) - шар льоду, що утворюється внаслідок чергування відлиг та морозів і щільно прилягає до поверхні ґрунту. Загибель рослин від задухи відбувається при тривалому перебуванні під притертою льодяною кіркою (протягом 30-40 днів та більше) внаслідок порушення газообміну - підвищення концентрації вуглекислого газу, недостатчі кисню.

Ожеледиця – це шар щільного льоду на земній поверхні та на предметах, що утворюється внаслідок намерзання крапель переохолодженого дощу, мряки або туману. Він виникає при температурах 0...-3 °С, рідше за нижчих температур – до -15 °С.

Відлига – характерне явище зимового періоду. Вдень з відлигою прийнято вважати підвищення температури повітря до 0 °С і вище взимку на фоні від'ємних температур повітря, що раніше встановилися.

2.1.3 Агрометеорологічний аналіз умов вимерзання озимих культур

Вимерзання рослин є основним та найпоширенішим видом пошкодження та загибелі озимих. В окремі роки посіви озимих культур пошкоджуються (або гинуть) від вимерзання на великих площах, особливо часто – у степовій та лісостеповій зонах.

Агрометеорологічні умови, за яких відбувається вимерзання посівів, частіше спостерігаються у першій половині зими, коли на полях ще не склався стійкий сніговий покрив. У другій половині зими вимерзання можливе лише в районах із нестійким сніговим покривом.

Головними елементами, що впливають на перезимівлю рослин, у визначених співвідношеннях є: температура повітря, сніговий покрив, промерзання ґрунту. Комплексним агрометеорологічним показником впливу всіх факторів на зимуючі рослини є мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузла кущіння ($t_{\text{вуз}}$). Якщо мінімальна температура ґрунту взимку на цій глибині буде нижче ніж критична температура вимерзання ($T_{\text{кр}}$), то це викликає загибель або пошкодження озимини від вимерзання. Критична температура вимерзання ($T_{\text{кр}}$) це мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння, яка викликає загибель 50% рослин і більше. $T_{\text{кр}}$ кількісно характеризує морозостійкість рослин. Чим нижче ($T_{\text{кр}}$) тим вище морозостійкість, і навпаки. Вона змінюється в залежності від біологічної морозостійкості сорту, а також від агрометеорологічних умов впродовж зими.

Наслідки перезимівлі визначаються співвідношенням між температурою ґрунту на глибині вузла кущіння ($t_{\text{вуз}}$) та критичною температурою вимерзання ($T_{\text{кр}}$).

Таким чином, оцінюючи агрометеорологічні умови вимерзання озимини, необхідно визначити співвідношення, з одного боку, мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння, а з другого - критичної температури вимерзання.

Визначення критичної температури вимерзання. Температура, при якій настає загибель вузла кущіння, різна не тільки для різних озимих культур та їх сортів, але й для тих ж сортів в залежності від стану рослин восени (фази розвитку, ступеня загартування, стану конуса наростання в момент припинення вегетації тощо), а також від зміни їхньої морозостійкості під впливом агрометеорологічних умов зимового періоду називають *критичною температурою вимерзання*.

Інтенсивні та тривалі відлиги в період зимівлі рослин порушують стан зимового спокою та сильно знижують морозостійкість рослин. При цьому різке зниження температури на глибині залягання вузла кущіння після відлиг викликає загибель рослин на більш високому рівні мінімальної температури ґрунту, ніж поступове похолодання. Добре розвинені, загартовані рослини, вузол кущіння яких розташований на глибині 3 см і нижче, витримують сильніші морози, ніж слаборозвинені рослини у фазах сходи – третій лист з невеликою глибиною (1...2 см) розташування вузла кущіння.

Найбільш стійкі до морозів вузли кущіння озимого жита, що витримують зниження температури на глибині 3 см до $-18...-20$ (-24) °С, деякі сибірські сорти цієї культури й до -28 °С. Більш чутливі до низьких температур навіть сорти озимої пшениці високої морозостійкості, що повністю гинуть при температурі -22 °С на глибині вузла кущіння. Рослини сортів пшениці слабої морозостійкості гинуть за температури $-16...-18$ °С, а сорти озимого ячменю гинуть за температури $-13...-16$ °С глибині 3 см.

Стосовно України найчастіше використовується в оперативній роботі метод В.М. Лічикакі, якій вважав, що морозостійкість озимих культур залежить, головним чином, від температурних умов в період проходження другої фази загартування. Чим більша сума негативних температур набирається за цей період, тим вища морозостійкість. Тому В.М. Лічикакі запропонував визначати критичну температуру по сумі середніх за добу температур повітря (при відсутності снігового покриву або при невеликому сніговому покриві з висотою не більше 2-3 см) або по сумі негативних температур ґрунту на глибині вузла кущіння (при наявності снігу вище 2-3 см). Визначення критичної температури вимерзання проводиться за даними таблиці 1.4.

Визначення динаміки морозостійкості озимини впродовж зимового періоду В.М. Лічикакі запропонував проводити за розробленими залежностями між ($T_{кр}$) та ($t_{вуз}$).

