



Tempus

Л.Ю. БОЖКО, О.А. БАРСУКОВА

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ

Конспект лекцій

Одеса
«ТЕС»
2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Л.Ю. БОЖКО, О.А. БАРСУКОВА

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ

Конспект лекцій

159173-TEMPUS-1-2009-1-DE-TEMPUS-JPCR

Одеса – 2010

ББК 40.2
Б 76
УДК 63:551.509

Божко Л.Ю., Барсукова О.А. Конспект лекцій з дисципліни
“Агрометеорологічні прогнози” – Одеса, 2010. – 228 с.

У конспекті лекцій викладено основи агрометеорологічних прогнозів метеорології з точки зору ознайомлення студентів напряму “Екологія” з основними видами агрометеорологічних прогнозів, які стосуються впливу агрометеорологічних умов та несприятливих метеорологічних явищ на темпи розвитку сільськогосподарських культур, формування кількості та якості врожаю.

Конспект лекцій підготовлений в рамках проекту 159173-TEMPUS-1-2009-1-DE-TEMPUS-JPCR "Курс з експертизи та контролю якості харчових продуктів з урахуванням європейського досвіду" та призначений для студентів спеціалізації “Агроекологія” напряму навчання “Екологія”. Також може бути використаний студентами сільськогосподарських ВНЗ.

Проект фінансується за підтримки Європейської Комісії. Зміст даної публікації є предметом відповідальності автора і не відображає точку зору Європейської Комісії.

Друкується за рішенням Вченої Ради Одеського державного екологічного університету (протокол № 8 від 29.10.2009р.).

Fundamentals of Agrometeorological Forecasting in Meteorology are presented in the summary of lectures from the standpoint of introduction of the students in Environmental direction to the main types of agrometeorological forecasts related to the influence of agrometeorological conditions and hazardous meteorological phenomena on crop development rate, as well as formation of the amount and quality of yield.

The publication is prepared within the framework of 159173-TEMPUS-1-2009-1-DE-TEMPUS-JPCR 'EU Based Course in Foodstuff Expertise and Quality Control' project and is intended for the students of the specialization of 'Agricultural Environmental Science' in Environmental direction. It can be recommended for the students of agricultural higher educational establishments.

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

© Одеський державний екологічний
університет, 2010

ВСТУП

Агрометеорологічні умови вирощування сільськогосподарських культур в Україні характеризується великим різноманіттям по території. Континентальність клімату країни обумовлює можливість виникнення засух, суховіїв, пилових буревіїв, сильних морозів, пізніх весняних та ранніх осінніх заморозків та інших несприятливих для сільського господарства явищ природи.

Для отримання високих і стійких урожаїв сільськогосподарських культур, проведення важливих господарських заходів в народному господарстві та планування сільськогосподарської продукції велике значення має повний облік особливостей природнокліматичних умов різних районів країни. Моніторинг природнокліматичних умов виконує Гідрометеорологічна служба України.

Гідрометеорологічна служба була організована в СРСР як служба врожаю в 1921 році за декретом Ради праці і оборони. В її задачу попервах входила інформація виробничих та планувальних сільськогосподарських організацій про погодні умови та їх вплив на ріст і розвиток і урожай сільськогосподарських культур. Для цього була утворена мережа агро- та гідрометеорологічних станцій, які проводили паралельні спостереження за метеорологічними умовами та станом сільськогосподарських культур на полях.

В 1932 році Г. З. Венцкевичем був складений перший агрометеорологічний прогноз перезимівлі озимих культур. В 1933 р. О.О. Шиголєв дав перший прогноз дати настання фази дозрівання озимого жита, а потім прогноз термінів цвітіння плодових дерев.

Бурхливий розвиток агрометеорологічного прогнозування відзначався в 1939 – 1941 р.р., коли були розроблені прогнози термінів настання фаз розвитку сільськогосподарських культур, оптимальних термінів сівби озимих культур, запасів продуктивної вологи на початок весни, методи кількісної оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю сільськогосподарських культур.

Після закінчення Великої Вітчизняної війни та у п'ятидесяті роки продовжувались дослідження і розробки по створенню нових агрометеорологічних прогнозів. Розробляються та впроваджуються у виробництво методи фенологічних прогнозів під керівництвом В.В. Синельщикова та М.С. Кулика, методи прогнозів запасів продуктивної вологи та вологозабезпеченості сільськогосподарських культур (С.О.Вериги, Л.О. Разумова, С.Б. Мостинська), прогнози росту озимих в осінній період (І.М. Петунін, Є.С. Уланова), прогнози умов перезимівлі озимих культу (В.О. Мойсейчик, О.О. Окушко, В.М. Лічикакі), методи оцінки умов формування урожаїв зернових культур (М.О. Зубарєв, О.В. Процеров, С.О. Сапожникова, О.С. Конторщиков, Ю.І. Чирков).

У 60-ті роки почались дослідження по розробці методів урожайності сільськогосподарських культур: озимої пшениці (М.С. Кулик, Є.С. Уланова, В.П. Дмитренко, І.В. Грушка) ярої пшениці (О.В. Процеров, О.М. Конторщикова та ін), кукурудзи (Ю.І. Чирков, В.П. Дмитренко), гречки (Н.З. Іванова-Зубкова), цукрових буряків (О.М. Конторщикова), картоплі (В.П. Поповська).

У 70-ті роки удосконалюються розроблені і створюються нові методи прогнозів урожайності сільськогосподарських культур (Є.С. Уланова, В.П. Дмитренко, І.В. Свісюк, Ш.І. Церцвадзе, Г.Г. Меладзе, К.В. Кирилічева, Г.В. Дегтярева, А.М. Польовий, Н.Н. Желтая, С.Л. Плучек, Л.П. Пятовська, Н.Н. Михайлова, О.Я. Грудєва, Т.О. Максименкова, Ю.С. Мельник, Ф.Ф. Давітая та ін).

У подальшому розвиваються нові напрями в агрометеорологічному прогнозуванні. Розробляються кількісні методи, засновані на математичному моделюванні процесу продуктивності рослин, методи оцінок якості врожаю зернових культур та цукрових буряків (О.Д. Сиротенко, А.М. Польовий, В.М. Пасов, В.О. Мойсейчик, В.И. Страшний, В.П. Дмитренко, О.М. Шелудякова та ін.).

Агрометеорологічні прогнози мають дуже важливе значення для сільськогосподарського виробництва, поза як використовуються планувальними організаціями при вирішенні важливих господарських заходів.

В останнє десятиріччя особливо велике значення мають агрометеорологічні прогнози оцінки умов вирощування культур, вологозабезпеченості посівів, величини урожаїв сільськогосподарських культур та його якості.

Значення агрометеорологічного обслуговування зростає у зв'язку з тим, що не зважаючи на інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва, у роки з різко аномальними агрометеорологічними умовами валовий врожай сільськогосподарських культур зменшується. Врожайність сортів інтенсивного типу зростає у роки із сприятливими умовами і різко зменшується у роки з несприятливими.

За останній час дослідження що до розробки методів оцінок агрометеорологічних умов вирощування, вологозабезпеченості, прогнозів величин урожаїв значно розширились. Розробкою нових методів для Європейської частини СНД займаються у Гідрометеорологічному центрі Росії, Всеросійському науково-дослідному інституті сільськогосподарської метеорології, Українському гідрометеорологічному центрі, Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті, регіональних гідрометеорологічних центрах країн співдружності, Одеському державному екологічному університеті.

Гідрометеорологічне обслуговування народного господарства в Україні забезпечує Департамент гідрометеорології при Міністерстві

екології та природних ресурсів. Йому підпорядковані обласні гідрометеорологічні центри, бюро погоди, науково-дослідний гідрометеорологічний інститут та ін. Обласні гідрометеорологічні центри керують роботою гідро- та агрометеорологічних станцій та постів.

Основною метою агрометеорологічного обслуговування є регулярна допомога сільськогосподарському виробництву у найбільш раціональному використанні кліматичних та погодних умов для отримання високих та стійких врожаїв сільськогосподарських культур. Сільськогосподарському виробникові необхідно знати, які терміни сівби у поточному році будуть найбільш сприятливі, де та яка буде вологозабезпеченість сільськогосподарських культур, які очікуються врожаї та ін. Ці відомості необхідні для планування та проведення агротехнічних заходів, планування продажу або закупівлі сільськогосподарської продукції тощо.

Сільське господарство більш ніж будь яка інша галузь народного господарства залежить від несприятливих метеорологічних умов. 65 % втрат народного господарства від погодних умов належать сільському господарству. Ці втрати скорочуються при вмілому застосуванні засобів та методів, що призводять до зменшення негативного впливу несприятливих погодних умов на об'єкти сільськогосподарського виробництва.

Оперативне агрометеорологічне обслуговування здійснюється на мережі агрометеорологічних станцій, в обласних та регіональних Бюро погоди та Гідрометеорологічних центрах. Агрометеорологічні станції виконують переважно функції спостереження за станом погоди та його впливом на сільськогосподарське виробництво і тільки за винятком складають агрометеорологічні довідки, огляди та деякі агрометеорологічні прогнози. Складання переважної більшості агрометеорологічних прогнозів відбувається в Гідрометеорологічних центрах та Бюро погоди. В цих організаціях та науково-дослідних гідрометеорологічних інститутах вивчається вплив погодних умов на стан і формування врожаю сільськогосподарських культур та розробляються і впроваджуються нові методи агрометеорологічних прогнозів.

Агрометеорологічне обслуговування сільськогосподарських та урядових організацій здійснюється за напрямками:

- інформаційно-довідкове обслуговування (агрометеорологічні бюлетені, агрометеорологічні довідки, огляди тощо);

- прогностичне агрометеорологічне обслуговування, яке в свою чергу поділяється на декілька груп агрометеорологічних прогнозів за їх змістом.

Всі види агрометеорологічних прогнозів умовно поділяються на чотири групи: 1 – прогнози агрометеорологічних умов розвитку та формування врожаїв сільськогосподарських культур; 2 – фенологічні прогнози (прогнози дат наступу фаз розвитку рослин); 3 – прогнози врожаїв сільськогосподарських культур; 4 – прогнози, що пов'язані з

проведенням агротехнічних заходів, збиранням врожаю та зрошенням. Всі ці чотири великих групи можна розділити ще на декілька груп.

