

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт
з дисципліни
«СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МЕТЕОРОЛОГІЯ»
на тему
«АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ЙМОВІРНОСТІ
ПРИМОРОЗКІВ»

Напрямок підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»

ПДВ Е-4 (траєкторія «агроекологія»)

Рівень підготовки – бакалавр

Одеса – 2018 р.

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет

Методичні вказівки
до практичних робіт з дисципліни
«Сільськогосподарська метеорологія»
на тему
«Агрометеорологічні розрахунки ймовірності приморозків»

Напрямок підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»

ПДВ Е-4 (траєкторія «агроекологія»)

Рівень підготовки – бакалавр

"Затверджено"
на засіданні методичної комісії
гідрометеорологічного інституту
Протокол № _____ від _____ 2018 р.
Голова _____ В.А. Овчарук

Узгоджено
на засіданні методичної комісії ф-ту
Декан природоохоронного ф-ту
_____ Чугай А.В.

"Затверджено"
на засіданні кафедри агрометеорології
та агрометеорологічних прогнозів
Протокол № _____ від _____ 2018 р.
Зав. кафедри _____ А. М. Польовий

Одеса – 2018 р.

Міністерство освіти і науки України
Одеський державний екологічний університет

Методичні вказівки
до практичних робіт з дисципліни
«Сільськогосподарська метеорологія»
на тему
«Агрометеорологічні розрахунки ймовірності приморозків»

Напрямок підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»

ПДВ Е-4 (траєкторія «агроекологія»)

Рівень підготовки – бакалавр

„Затверджено”
на засіданні методичної комісії
гідрометеорологічного ін.-ту
Протокол №__ від____ 2018 р.

Одеса – 2018 р.

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Сільськогосподарська метеорологія». Для бакалаврів напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». ПДВ Е-4 (траєкторія «агроекологія»). Укладачі // к.геогр.н., доцент Жигайло О.Л., к.геогр.н., ас. Данілова Н.В.. – Одеса, ОДЕКУ, 2018. – 37 с.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до практичних робіт з дисципліни «СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА
МЕТЕОРОЛОГІЯ»
на тему
«АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ЙМОВІРНОСТІ
ПРИМОРОЗКІВ»

Напрямок підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»

ПДВ Е-4 (траєкторія «агроекологія»)

Рівень підготовки – бакалавр

Укладачі: к.геогр.н, доц. Жигайло О.Л., к.геогр.н., ас. Данілова Н.В..

Підп. до друку Формат 60x84/16 Папір офс.
Умовн. друк. арк. Тираж Зам. №
Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15

Вступ

Сільське господарство України – це «цех» під відкритим небом. Обсяг сільськогосподарського виробництва, якість продукції врожаїв залежить від родючості ґрунтів, кількості сонячного світла, тепла та вологи, а також від рівня культури землеробства. За словами А.І. Воєйкова «...метеорологічні умови мають величезне значення для сільського господарства; людині необхідно вивчити клімат, щоб повернути його добрі сторони на свою користь і, по можливості, усунути вплив несприятливих умов ...».

Сільськогосподарська метеорологія – наука, що вивчає метеорологічні, кліматичні та гідрологічні умови у їх взаємодії з об'єктами або процесами сільськогосподарського виробництва. Тому фахівцям сільськогосподарського виробництва необхідно вміти ефективно використовувати ресурси клімату і погоди для підвищення продуктивності сільського господарства, боротись з несприятливими метеорологічними явищами.

Приморозки порушують життєві функції рослин і обмежують розповсюдження виду в залежності від їх інтенсивності, тривалості та періодичності.

Шкода, яку періодично завдають сільському господарству весняні приморозки, в окремих районах країни буває вельми відчутна. Тому вивчення впливу приморозків має велике практичне значення.

Правильне визначення часу настання та інтенсивності приморозку має велике значення для планомірного проведення і забезпечення ефективності захисту рослин.

В процесі виконання даного практичного завдання студенти повинні закріпити теоретичні знання з даної теми і придбати практичні навички розрахування приморозків, оцінити міру небезпечності приморозків в конкретних умовах і провести критичний аналіз отриманих результатів.

Після вивчення теми студенти повинні знати типи приморозків, реакцію різних культур на приморозки різної інтенсивності та тривалості, а також міру пошкодження груп рослин в залежності від фази розвитку. Методи і способи визначення інтенсивності приморозків, заходи боротьби з ними. Вміти розраховувати час наступу приморозків і їх інтенсивність, а також давати правильну оцінку метеорологічним умовам, які склалися, і визначити заходи боротьби з приморозками. Повинні отримати практичні навички для проведення аналізу одержаних результатів і складання агрометеорологічних характеристик приморозків для оцінки міри їх небезпечності.

1 Теоретичні відомості

1.1 Приморозки та їх типи

Під *приморозком* розуміють зниження мінімальної температури нижче 0 °С на поверхні ґрунту або травостою на фоні позитивних середніх добових температур повітря. При цьому температура у метеорологічній будці може бути і вище, і нижче 0 °С. Різниця між температурою повітря в метеорологічній будці (на висоті 2 м) і над поверхнею ґрунту (на висоті 2 см) на рівному відкритому місці становить в середньому 3 °С. Це дає можливість оцінювати виникнення приморозку та його інтенсивність над поверхнею ґрунту або травостою за даними спостереження в будці. На більшій частині території в межах помірної зони існують два чітко обмежені періоди із приморозками – весняний і осінній. Деяка небезпека приморозків для сільськогосподарських культур виникає відразу після початку вегетації і зростає в міру зростання рослин. Осінні приморозки наступають до закінчення вегетаційного періоду. Вони представляють меншу загрозу для сільського господарства, тому що до тієї пори врожай найчастіше вже зібрано. Чим далі на північ, тим більше скорочується тривалість періоду між останнім весняним і першим осіннім приморозком. В північних областях безприморозковий період майже відсутній і приморозки спостерігаються навіть протягом літа. На півдні тривалість безприморозкового періоду збільшується: весною приморозки закінчуються раніше, а восени наступають пізніше.

За характером виникнення розрізняють три типи приморозків: адвективні, радіаційні, адвективно-радіаційні або змішані.

Адвективні приморозки виникають в результаті адвекції холодного повітря. Температура цього повітря вдень в приземному шарі, як правило, вища за нуль, а вночі в добовому ході опускається нижче нуля. Виникають ранньої весни та пізньої осені при загальному низькому рівні температур, охоплюють великі площі, мало залежать від місцевих умов, бувають і при хмарній вітряній погоді. При додатковому радіаційному вихолодженні нічні зниження температури можуть досягати -7 -10 °С. Найчастіше вони спостерігаються протягом 3-4 днів підряд.

Радіаційні приморозки виникають при радіаційному вихолодженні ґрунту та прилеглого до земної поверхні повітря в результаті добового ходу температури при відносно низьких середньодобових температурах. Рівень середньодобових температур, при яких ще спостерігаються приморозки цього типу, залежить від кліматичних умов місцевості. У приморських районах вони закінчуються при середньодобових температурах 5-6 °С, а в замкнених долинах в умовах континентального клімату при 14-15 °С.

Радіаційним приморозкам сприяє тиха безхмарна погода вночі, яка спостерігається в областях підвищеного атмосферного тиску – в антициклонах, гребнях. Хмарність зменшує ефективне випромінювання земної поверхні і це зменшує ймовірність приморозку. Вітер так само перешкоджає виникненню радіаційних приморозків, оскільки він посилює турбулентне перемішування повітря, що збільшує надходження тепла від вищих шарів до ґрунту. При малій швидкості вітру або його відсутності повітря не перемішується і при радіаційних приморозках утворюються великі приземні інверсії температури. Температура повітря в метеорологічній будці в середньому на 2,5-3 °С, а в континентальному кліматі в Сибіру та Казахстані на 4-4,5 °С вища, ніж на земній поверхні чи на траві. Виникають радіаційні приморозки ранньої весни та пізньої осені і температура також може бути дуже низькою.

Адвективно-радіаційні або змішані приморозки утворюються в результаті вторгнення холодного арктичного повітря з температурою вище 0 °С і наступного його охолодження за рахунок нічного ефективного випромінювання при проясненнях. Зниження температури при цьому типі приморозків рідко перевищує -2 -3 °С і часто буває лише в приземному шарі при позитивній температурі в метеорологічній будці. Приморозки цього типу спостерігаються при досить високому рівні середньодобових температур (навіть вище 15 °С) в кінці весни, ранньої осені, а на півночі навіть влітку. Вони можуть спостерігатись 1-2 ночі підряд з від'ємною температурою протягом 3-4 годин перед сходом Сонця. Приморозки цього типу найнебезпечніші, оскільки спостерігаються в період активної вегетації сільськогосподарських культур.