Ці залежності для добре розвинених посівів визначаються нелінійними рівняннями. Для озимої пшениці середньої морозостійкості (сорти типу “Українка”, “Ертіроспермум 15”) рівняння зв’язку буде:

$$T_{кр} = -14,056 + 1,916\bar{t}_{\text{вуз}} + 0,172\bar{t}_{\text{вуз}}^2, \quad (1.5)$$

для сортів типу “Одеська 3”, “Одеська 12”:

$$T_{кр} = -13,929 + 2,45\bar{t}_{\text{вуз}} + 0,191\bar{t}_{\text{вуз}}^2, \quad (1.7)$$

для озимого жита (“Харківське 55”, ” Харківське 194”, ” Вержбинське”):

$$T_{кр} = -14,00 + 2,65\bar{t}_{\text{вуз}} + 0,14\bar{t}_{\text{вуз}}^2, \quad (1.8)$$

для озимого ячменю:

$$T_{кр} = -9,25 + 3,263\bar{t}_{\text{вуз}} + 0,488\bar{t}_{\text{вуз}}^2, \quad (1.9)$$

де $\bar{t}_{\text{вуз}}$ - середня з мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см, °С.

На підставі цих рівнянь В.М. Лічикакі складена шкала визначення $T_{кр}$ табл. 1.5

Таблиця 1.4 - Критична температура вимерзання озимини в залежності від температурних умов в період проходження другої фази загартування (згідно з В.М. Лічикакі)

Сума середньодобових температур повітря або мінімальних температур ґрунту на глибині вузла кущіння за період між датами переходу температури повітря через 0 °С і 10 °С	Критична температура вимерзання	
	обчислена за сумою середньодобових температур повітря	обчислена за сумами мінімальних тем-р ґрунту на глибині вузла кущіння
0	-11,0	-13,5
-5	-12,5	-14,5
-10	-13,5	-15,0
-15	-14,5	-16,0
-20	-15,0	-16,5
-25	-15,5	-17,0
-30	-16,0	-17,0
-35	-16,5	-17,5
-40	-17,0	-17,5
-45	-17,5	-18,0
-50	-18,0	-18,0
-55	-18,0	-18,0
-60	-18,5	-18,5
-65	-18,5	-18,5
-70	-19,0	-19,0

Таблиця 1.5 - Критична температура вимерзання ($T_{кр}$) озимих культур в залежності від середньої з мінімальних температур ґрунту на глибині вузла кущіння ($t_{вуз}$)

Середнє значення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння	Пшениця з морозостійкістю			жито	ячмінь
	вище середньої	середня	нижче середньої		
0	-14,0	-14,0	-12,0	-14,0	-9,2
-0,6	-15,2	-15,1	-13,1	-15,5	-11,0
-1,2	-16,6	-16,1	-14,1	-16,8	-12,4
-1,8	-17,7	-16,9	-14,9	-18,3	-13,5
-2,4	-18,8	-17,7	-15,7	-19,5	-14,3
-3,0	-19,6	-18,3	-16,3	-20,7	-14,6
-3,6	-20,3	-18,7	-16,7	-21,8	-14,8
-4,2	-20,8	-19,1	-17,1	-22,7	-
-4,8	-21,2	-19,2	-17,2	-23,4	-
-5,4	-21,6	-19,4	-17,4	-24,2	-
-6,0	-22,0	-19,5	-17,5	-24,9	-

Найважливішим інтегральним агрометеорологічним показником, що характеризує умови перезимівлі, є *мінімальна величина температури ґрунту на глибині залягання вузла кущіння* у злаків 3 см . Цей показник відображає комплексний вплив температури повітря та снігового покриву на ґрунт і служить об'єктивною характеристикою стану верхнього шару ґрунту та зимуючих рослин. Вивчення температурного режиму ґрунту на глибині залягання вузла кущіння було розпочато за пропозицією Українського НДІ зернового господарства у 1932 р. (Куперман Ф.М., Шульгін О.М.).

Систематичні спостереження за температурою ґрунту на цій глибині, на полях з озимими посівами ведуться протягом багатьох десятиліть на мережі метеорологічних станцій України.

В оперативній роботі агрометеорології використовують способи, у яких кількісні залежності визначають статистичним шляхом.

О.М. Шульгін запропонував визначати температуру на глибині вузла кущіння графічно в залежності від мінімальної температури повітря та висоти снігу (рис. 1.2).

В.М. Лічикакі запропонував визначати температуру на глибині вузла кущіння за графіком або за складеною за ним (Додаток В) в залежності від висоти снігу та температури повітря. Залежності Лічикакі розраховані для території України.

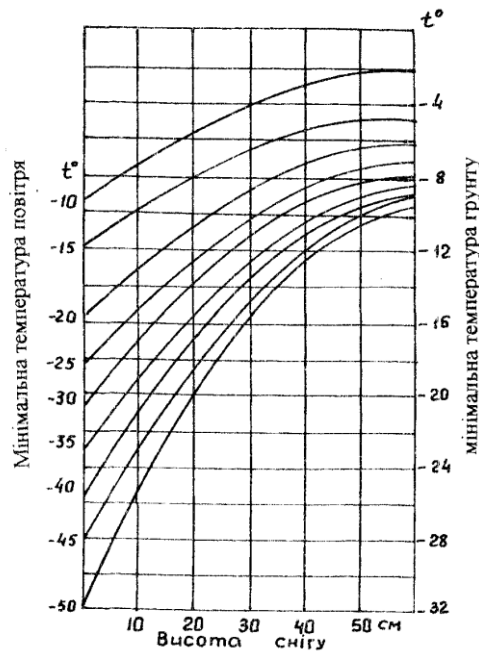


Рис. 1.2. Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння від мінімальної температури повітря та висоти снігового покриву.