Вся інформація, що необхідна для вирішення таких задач, отримується на мережі гідро- та агрометеорологічних станцій та постів при інструментальних та візуальних спостереженнях, а також за допомогою авіаційних обстежень та космічних спостережень за допомогою штучних супутників Землі.

В залежності від профілю спостережень всі гідрометеорологічні станції та пости поділяють за видами: метеорологічні, гідрологічні, агрометеорологічні, аерологічні, сніголавинні, болотні та ін. Слід зазначити, що вузько спрямовані спостереження виконуються на досить обмеженій кількості станцій. Найбільш поширені гідрометеорологічні станції з комплексом спостережень метеорологічних, гідрологічних, агрометеорологічних і т. ін.

Спостереження цих станцій накопичуються в обласних та регіональних гідрометеорологічних центрах і бюро погоди та використовуються для інших видів обслуговування організацій.

Для отримання високих і сталих врожаїв сільськогосподарських культур особливе значення мають агрометеорологічні прогнози.

Перший агрометеорологічний прогноз був складений на початку минулого століття Г.З Венцкевичем (1932 р.), у 1933 році О.О. Шіголев склав прогноз строків дозрівання озимого жита. У подальшому почався бурхливий розвиток агрометеорологічних прогнозів.

У 40-ві та 50-ті роки минулого століття під керівництвом М.С. Кулика та В.В. Синельщикова були розроблені та втілені у практику методи фенологічних прогнозів (О.О. Шіголев), методи прогнозів запасів продуктивної вологи і вологозабезпеченості сільськогосподарських культур (С.О. Веріго, Л.О. Разумова, С.Б. Мاستинська), оцінки і прогнози умов росту озимих культур восени (Н.О. Зубарев, І.М. Петунін, Є.С. Уланова), прогнози умов перезимівлі (І.М. Петунін, А.А. Окушко, В.О. Мойсейчик), оцінки посушливих явищ (М.С. Кулик), посух та суховіїв (Г.Т. Селянінов, Є.О. Цубербіллер), оцінки умов формування урожаїв зернових культур (Н.О. Зубарев, Г.З. Венцкевич, А.В. Процеров, С.О. Сапожнікова, О.С. Конторщиков, Ю.І. Чирков).

У 60-ті роки широко розвернулись дослідження по розробці методів агрометеорологічних прогнозів врожайності основних зернових культур та методів прогнозів площ загиблених та зріджених озимих посівів (В.О. Мойсейчик), методів оптимальних режимів зрошення сільськогосподарських культур та інше.

У 80-ті роки удосконалюються вже існуючі та створюються нові методи прогнозів урожайності сільськогосподарських культур (М.С. Кулик, Є.С. Уланова, І.В. Свісюк, В.П. Дмитренко, Ш.І. Церцвадзе, Р.С. Мкртчян, К.В. Кирилічева, А.М. Польовий, Т.І. Мизіна, Н.М. Жовта).

Розробляються методи прогнозу стану озимих культур восени на момент припинення вегетації.

Також в цей період починає розвиватись новий напрям у розробці методів агрометеорологічних прогнозів перезимівлі і урожайності зернових культур на основі методів математичного моделювання (А.М. Польовий, Е.Г. Палагін, В.О. Моисейчик, О.Д. Сиротенко).

Науковою основою усіх методів агрометеорологічних прогнозів є статистичні багатофакторні залежності темпів розвитку культур, та величини їх врожайності а також запасів продуктивної вологи в ґрунті від агрометеорологічних факторів.

Наукові розробки перелічених авторів стали основою для складання конспекту лекцій для студентів – агроекологів спеціалізації «Агроекологія».

1 Основні види та форми гідрометеорологічної інформації

Урядові та сільськогосподарські організації забезпечуються різними видами гідрометеорологічної інформації:

- метеорологічними прогнозами різної завчасності;
- гідрологічними прогнозами (прогнози режиму вод річок, водоймищ та інших водних об'єктів);
- агрометеорологічними довідками та прогнозами;
- попередженнями про небезпечні гідрометеорологічні явища;
- агрометеорологічними довідками про поточний стан рослин, стан зволоження ґрунту, розміри пошкодження і т. ін.;
- рекомендаціями про диференційоване застосування агротехнічних засобів в залежності від метеорологічних умов, що склалися або очікуються;
- агрокліматичною інформацією.

Головні форми забезпечення споживачів агрометеорологічною інформацією:

- щоденний та щотижневий гідрометеорологічний бюлетень;
- декадний агрометеорологічний бюлетень;
- довідка “Основні агрометеорологічні особливості минулого місяця та їх вплив на об'єкти сільськогосподарського виробництва”
- огляд агрометеорологічних умов за вегетаційний період;
- огляд агрометеорологічних умов за сільськогосподарський рік;
- агрометеорологічні щорічники;
- агрометеорологічні прогнози, рекомендації та консультації;
- кліматичні та агрокліматичні довідники, карти, атласи та ін.

Схема агрометеорологічного обслуговування господарських організацій на рис. 1.1.

Своєчасне отримання гідрометеорологічної інформації та правильне її використання сприяють уникненню втрат врожаю та збільшення доходів господарств.

Економічний ефект від використання гідрометеорологічної інформації розраховується за допомогою методичних рекомендацій, що розроблені у науково-дослідному інституті сільськогосподарської метеорології Росії, за формулою:

$$EE = K_y \cdot C(VЦ - 3) \quad (1.1)$$

де K_y – коефіцієнт часткової участі гідрометеорологічної інформації в отриманому економічному ефекті (за звичай $K_y = 0,2 - 0,5$ в залежності від внеску частки інформації);

C – площа, на якій досягнуто збільшення врожайності, га;

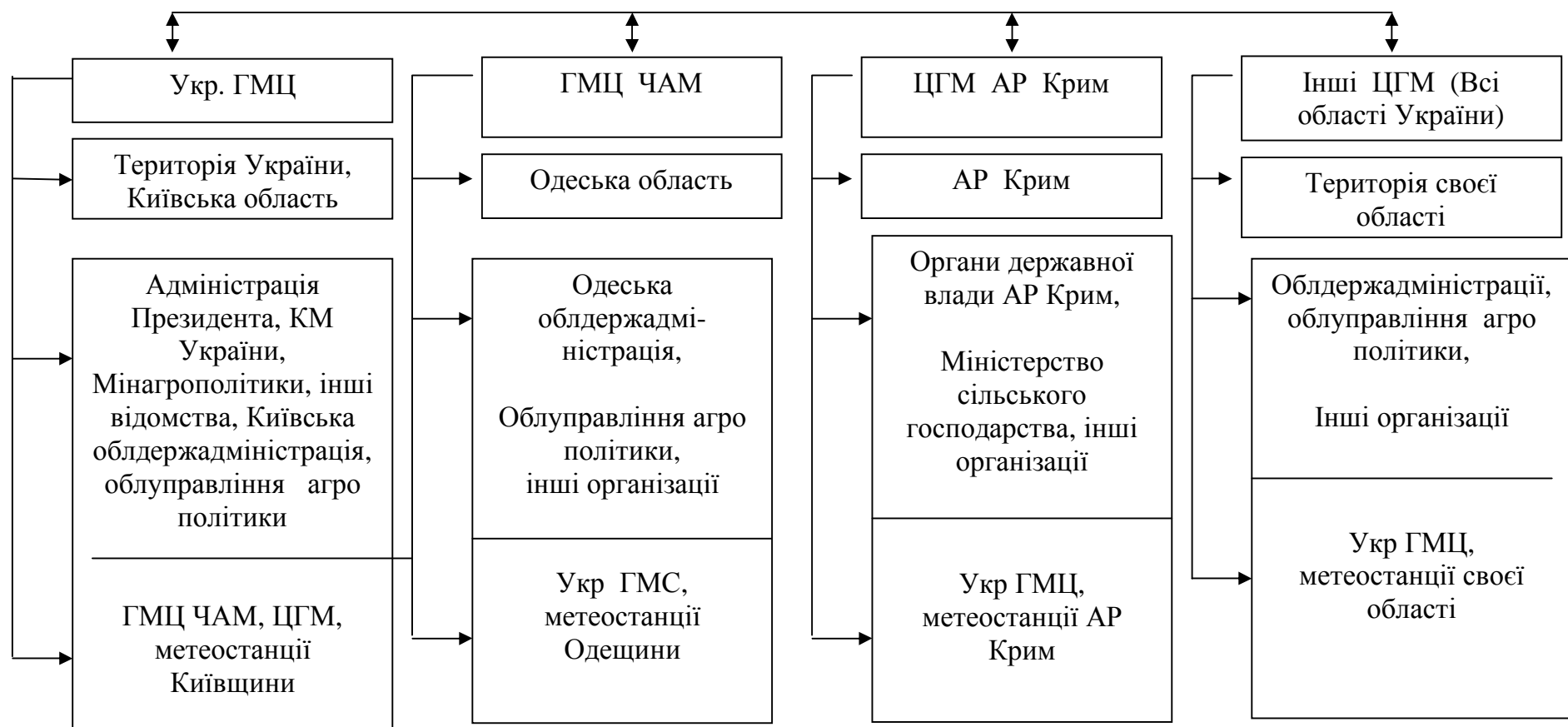


Рис. 1.1 – Блок “Агrometeorологія” (аналіз та прогнозування агrometeorологічних умов, стану і розвитку, врожайності та валового збору основних сільськогосподарських культур та обслуговування споживачів, підготовка режимно-довідкових матеріалів.

У – прибавка врожаю завдяки внесенню добрив, зрошенню та іншим заходам, що проведені у відповідності з прогнозами та рекомендаціями, т/га;

Ц – ціна закупівлі на врожай культур, грн/т;

З – витрати на проведення агротехнічних заходів плюс витрати на збирання додаткової продукції, грн/т.