При радіаційних та адвективно-радіаційних приморозках велику роль відіграють мікрокліматичні умови місцевості. Вони частіше спостерігаються в різних долинах, куди стікає холодне повітря з височин і пагорбів. Тут воно продовжує вихолоджуватись за рахунок ефективного випромінювання і тому спостерігається найнижча температура повітря. Взагалі в долинах, особливо замкнених, на полянах безморозний період коротший на 15-40 днів, ніж на рівному відкритому місці. Навпаки, на вершинах пагорбів, у містах, у долинах великих річок, на берегах моря та на островах у морі безморозний період на 15-35 днів довший, ніж на відкритому рівному просторі.

За інтенсивністю приморозки бувають слабкі, коли температура діючої поверхні не буває нижче – 2 °С; середні – температура опускається до 3...-4 °С і заморозок охоплює нижні шари повітря; сильні заморозки – - 5 °С і нижче.

Приморозки можуть бути тривалі – більше 12 год., середньої тривалості – 5...12 год. і короткочасні – не більше 5 год.

Найбільш небезпечні для рослин радіаційні приморозки через те, що навесні вони закінчуються за середніх добових температур 5...6 °С, а в більш континентальному кліматі – за середньої температури 10...13 °С, коли більшість культур вже досить активно почали розвиватись.

Слід зазначити, що приморозки на поверхні ґрунту навесні закінчуються пізніше, а восени настають раніше, ніж у повітрі.

Дати закінчення приморозків навесні і наступу восени щороку дуже мінливі. Період між останнім заморозком навесні і першим восени називається *безприморозковим періодом*.

Приморозки на початку весни і пізньою осінню на території України спостерігаються щорічно і не завдають значної шкоди народному господарству, якщо вони нетривалі. Більш небезпечні пізні весняні та ранні осінні приморозки, що настають після тривалих безморозних періодів. Під їх вплив підпадають головним чином крайні західні і східні області України. В більшості випадків такі приморозки бувають адвективно-радіаційні. Нічному радіаційному зниженню передують вторгнення холодного повітря з низькими, хоча і додатними значеннями температури в денні години. Такі фактори, як наявність замкнених котловин, порізаність рельєфу, лісових галявин і заболоченість заплав, сприяють виникненню приморозків.

Найбільш пізні дати весняних приморозків у повітрі, що спостерігаються в Україні, частіш за все приходяться на перші числа червня. В гірських районах Карпат від'ємна температура повітря відмічалась і в другій половині червня. На узбережжі Чорного і Азовського морів останні весняні приморозки звичайно характерні для першої декади травня, хоча бувають винятки.

На поверхні ґрунту приморозки весною закінчуються в середньому на 12...13 днів пізніше, а восени починаються на 9...10 днів раніше, ніж у повітрі. Найбільш пізньою із відмічених дат весняних приморозків на поверхні ґрунту є 23 червня 1983 р., коли вони були зареєстровані в Полтавській, Луганській і східній половині Київської області.

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

Виникнення пізніх весняних і ранніх осінніх приморозків на території України як правило спостерігається при переміщенні з півночі на південь по одній із ультраполярних траєкторій ядер або гребнів високого тиску, що сформувались в холодному арктичному повітрі, в якому денні температури не перевищують 11...15 °С. Крім того, зниженню температури повітря до приморозків сприяє нічне радіаційне вихолодження при проясненні і слабкому вітрі.

Спостерігаються три різновидності такого процесу.

1. Приземний антициклон формується над північчю Скандинавії, по східній периферії якого на Східну Європу переміщується холодне повітря з Баренцового або Карського морів;

2. Антициклон утворюється над півднем Карського моря або Таймирським півостровом, звідки на Східну Європу поширюється холодне повітря;

3. Антициклон зароджується над Норвезьким морем, а холодне повітря в його систему втягується із Гренландського і півночі Баренцового морів.

Пізні весняні і ранні осінні приморозки звичайно починаються не відразу після затишку холоду, а в наступні ночі, коли слабне вітер і розсіюється хмарність, тобто на територію України переміщується центральна частина антициклону або осі гребня.

Аналіз багаторічних спостережень за мінімальною температурою повітря та поверхні ґрунту засвідчив, що за період з 1955 по 2006 роки пізні весняні приморозки у повітрі інтенсивністю мінус 3-5 °С спостерігалися в окремі роки наприкінці другої декади квітня, а в Київській, Житомирській, Львівській і Хмельницькій областях – після п'ятого травня. Мінімальна температура – мінус 1 °С у повітрі фіксувалася по всій території в останній п'ятиденці цього місяця. На поверхні ґрунту пізні весняні приморозки інтенсивністю мінус 1-3 °С спостерігалися у третій декаді травня.

Методика довгострокового прогнозу такого стихійного явища як приморозок не розроблена. Тому припущенню щодо його виникнення допомагають розрахунки ймовірності мінімальної температури навесні. Вони, зокрема, свідчать, що найбільш очікувані (27-37%, тобто з повторенням 3-4 рази протягом десяти років) травневі приморозки в східних і північних областях (Луганська, Сумська, Чернігівська, Київська, Житомирська області) та північно-західних (Волинська, Львівська, Івано-Франківська, Тернопільська), а також у Черкаській області. З імовірністю 20-25% приморозки виникають на території Кіровоградської, Хмельницької, Рівненської, Закарпатської областей.

Найменша можливість зниження температури (5-11%) – в Донецькій, Запорізькій, Миколаївській і Чернівецькій областях. На іншій території

ймовірність мінусової температури повітря коливається в межах 14-18%.

1.2 Вплив приморозків на продуктивність сільськогосподарських культур

Приморозки завдають великої шкоди сільськогосподарському виробництву, вражаючи сади, городи, виноградники. Вони протягом кількох годин можуть повністю знищити врожай на великих площах. Зараз державна гідрометеорологічна служба завчасно досить точно інформує населення та керівні органи влади про можливість виникнення приморозків найближчим часом.

Для зменшення негативного впливу приморозків людство уже давно вживає цілий арсенал заходів залежно від можливостей господарства. Усі вони пов'язані з великими матеріальними витратами, тому захищають лише найцінніші культури. Як правило, захищають лише сади, виноградники та овочеві культури. В основі більшості методів захисту рослин лежить затримка подальшого зниження температури або навіть її підвищення.

Пізнні приморозки навесні пошкоджують рослини і значно зменшують, а іноді і взагалі знижують врожай сільськогосподарських культур. Тому виникла необхідність захисту рослин від негативної дії низьких температур. Найбільш ефективним заходом боротьби із приморозками є вплив на тепловий режим приземного шару повітря шляхом зменшення ефективного випромінювання поверхнею, підвищення теплопровідності ґрунту, перемішування повітря і т. ін.

Підвищення температури приземного шару повітря на 1 – 2 °С значно зменшує негативну дію заморозків.

Вперше були побудовані карти середніх дат закінчення весняних і початку осінніх приморозків і тривалості безприморозкового періоду І.А. Гольцберг для усієї території колишнього СРСР (рис. 1).

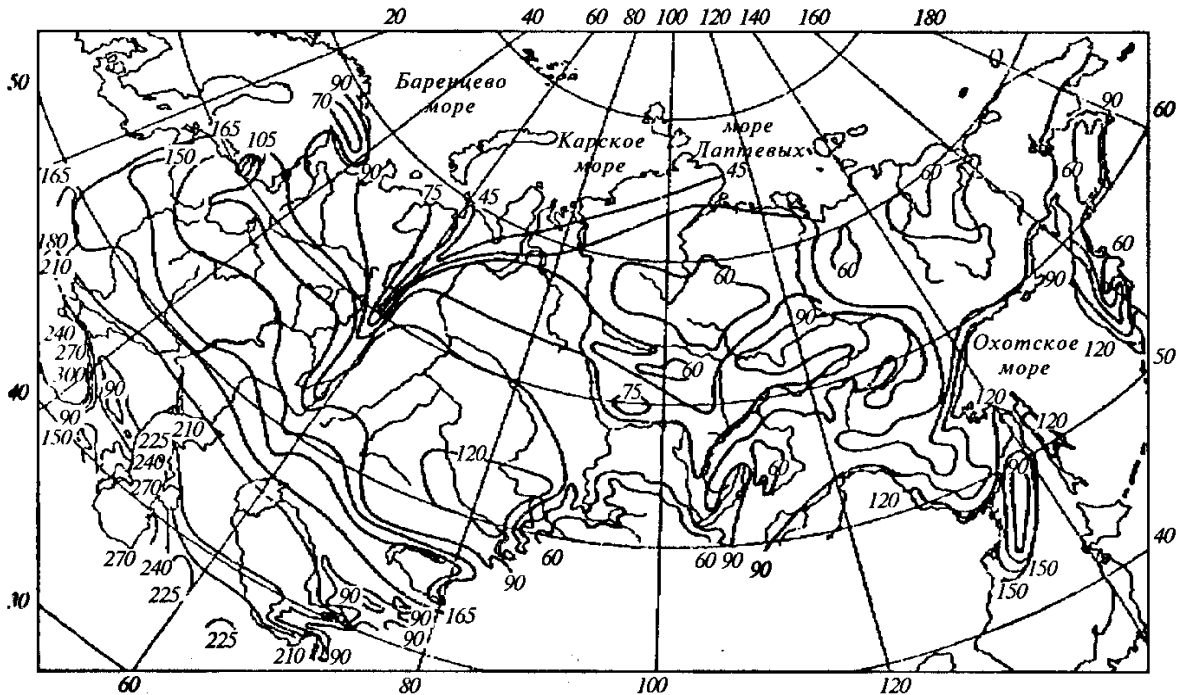


Рис. 1 – Середньо-багаторічна тривалість безприморозкового періоду у повітрі на відкритому місці.