В.О. Мойсейчик враховувала поряд з впливом на температуру ґрунту на глибині вузла кущіння мінімальної температури повітря (t) і висоти снігового покриву також і вплив попередніх умов, тобто глибину промерзання ґрунту (x).

Розрахунки проводяться за допомогою графічних залежностей (рис. 1.3).

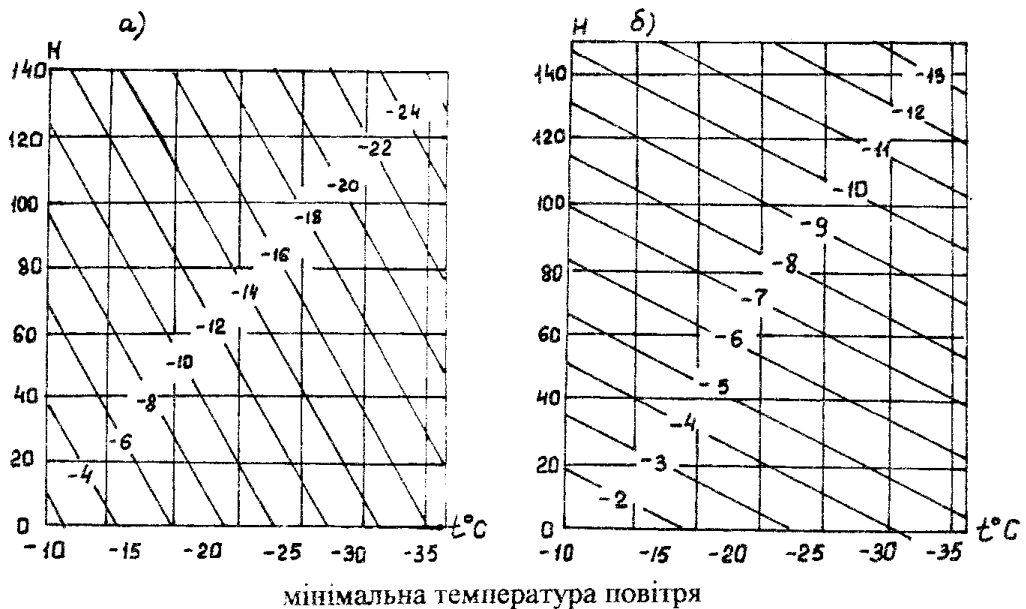


Рис. 1.3. Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см від мінімальної температури повітря і глибини промерзання ґрунту за висоти снігового покриву: 5 см (а) і 10 см (б).

Для кількісної оцінки умов вимерзання та визначення його періодів проводиться за допомогою запропонованого В.М. Лічкакі коефіцієнта морозонебезпечності (K). Він визначається як співвідношення мінімальної (абсолютний мінімум) температури ґрунту на глибині вузла кушіння ($t_{\text{вуз}}$) до критичної температури вимерзання ($T_{\text{кр}}$), тобто:

$$K = t_{\text{вуз}} / T_{\text{кр}} , \quad (2.0)$$

На підставі цього рівняння складена шкала загибелі озимини в залежності від величини коефіцієнта морозонебезпечності (табл. 1.6). Як виходить з табл. 1.6, чим нижче K , тим сприятливіші умови перезимівлі, та, навпаки, при зростанні значень K зростає ймовірність загибелі озимих культур від вимерзання.

Таблиця 1.6 - Коефіцієнт морозонебезпечності (K) і відповідний йому ступінь загибелі озимих (пшениці і ячменю) культур (M , %)

К			М
жито озиме	пшениця озима	ячмінь озимий	
0,55 - 0,79	0,55 - 0,75	0,45 - 0,68	1 – 20
0,80 - 0,95	0,76 - 0,87	0,69 - 0,79	21 – 40
0,96 - 1,06	0,88 – 0,96	0,80 -0,88	41 – 60
$\geq 1,07$	$\geq 0,97$	$\geq 0,89$	≥ 61

Визначення ступеню зрідженості посівів озимих культур. Часта загибель озимих від вимерзання в суворі зими є головною перешкодою для розширення їх площ за деякими регіони країни. Під час похолодання мінімальна температура на глибині вузла кушіння озимих стає нижче критичної температури вимерзання та рослини ушкоджуються або повністю гинуть.

В.О. Мойсейчик та В.О. Шавкуною встановлено, що наслідок перезимівлі (ступінь зрідженості посівів) озимої пшениці та жита визначається в залежності від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см та міри розвитку озимих восени.

Авторами розроблені таблиці визначення зрідженості посівів (%) в залежності від фази розвитку, сорту та коефіцієнта кушіння для озимої пшениці (табл. 1.7) та жита озимого (табл. 1.8).

Отримані залежності дозволили В.О. Мойсейчик встановити, що за відсутності інших причин пошкодження перезимівля озимої пшениці проходить добре за мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння вище - 10°C. Задовільний стан озимих посівів (зрідженість 30% для слаборозвинених з осені посівів та 50 % для добре розвинених)

забезпечується відповідно: для пшениці сорту Безоста 1 при -15...- 18 °С, для пшениці Миронівська 808 при -17...-19 °С. При нижчих значеннях температури зрідженість значно збільшується.