Агromетeоролoгiчне обслyгoвyвaння сiльськoгoспoдaрських oрганiзацiй мoжe oбмeжyвaтись oкремими видами агromетeоролoгiчнoї iнфoрмaцiї та прoгнoзiв oкремих видiв, aбo агromетeоролoгiчними рeкoмeндaцiями та прoгнoзами пo вирoщyвaнню гpyп кyльтyp. Дo рeкoмeндaцiй вxoдять yсi iснyючi види рoзрaхyнкiв та прoгнoзiв пo цих гpyпax кyльтyp.

1.1 Агromетeоролoгiчнi пoкaзники та iх рoзрaхyнки

На рiст та рoзвитoк сiльськoгoспoдaрських кyльтyp впливaють фaктoри нaвкoлишньoгo сeрeдoвищa, якi хaрaктеризyються тaкими пoкaзникaми: сoнячнa рaдiацiя, тeрмiчний фaктoр (тeмпeрaтyрa пoвiтря, гpyнтy, рoслин), фaктoр звoлoжeння (oпaди, зaпaси прoдyктивнoї вoлoги, вoлoгoзaбeзпeчeнiсть, сyмaрнe випaрoвyвaння, випaрoвyвaнiсть, кoeфiцiєнти звoлoжeння та iн.), пoшкoджeння нeсприятливими пoгoдними явищaми сiльськoгoспoдaрських кyльтyp, пoшкoджeння шкiдникaми та хвoрoбaми та iн.

1.1.1. Прoмeнистa eнeргiя.

Гoлoвним джерeлoм eнeргiї мaйжe всiх пpoцeсiв, якi вiдбyвaються нa Зeмлi, в aтмoсфeрi є прoмeнистa eнeргiя Сoнця.

Сoнячнa eнeргiя є гoлoвнoю yмoвoю iснyвaння бiосфeри та oдним iз нaйгoлoвнiших клiмaтoyтвoрюючих фaктoрiв. У зв'язкy з тим, щo Зeмля oхoплeнa сyцiльнoю oбoлoнкoю aтмoсфeри, сoнячнe прoмiння пpoхoдить крiзь всю тoвшy aтмoсфeри, якa чaсткoвo вiдбивaє ce прoмiння, aбo рoзсiює йoгo. При вiдбиттi та рoзсiювaннi прoмeнiв змiнюється кiлькiсть i якiсть свiтлa, щo пpиxoдить нa Зeмлю. Прoмeнистa eнeргiя Сoнця рoзпoдiляється нa пoтoки: прямa сoнячнa рaдiацiя, рoзсiянa, сyмaрнa, вiдбитa сoнячнa рaдiацiя, влaснe випрoмiнювaння Зeмлi та пeрeсiчнe випрoмiнювaння aтмoсфeри.

Интeнсивнiсть сoнячнoї рaдiацiї – ce пoтiк рaдiацiї, щo нaдхoдить в oдиницy чaсy нa oдиницy пoвepхнi. У мiжнaрoднiй систeмi (СИ) iнтeнсивнiсть пoтoкy сoнячнoї рaдiацiї виpaжaють y Вт/м^2 [$1 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{хв}) = 698 \text{ Вт/м}^2$]. Сyми рaдiацiї виpaжaють y $\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{гoд})$, $\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{дoбa})$ та iн. ($1 \text{ кал}/\text{см}^2 = 4.19 \cdot 10^4 \text{ Дж}/\text{м}^2$).

Рослинний світ отримує здебільшого пряму та розсіяну сонячну радіацію і значно менше – відбиту.

Пряма сонячна радіація. Радіація, яка надходить на верхню межу атмосфери і потім на поверхню Землі безпосередньо від сонячного диска у вигляді пучка паралельного проміння, називається прямою сонячною радіацією. Пряма сонячна радіація незначно змінюється з часом, тому її називають *сонячна стала* (S_0). $S_0 \approx 1400 \text{ Вт/м}^2$, якщо відстань до Сонця $149,5 \cdot 10^6 \text{ км}$.

Прихід прямої радіації на земну поверхню залежить від кута падіння сонячного проміння. Потік прямої радіації на горизонтальну поверхню називають *інсоляцією* :

$$S' = S \cdot \sin h \quad (1.2)$$

Якщо ж поверхня не горизонтальна, то прихід радіації залежить також від нахилу поверхні.

Середні багаторічні суми прямої радіації на території України збільшуються від 210 МДж/м² на півночі до 290 МДж/м² на півдні.

Розсіяна сонячна радіація. Коли сонячне проміння проходить крізь товщу атмосфери, відбувається його послаблення, викликане поглиненням (15 %), відбиттям від хмар і розсіюванням (25 %). Та частина радіації, яка після розсіювання атмосферою та відбиття від хмар надходить на поверхню Землі, називається *розсіяною сонячною радіацією* (D).

Кількість розсіяної радіації залежить від кількості хмар, їх вертикальної потужності та оптичних властивостей.

Середні багаторічні суми розсіяної радіації за рік на території країни складають 200 – 215 МДж/м².

Сумарна сонячна радіація. Пряма і розсіяна сонячні радіації складають сумарну сонячну радіацію:

$$Q = S' + D \quad (1.3)$$

Співвідношення прямої та розсіяної радіації у складі сумарної радіації залежить від висоти Сонця, хмарності і забруднення атмосфери, висоти поверхні над рівнем моря.

Висота Сонця змінюється в залежності від: географічної широти, від місяця або сезону, від часу доби.

Рослини отримують світло та тепло завдяки сумарній сонячній радіації. Тому для сільського господарства мають велике значення величини сумарної радіації за добу, місяць, вегетаційний період. Суми сумарної радіації на території України за період від дати переходу температури повітря через 10 °С навесні до дати переходу її через 10 °С восени, які подані на карті (рис. 1.2).

Як видно з рис. 1.2, кількість сумарної радіації змінюється за вегетаційний період в значних межах – від 2700 МДж/м² на півночі до 3750 МДж/м² на півдні.

Відбита сонячна радіація. Альbedo. Сумарна радіація, що дійшла до земної поверхні, частково відбивається від неї і створює відбиту сонячну радіацію (R), яка має напрям від земної поверхні в атмосферу.

Відбивна здатність поверхні характеризується *альbedo* (A).

Альbedo – це відношення відбитої радіації до сумарної:

$$A_k = (R_k / Q) 100\% \quad (1.4)$$

Альbedo залежить від вологості ґрунту. Із збільшенням вологості значення альbedo зменшується. Альbedo має досить добре визначений денний та річний хід. Найменше його значення у полуденні години, а впродовж року – влітку.

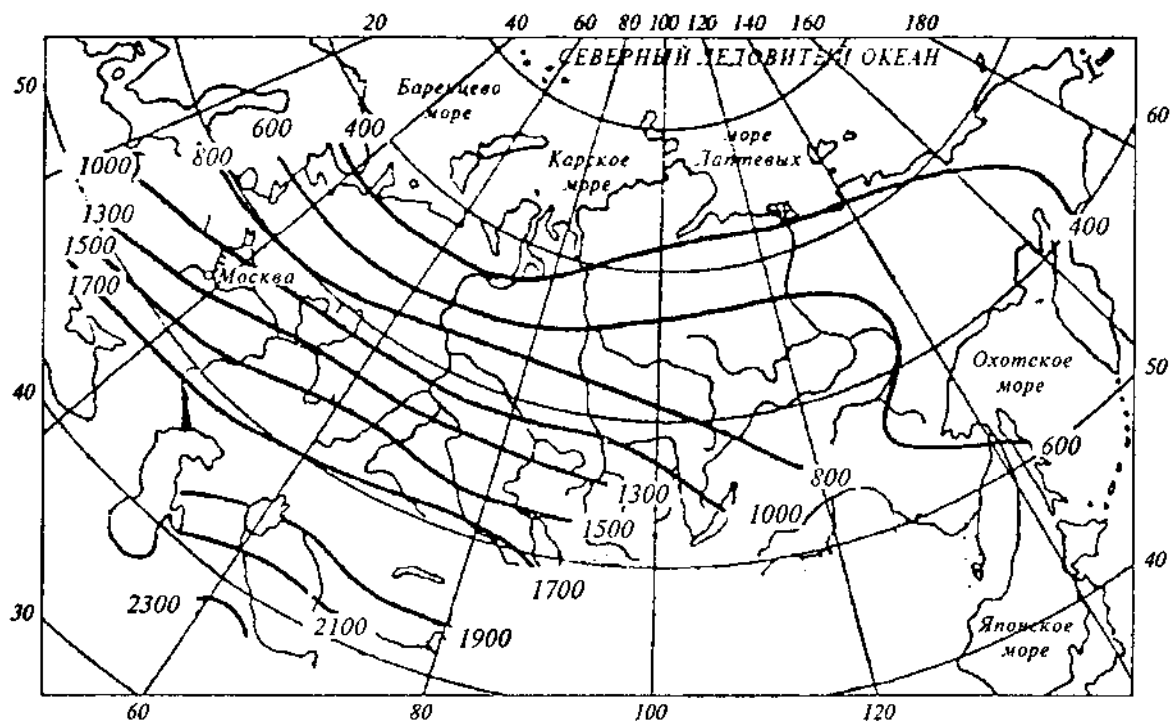


Рис. 1.2 – Розподіл середніх багаторічних сум ФАР за період активної вегетації, МДж/м².

Промениста енергія складається із електромагнітних хвиль різної довжини (λ). Спектр сонячного світла розділяється на три частини: невидимі ультрафіолетові промені з довжиною хвиль $\lambda < 0,40$ мкм, видимі промені з довжиною хвиль $0,40 < \lambda < 0,75$ мкм і невидимі інфрачервоні промені з довжиною хвиль $0,76 \leq \lambda \leq 4$ мкм.

Біологічна дія різних видів радіації на рослини різна. Ультрафіолетова радіація уповільнює ростові процеси але прискорює проходження етапів формування репродуктивних органів у рослин. Близька інфрачервона радіація споживається водою листя та стебел рослин і створює тепловий ефект [1].

Дія далекої інфрачервоної радіації на рослини дуже незначна. Видима частина сонячного спектра створює освітленість і до цього спектра відноситься переважна частина так званої фізіологічної радіації, тобто радіації, що поглинається пігментами листків. У межах видимої частини сонячного спектра знаходиться і так звана фотосинтетично активна радіація (ФАР) з довжиною хвиль 0,38 – 0,71 мкм. У процесі фотосинтезу рослин використовується тільки 1 – 3 % ФАР для створення різноманітних органічних речовин.