На інтенсивність та строки припинення приморозків впливає багато факторів: рельєф місцевості, стан ґрунту, рослинність, віддаленість від водоймищ і та ін.

Горбиста місцевість обумовлює стік і надходження холодного повітря у більш низькі місця рельєфу. Тому біля підніжжя горбів і схилів повітря значно холодніше. Особливо холодно у замкнутих улоговинах. Різниця між температурою повітря біля поверхні ґрунту і на висоті 2 м іноді сягає 10 °С. Тривалість безприморозкового періоду в увігнутих формах рельєфу значно зменшується, а інтенсивність приморозків збільшується. Теж саме спостерігається на лісових галявинах. Навпаки, на верхів'ях горбів та верхніх частинах схилів приморозки, в порівнянні з відкритим рівним місцем, слабкі й тривалість безприморозкового періоду збільшується.

Небезпечність приморозків більша для рослин на східних та південно-східних схилах, оскільки рослини після сходу Сонця попадають під дію прямого сонячного проміння. Вода в клітинах тоне, виходить у міжклітинники та швидко випаровується, пошкоджені клітини не встигають встановити дефіцит вологи й засихають.

Пошкодження рослин приморозком спостерігається не відразу після зниження температури до 0 °С, а лише при досягненні певних негативних значень. Для кожної культури і кожної фази розвитку існує своя межа

негативної температури, при якій спостерігається пошкодження або загибель рослин. Таку температуру називають *критичною*.

В.М. Степанов [8] класифікував головні польові культури за стійкістю їх до приморозків в різні фази розвитку за середньої тривалості приморозків 5 – 6 годин (табл. 1).

З табл. 1 видно, що найбільш стійкі до заморозків рослини на початку розвитку, а найменш стійкі – в період формування генеративних органів. В період цвітіння більшість зернових польових культур гине при температурі $-2...-3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Приморозки інтенсивністю від 0 до $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в період цвітіння плодкових культур призводять до загибелі всього врожаю (табл. 2).

Дослідження О.І. Коровіна [5] показали, що приморозки на початку вегетації справляють велику післядію на ріст, розвиток і врожай рослини. Після інтенсивного приморозку ростові процеси уповільнюються і запізнюється настання наступних фаз розвитку рослин. Приморозок на початку вегетації викликає збільшення тривалості вегетаційного періоду, а наприкінці вегетації – скорочує його. Дія приморозків на врожай визначається великою кількістю факторів. Перш за все, загроза приморозку для сільськогосподарських культур залежить від тривалості його та інтенсивності, від передуючих йому та наступних агрометеорологічних умов, від біологічних особливостей рослин, їх стану, фази розвитку, засобів агротехніки та ін.

Встановлено, що найбільш небезпечними для сільського господарства є приморозки, які бувають після настання середньої добової температури повітря $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ або після стійкого переходу її через $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Г.Т. Селянінов [8] прийшов до висновку, що "...приморозки тим більш небезпечні, чим більш енергійно вегетують рослини при їх появі. Якщо перед приморозком була температура, яка послаблювала вегетацію, то він майже ніякої шкоди не завдає. Тобто, небезпечними для даної культури приморозками будуть ті, що настають після деякого періоду з температурою вище рівня вегетації даної рослини і не менше періоду від сівби до сходів. Вважаючи останній не менше 5 днів для пшениці та вівса і не менше 10 днів для соняшнику, кукурудзи, сорго і баштанних, поява заморозків після 5 днів після наступу середньої добової температури $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ для вівса та пшениці і після 10 днів для соняшнику та інших, $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ – для кукурудзи і $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ для овочевих і баштанних – об'єктивно небезпечна. При цьому, оскільки овес і пшениця легко переносять зниження температури до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$, соняшник – до $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, а овочеві, кукурудза і баштанні зовсім не переносять негативних температур, то ознакою небезпечності приморозків, окрім часу настання, буде також і вищевказана абсолютна величина їх".

Дослідження О.І. Коровіна і інших авторів показали, що температурні умови перед приморозком певною мірою впливають на стійкість рослин до нього. Низькі середні добові температури перед приморозком сприяють

підвищенню стійкості рослин до приморозку і послабляють шкідливу його дію.

Таблиця 1 – Класифікація основних сільськогосподарських культур щодо стійкості їх до приморозків в різні періоди онтогенезу (за В.М. Степановим)

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
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 2 – Критична температура пошкодження різних частин рослин деяких плодово-ягідних культур (за Н.І. Синіциною)

Культура	Частина рослини, яка пошкоджується приморозком	Критична температура, °С
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	Бруньки, які розпустилися	-1
	Квітки	0
Яблуня, грушка, вишня, слива	Закриті бруньки	-4
	Квітки	-2
	Плодові зав'язі	-1
Черешня	Бруньки і квітки	-2
	Плодові зав'язі	-1
Абрикоса, персик	Закриті бруньки	-2
	Квітки	-3
	Плодові зав'язі	-1
Малина, полуниця	Квітки і зав'язі	-2

Втрати, які наносять сільському господарству пізні весняні приморозки, бувають дуже великими. Тому агрометеорологічна інформація про приморозки має велике практичне значення. Вона широко використовується при вирішенні низки задач сільськогосподарського виробництва. Така інформація необхідна для оцінки приморозконебезпечності території при розміщенні теплолюбних культур, при визначенні найсприятливіших термінів сівби і збирання сільськогосподарських культур, а також при розробці засобів захисту від приморозку.

Визначення найбільш сприятливих термінів сівби теплолюбних культур по температурних умовах обов'язково повинні корегуватися даними про ймовірність настання та інтенсивність приморозків на дату появи сходів.

В зв'язку з тим, що різні види рослин мають неоднакову стійкість до приморозків, визначають терміни та ймовірність припинення приморозків

не тільки при 0 °С, але і іншої інтенсивності: -2; -3; -4 °С. Т.О. Голубєва встановила, що ймовірність виникнення приморозків тісно пов'язана з середньою за декаду температурою повітря (табл. 3). Ця залежність дозволяє визначити ймовірність пошкодження приморозками різних сільськогосподарських культур якщо відома їх критична температура.

І.А. Гольцберг [3] також розробила показники ймовірності приморозків. Розрахунки І.А. Гольцберг показали, що навесні в західних районах і на узбережжі морів приморозки закінчуються до переходу середньої добової температури повітря через 5 °С. Тому ймовірність пошкодження приморозками сходів тут незначна. В континентальних районах приморозки ніколи не закінчуються раніше переходу температури повітря через 5 °С і можуть довго тривати після стійкого переходу температури повітря через 10 °С. В цих районах ймовірність пошкоджень приморозками зростає.

Таблиця 3 – Ймовірність настання приморозків в залежності від середньої за декаду мінімальної температури повітря в помірній зоні, %.

Середня за декаду температура повітря, °С	Сильні приморозки (зниження температури повітря до -3, -5 °С)		Слабкі приморозки (зниження температури повітря до 0, -2 °С)		Приморозки на поверхні ґрунту і травостою	
	Весна	Осінь	Весна	Осінь	Весна	Осінь
-5	96					
-4	90	100				
-3	84	96				
-2	77	87	100			
-1	68	78	98			
0	56	68	92	100	100	
1	45	57	85	93	98	100
2	37	47	78	83	95	95
3	29	34	71	73	90	88
4	21	22	62	58	84	80
5	14	12	53	44	76	70
6	7	5	44	30	67	57
7	2	0	34	18	56	44
8	0		24	11	45	27
9			14	7	30	17
10			5	3	17	8
11			0	0	2	1
12					0	0

Методика І.А. Гольцберг дозволяє вивчати ймовірність припинення приморозків різної інтенсивності на будь-яку дату і на підставі одержаних результатів визначити ймовірність пошкодження приморозками сходів будь-якої культури в будь-якому районі. Для таких розрахунків необхідно знати середню багаторічну дату припинення приморозків в даному районі і вигляд кривої ймовірності, який визначається значенням середньоквадратичного відхилення строків припинення приморозків (σ). І.А. Гольцберг розраховані значення σ для усіх районів СНД і побудовані відповідні карти.