Таблиця 1.7 - Зрідженість (%) посівів озимої пшениці в залежності від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см і міри розвитку рослин восени

Сорт	Фаза розвитку	Пороги мінімальної температури ґрунту, °С									
		-5	-10	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21	-22
Безоста 1	сходи -										
	3-й лист	0	12	30	40	50	100	100	100	100	100
Миронівська 808	сходи -										
	3-й лист	0	8	25	30	35	50	70	100	100	100
	кущіння	0	4	12	18	25	50	100	100	100	100
	кущіння	0	4	8	10	15	30	50	75	95	100

Таблиця 1.8 - Зрідженість (%) посівів озимого жита сортів Саратовське-1, Саратовське-4, Саратовське крупнозернисте від мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння та розвитку рослин восени

Коефіцієнт кущіння (<i>k</i>)	Мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см, °С							
	-10	-15	-20	-21	-22	-23	-24	-25
1	8	9	28	34	40	46	56	65
2	4	5	24	30	37	44	52	62
3	2	3	22	30	35	42	50	59
4	2	2	21	27	34	41	50	58
5	2	2	22	28	35	42	50	59

2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Порядок виконання практичної роботи

Агрометеорологічна оцінка заморозків

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, Михалєвського 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	Михалєвського		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.

Агрометеорологічний аналіз умов і оцінка перезимівлі озимих культур

1. Визначити період активної вегетації озимих культур, вважаючи таким: а) період від дати посіву до припинення вегетації; б) період обмежений датами сталого переходу температури повітря через 15 і 5°C (у південних районах через 3°C).

2. Підрахувати за період осінньої вегетації суму ефективних температур повітря вище 5°C та ГТК. Провести аналіз термічних умов і умов зволоження в окремі періоди розвитку озимих і в цілому протягом періоду осінньої вегетації (температура повітря, сума ефективних температур, запаси продуктивної вологи в ґрунті, ГТК). Результати занести в таблицю Б 1.

3. Знайти дати переходу температури повітря через 15, 7, 5, 3, 0, -10°C.

4. Визначити тривалість та умови проходження озимими рослинами I та II фаз загартовування. При цьому періодом проходження рослинами I фази загартовування слід вважати період, обмежений датами стійкого переходу температури повітря через 7 і 0 °C, а II фази загартовування - через 0 і -10 °C.

5. Визначити мінімальну температуру ґрунту на глибині вузла кущіння використовуючи метод В.М. Лічикакі (ТВУ31) (Додаток В, табл. В 1) та метод О.М. Шульгіна (ТВУ32) (рис. 1 або Додаток В, табл. В 2 та В 3). Результати занести в таблицю Б 1. Порівняти отриманні дані з фактичними.

7. Визначити критичну температуру вимерзання озимини використовуючи методику В.М. Лічикакі. З початку за шкалою (табл. 1) визначаємо ТКР в залежності від агрометеорологічних умов періоду проходження рослинами II фази загартовування. Далі визначити динаміку мінливості ТКР по декадам зимового періоду в залежності від середньої з мінімальних температур ґрунту на глибині вузла кущіння (табл. 2). Середня tВУЗ розраховується за період від переходу температури повітря через 0 °C до розрахункової декади шляхом підсумовування її декадних величин та розподілу на число декад. Для слаборозвинених і перерослих рослин рекомендується розраховане значення ТКР підвищити на 2...3 °C. Результати занести в таблицю Б 1.

8. Використовуючи вище проведені розрахунки, виділити декади (періоди), в які можливе вимерзання озимих культур шляхом порівняння ТКР та tВУЗ.

9. Обчислити коефіцієнт морозонебезпеки К (рівняння 2.0) і потім за шкалою В.М. Лічикакі (табл. 1.6) визначити загибель озимих культур (М, %) залежно від цієї величини. При використанні К необхідний аналіз факторів, не врахованих цим методом, тобто: висоти та тривалості залягання снігу,

відлиг, наявності крижаної кірки, застою води тощо. Результати занести в таблицю Б 1.

10. Визначити зрідженість (U, %) озимих культур використовуючи табл. 1.7 та табл. 1.8. Результати занести в таблицю Б 1.

11. Скласти агрометеорологічний текст. У ньому дати докладний аналіз умов осіннього періоду вегетації озимих культур, проходження ними фаз загартовування та дати агрометеорологічне обґрунтування терміну сівби. Проаналізувати умови зимового періоду, стан озимих перед виходом у зиму, їх морозостійкість протягом усього зимового періоду. Звернути особливу увагу на різкі зниження температури та відлиги. Вказати декади (періоди), в які можливе вимерзання і на якій площі, періоди сприятливі для перезимівлі та стану озимих культур на час відновлення вегетації.

На підставі проведених агрометеорологічних досліджень умов вимерзання вказати можливі рекомендації сільськогосподарським організаціям на необхідність підготовки до сівби або пересіву озимини.

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. Михалевського?
5. Яка температура називається критичною?
6. Дайте характеристику заморозків за типом, інтенсивністю та тривалістю.
7. Як впливають заморозки на тривалість вегетаційного періоду сільськогосподарських культур та їх урожайність?
8. Для яких ґрунтів використовується метод Р.М. Меджитова, та чому?
9. Назвіть причини, що спричиняють пошкодження та загибель озимих культур при перезимівлі.
10. Які метеорологічні фактори визначають перезимівлю озимих культур?
11. Чому мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см є головним метеорологічним фактором у результаті перезимівлі озимини?
12. Як визначається мінімальна температура на глибині вузла куціння?
13. Назвіть фази загартовування озимих культур та їх роль у перезимівлі.
14. Як розрахувати зрідженість посівів озимих культур?
15. Що таке критична температура вимерзання рослин та від яких факторів залежить її значення?