Встановлено, що для фотосинтезу необхідна інтенсивність сонячної радіації, яка перевищувала б визначену межу, котра називається компенсаційною точкою. Вона для більшості рослин знаходиться у межах від 209 до 349 Вт/м². Значення компенсаційної точки змінюється впродовж вегетації сільськогосподарських рослин.

Оскільки ФАР є одним з найважливіших факторів продуктивності рослин, то має дуже велике значення інформація про надходження ФАР, розподіл по території та за часом.

Інтенсивність ФАР розраховується за даними прямої (S') та розсіяної (D) або сумарної радіації (Q) за допомогою коефіцієнтів, запропонованих Б.І. Гуляєвим, Х.Г. Тоомінгом та Н.О. Єфимовою :

$$Q_{\text{ФАР}} = 0.43 S' + 0.57D \quad (1.5)$$

$$Q_{\text{ФАР}} = 0.52 Q \quad (1.6)$$

Ефективність використання сонячної радіації фітоценозами характеризується *коефіцієнтом корисної дії ФАР (ККД)*. Він визначається відношенням кількості енергії, що накопичилась у продуктах фотосинтезу або утвореного у фітомасі врожаю до кількості поглиненої радіації:

$$h = \frac{qV \cdot 100}{\sum Q_{\text{ФАР}}} \quad , \quad (1.7)$$

де q – калорійність рослин, кДж/г;

V – біологічний врожай загальної фітомаси, г/см²;

$\sum Q_{\text{ФАР}}$ – сума ФАР за вегетаційний період, Мдж/м².

Середня калорійність сухої біомаси у різних рослин коливається від 16,7 до 20,5 кДж/г.

ККД посівів залежить від строків сівби та гущини посіву, кількості внесених добрив, погодних умов та ін. За значеннями ККД посіви (О.О. Ничипорович) поділяються на групи: що звичайно спостерігаються – 0,5 – 1,5 %, добрі – 1,6 – 3 %, рекордні – 3,1 – 5 %, теоретично можливі – 6 – 8 %.

ККД листя рослин більше, ніж ККД всього посіву і залежить від зміни інтенсивності освітлення. Рослини по-різному реагують на зміну освітленості і, в залежності від реакції на інтенсивність освітлення, всі форми рослинності поділяють на три групи: світлолюбні, тіньовитривалі нейтральні.

Сонячна радіація також впливає на хімічний склад сільськогосподарської продукції. Наприклад, на вміст цукру у фруктах та ягодах, вміст білка у зерні зернових культур, кількості масла у насінні соняшнику і ін. Деякі хвороби сільськогосподарських рослин найбільш активно розвиваються за недостатньої освітленості.

Інтенсивність фотосинтезу лист за ярусами неоднакова, тому що світло падає на листя однієї і тієї ж рослини під різними кутами (рис. 1.3).

Залежність інтенсивності фотосинтезу від приходу ФАР характеризується світловими кривими фотосинтезу і газообміну. Світлові криві різних рослин характеризують залежність інтенсивності фотосинтезу [$\text{мг CO}_2/(\text{дм}^2)$] від кількості сонячної радіації, що надходить.

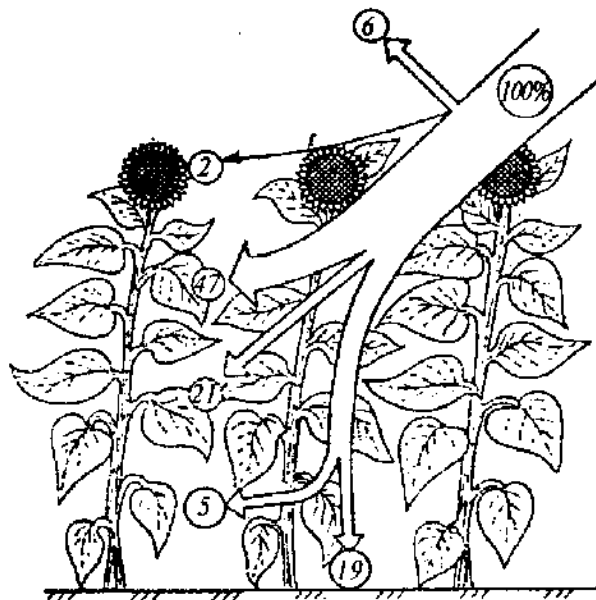


Рис. 1.3 – Розподіл ФАР по ярусах листя в посівах соняшника

Стан, коли при збільшенні ФАР інтенсивність фотосинтезу за даних умов утримується на одному найвищому рівні, називається рівним плато (рис. 1.4).

Сонячна радіація має добовий ритм (чергування дня і ночі). Встановлено, що рослини переходять до генеративного розвитку при визначеному співвідношенні тривалості дня і ночі (фотоперіодична реакція). За фотоперіодичною реакцією рослини класифікуються на групи: – короткого дня (рис, просо, сорго, кукурудза та ін.) Їм необхідна тривалість дня 10 – 12 год.;

– довгого дня (жито, овес, пшениця, льон, горох і ін.). Їм необхідна тривалість дня до 18 – 20 год.;

– нейтральні до тривалості дня (томати, гречка та ін.).

Тривалість світлої пори доби (астрономічна тривалість дня) залежить від пори року і географічної широти. На екваторі тривалість дня становить 12 год. ± 30 хв. І збільшується після весняного рівнодення (21.03) при переміщенні на північ та зменшується при переміщенні на південь. Після осіннього рівнодення (23.09) – навпаки.

При збільшенні тривалості дня у північних широтах у вегетаційний період продовжується період фотосинтезу рослин.

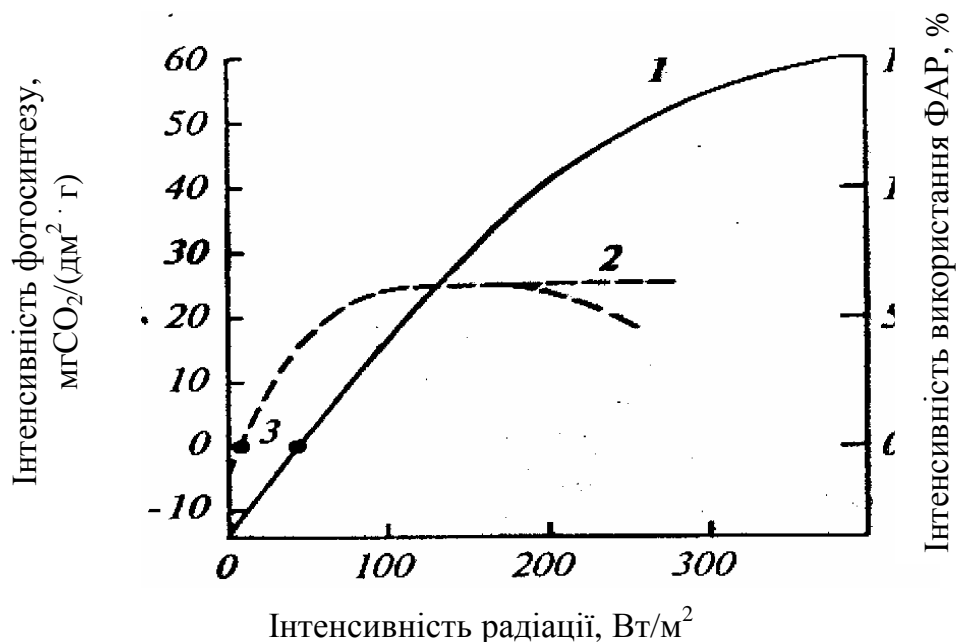


Рис. 1.4 – Світлова крива фотосинтезу світлолюбних (1) і тіньовитривалих (2) рослин (3 – компенсаційні точки. За О.М. Шульгіним)

Тривалість освітлення має велике значення також для формування якості врожаю і впливає на розвиток хвороб рослин. При збільшенні тривалості дня стійкість рослин до хвороб збільшується.

1.1.2 *Температура повітря і ґрунту.*

Температура повітря. Тепловим режимом атмосфери називається характер розподілу і зміни температури в атмосфері. Тепловий режим атмосфери визначається здебільшого її теплообміном з навколишнім середовищем. Велику роль у розвитку процесів, пов'язаних із взаємодією атмосфери та зеленої поверхні, відіграє приземний шар атмосфери. Він має товщину декількох десятків метрів і його стан дуже впливає на флору і фауну, на умови життєдіяльності всього живого.

Основним джерелом нагрівання приземного шару є тепло, що надходить від діяльної поверхні. Перенесення тепла між діяльною поверхнею і атмосферою, а також у самій атмосфері, здійснюється через конвективний і турбулентний потоки. Потік тепла – це об'єм тепла, що переноситься потоком повітря через одиницю площі за одиницю часу у напрямку, перпендикулярному до площі.

Конвективний потік тепла обумовлюється горизонтальними складовими швидкості вітру.

Турбулентний потік тепла формується завдяки переносу тепла турбулентними полями. Він формується всередині атмосфери внаслідок закрученого хаотичного руху повітря, тобто турбулентності. Турбулентні потоки поділяються на *динамічні* і *термічні*. *Динамічні потоки* виникають внаслідок появи сили тертя. Теплові потоки (теплова конвекція) – виникає внаслідок нерівномірного нагрівання різних ділянок поверхні. Теплова конвекція на суші розвивається вдень і влітку, над морем – вночі і взимку.

Конвективні і турбулентні потоки тепла обумовлюють зміну температури приземного шару повітря як впродовж доби, так і впродовж року. Добовий хід температури повітря має максимум о 14 – 15 год. І мінімум перед сходом сонця. Амплітуда температурних коливань залежить від погодних умов, пори року, рельєфу, фізичних властивостей ґрунту та є важливою характеристикою клімату.

У ясну погоду амплітуда температур вища ніж у похмуру, оскільки хмари затримують випромінювання і тим самим підвищують нічну температуру. Також амплітуда температур у середніх широтах взимку менше, ніж влітку.