Розрахунки ймовірності припинення приморозків заданої інтенсивності на визначену фазу і ймовірність пошкодження культури весняними приморозками ведуться у такій послідовності:

- по співвідношенню термінів припинення приморозків при 0 °С і іншої інтенсивності (табл. 4) визначається середня дата припинення приморозків у даному районі;

- розраховується відхилення визначеної дати від середньої багаторічної (Δ);

- визначається статистичний коефіцієнт шляхом поділу розрахованого відхилення Δ на σ ($\kappa = \Delta/\sigma$), а шляхом інтерполяції – відповідний йому відсоток ймовірності (табл. 5);

- на підставі одержаних результатів визначається можливість припинення приморозків на дану дату і ймовірність пошкодження рослин.

Таблиця 4 – Співвідношення в датах припинення заморозків при 0 °С і приморозків різної інтенсивності

Середня дата припинення приморозків при 0 °С		Середня дата припинення приморозків нижче вказаної інтенсивності			
в повітрі	на поверхні ґрунту	-1,0 °С	-2,0 °С	-3,0 °С	-4,0 °С
1	2	3	4	5	6
1.VI	18.IV	28.V	24.V	20.V	15.V
21.V	7.V	17.V	13.V	9.V	4.V
11.V	25.V	5.V	30.IV	24.IV	18.IV
1.V	15.V	25.IV	20.IV	14.IV	8.IV
21.V	5.V	15.IV	10.IV	4.IV	29.III
11.V	21.IV	6.IV	1.IV	27.III	22.III

Примітка: за даними цієї таблиці можна побудувати графік для більш зручного використання.

Таким чином, на дату появи сходів гречки, 10.V ймовірність припинення приморозків становить 80 %.

Для ефективної боротьби з приморозками необхідно завчасно знати час їх настання та інтенсивність.

А.М. Польовий [7] вперше запропонував модель впливу приморозків на продуктивність рослин. Цей спосіб засновується на моделюванні фотосинтезу, дихання і розподілу асимілянтів у рослині зразу після приморозків. При моделюванні динаміки цих процесів в період післядії приморозків враховувалися репараційні можливості рослини, які визначаються біологічними особливостями даної культури, фазою онтогенезу і станом під час безпосередньої дії приморозку.

Таблиця 5 – Співвідношення ймовірності (%), коефіцієнтів (к), значень σ

Ймовірність, %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Коефіцієнт	-2,25	-1,28	-0,84	-0,52	-0,25	0	0,25	0,52	0,84	1,28	2,25
Відхилення від середньої дати, дні	$\Delta = k \cdot \sigma$										

Для розрахунку визначається відхилення у днях (Δ) за формулою $\Delta = k\sigma$

60%	70%	80%	90%
$\Delta = 0,25 \cdot 10 = 2,5$	$0,52 \cdot 10 = 5,2$	$0,84 \cdot 10 = 8,4$	$1,28 \cdot 10 \approx 13$
2.V+3=5.V	7.V	10.V	15.V

Є декілька методів розрахування ймовірності настання приморозку. Найбільше розповсюдження мають статистичні і емпіричні способи розрахування приморозків (П.І. Броунов, В.А. Міхельсон, А. Дефант, Коростелев, Михалєвський, Г.З. Венцкевич та ін.) [1-4].

Розроблені теоретичні методи прогнозу приморозків з врахуванням теплового балансу на межі земля-повітря та зміни коефіцієнта обміну з висотою. До них відносяться методи А.Ф. Чудновського, М.Є. Берлянда, Д.Л. Лайхтмана, А.С Зверева та ін. Але ці методи досить складні. В практиці використовуються значно простіші: метод Михалєвського та метод Р.М. Меджитова.

1.3 Заходи боротьби з приморозками

Існує декілька засобів боротьби із приморозками. Це відкритий обігрів укриття рослин, термодинамічні методи, зрошення і т. ін., спрямовані на підвищення температури у приземному шарі повітря, а іноді і у верхньому шарі ґрунту.

Створення димової завіси. Метод використовувався ще до нашої ери римлянами та жителями Перу. Раніше існувала думка, що температура підвищується в результаті зниження ефективного випромінювання з поверхні ґрунту під завісою диму. Але дослідження показали, що різниця між ефективним випромінювання на території з димом і без нього дуже мала і не має практичного значення. Головним є виділення тепла при спалюванні різних підручних матеріалів. Димова завіса вранці при сході Сонця захищає рослини від прямої дії сонячних променів, що сприяє поступовому таненню льоду, який утворився в рослинах. Тому вночі потрібно спалювати матеріали, які дають більше тепла, а ще 30-60 хв. після сходу Сонця спалюють ті матеріали, які дають більше диму (солома, торф, листя, хвоя тощо).

Крім того, при горінні у повітря надходить водяна пара та гігроскопічні частинки, які сприяють конденсації водяної пари і при цьому виділяється тепло. При спалюванні димових куп у кількості 1 т на 1 га протягом 1 год. при швидкості вітру 1 м/с температура приземного шару підвищується на 0,5-0,8 °С, а при меншому вітрі на 1 – 1,5 °С. Димова завіса не захищає рослини при інтенсивних приморозках, при вітрі 3-4 м/с, а також в умовах, коли холодне повітря підтікає під димову завісу із сусідніх схилів. Можна використовувати також димові шашки.

Відкрите нагрівання повітря за рахунок тепла, яке виділяється при згорянні різних матеріалів у спеціальних грілках (грубках). Якщо на площі 1 га розмістити 500 грілок, то при вітрі 1 м/с температура повітря може підвищитись на 2,5 °С. Метод дуже дорогий, може себе виправдати в субтропіках при захисті цитрусових культур.

Зрошення. Використовується в районі дії зрошувальних систем. Краще зволожити територію за кілька днів до появи приморозків, оскільки збагачене водою повітря менше охолоджується. Особливо ефективно дощування в садах і виноградниках, коли у повітрі розпилюють воду. Дрібні крапельки, що плавають у повітрі, значно зменшують ефективно випромінювання. Крім того, якщо на рослинах вода замерзає, то шар льоду захищає рослини від подальшого зниження температури.

Укриття рослин плівками та іншими матеріалами. Сходи теплолюбних рослин можна присипати землею, при чому в подальшому їх не потрібно розгрібати, вони вдруге проростуть крізь цей шар землі.

Розмноження рослин розсадою. Теплолюбні рослини вирощують у теплицях та парниках, а після закінчення морозонебезпечного періоду їх висаджують у відкритий ґрунт. Це дуже давній та ефективний метод.

Вибір місця. Ми вже говорили про те, що у зниженнях рельєфу найбільша ймовірність приморозків і найбільша їх інтенсивність. У кожному селі із досвіду відомо, що в якійсь там „Панасовій балці” рослини пошкоджуються найчастіше, тому там не місце саду чи іншим теплолюбивим культурам [8].

В останній час поширюються заходи регулювання росту рослин, які дозволяють затримувати цвітіння плодових і т. ін., а також застосування гідрореагуючих речовин (з класу гідридів кальцію). Речовини наносяться на поверхню ґрунту і за їх взаємодії з водяною парою утворюється тепло. Швидкість реакції гідролізу невелика. Тому цей захід доцільно використовувати тільки за радіаційних та адвективно-радіаційних приморозках, тривалість яких коротка, всього декілька годин.

2 Методи розрахунку ймовірності

2.1 Метод Л.І. Броунова

Охолодження повітря починається невдовзі після полудня, внаслідок зменшення радіаційного балансу і нестійкого вертикального розподілу температури, які приводять до подальшого зниження температури повітря і ґрунту після заходу сонця. Чим більше падає температура в другій половині дня, тим більша інтенсивність нічного охолодження приземного шару повітря. Ця закономірність і була використана П.І. Броуновим [2], який запропонував визначити можливість настання приморозку за різницею температур о 13, о 21 годині.

Метод Л.І. Броунова був розвинений Г.З. Венцкевичем і І.А. Цубербіллер: для визначення ймовірності приморозку ними було побудовано емпіричний графік (рис. 2). За температурою повітря о 21 годині та за різницею температур о 13 і 21 годинах за рис. 2 визначається можливість приморозку.