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.
5. Агробіологічний контроль за станом посівів озимих зернових культур та озимого ріпаку під час осінньо-зимової вегетації : метод. рек. / Ін-т сільського господарства Західного Полісся НААН; від. за вип. М.М. Лук'янчик. Рівне : [Б. в.], 2012. 18 с.

Додаткова

1. 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 / Compiled by V. Shpak; Chairman of the Editorial Board S. Tabachnikov. Sherman Oaks, California : GS Publishing Services, 2022. P. 12-17. URL: <http://eprints.library.odku.edu.ua/id/eprint/11046>.
2. Олексієнко І.М. Кліматичний прогноз заморозку на території України. Наук.праці УкрНДГМІ. Київ, 2012. Вип. 263. С. 66-80.
3. Рослинництво : підручник / Базалій В. В., Зінченко О. І., Лавриненко Ю. О. та ін. Херсон : ФОП Грінь Д. С., 2015. 520 с.
4. Санін Ю.В. Осіннє підживлення озимих культур: важливий агротехнічний захід підвищення стійкості культур до перезимівлі та дружного старту навесні. *Агроном*. 2010. №3. С. 26–27.
5. Як легко та достовірно визначити стан перезимівлі озимих культур. URL: <https://www.agronom.com.ua/yak-legko-ta-dostovirno-vyznachyty-stand-perezymivli-ozymyh-kultur/>

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

ДОДАТОК Б

Варіант 1

Таблиця Б 1 – Агрометеорологічна оцінка умов перезимівлі посівів пшениці озимої (сорт Волошкава) в районі станції Овруч Житомирської області (2011-2012 рр.)

Сівба – 10.09, сходи – 18.10, припинення вегетації – 6.11, відновлення вегетації – 22.03 НВ ₀₋₁₀₀ – 204 мм, НВ ₀₋₅₀ – 109 мм, НВ ₀₋₂₀ - 42																					
	вересень			жовтень			листопад			грудень			січень			лютий			березень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
T, °C	14,7	15,0	12,3	11,2	4,6	2,6	4,0	-0,2	2,3	2,6	2,4	-0,3	0,1	-3,3	-9,4	-16,7	-14,4	-0,6	-3,0	4,1	4,8
T _{max} , °C	26,5	26,3	25,6	23,5	16,3	12,6	13,1	4,2	7,6	14,5	7,9	8,8	5,5	3,6	1,2	-9,2	-1,0	5,5	4,8	19,4	16,6
T _{min} , °C	7,1	4,1	1,9	0,6	-4,4	-4,8	-4,2	-7,2	-4,2	-4,3	-4,8	-9,5	-6,8	-18,1	-21,1	-29,7	-30,1	-9,2	-12,8	-4,8	-1,3
ΣR, мм	12	0	9	8	8	0	1	4	3	14	31	1	3	28	11	45	3	18	16	4	19
ГТК																					
ΣT _{эф}																					
ЗПВ 0-10	10	5	3	5	10	10															34
0-20	19	11	8	15	21	21															66
0-50						71															151
0-100						172															251
H, мм										1	1	4	8	16	19	47	42	15	19	4	
Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння																					
Фактична								-3,7	-1,1	-1,3	-0,7	-0,9	-2,2	-1,5	-6,4	-5,6	-6,4	-2,3	-4,4	-3,1	
T _{вуз} (1)																					
T _{вуз} (2)																					
T _{кр}																					
K																					
M, %																					
U, %																					

Варіант 2

Таблиця Б 1 – Агрометеорологічна оцінка умов перезимівлі посівів жита озимого (сорт Сіверське) в районі станції Олевськ Житомирської області (2011-2012 рр.)

Сівба –9.10, сходи – 04.11, припинення вегетації – 6.11, відновлення вегетації – 22.03, НВ ₀₋₁₀₀ – 251 мм, НВ ₀₋₅₀ –136 мм, НВ ₀₋₂₀ – 57 мм																					
	вересень			жовтень			листопад			грудень			січень			лютий			березень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
T, °C	14,0	14,9	12,0	11,4	4,7	2,3	4,6	-0,4	2,4	3,0	2,4	-0,2	0,6	-2,8	-8,7	-16,3	-12,9	-0,3	-2,7	4,5	5,4
T _{max} , °C	23,7	26,6	25,4	23,2	14,4	11,8	13,5	3,5	7,9	14,3	7,8	7,8	6,4	4,9	1,5	-8,0	2,6	6,4	4,0	19,5	16,7
T _{min} , °C	3,8	1,9	0,4	-1,7	-5,5	-5,2	-3,6	-8,7	-5,1	-3,0	-5,6	-6,3	-6,6	-12,2	-20,6	-29,1	-30,8	-6,7	-14,9	-2,8	-2,1
ΣR, мм	8	1	7	4	19	1	1	3	2	12	38	4	6	27	9	30	3	19	15	10	16
ЗПВ 0-10	7	2	2	2	10	9															20
0-20	17	8	6	6	21	16															40
0-50						37															91
0-100						84															175
H, мм											4	6	10	17	42	35	14	8			
Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння																					
Фактична								-4,2	-3,1	-2,1	-1,0	-1,7	-3,0	-1,6	-3,7	-5,0	-4,6	-2,2	-5,1	-1,7	0
T _{вуз(1)}																					
T _{вуз(2)}																					
T _{кр}																					
K																					
M, %																					
U, %																					

Варіант 3

Таблиця Б 1 – Агрометеорологічна оцінка умов перезимівлі посівів пшениці озимої (сорт Поліська 90) в районі станції Овруч Житомирської області (2015-2016 рр.)