Річний хід температури повітря у різних географічних зонах різнний і залежить від широти місця, континентальності його, знаходження та висоти над рівнем моря. Характеристикою річного ходу температури є

амплітуда річних коливань температури повітря (різниця між середніми місячними температурами самого теплого та самого холодного місяця).

За величиною середньої багаторічної амплітуди температур і часом наступу екстремальної температури виділено чотири типи річного ходу температури повітря (рис. 1.5).

Температура повітря у тропосфері з висотою зменшується приблизно на $0,6^{\circ}\text{C}$ на кожні 100 м висоти. Але в приземному шарі повітря розподіл температури може бути будь-яким: збільшуватись, зменшуватись, залишатись без змін.

Розподіл температури з висотою характеризується вертикальним градієнтом (*ВГТ*):

$$ВГТ = (t_H - t_B) / (Z_B - Z_H) \quad (1.8)$$

де $t_H - t_B$ – різниця температури між нижнім та верхнім рівнями, $^{\circ}\text{C}$;

$Z_B - Z_H$ – відстань між двома рівнями, м.

Зазвичай ВГТ розраховується на 100 м висоти.

У приземному шарі повітря значення ВГТ залежить від погодних умов, пори року, пори доби, вітру, вологості ґрунту, наявності рослинного покриву.

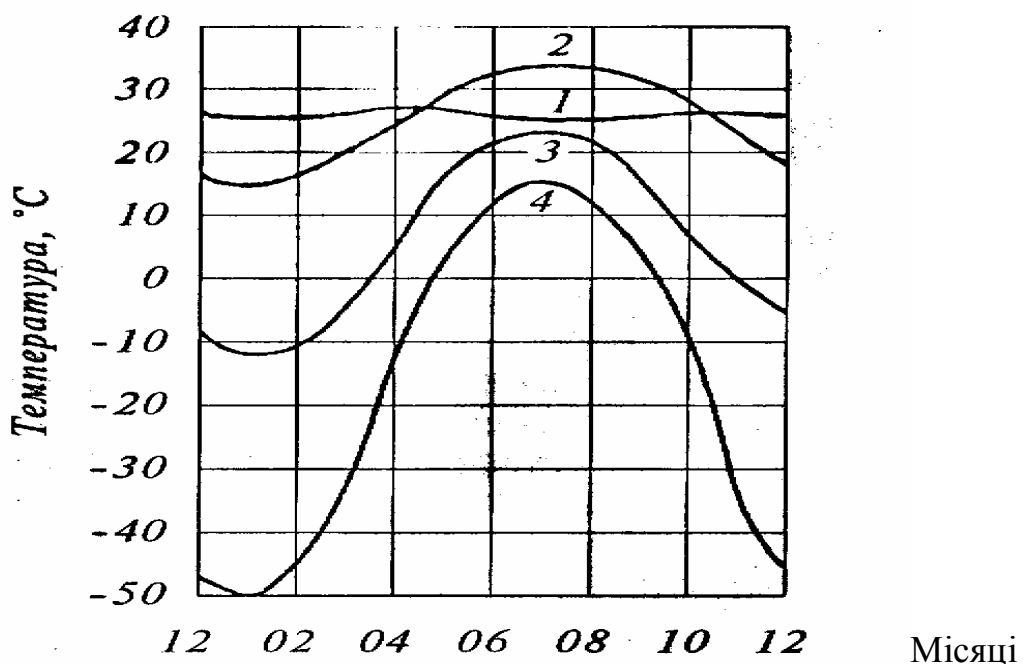


Рис.1.5 – Типи річного ходу температури повітря: 1 – екваторіальний (Джакарта, $\varphi = 6^{\circ}$ півд. шир.); 2 – тропічний (Асуан, $\varphi = 24^{\circ}$ півн. шир.); 3 – помірного поясу (Саратов, $\varphi = 52^{\circ}$ півн. шир.); 4 – полярний (Верхоянськ, $\varphi = 67^{\circ}$ півн. шир.).

Фізіологічні процеси, що протікають в організмах рослин – фотосинтез, дихання, транспірація, живлення та інші, відбуваються за певних рівнів температури. Вимоги рослин до тепла змінюються в досить широких межах і визначаються трьома кардинальними точками: температурним мінімумом, нижче якого рослини не розвиваються (біологічний мінімум), температурним оптимумом, тобто найсприятливішою температурою для розвитку рослин та температурним максимумом, за межами якого рослини існувати не можуть.

Значення температури між температурним оптимумом та мінімумом називається *толерантною зоною*.

Для оцінки температурного режиму використовуються такі температурні характеристики:

- середня за добу температура повітря, визначається як середнє арифметичне із усіх значень температури, виміряних в усі строки спостережень (це або чотири, або шість, або вісім значень). На разі на усіх типах гідрометеорологічних станцій мережі Департаменту гідрометеорології температура повітря визначається 8 раз на добу;

- середня температура за декаду, визначається як середнє арифметичне із середньодобових температур за 10 або 11 діб;

- середня температура за місяць, визначається також як середнє арифметичне значення із середньодобових температур.

- середньорічна температура, визначається як середнє арифметичне із середніх за добу, декаду або місяць значень температури повітря.

У сільськогосподарському виробництві найчастіше використовуються значення середньої температури за декаду, міжфазний період розвитку рослин. *Міжфазний період – це відрізок часу у днях між двома якісно новими становищами рослин, що настають один за одним впродовж всієї вегетації рослин. Якісно нове становище рослин, яке настає після проходження певного відрізка часу та накопичення фізіологічних змін в стані рослин* (наприклад: сходи пшениці та утворення третього листка, або розпускання бруньок плодових дерев та цвітіння та ін.).

Однак середні характеристики на відтворюють добовий хід температури повітря, що дуже важливо для сільськогосподарського виробництва. Особливо це необхідно у перехідні сезони року (весна, осінь). Тому вживається поняття максимальних та мінімальних температур вище чи нижче будь-якої межі (0, 5, 10, 15, -5, -10° C).

Окрім середніх, максимальних та мінімальних температур ще використовуються для характеристики теплового режиму суми температур. Відрізняють кліматичні і біологічні суми. *Кліматичні суми температур* – це суми температур вище будь-якої межі (наприклад, від дати переходу температури повітря через 5 °C навесні до такої ж дати восени) .

Біологічні суми температур – це суми температур за вегетаційний період культури. *Веgetаційним періодом* називається період у днях від сівби до збирання врожаю.

Рослини розвиваються тільки у тому випадку, якщо середня температура повітря досягає межі біологічного мінімуму. Біологічний мінімум для холодостійких рослин (пшениця, жито, овес, ячмінь та ін.) становить + 5° С, для теплолюбних рослин він становить – +10 – 15° С (кукурудза, рис, виноград, бавовна, деякі овочеві культури). Біологічний мінімум розвитку культур змінюється впродовж вегетації (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Біологічний мінімум температури у різні періоди вегетації /За В.М. Степановим/

Культури	Поява сходів і формування вегетативних органів, °С	Формування генеративних органів, °С
Зернові культури (пшениця, жито, ячмінь)	4 – 5	10 – 12
Горох	4 – 5	8 – 10
Льон	5 – 6	10 – 12
Соняшник	7 – 8	12 – 15
Просо	10 – 11	12 – 15
Кукурудза	10 – 13	12 – 15
Бавовна	14 – 15	15 – 20
Рис	14 - 15	18 – 20

Потреба рослин в теплі за вегетаційний період характеризується сумами середніх за добу температур. Кожна рослина потребує для повного розвитку певну суму температур. Для визначення сум температур, необхідних для розвитку сільськогосподарських культур, використовуються суми температур: активних і ефективних.

Сума активних температур – це сума середніх за добу температур після переходу їх через біологічний мінімум.

Сума ефективних температур – це сума середніх за добу температур, зменшена на величину біологічного мінімуму. Оскільки значення біологічного мінімуму різне не тільки для різних рослин, а і для різних міжфазних періодів однієї і тієї ж рослини, то сума ефективних температур також різна при однакових значеннях середньої за добу температури.

Дослідженнями Ю.І. Чиркова встановлено, що є деяка мінливість сум ефективних температур за міжфазні періоди в залежності від рівня середньої температури повітря за добу. Підвищення середньої за добу температури вище оптимальних значень температури для даної культури

не викликає прискорення її розвитку. Температури, що не викликають прискорення розвитку рослин, називаються *баластними*.

Суми активних та ефективних температур мають екологічне значення, оскільки відображують зв'язок рослин з середовищем мешкання.

Значення сум температур залежить від широти місця та від його висоти над рівнем моря.

Діапазон дії (або *зона толерантності*) температури повітря (або іншого будь-якого чинника) обмежується крайніми пороговими значеннями температури, при якій можливе існування рослинного організму (рис. 1.6).

Точка на осі абсцис, що відповідає найкращим умовам життєдіяльності рослинних організмів, визначає оптимальне значення елемента. Одну точку визначити досить складно тому, за звичай, визначають зону оптимуму (*зону комфорту*).

Точки мінімуму, оптимуму та максимуму визначають можливі реакції рослинного організму на даний фактор.