2.2 Метод Коростельова

Цей метод засновано на встановленні вданому географічному пункті середньої величини зниження температури від максимальної вдень до мінімальної вночі. Щоб визначити нічний мінімум температури (T_{min}), із значень температури о 13 годині (T) віднімається деяка константа (K), тобто використовується формула:

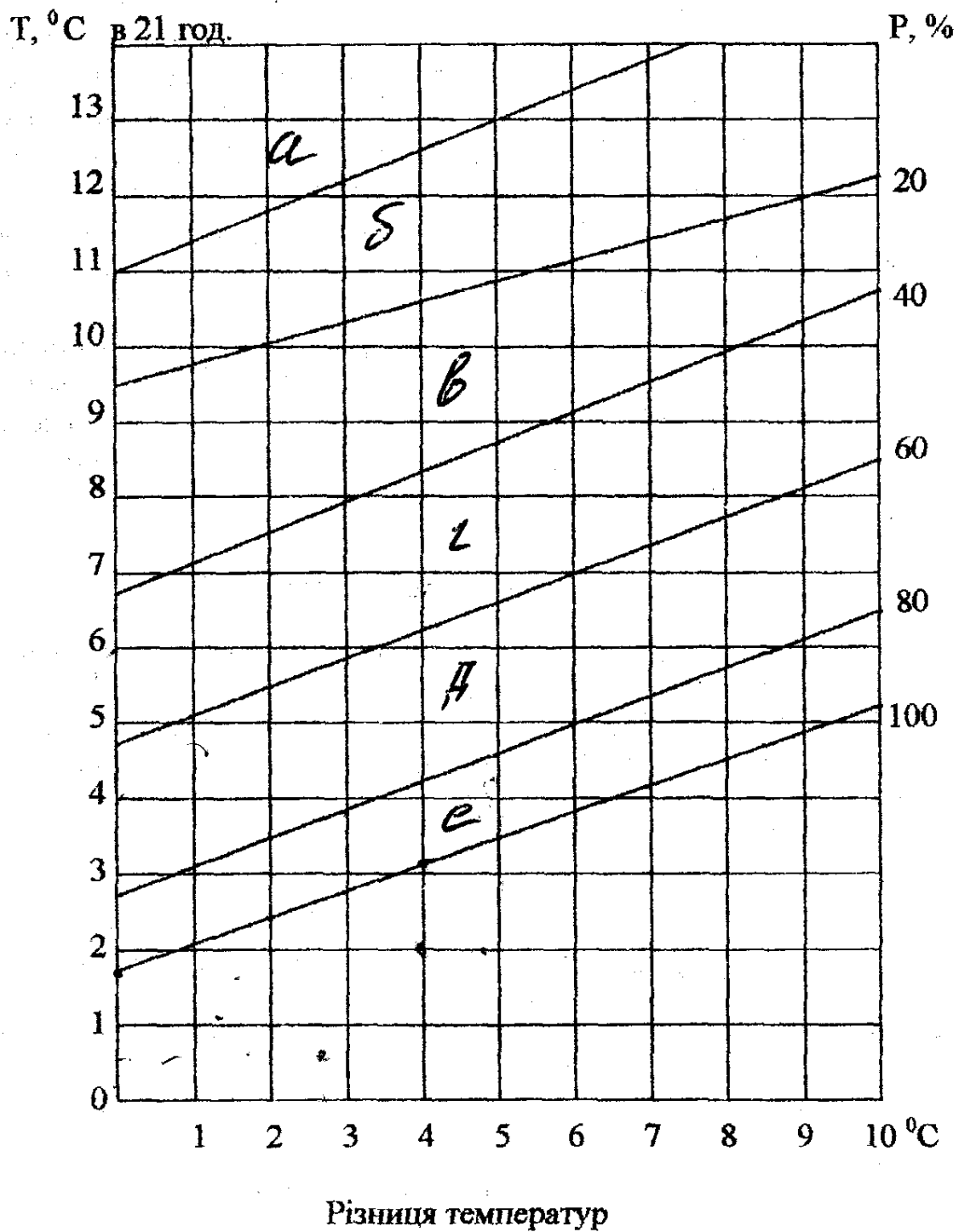
$$T_{min} = T - K . \quad (1)$$

Значення K знаходиться в залежності від періоду року і відрізняється для різних географічних особливостей. В табл. 6 приводиться значення K для деяких географічних пунктів.

2.3 Метод Михалєвського

Розрахунок проводиться за формулою на основі даних спостережень над температурою сухого і змоченого термометрів і вологості повітря о 13 годині і введені поправок на хмарність, формула має вигляд:

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



а – приморозку не буде; б – приморозок ймовірний; в – приморозок малоймовірний;
 г – приморозок можливий; д – приморозок вельми можливий; е – приморозок буде.

Рис. 2 – Ймовірність настання приморозку за температурою повітря о 21 годині і різниці температур о 13 годині і 21 годині.

$$Q_{min} = T' - (T - T')2C, \quad (3)$$

T_{min} – очікувана мінімальна температура повітря на висоті 2 м, °С;
 Q_{min} – очікувана мінімальна температура на поверхні ґрунту, °С;
 T – температура повітря за сухим термометром о 13 годині;
 T' – температура повітря за змоченим термометром о 13 годині;
 C – коефіцієнт, який залежить від відносної вологості повітря (H) також о 13 годині, який визначається з табл. 7.

Таблиця 6 – Значення коефіцієнтів K

Місяці	Суми		Київ		Житомир		Луцьк	
	13 год.	21 год.	13 год.	21 год.	13 год.	21 год.	13 год.	21 год.
Ясні дні								
Квітень	-	-	-	-	-	-	6,5	5,0
Травень	4,7	2,1	5,4	3,0	4,7	1,2	5,5	4,0
Червень	3,4	1,2	4,0	2,5	2,0	0,4	4,5	3,0
Похмурі дні								
Травень	3,0	1,6	3,1	1,9	1,5	0,2	-	-
Червень	2,0	1,0	2,3	1,5	0,7	-0,4	-	-

Таблиця 7 – 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

Якщо розрахована величина нижче -2 °С, то треба очікувати приморозок; призначеннях від -2 до $+2$ °С приморозок ймовірний; при значеннях $T +2$ °С – малоймовірний.

О 21 годині в розраховану величину вносять поправки на хмарність. Якщо небо ясне (хмарність менше 4 балів), то величину очікуваного мінімуму температури повітря 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.

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

2.4 Метод Р.М. Меджитова

В північно-західних і західних районах СНД в сільському господарстві використовуються великі площі висушених торфяно-болотних земель, температурний режим яких, і, як наслідок, умови виникнення приморозків значно відрізняються від недосушених ґрунтів.

Для визначення очікуваної мінімальної температури на висушених торфяно-болотних ґрунтах використовують розрахункові формули Р.М. Меджитова:

$$T_{min} = 0.80T + 0.09H - 14,1 \quad (4)$$

$$Q_{min} = 0.78T + 0.11H - 18.3 \quad (5)$$

де T_{min} і Q_{min} – очікувана мінімальна температура повітря і поверхні ґрунту, °С;

H і T – відносна вологість повітря о 13 годині або в будь-який інший термін між полуднем і заходом сонця і температури повітря.

2.5 Метод М.Є. Берлянда

Розроблений на теоретичній основі метод розрахунку приморозків використовується на метеорологічних і агрометеорологічних станціях. Даний метод дає змогу розрахувати нічний хід температури повітря на різних висотах, в тому числі на рівні метеорологічної будки і підстиляючій поверхні час настання критичної температури, що дуже важливо при визначенні заходів для боротьби з приморозками.

Вихідними даними для розрахування приморозку є дані спостережень водному пункті за температурою повітря (T_0), абсолютною вологістю повітря (E_0 , гПа), швидкість вітру за флюгером (U , м/с), кількістю хмар нижнього, середнього і верхнього ярусів в долях одиниці, які позначаються відповідно $П_H$, $П_C$, $П_B$, оцінкою стану поверхні ґрунту за градаціями: суха, волога, мокра. Крім того потрібні дані з температури ґрунту на початок розрахунку на глибинах 5, 10, 15 і 20 см, які позначаються відповідно Θ_1 , Θ_2 , Θ_3 .

До вхідних даних відносяться тривалість ночі, тобто відрізок часу від заходу до сходу сонця, коли спостерігається мінімум температури. Для розрахунків на кожен день зручним є 19-годинний строк спостережень. Якщо 19-ти годинний строк взяти за початковий, а час сходу сонця приходить на 5 годин 07 хвилин, то строк розрахованої τ (тривалість ночі) складає 10 годин.