Сівба – 3.10, сходи – 26.10 3-й листок – 20.11, припинення вегетації – 29.12, відновлення вегетації – 8.03 , НВ ₀₋₁₀₀ – 204 мм, НВ ₀₋₅₀ – 109 мм, НВ ₀₋₂₀ – 42 мм																					
	вересень			жовтень			листопад			грудень			січень			лютий			березень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Т, °С	16,8	17,0	15,1	7,5	5,6	4,8	4,8	6,4	0,3	2,6	1,5	0,8	-10,0	-4,0	-2,9	1,6	1,3	1,7	4,2	2,3	3,1
Т _{max} , °С	36,0	32,0	28,8	24,0	15,1	11,3	12,4	12,0	5,7	9,8	8,7	11,1	0,6	3,0	7,6	9,0	9,2	9,3	16,0	10,7	14,6
Т _{min} , °С	6,1	8,0	4,6	-4,2	-4,8	-4,0	-3,5	0,1	-6,1	-2,8	-4,8	-13,4	-19,9	-12,4	-15,0	-5,0	-4,0	-4,7	-2,3	-4,5	-3,7
ΣR, мм	13	7	6	0	18	44	15	19	25	6	12	16	5	25	22	4	40	29	25	11	8
ЗПВ 0-10	5	1	6	2	1	23	25									27				25	26
0-20	9	3	10	6	4	43	46									52				48	52
0-50						88										113				120	128
0-100						142										180				203	216
Н, мм													2	13	15		2	1	1		
Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння																					
Фактична								0,0	-1,7	-0,3	-1,7	-4,6	-12,3	-8,8	-4,7	-2,2	-1,7	-1,5	-1,1	0	0
Т _{вуз} (1)																					
Т _{вуз} (2)																					
Т _{кр}																					
К																					
М, %																					
U, %																					

Варіант 4

Таблиця Б 1 – Агрометеорологічна оцінка умов перезимівлі посівів пшениці озимої (сорт Дарунок Полісся) в районі станції Житомир Житомирської області (2015-2016 рр.)

Сівба – 21.09, сходи – 30.09 3-й листок – 20.10, припинення вегетації – 29.12 , відновлення вегетації – 8.03, НВ ₀₋₁₀₀ – 208 мм, НВ ₀₋₅₀ – 106 мм, НВ ₀₋₂₀ – 42 мм																					
	вересень			жовтень			листопад			грудень			січень			лютий			березень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Т, °С	17,5	18,0	15,7	8,8	6,2	5,7	5,3	7,1	0,8	2,7	1,5	2,2	-9,2	-3,2	-2,6	2,0	2,6	3,1	5,4	2,5	4,1
Т _{max} , °С	36,0	32,6	28,6	23,3	15,5	11,5	13,8	13,0	6,2	9,2	7,6	12,0	1,0	4,2	8,2	9,2	11,2	12,4	14,6	10,6	16,0
Т _{min} , °С	4,9	8,4	6,7	-5,5	-6,0	-5,0	-3,0	0,0	-5,0	-1,7	-6,9	-11,7	-19,3	-11,9	-20,4	-3,5	-3,0	-3,4	-1,1	-5,7	-4,2
ΣR, мм	18	8	6	0	21	26	18	34	34	13	12	6	9	35	23	3	31	24	11	5	10
ЗПВ 0-10			10	9	8	26	30									32				24	23
0-20			19	17	15	47	51									57				44	43
0-50						78										121				113	107
0-100						138										224				236	222
Н, мм													6	11	7						
Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння																					
Фактична								0,0	-0,5	0,5	0,2	-5,5	-10,0	-2,0	-3,0	-0,5	-0,5	-0,2	0		
Т _{вуз} (1)																					
Т _{вуз} (2)																					
Т _{кр}																					
К																					
М, %																					
U, %																					

Варіант 5

Таблиця Б 1 – Агрометеорологічна оцінка умов перезимівлі посівів жита озимого (сорт Сіверське) в районі станції Олевськ Житомирської області (2015-2016 рр.)

Сівба – 2.10, сходи – 24.10 3-й листок – 24.12, припинення вегетації – 29.12 , відновлення вегетації – 8.03, НВ ₀₋₁₀₀ – 251 мм, НВ ₀₋₅₀ – 136 мм, НВ ₀₋₂₀ – 57 мм																					
	вересень			жовтень			листопад			грудень			січень			лютий			березень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
T, °C	16,0	17,0	14,1	6,7	5,4	5,1	4,7	6,9	0,4	2,8	1,4	1,6	-9,6	-3,8	-2,0	2,4	2,4	2,2	4,3	2,3	3,3
T _{max} , °C	36,1	28,8	27,5	22,5	13,9	12,1	12,6	12,8	6,4	9,6	8,7	11,1	0,8	3,4	8,7	9,1	13,7	11,3	11,6	10,6	14,4
T _{min} , °C	4,2	7,6	1,2	-7,6	-7,0	-4,5	-4,6	0,2	-6,7	-2,0	-8,0	-13,4	-21,0	-12,5	-18,2	-2,7	-1,8	-5,0	-1,7	-5,4	-5,6
ΣR, мм	40	17	29	0	9	28	21	35	29	8	21	14	5	17	24	8	33	21	15	12	14
ЗПВ 0-10	22	13	11	10	5	21	24									33				16	14
0-20	43	27	25	24	12	41	49									55				32	28
0-50						75										100				75	67
0-100						122										158				175	161
H, мм														3	8		1				
Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння																					
Фактична								0,0	-2,2	-0,1	-2,6	-6,6	-15,6	-9,8	-4,0	-1,4	-1,3	-1,0	-0,4		
T _{вуз} (1)																					
T _{вуз} (2)																					
T _{кр}																					
K																					
M, %																					
U, %																					