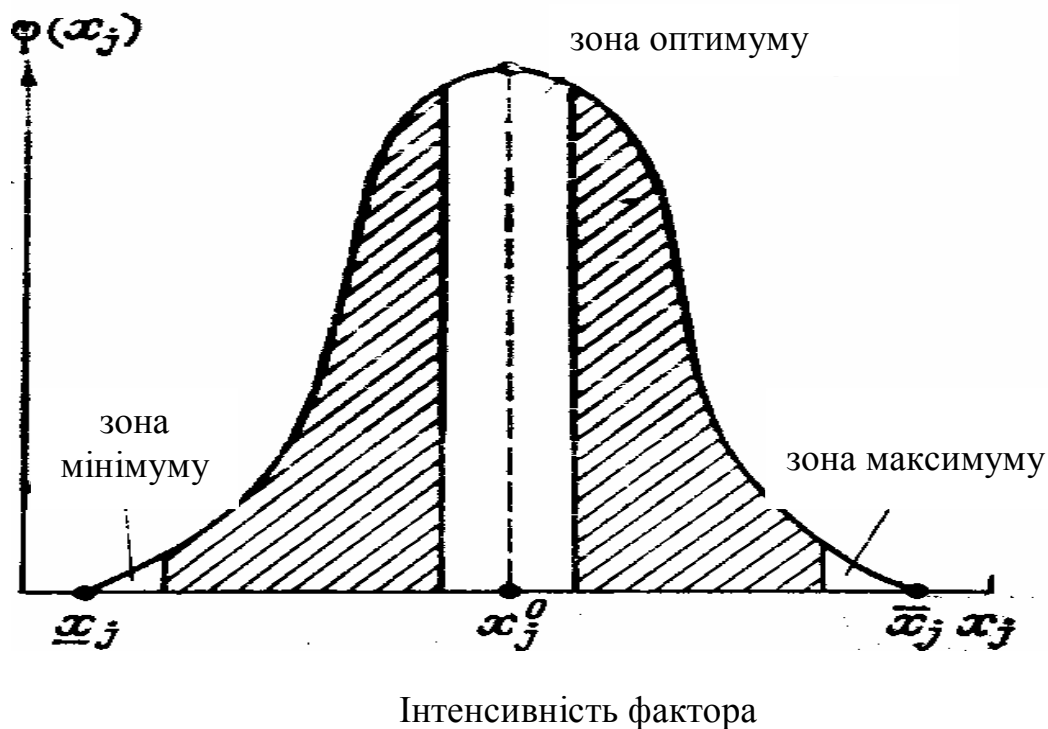


Рис. 1.6 – Схема дії температури повітря на рослині (за К.М. Ситником, А.В. Брайоном, О.В. Городецьким). x_j – точка мінімуму, x_j^0 – точка оптимуму; \bar{x}_j – точка максимуму.

Температура повітря є також одним із головних метеорологічних факторів, який визначає можливість вирощування рослин у будь-якій природно - кліматичній зоні, можливість виникнення хвороб рослин та розповсюдження шкідників.

Температура повітря обумовлює життєдіяльність збудників хвороб та можливість їх збереження і розповсюдження.

Тепло – один із основних екологічних факторів життєдіяльності біоценозів, тому його необхідно враховувати при розміщенні сільськогосподарських культур та проведенні агротехнічних заходів.

Для оцінки загальних термічних ресурсів території використовується сума активних температур вище 10°C, оскільки за такого значення температури активно відбувається вегетація більшості рослин. Для оцінки потреб рослин у теплі використовується біологічна сума температур, тобто сума температур повітря за вегетаційний період рослин (табл. 1.2).

Дослідження біологічних сум температур, проведені

С.О. Сапожниковою та Д.І. Шашко [49] показали, що вони змінюються в залежності від континентальності клімату.

Характеристика термічного режиму тієї чи іншої місцевості не вичерпується тільки середніми сумами температур за період вегетації сільськогосподарських культур. Для вирішення цілої низки питань необхідно знати, як швидко накопичується тепло навесні та які суми температур бувають за окремі міжфазні періоди. Ф.Ф.Давітая [25] встановив, що розвиток весняних, літніх та осінніх процесів на великих просторах іде закономірно. Ця закономірність обумовлюється макропроцесами: припливом сонячної радіації, циркуляцією атмосфери та особливостями підстильної поверхні. Тому темпи наростання тепла на весні змінюються мало, вони тільки зміщуються за часом.

Температура ґрунту. У ґрунті природного складу першопричиною процесу теплообміну є вертикальний температурний перепад, що змінює знак від дня до ночі. Завдяки цьому виникає процес теплопровідності. Теплообмін у ґрунті здійснюється завдяки: теплопровідності вздовж окремої частки ґрунту, передачі тепла від однієї частки до іншої, молекулярній теплопровідності у середовищі поміж частками, теплопередачі на межі твердих часток і середовища, конвекції газів і води.

Денне нагрівання і нічне охолодження ґрунту викликають добові коливання його температури. Максимум температури на поверхні ґрунту спостерігається близько 13 години (за сонячним часом). Мінімум температури ґрунту спостерігається перед сходом Сонця. Різниця між максимумом і мінімумом у добовому або річному ході називається *амплітудою ходу температури*.

Таблиця 1.2 – Потреба сільськогосподарських культур в теплі (в біологічних сумах температур повітря).

Культура	Скоростиглість сорту	Період	Біологічна сума температур для широти 55 ⁰ півн.ш.
Яра пшениця	Ранні	Сівба – воскова стиглість	1400
	Середні	„	1500
	Пізні	„	1700
Ячмінь	Ранні	„	1250
	Середні	„	1350
	Пізні	„	1450
Овес	Ранні	„	1250
	Середні	„	1450
	Пізні	„	1550
Озима пшениця	Ранні	„	1400
	Середні	„	1450
	Пізні	„	1500
Кукурудза	Ранні	„	2200
	Середні	„	2500
	Середньо-пізні	„	2700
Гречка	Ранні	„	1200
	Середні	„	1300
	Пізні	„	1400
Рис	Ранні	„	2500
	Середні	„	2820
	Пізні	„	3320
Соняшник	Ранні	„	1850
	Середні	„	2000
	Пізні	„	2300
Картопля	Ранні	„	1400
	Середні	„	1600
	Пізні	„	1800
Томати	Ранні	„	1750
	Середні	„	1950
	Пізні	„	2100

На величину добової амплітуди температури поверхні ґрунту впливають: пора року, географічна широта, рельєф, рослинний і сніговий покрив, колір ґрунту, стан поверхні, вологість ґрунту, хмарність. Хід

температури впродовж року визначається різною кількістю сонячної радіації – найменша у січні, найбільша – в липні або серпні. Амплітуда ходу температури впродовж року збільшується із збільшенням широти (у добовому ході цього не спостерігається). В районі екватора вона складає 2 – 3° С, у полярних широтах (Якутія) 70° С.

Нагрівання та охолодження ґрунту залежать здебільшого від його теплофізичних характеристик: теплоємності та теплопровідності. Теплоємність – це кількість тепла, необхідна для підвищення температури ґрунту на 1° С. Теплоємність буває питома та об'ємна. *Питома теплоємність* ($C_{\text{пит}}$) – це та кількість тепла, що необхідна для нагрівання 1 кг ґрунту на 1° С. *Об'ємна теплоємність* ($C_{\text{об}}$) – кількість тепла, необхідна для нагрівання 1 м³ ґрунту на 1° С. Одиниця вимірювання питомої теплоємності – Дж/(кг·К), об'ємної – Дж/(м³·К).

Теплоємність різних ґрунтів залежить від складу твердої частини ґрунту і кількості повітря і води, що знаходяться у порах. Теплоємність води становить 4,2·10³ кДж/(м³·К), а теплоємність повітря – 1,2 кДж/(м³·К). Таким чином видно, що за однакової кількості надходження тепла сухі ґрунти нагріваються і охолоджуються більше і швидше, ніж вологі.

Здатність ґрунту передавати тепло від шару до шару називається теплопровідністю. Мірою теплопровідності ґрунтів є коефіцієнт теплопровідності (λ). Коефіцієнт теплопровідності – це кількість тепла в Дж, що проходить за 1 сек. крізь перетин основи стовпчика ґрунту діаметром 1 м² і висотою 1 м. Одиниця виміру λ у системі СИ – Вт/(м·К). Коефіцієнт теплопровідності залежить від пористості, вологості, температури та щільності ґрунту. Теплопровідність збільшується при збільшенні вологи і зниженні температури. Із зменшенням щільності ґрунту теплоємність і теплопровідність сухого ґрунту зменшуються. Деякі теплофізичні характеристики наводяться у табл. 1.3.

Для оцінки швидкості вирівнювання температури різних шарів ґрунту використовується його теплопровідність. Мірою температуропроводності ґрунту є коефіцієнт температуропроводності, що характеризує швидкість розповсюдження тепла у ґрунті і визначається як відношення коефіцієнта теплопровідності (λ) до об'ємної теплоємності ($C_{\text{об}}$):

$$K_T = \lambda / C_{\text{об}} \quad (1.9)$$

Величина коефіцієнта температуропроводності ґрунту залежить здебільшого від вмісту в ньому води і повітря, а також щільності.

Величина коефіцієнта температуропроводності ґрунту залежить здебільшого від вмісту в ньому води і повітря, а також щільності.

Тепло в ґрунті розповсюджується за законами загальної теорії молекулярної теплопровідності, які мають назву законів Фур'є:

Таблиця 1.3 – Теплофізичні характеристики і щільність основних компонентів ґрунтів (по де Фрізу)

Складові частини ґрунту	Питома теплоємність, кДж/(кг·К)	Щільність, кг/м ³	Об'ємна теплоємність, кДж/(м ³ ·К)	Коефіцієнт	
				теплопровідності, Вт/(м·К)	температуропроводності, м ² /с
Пісок	0.74	$2.65 \cdot 10^3$	$2.0 \cdot 10^3$	8.80	$4.40 \cdot 10^{-6}$
Більшість ґрунтових мінералів	0.80	$2.65 \cdot 10^3$	$2.1 \cdot 10^3$	2.90	$1.40 \cdot 10^{-6}$
Органічна речовина	2.50	$1.10 \cdot 10^3$	$2.7 \cdot 10^3$	0.25	$0.09 \cdot 10^{-6}$
Вода	4.20	$1.00 \cdot 10^3$	$4.2 \cdot 10^3$	0.60	$0.14 \cdot 10^{-6}$
Повітря (t = 20 ⁰ С)	1.00	1.20	1.20	0.03	$21 \cdot 10^{-6}$

– незалежно від типу ґрунту період коливань температури з глибиною не змінюється;

– зростання глибини в арифметичній прогресії викликає зменшення амплітуди в геометричній прогресії. Це видно з добового ходу температури ґрунту на різних глибинах (рис. 1.7).

– максимальні і мінімальні температури на глибинах настають пізніше.

Як видно з рис. 1.7, на глибині 70 – 100 см незалежно від типу ґрунту амплітуда температури практично дорівнює 0. Річні коливання температури розповсюджуються з глибиною за тими ж законами. Шар ґрунту, в якому спостерігається добовий і річний хід температури називається *активним або діяльним шаром*.