Для визначення очікуваного мінімуму температури на висоті 2 м і на поверхні ґрунту М.Є. Берлянда запропонував дві формули, які він отримав в результаті вирішення рівнянь турбулентного теплообміну в повітрі і теплопровідності в ґрунті за умовами виконання теплового балансу на підстеляючій поверхні і завдання початкового розподілу температури за вертикаллю

$$T_{min} = T_0 - (A + P), \quad (6)$$

$$Q_{min} = Q_0 - (B + S). \quad (7)$$

де T_{min} , Q_{min} – очікувана мінімальна температура повітря (T) і поверхні ґрунту (Q), °С;

T_0 і Q_0 – початкові температури повітря і поверхні ґрунту, °С;

A і B – показники, які відображають залежність зниження температури від умов теплового балансу підстеляючої поверхні;

P і S – показники, які відображають залежність нічного охолодження від початкового розподілу температури за вертикаллю.

$$A = A_0 [1 - (K_1\Pi_1 + K_2\Pi_2 + K_3\Pi_3)\Pi], \quad (8)$$

$$B = B_0 [1 - (K_1\Pi_1 + K_2\Pi_2 + K_3\Pi_3)\Pi], \quad (9)$$

де $\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3$ – показники загальної хмарності в долях одиниці;

(Π_1, Π_2, Π_3) – показники хмарності відповідно нижнього, середнього і верхнього ярусів;

K_1, K_2, K_3 - коефіцієнти для хмар відповідно нижнього середнього і верхнього ярусів. В тепле півріччя вони становлять:

$$K_1 = 0,80; \quad K_2 = 0,65; \quad K_3 = 0,25.$$

Показники P і S визначаються з формул:

$$P = C_1(Q_0 - Q_1) + C_2(Q_1 - Q_2) + C_3(Q_2 - Q_1), \quad (10)$$

$$S = D_1(Q_0 - Q_1) + D_2(Q_1 - Q_2) + D_3(Q_2 - Q_1). \quad (11)$$

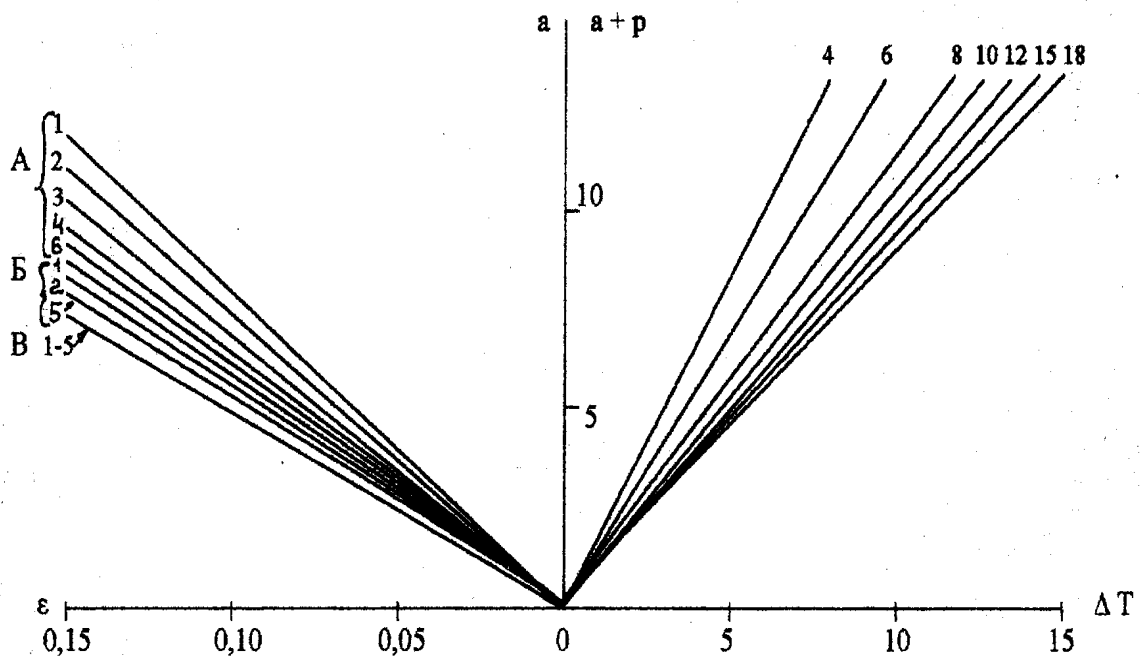
де C_1, C_2, C_3 і D_1, D_2, D_3 – коефіцієнти, які залежать від швидкості вітру, міри зволоження ґрунту і тривалості ночі;

Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 – початкові температури ґрунту відповідно на поверхні і на глибинах 5, 10, 15 см.

Розрахунок мінімальної температури в повітрі та на поверхні ґрунту за методом Берлянда потребує значного часу.

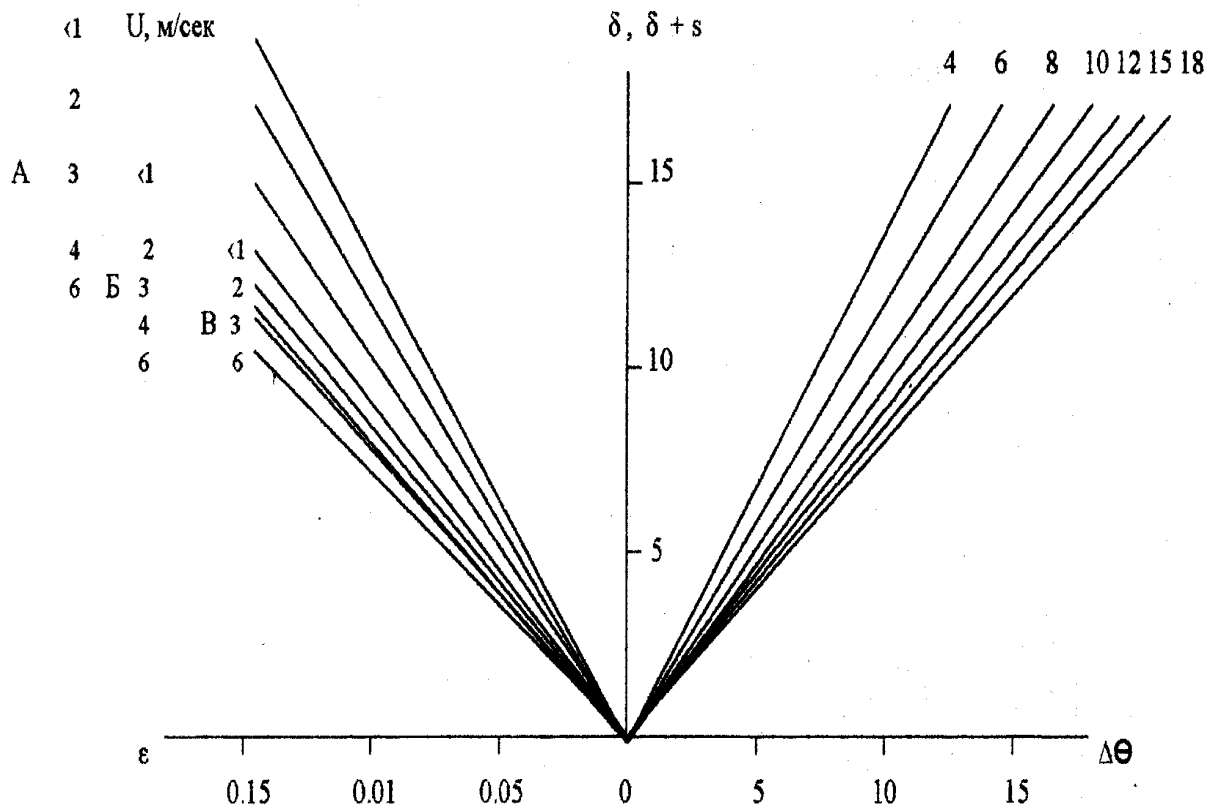
На сучасному етапі метод М.Є. Берлянда значно удосконалено і спрощено в основному для розрахунку використовуються графіки (рис. 3 і рис. 4). Перед тим, як застосувати графіки, необхідно визначити ефективне випромінювання (E), а також допоміжні величини, які відображають залежність нічного охолодження від початкового розподілу температури за вертикаллю (P і S) і строк розрахунку (τ).

Розрахунок ефективного випромінювання з ясного неба (E_0) можна виконати за даними про вологість повітря (гПа) і температуру повітря в початковий момент, користуючись табл. 8.



А – сухий ґрунт; Б – вологий ґрунт; В – сильно вологий ґрунт

Рис. 3 – Графік для розрахунку нічного ходу температури повітря.



А – сухой грунт; Б – вологий грунт; В – сильно вологий грунт

Рис. 4 – Графік для розрахунку температури ґрунту.

Таблиця 8 – Ефективне випромінювання землі

Темпе- ратура, °С	Вологість повітря, гПа												
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	12	14	16	
-10	0,13	0,12	0,11										
-5	0,14	0,13	0,12	0,12									
0	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12								
5	0,16	0,16	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,12					
10	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11			
15		0,17	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12	0,11	0,10	
20			0,18	0,17	0,16	0,15	0,15	0,14	0,12	0,12	0,11	0,11	
25					0,17	0,17	0,16	0,15	0,13	0,13	0,13	0,12	
30						0,18	0,17	0,16	0,14	0,14	0,13	0,13	

При хмарному небі:

$$E = E_0 \cdot N, \quad (12)$$

$$N = 1 - (0,8 \Pi_H + 0,6 \Pi_C + 0,2 \Pi_B) \Pi, \quad (13)$$

де P_H, P_C, P_B – показники нижньої, середньої і верхньої хмарності в долях одиниці; P – показник загальної хмарності.