ДОДАТОК В

Таблиця В 1 – Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння в залежності від середньодобової (середньої за декаду) температури повітря та висоти снігового покриву

Середня температура повітря, °С	Висота снігового покриву, см															
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
-1	-0,6	-0,5	-0,4	-0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-2	-1,3	-1,2	-1,1	-0,8	-0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-4	-3,0	-2,7	-2,0	-1,1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
-6	-4,8	-4,3	-3,8	-3,3	-2,6	-2,0	-1,8	-1,7	-1,5	-1,4	-1,3	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,0
-8	-5,6	-5,9	-5,2	-4,5	-3,8	-3,6	-2,8	-2,7	-2,6	-2,4	-2,2	-2,1	-2,0	-2,0	-2,0	-1,9
-10	-8,2	-7,4	-6,6	-5,8	-4,5	-4,1	-3,9	-3,8	-3,0	-2,9	-2,8	-2,8	-2,7	-2,7	-2,7	-2,6
-12	-10,	-9,0	-8,0	-7,0	-6,1	-5,1	-4,9	-4,8	-4,6	-4,3	-4,0	-3,8	-3,7	-3,5	-3,5	-3,4
-14	-11,7	-10,5	-9,4	-8,4	-7,2	-6,2	-6,0	-5,9	-5,6	-5,2	-4,8	-4,7	-4,6	-4,5	-4,3	-4,2
-16	-13,7	-12,0	-10,7	-9,4	-8,3	-7,2	-7,0	-6,9	-6,7	-6,1	-5,7	-5,6	-5,5	-5,3	-5,2	-5,1
-18	-15,2	-13,7	-13,2	-10,9	-9,6	-8,3	-8,1	-8,0	-7,6	-7,1	-6,6	-6,4	-6,3	-6,1	-6,0	-5,8
-20	-16,9	-15,2	-13,5	-12,7	-10,8	-9,3	-9,1	-9,0	-8,6	-8,1	-7,6	-7,3	-7,2	-7,0	-6,9	-6,7
-22	-18,5	-16,7	-15,0	-13,4	-11,9	-10,4	-10,2	-10,1	-9,7	-8,5	-8,2	-8,1	-7,9	-7,6	-7,3	-7,2
-24	-20,3	-18,3	-16,4	-14,6	-13,0	-11,4	-11,2	-11,1	-10,0	-9,3	-9,1	-9,1	-9,0	-8,9	-8,7	-8,4
-26	-22,0	-19,9	-17,8	-15,9	-14,0	-12,4	-12,3	-12,2	-11,7	-11,0	-10,2	-10,0	-9,9	-9,7	-9,4	-9,2
-28	-23,8	-21,5	-19,2	-17,1	-15,3	-13,5	-13,3	-13,2	-12,8	-11,9	-11,1	-10,9	-10,7	-10,5	-10,2	-10,0
-30	-25,0	-23,1	-20,6	-18,4	-16,5	-14,5	-14,1	-14,0	-13,8	-12,9	-12,0	-11,8	-11,6	-10,9	-10,7	-10,6

Таблиця В 2 – Температура ґрунту на глибині вузла кущіння в залежності від мінімальної температури повітря та висоти снігового покриву