З особливостями добового та річного ходу температури пов'язаний розподіл температури ґрунту по вертикалі в різний час доби і пору року. Розподіл температури впродовж доби, декади, місяця, року розглядають за допомогою графіків, які дозволяють визначити зміну температури ґрунту в залежності від часу і глибини.

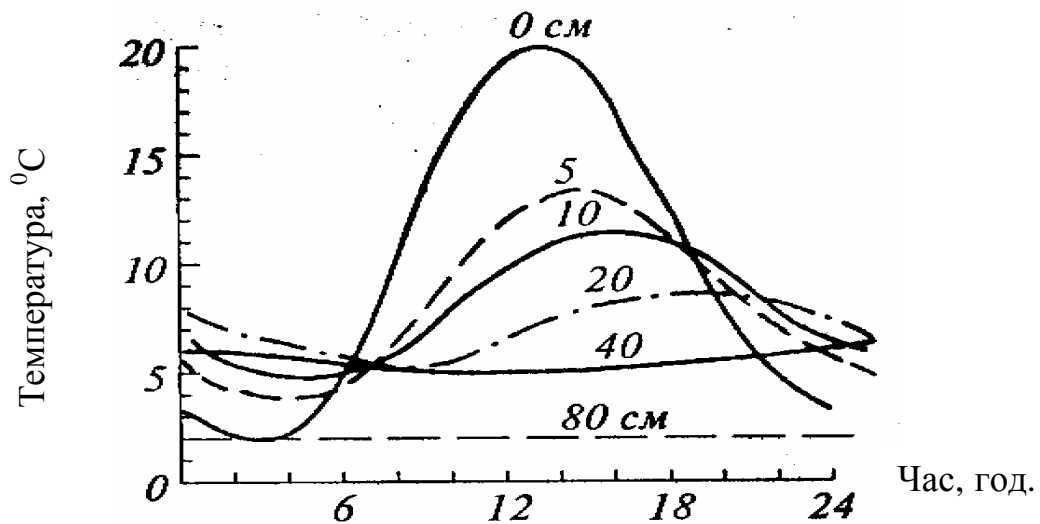


Рис. 1.7 – Добовий хід температури ґрунту на різних глибинах

Для побудови такого графіка на вертикальній осі відкладається глибина, на горизонтальній – час. На графік наносять середню температуру за певний відрізок часу. Потім точки з однаковими значеннями температури з'єднуються плавними лініями – *термоізоплетами* (рис. 1.8).

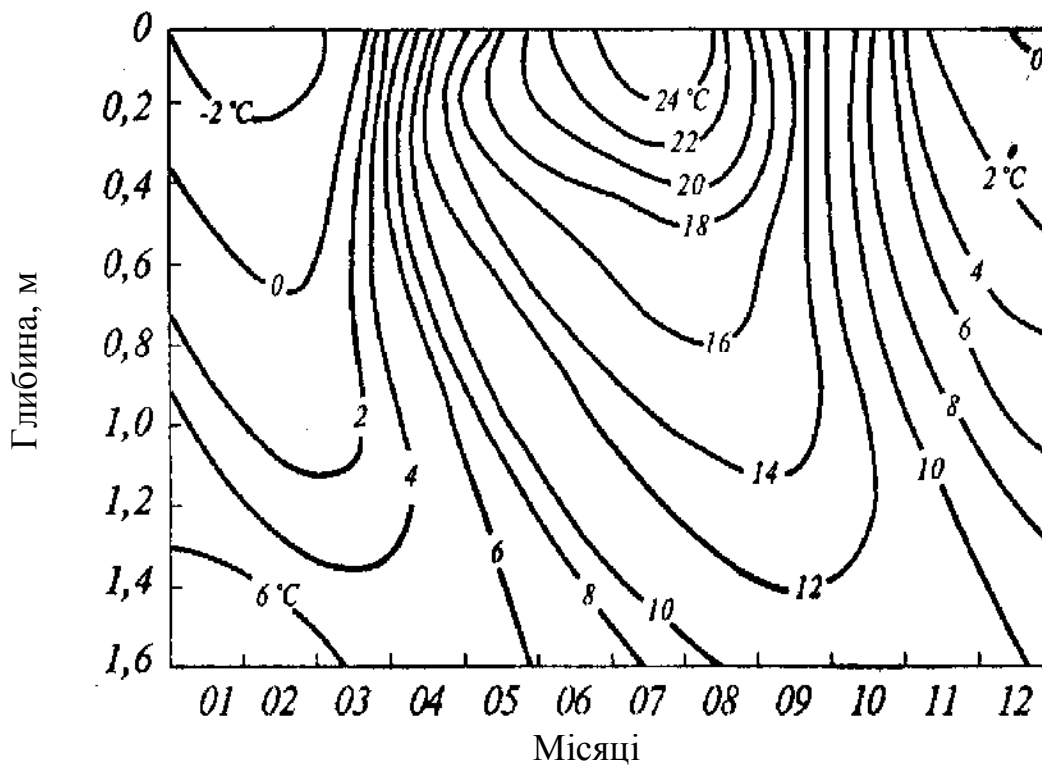


Рис. 1.8 – Термоізоплети річного ходу температури ґрунту

Такі графіки використовують для визначення критичних температур вимерзання озимих культур, а також при розрахунках меліорацій, у комунальному господарстві та при будівництві шляхів.

На температуру ґрунту суттєво впливає рельєф. Навесні і восени південні схили вдень тепліші, а північні холодніші, ніж відкрите рівне місце. Це обумовлено розподілом сумарної сонячної радіації.

На температуру ґрунту впливає наявність рослинного покриву. Дія рослинного покриву на термічний режим ґрунту і приземного шару повітря дуже різноманітна. Нерівномірне затінення ґрунту викликає неоднорідність термічного і радіаційного поля під посівами. Вдень поверхня під рослинами нагрівається менше і менше охолоджується вночі за рахунок зменшення випромінювання. Транспірація рослин та її мінливість з часом в значній мірі визначає розподіл температури у міжлистковому просторі і також зменшує температуру ґрунту за рахунок витрат тепла на випаровування. В холодну пору року на тепловий режим ґрунту дуже впливає наявність снігового покриву. Сніг завдяки малій теплопровідності перешкоджає сильному охолодженню і промерзанню ґрунту. За даними О.М. Шульгіна глибина промерзання ґрунту різко зменшується із збільшенням товщини снігу. Крім того, зменшується середня із абсолютних мінімальних температур на глибині 3 см.

Температура ґрунту має велике значення для перезимівлі озимих культур. Особливо велике значення має температура ґрунту на глибині 3 см. На цій глибині здебільшого розташовується вузол кушіння озимих культур – головний орган, у якому накопичуються речовини, необхідні рослинам у суворих умовах зими. О.М. Шульгіним встановлено, що головними показниками умов перезимівлі озимини є температура ґрунту на глибині 3 см, висота снігу, глибина промерзання ґрунту. Ці три чинники обмежують просування озимих культур у більш північні райони у ЄЧ СНД і в райони Сибіру. Якщо у озимих культур або багаторічних трав пошкоджується вузол кушіння і коренева шийка, то рослини гинуть і навесні їх життєдіяльність не відновлюється.

Навесні температура ґрунту також є важливим фактором в житті рослин. Після сівби проростання насіння, розвиток коріння, засвоєння ним продуктів живлення, життєдіяльність мікрофлори ґрунту залежать від температури ґрунту. З підвищенням температури та за умов доброго зволоження ґрунту всі процеси прискорюються. Зменшення температури ґрунту навесні призводить до загнивання і пошкодження насіння, що, в свою чергу, викликає зрідження посівів.

Проростання насіння зернових культур відбувається при температурі 0 – 5° С; соняшника, картоплі – 5 – 8° С; кукурудзи, капусти – 8 – 10° С; рису 10 – 12 °С; томатів, баклажанів, перцю – 12 – 15° С; бавовни, гарбузів – 13 – 15° С; динь, огірків – 15 – 18° С.

При підвищенні температури ґрунту проростання насіння прискорюється, але прискорення спостерігається тільки до оптимальних значень температури. Якщо сівба культур проводиться рано у холодний ґрунт, то поява сходів затримується, але прискорюється розвиток коріння. При пізній сівбі – навпаки. Цій закономірності не підлягають озимі культури, бо вони розвиваються восени на фоні безперервного зниження температури повітря і ґрунту.

Температура ґрунту відіграє важливу роль у біологічних та хімічних процесах, що визначають напрям і швидкість перетворення питомих речовин у ґрунті. Встановлено, що при температурі ґрунту 5° С надходження азоту і фосфору в рослини в 3 рази менше, ніж при температурі 20° С. Перетворенню елементів живлення у доступну для рослин форму сприяють мікроорганізми, активність яких збільшується при підвищенні температури.

З температурою тісно пов'язане розповсюдження шкідників і хвороб. У теплолюбних культур в холодні весни захворювання і пошкодження проростків збільшується.

В холодному ґрунті ($t \leq 5^\circ \text{C}$) збільшується кількість личинок проволочника. В теплому ґрунті ($t = 10 - 12^\circ \text{C}$) збільшується кількість бурякового довгоносика, капустної мухи, озимої совки та ін.

Температура ґрунту, як і температура повітря, має добовий і річний хід.

З метою покращання температурного режиму ґрунтів у сільськогосподарському виробництві застосовують цілу низку заходів. У північних районах, де ґрунти холодні, заходи спрямовані на підвищення температури ґрунту. В південних районах, де спостерігається надмірне надходження тепла при нестачі вологи, застосовують заходи для зменшення температури поверхні ґрунту і орного шару (0 – 20 см).

Заходи активного впливу на температуру ґрунту поділяють на три групи: *агротехнічні*, *агромеліоративні* і *агрометеорологічні*.

До *агротехнічних* заходів належать: глибока оранка, утворення гребенів, прикатування і інші. Цим зменшується альbedo ґрунту і тим самим змінюється його температурний режим. Температура ґрунту підвищується на 3 – 5° С.