Вказані поправки на хмарність можуть бути визначені спрощеним методом за допомогою додатку А1. В таблиці першим рядком слід користуватися коли є хмари нижнього і верхнього ярусів, даними другого рядка – коли є хмари нижнього і середнього ярусів, а даними третього – при наявності хмар всіх трьох ярусів. Потім за відповідними формулами визначити P і S . Значення C_1, C_2, C_3 і також D_1, D_2, D_3 визначаються від швидкості вітру і міри зволоження ґрунту за додатками А2 і А3.

Відомості про час сходу сонця, необхідні для визначення строку розрахунку (тривалості ночі), можуть бути визначені із таблиці астрономічного календаря (додатку Б).

Після проведення всіх вказаних розрахунків слід використати графіки на рис. 3 і 4. Один із них (рис. 3) призначений для розрахунку нічного ходу температури повітря на висоті 2 м, а другий (рис. 4) – для визначення зміни температури поверхні ґрунту. Графіки складаються з двох частин. Спочатку використовується ліва частина графіку.

Тут визначається величина (D) в залежності від величини ефективного випромінювання (E), швидкості вітру і стану зволоження ґрунту. При використанні рис. 4 аналогічно визначаються значення (B). До одержаної величини (A) додається розраховане значення (P) і до (B) – значення (S).

Потім з правої частини графіків визначаються величини зниження температури повітря на висоті ΔT (рис. 3) і температури підстеляючої поверхні за ніч ΔQ (рис. 4). Мінімальні температури повітря і підстеляючої поверхні визначаються за формулами:

$$T_{min} = T_0 - \Delta T, \quad (14)$$

$$Q_{min} = Q - \Delta Q. \quad (15)$$

Якщо за прогнозом температура до сходу сонця буде нижче критичної T_{KP} для сільськогосподарських культур, то використовуючи залежність ΔT від t на рис. 3, можна встановити час (t_{KP}) настання критичної температури.

Для цього визначають різницю $T - T_{KP}$ і на правій частині горизонтальної осі відкладають значення $T = T - T_{KP}$. Через одержану точку проводиться вертикаль до перетину з горизонтальною лінією, яка відповідає розрахованому значенню ($a+p$). Відповідь одержується з похилих ліній.

За допомогою даного методу можна давати орієнтований прогноз мінімуму температури за денними даними, відрізнятися будуть тільки значення (t), які визначаються в даному випадку від денного строку

спостереження, наприклад 13 або 15 годин, прийнятого за $t = c$ до часу сходу сонця.

Помилки у визначенні мінімальної температури повітря на висоті метеорологічної будки за даними спостережень у вечірній строк (18 – 19 годин), в середньому складають 1,0 – 1,5 °С, а за денними даними – 1,5 – 2,0 °С.

Так як радіаційні і адвективно-радіаційні приморозки залежать від місцевих умов, то в одержанні для рівного місця результати необхідно ввести поправку на характер підстеляючої поверхні.

В табл. 9 надана інтенсивність приморозків та ймовірність їх настання в залежності від умов місцеположення.

Таблиця 9 – Ймовірність настання приморозків і зміна їх інтенсивності в залежності від місцеположення

Місцеположення	Ймовірність приморозку, (%)	Зміна інтенсивності приморозку, (°С)
Вершини і верхні частини схилів	-30	Біля +2
Долини в горбистій місцевості	+20	-1,5; -2
Долини в горах	+30	-2
Улоговини	+40	-4; -6
Галявини	+30	Біля -2
Острови і узбережжя	-35	+2
Міста	-20	+2; +3

3 Порядок виконання роботи

1. Проробити теоретичну частину завдання. Підготувати вхідні дані для розрахунку ймовірності приморозку за температурою повітря в строки, температурі ґрунту о 13 годині на глибинах 0, 5, 10, 15 см; вологості повітря о 13 годині; хмарності о 13 годині, 21 годині; швидкості вітру о 13 годині та міри зволоження ґрунту в деяких географічних пунктах і занести в таблицю (додаток В).

2. Розрахувати очікувані мінімальні температури повітря і на поверхні ґрунту методами Броунова, Михалєвського.ю Коростельова, Меджитова за даними додатку В.

Порівняти величини очікуваного мінімуму температури, визначеного різними методами, за формою таблиці додатку Д.

3. Розрахувати величину очікуваного мінімуму температури повітря і на поверхні ґрунту за методом М.Є. Берлянда:

а) визначити очікуваний мінімум температури на висоті 2 м за формулами 6, 8, 10 або за рис. 3 користуючись розрахунковою табл. 8 і даними додатків Б і В;

б) занести поправки на хмарність за допомогою додатку А1. Значення С1, С2, С3 визначити з таблиці додатку А2;

в) визначити очікувану температуру на поверхні ґрунту за формулами 7, 9, 11 або за рис. 4 з використанням розрахункової табл. 8 додатків Б і В. Значення Д1, Д2, Д3 визначити за таблицею додатку Д.

Результати занести в таблицю додатку Д.

4. До визначених різними методами величин очікуваного мінімуму температури занести поправки на характер підстиляючої поверхні (табл. 9).

5. Використовуючи дані про критичну температуру (табл. 1, 2) визначити, які сільськогосподарські і плодово-ягідні культури можуть бути пошкоджені приморозками на досліджуваній території.

6. Використовуючи метод М.Є. Берлянда визначити час настання критичної температури (п. 2.4).

7. Провести аналіз одержаних результатів і скласти агрометеорологічну характеристику приморозків в даному районі.

Контрольні запитання

1. Що таке приморозок?
2. Які приморозки називаються адвективними?
3. Які приморозки називаються радіаційними?
4. Які приморозки називаються адвективно-радіаційними?
5. Який період називається безприморозковим?

6. Яка температура називається критичною?
7. Як класифіковані польові культури за їх стійкістю до приморозків?
8. Як впливають приморозки на тривалість вегетаційного періоду?
9. Які фактори визначають ступінь небезпечності приморозку для сільськогосподарських культур?
10. Які заходи боротьби з приморозками ви знаєте?
11. Які ви знаєте формули для розрахунку приморозків різними методами?

Література

1. Берлянд М.Є., Красиков П.Н. Предсказание заморозков и борьба с ними. – Л.: Гидрометеиздат, 1960.
2. Венцкевич Г.З. Агрометеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1958.
3. Гольцберг И.А. Агроклиматическая характеристика заморозков в СССР и методы борьбы с ними. – Л.: Гидрометеиздат, 1961.
4. Грингоф И.Г., Попова В.В., Страшный В.Н. Агрометеорология. –Л.: Гидрометеиздат, 1987.
5. Коровин А.И. Растения и экстремальные температуры. Л.: Гидрометеиздат, 1984.
6. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. – С.-П.: Гидрометеиздат, 1992.
7. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983.
8. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Вольвач О.В. Основи агрометеорології. Підручник. – Одеса: ТЕС, 2012. — 250 с.

Поправка на хмарність до ефективного випромінювання землі

n _н	n										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,10
0,0	1,00	1,00 0,99 1,00	0,99 0,97 0,98	0,98 0,94 0,96	0,96 0,90 0,91	0,94 0,84 0,88	0,91 0,77 0,82	0,87 0,68 0,74	0,84 0,58 0,68	0,80 0,47 0,59	0,75 0,35 0,46
0,1		0,99	0,98 0,97 0,97	0,96 0,94 0,95	0,94 0,89 0,91	0,91 0,83 0,85	0,88 0,76 0,80	0,84 0,67 0,73	0,79 0,57 0,64	0,75 0,46 0,57	0,70 0,36 0,45
0,2			0,97	0,95 0,93 0,93	0,92 0,88 0,90	0,88 0,82 0,84	0,84 0,75 0,77	0,80 0,66 0,71	0,75 0,56 0,62	0,69 0,44 0,52	0,64 0,32 0,44
0,3				0,93	0,90 0,88 0,88	0,86 0,82 0,84	0,81 0,74 0,77	0,76 0,65 0,68	0,71 0,55 0,61	0,65 0,43 0,51	0,58 0,31 0,39
0,4					0,87	0,83 0,81 0,81	0,78 0,73 0,76	0,72 0,64 0,67	0,66 0,54 0,57	0,60 0,42 0,49	0,53 0,29 0,37
0,5						0,80	0,75 0,72 0,72	0,68 0,63 0,66	0,62 0,52 0,56	0,55 0,41 0,44	0,48 0,28 0,35
0,6							0,71	0,65 0,62 0,62	0,58 0,51 0,55	0,50 0,39 0,43	0,42 0,26 0,30
0,7								0,61	0,54 0,50 0,50	0,45 0,38 0,42	0,36 0,24 0,29
0,8									0,49	0,41 0,37 0,37	0,31 0,23 0,28
0,9										0,35	0,26 0,22 0,22
1,0											0,20