T _{min} , °C	Висота снігового покриву, см																			
	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76
-10	-10	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1	-4,1
-12	-12	-5,3	-5,1	-5,0	-4,9	-4,8	-4,7	-4,6	-4,6	-4,5	-4,4	-4,3	-4,3	-4,3	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2	-4,2
-14	-14	-6,5	-6,2	-5,9	-5,7	-5,5	-5,3	-5,2	-5,0	-4,9	-4,8	-4,6	-4,6	-4,5	-4,4	-4,3	-4,3	-4,3	-4,2	-4,2
-16	-16	-7,6	-7,2	-6,9	-6,5	-6,2	-5,9	-5,7	-5,4	-5,2	-5,1	-4,9	-4,8	-4,6	-4,5	-4,4	-4,4	-4,3	4,3	-4,2
-18	-18	-8,8	-8,3	-7,8	-7,4	-6,9	-6,5	-6,2	-5,9	-5,6	-5,4	-5,2	-5,0	-4,8	-4,7	-4,5	-4,4	-4,4	-4,3	-4,3
-20	-20	-10,0	-9,3	-8,7	-8,1	-7,6	-7,1	-6,7	-6,3	-6,0	-5,7	-5,4	-5,2	-5,0	-4,8	-4,6	-4,5	-4,4	-4,3	-4,3
-22	-22	-11,2	-10,4	-9,6	-8,9	-8,3	-7,7	-7,2	-6,8	-6,4	-6,0	-5,7	-5,4	-5,1	-4,9	-4,7	-4,6	-4,5	-4,4	-4,3
-24	-24	-12,3	-11,4	-10,5	-9,7	-9,0	-8,3	-7,7	-7,2	-6,7	-6,3	-5,9	-5,6	-5,3	-5,1	-4,8	-4,7	-4,5	-4,4	-4,3
-26	-26	-13,5	-12,4	-11,5	-10,5	-9,7	-9,0	-8,3	-7,6	-7,1	-6,6	-6,2	-5,8	-5,5	-5,2	-4,9	-4,7	-4,6	-4,5	-4,4
-28	-28	-14,7	-13,5	-12,4	-11,3	-10,4	-9,6	-8,8	-8,1	-7,6	-6,9	-6,4	-6,0	-5,6	-5,3	-5,0	-4,8	-4,6	-4,5	-4,4
-30	-30	-15,9	-14,5	-13,3	-12,1	-11,1	-10,2	-9,3	-8,5	-7,8	-7,2	-6,7	-6,2	-5,8	-5,4	-5,1	-4,9	-4,7	-4,5	-4,4
-32	-32	-17,1	-15,6	-14,2	-13,0	-11,8	-10,8	-9,8	-9,0	-8,2	-7,5	-6,9	-6,4	-6,0	-5,6	-5,2	-5,0	-4,7	4,6	-4,4
-34	-34	-18,2	-16,6	-15,1	-13,8	-12,5	-11,4	-10,3	-9,4	-8,6	-7,8	-7,2	-6,6	-6,1	-5,7	-5,3	-5,0	-4,8	-4,6	-4,5
-36	-36	-19,4	-17,7	-16,0	-14,6	-13,2	-12,0	-10,7	-9,8	-9,0	-8,1	-7,4	-6,8	-6,3	-5,8	-5,4	-5,1	-4,9	-4,6	-4,5

Таблиця В 3 – Поправка на середньодобову температуру повітря за попередню декаду

T _{min} , °C	Середньодобова температура повітря за попередню декаду																			
	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-24	-26	-28	-30	-32	-34	-36	-40
-10	-10	2,6	2,0	1,5	1,0	0,5	-0,1	-0,6	-1,1	-1,6	-2,2	-2,7	-3,2	-3,8	-4,3	-4,8	-5,3	-5,9	-6,4	-6,9
-12	-12	2,8	2,3	1,8	1,3	0,7	0,2	-0,3	-0,8	-1,4	-1,9	-2,4	-2,9	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0	-5,6	-6,1	-6,5
-14	-14	3,1	2,6	2,1	1,5	1,0	0,5	0,0	-0,6	-1,1	-1,6	-2,2	-2,7	-3,2	-3,7	-4,2	-4,8	-5,3	-5,8	-6,3
-16	-16	3,4	2,9	2,4	1,8	1,3	0,8	0,2	-0,3	-0,8	-1,3	-1,9	-2,4	-2,9	-3,4	-4,0	-4,5	-5,0	-5,5	-6,1
-18	-18	3,7	3,2	2,6	2,1	1,6	1,1	0,5	0,0	-0,5	-1,0	-1,6	-2,1	-2,6	-3,1	-3,7	-4,2	-4,7	-5,3	-5,8
-20	-20	4,0	3,4	2,9	2,4	1,9	1,3	0,8	0,3	-0,2	-0,7	-1,3	-1,8	-2,3	-2,9	-3,4	-3,9	-4,5	-5,0	-5,5
-22	-22	4,2	3,7	3,2	2,7	2,1	1,6	1,1	0,6	0,0	-0,5	-1,0	-1,5	-2,0	-2,6	-3,1	-3,6	-4,2	-4,7	-5,2
-24	-24	4,5	4,0	3,5	3,0	2,4	1,9	1,4	0,8	0,3	-0,2	-0,7	-1,2	-1,8	-2,3	-2,8	-3,4	-3,9	-4,4	-4,9
-26	-26	4,8	4,3	3,8	3,2	2,7	2,2	1,7	1,1	0,6	0,1	-0,4	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,1	-3,6	-4,1	-4,7
-28	-28	5,1	4,6	4,0	3,5	3,0	2,5	1,9	1,4	0,9	0,4	-0,2	-0,7	-1,2	-1,7	-2,3	-2,8	-3,3	-3,8	-4,4
-30	-30	5,4	4,8	4,3	3,8	3,3	2,7	2,2	1,7	1,2	0,6	0,1	-0,4	-0,9	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,6	-4,1
-32	-32	5,7	5,1	4,6	4,1	3,6	3,0	2,5	2,0	1,5	0,9	0,4	-0,1	-0,6	-1,2	-1,7	-2,5	-2,8	-3,3	-3,8
-34	-34	5,9	5,4	4,9	4,4	3,8	3,3	2,8	2,3	1,7	1,2	0,7	0,2	-0,4	-0,9	-1,4	-1,9	-2,5	-3,0	-3,5
-36	-36	6,2	5,7	5,2	4,6	4,1	3,6	3,1	2,5	2,0	1,5	0,9	0,4	-0,1	-0,6	-1,1	-1,7	-2,2	-2,7	-3,2
-38	-38	6,4	6,0	5,5	4,9	4,4	3,9	3,4	2,8	2,3	1,8	1,2	0,7	0,2	-0,3	-0,9	-1,4	-1,9	-2,4	-3,0
-40	-40	6,8	5,3	5,7	5,2	4,7	4,2	3,6	3,1	2,6	2,0	1,5	1,0	0,5	0,0	-0,6	-1,1	-1,6	-2,1	-2,7