Додаток А2

Значення C_1, C_2, C_3

Стан ґрунту		Швидкість вітру, (м/с)				
		1	1-2	2-3	3-4	5-6
Суха	C_1	0,35	0,25	0,24	0,19	0,15
	C_2	0,21	0,18	0,15	0,13	0,12
	C_3	0,11	0,09	0,07	0,07	0,07
Зволожена	C_1	0,33	0,27	0,25	0,18	0,14
	C_2	0,26	0,22	0,20	0,14	0,12
	C_3	0,20	0,15	0,11	0,10	0,08
Сильно зволожена	C_1	0,41	0,30	0,28	0,18	0,15
	C_2	0,32	0,27	0,22	0,16	0,12
	C_3	0,21	0,20	0,15	0,11	0,08

Додаток А3

Значення D_1, D_2, D_3

Стан ґрунту		Швидкість вітру, (м/с)				
		1	1-2	2-3	3-4	5-6
Суха	D_1	0,63	0,56	0,55	0,46	0,43
	D_2	0,40	0,37	0,34	0,29	0,25
	D_3	0,23	0,20	0,19	0,17	0,15
Зволожена	D_1	0,70	0,60	0,54	0,52	0,49
	D_2	0,51	0,46	0,43	0,40	0,34
	D_3	0,33	0,32	0,30	0,27	0,23
Сильно зволожена	D_1	0,67	0,63	0,62	0,58	0,53
	D_2	0,51	0,50	0,49	0,48	0,46
	D_3	0,36	0,38	0,34	0,32	0,27

Таблиця для розрахунку часу сходу і заходу сонця (в хвиликах)

Місяць	Число	Схід	Захід							
		г.хв.	г.хв.	44 ⁰	46 ⁰	48 ⁰	50 ⁰	52 ⁰	54 ⁰	56 ⁰
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Березень	2	6.37	17.23	-14	-12	-10	-8	-6	-3	0
	12	6.18	17.47	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0
	22	5.50	18.10	+2	+2	+2	+1	+1	0	0
Квітень	1	5.57	18.33	+11	+9	+8	+6	+4	+2	0
	11	5.04	18.56	+19	+19	+13	+10	-7	+4	0
	21	4.41	19.19	+27	+27	+19	+15	+11	+6	0
Травень	1	4.19	19.41	+35	+31	+26	+20	+14	-7	0
	11	3.58	20.02	+43	+38	+32	+25	+17	+9	0
	21	3.40	20.20	+51	+44	+37	+29	+21	+11	0
	31	3.24	20.36	+58	+50	+42	+33	+24	+18	0
Червень	10	3.15	20.45	+62	+54	+46	+36	+26	+14	0
	20	3.11	20.49	+64	+56	+47	+38	+27	+14	0
	30	1.12	20.47	+63	+55	+47	+37	+26	+14	0
Липень	10	3.21	20.39	+59	+52	+44	+35	+24	+13	0
	20	3.35	20.25	+53	+47	+39	+31	+22	+12	0
	30	3.52	20.08	+46	+40	+34	+27	+19	+10	0

Продовження додатку Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Серпень	9	4.12	19.48	+38	+38	+28	+22	+15	+8	0
	19	4.34	19.26	+30	+26	+22	+17	+12	+6	0
	29	4.56	19.04	+22	+19	+16	+12	+9	+5	0
Вересень	8	5.18	18.42	+14	+12	+10	-8	+6	+3	0
	18	5.41	18.19	+6	+5	+4	+3	+2	+1	0
	28	6.05	17.35	-2	-2	-2	-1	-1	0	0
Жовтень	8	6.28	17.32	-11	-9	-7	-6	-4	-2	0
	18	6.51	17.09	-19	-16	-13	-10	-7	-4	0
	28	7.14	16.46	-27	-23	-19	-15	-10	-5	0

Варіант 1

Вихідні дані для розрахунку ймовірності приморозку

№ п/п	Географічний Пункт	Широта місця	Рельєф	Дата	Температура повітря в строки				Температура ґрунту о 13 годині на глибинах				Вологість повітря о 13 годині		Хмарність о 13 годині, бали			Хмарність о 21 год.	Швидкість вітру о 13 год.	Ступінь зволоження ґрунту
					За сухим термометром			За змоч. терм.	0	5	10	15	Відносна, %	Абсолютна, мб	Нижня	Середня	Верхня			
					13	19	21	13												
1	Любешев	52 ⁰	Долина	26.04	7.2	5.4	3.2	4.6	4.0	3.6	2.8	0.4	82	3.4	2	5	0	7	5	Сильно зволожена
2	Камішин	46 ⁰	Долина	10.02	1.0	0.8	0.5	0.8	2.0	0.1	-0.1	2.1	98	6.4	10	0	0	5	3	Суха
3	Могильов	54 ⁰	Місто	29.04	3.1	2.2	1.6	1.3	2.0	1.0	2.5	1.3	75	5.4	3	5	0	9	3	Сильно зволожена

Продовження додатку В

Варіант 2

№ п/п	Географічний Пункт	Широта місця	Рельєф	Дата	Температура повітря в строки				Температура ґрунту о 13 годині на глибинах				Вологість повітря о 13 годині		Хмарність о 13 годині, бали			Хмарність о 21 год.	Швидкість вітру о 13 год.	Ступінь зволоження ґрунту
					За сухим термометром			За змоч. терм.	0	5	10	15	Відносна, %	Абсолютна, мб	Нижня	Середня	Верхня			
					13	19	21	13												
1	Куп'янськ	50 ⁰	Долина	27.04	4.3	2.9	1.0	4.8	3.6	3.0	2.9	0.8	86	4.4	10	8	6	7	7	Суха
2	Біловодськ	49 ⁰	Верхня частина схилу	7.11	2.6	1.9	0.4	1.8	1.8	1.4	0.6	-1.3	72	1.2	1	9	4	3	5	Суха
3	Яворів	50 ⁰	Вершина	3.05	6.9	5.1	2.0	3.8	4.6	4.0	3.6	2.0	76	5.6	2	6	4	5	6	Суха

Продовження додатку В

Варіант 3

№ п/п	Географічний Пункт	Широта місця	Рельєф	Дата	Температура повітря в строки				Температура ґрунту о 13 годині на глибинах				Вологість повітря о 13 годині		Хмарність о 13 годині, бали			Хмарність о 21 год.	Швидкість вітру о 13 год.	Ступінь зволоження ґрунту
					За сухим термометром			За змоч. терм.	0	5	10	15	Відносна, %	Абсолютна, мб	Нижня	Середня	Верхня			
					13	19	21	13												
1	Ямпіль	50 ⁰	Вершина	3.05	6.9	5.1	2.0	3.8	4.6	4.0	3.6	2.0	76	5.6	2	6	4	1	6	Суха
2	Липовець	49 ⁰	Верхня частина схилу	3.10	3.5	2.6	0.9	2.0	5.6	5.2	4.6	3.0	89	2.1	5	5	3	6	4	Суха
3	Тушино	56 ⁰	Долина	13.05	3.5	3.1	0.7	2.7	2.1	0.6	0.2	2.2	90	7.1	0	0	3	2	6	Зволожена

Продовження додатку В

Варіант 4

№ п/п	Географічний Пункт	Широта місця	Рельєф	Дата	Температура повітря в строки				Температура ґрунту о 13 годині на глибинах				Вологість повітря о 13 годині		Хмарність о 13 годині, бали			Хмарність о 21 год.	Швидкість вітру о 13 год.	Ступінь зволоження ґрунту
					За сухим термометром			За змоч. терм.	0	5	10	15	Відносна, %	Абсолютна, мб	Нижня	Середня	Верхня			
					13	19	21	13												
1	Коростень	51 ⁰	Долина в горбистій місцевості	5.05	6.6	4.2	2.6	3.4	3.4	2.8	2.2	-0.3	79	6.2	7	3	2	5	4	Суха
2	Немешаєво	51 ⁰	Долина	15.05	6.8	5.4	3.8	4.0	5.4	4.6	3.8	2.1	74	6.3	0	0	4	3	2	Суха
3	Щорс	52 ⁰	Долина	9.05	7.3	4.7	3.0	3.6	2.2	2.0	1.8	-1.0	80	6.7	4	3	0	2	1	Зволожена

Таблиця для порівняння очікуваного мінімуму температури

Метод	Очікувана мінімальна температура	
	В повітрі	На поверхні ґрунту
Броунова		
Михайловського		
Коростелова		
Меджитова		
Берлянда		