До *агромеліоративних* заходів належать: мульчування ґрунту, снігова меліорація, зрошення та осушування. *Мульчування* – це покриття ґрунту різними матеріалами (плівками, торфом, соломною та ін.). В залежності від типу покриття температура ґрунту може змінюватись від ± 4 до $\pm 7^\circ \text{C}$.

Снігова меліорація підвищує температуру ґрунту внаслідок збільшення товщини снігу за рахунок снігозатримання.

Зрошення та осушування полів змінює тепловий режим ґрунту за рахунок зміни витрат тепла на випаровування. Зрошення збільшує теплоємність і теплопровідність ґрунтів. Осушення – навпаки. На

зрошуваних полях температура поверхні ґрунту зменшується на 15 – 30° С, на осушених полях – підвищується на 4 – 8° С.

До *агрометеорологічних* заходів відноситься створення полезахисних лісосмуг, утворення димових завіс та ін.

Лісосмуги впливають на швидкість вітру, на температуру повітря і ґрунту, на вологість повітря і ґрунту. В зимову пору року лісосмуги сприяють накопиченню снігу.

Димові завіси застосовують при загрозах весняних або осінніх приморозків для захисту плодових дерев, сходів різних культур та ін. Димові завіси зменшують ефективне випромінювання і зменшують таким чином інтенсивність приморозків.

Вміле і вдале регулювання теплового режиму ґрунту сприяє відновленню родючості ґрунтів і значно підвищує врожайність сільськогосподарських культур.

1.1.3 Вологість повітря.

Вологістю повітря називається вміст водяної пари в атмосфері.

Водяна пара постійно надходить в атмосферу внаслідок випарування води з поверхні водоймищ, ґрунту, снігу, льоду та рослинного покриву. В атмосфері вміст водяної пари та води складає $1,29 \cdot 10^3$ %.

Вологість повітря характеризується величинами:

- абсолютна вологість (a , г/м³) – кількість водяної пари у грамах в 1 м³ повітря;
- парціальний тиск (e) – фактичний тиск водяної пари, що є в повітрі, вимірюється у міліметрах ртутного стовпчика (мм. рт. ст.), мілібарах (мб) або гектопаскалях (гПа);
- тиск насиченої водяної пари або пружність насичення (E) – найбільше значення парціального тиску за даної температури, вимірюється також у мм, мб, гПа;
- відносна вологість (f) – це відношення парціального тиску водяної пари, що є в повітрі, до тиску насиченої водяної пари за даної температури, вимірюється у відсотках;
- нестача насичення повітря водяною парою (дефіцит насичення водяної пари) (d) – це різниця між пружністю насичення і фактичною пружністю водяної пари; нестача насичення вимірюється у мм, мб, гПа;
- точка роси (t_d , °С) – температура, при якій водяна пара, що є у повітрі за даного тиску, сягає стану насичення відносно хімічно чистої плоскої поверхні води;
- питома вологість (q , г/кг) – кількість водяної пари у грамах, що вміщується в 1 кг вологого повітря.

В атмосфері вміст водяної пари змінюється як за часом, так і за простором. Найбільша кількість водяної пари знаходиться біля поверхні, з якої йде випаровування. У вищі шари атмосфери водяна пара проникає внаслідок турбулентної дифузії. Розподіл водяної пари в атмосфері нерівномірний, але в середньому з висотою її кількість зменшується.

У приземному шарі повітря спостерігається добовий і річний хід вологості повітря.

Добовий хід пружності водяної пари і абсолютної вологості над океанами, морями та в прибережних зонах суші майже такий, як хід температури води і повітря. Такий же хід пружності водяної пари над материками взимку.

У теплу пору року над материками добовий хід вологості має вигляд подвійної хвилі.

Добовий хід відносної вологості залежить від значень пружності водяної пари і пружності насичення. Підвищення температури викликає підвищення як пружності водяної пари, так і пружності насичення. Але пружність насичення зростає значно швидше, тому значення відносної вологості зменшується. Амплітуда коливань добових значень відносної вологості більша над материками, ніж над водоймищами.

І в річному, і в добовому ході значення відносної вологості змінюються у зворотному порядку ходу температури.

На вологість повітря впливає рослинний покрив. Рослини випаровують велику кількість вологи, а також зменшують швидкість вітру і тим самим збільшують вологість повітря приземного шару. В середині посівів пшениці і жита відносна вологість на 15 – 30 %, а серед високорослих посівів (кукурудза, соняшник, кунжут та ін.) – на 20 – 30 % більше, ніж на відкритому місці. В середині посіву найбільші значення відносної вологості спостерігаються біля поверхні ґрунту.

Оскільки рослинний покрив значно впливає на такі елементи як: радіаційний баланс, температура повітря і ґрунту, вологість повітря, то в середині нього формується особливий метеорологічний режим, який має назву *фітоклімат*.

Вологість повітря має суттєвий вплив на сільськогосподарське виробництво. Вологість повітря в значній мірі обумовлює інтенсивність транспірації рослин. При високій температурі і незначній вологості повітря інтенсивність транспірації збільшується і виникає невідповідність між надходженням води та її витратами, що уповільнює ріст і розвиток рослин.

Надмірно висока вологість сприяє великоклітинній будові тканин рослин, що у подальшому викликає полягання у зернових культур. У період цвітіння висока вологість перешкоджає нормальному запиленню рослин, що призводить до зменшення врожаю.

Висока вологість у період досягання хлібів затримує наступ повної стиглості, збільшує вологість зерна і соломи, що, по-перше, ускладнює

збирання хлібів, по-друге – викликає проростання зерна. Зменшення дефіциту насичення до 3 гПа викликає повне припинення збирання зерна. Сприяє збиранню значення $d \geq 8$ гПа.

Підвищена вологість повітря влітку обумовлює виникнення і розповсюдження грибкових захворювань рослин: мучнистої роси, білої гнилі, фітофтори, різних видів іржі, а також мільдю на винограді.

Ще більше неприємностей рослинам завдає низька вологість. Зменшення відносної вологості до 30 % і нижче викликає втрату тургору у листках, а якщо це явище спостерігається декілька днів, то листя всихає, зменшується фотосинтезуюча поверхня і втрачається частина врожаю. Особливо шкідливе зменшення вологості повітря до 30 % у період цвітіння і наливу зерна хлібних злаків. Низька вологість викликає пересихання пилку, що сприяє неповному заплідненню і явищу череззерниці. Крім того, низька вологість у період наливання зерна викликає щуплість зерна, зменшення його врожаю.

Особливо небезпечна низька вологість вкупі з нестачею ґрунтової вологи. Якщо відносна вологість становить 30 % і менше, а запаси продуктивної вологи в орному шарі не більше 5 мм, а в метровому – не більше 30 мм в період наливання зерна, то зерно стає щуплим, погіршується його якість.

Високі температури повітря (вище 25° С), низька відносна вологість (≤ 30 %) і малі запаси продуктивної вологи (≤ 30 мм у шарі 1 м) викликають явища “запалу” і “захвату” зерна.

“Запал” – неповноцінне наливання зерна через високі температури і високу сухість повітря. “Захват” – неповноцінне наливання внаслідок високої температури і малих запасів продуктивної вологи або швидке висушування зерна під впливом суховіїв.

Низька відносна вологість повітря і високі температури збільшують тривалість міжфазного періоду кукурудзи “цвітіння волоті – утворення початку” на 10 – 15 днів.

Поєднання низької вологості повітря, високих температур та малих запасів продуктивної вологи призводить до утворення дрібних плодів і ягід, зменшує їх врожай та викликає слабку закладку бруньок під врожай наступного року.

Але низька вологість повітря у період дозрівання винограду і цукрових буряків підвищує вміст цукру у ягодах та коренеплодах. Від вологості повітря також залежать строки проведення сільськогосподарських робіт: сушка зерна, закладка силосу, боротьба з бур’янами і ін.

Вологість ґрунту. Вологість ґрунту дуже впливає на ріст та розвиток рослин. Найчастіше характеристикою вологості ґрунту є випаровування, випаровуваність та запаси продуктивної вологи у ґрунті [4 – 8].

Випаровуванням називається процес переходу речовин із рідкого або твердого стану у газоподібний.

Кількісно випаровування характеризується *швидкістю випаровування* – масою води (товщина шару δ), яка випаровується за одиницю часу. Шар води висотою в 1 мм, що випарувалась з площі 1 м^2 , відповідає масі води в 1 кг або в 1 л (1 мм шару води = $10 \text{ м}^3/\text{га} = 10 \text{ т/га}$). В природних умовах інтенсивність випаровування залежить від багатьох факторів: від температури поверхні, з якої відбувається випаровування, нестачі насичення повітря вологою у шарі повітря та швидкості вітру.

Згідно закону Дальтона, швидкість випаровування (w) прямо пропорційна різниці між тиском насиченої пари (E_1), що визначається за температурою випарної поверхні, та нормальним тиском водяної пари (e), що знаходиться у повітрі, і зворотно пропорційна атмосферному тиску (P)

$$w = A(E_1 - e) / p, \quad (1.10)$$

де A – коефіцієнт пропорційності, який залежить від швидкості вітру (найчастіше).

У зв'язку з тим, що біля поверхні землі атмосферний тиск коливається у порівняно невеликих межах, то він несуттєво впливає на швидкість випаровування і враховується тільки при порівнянні швидкості випаровування на різних висотах у гірській місцевості. За рівних інших обставин швидкість випаровування з висотою зростає.

Залежність швидкості випаровування від швидкості вітру пояснюється турбулентною дифузією водяної пари, яка зростає при підсиленні вітру.

Швидкість випаровування залежить не тільки від перелічених вище метеорологічних факторів, а і від властивостей поверхні, з якої йде випаровування.

З поверхні води швидкість випаровування зростає із підвищенням температури води, зростанням нестачі насичення повітря вологою, швидкості вітру. Крім того, вона залежить від розмірів водоймища. З малих водоймищ випаровування йде більш інтенсивно завдяки приходу з суші більш сухого повітря. Швидкість випаровування також залежить від солоності води. З водоймища з прісною водою випаровування збільшується, оскільки пружність насичення над прісною водою вище, ніж над розчином.

У деякій мірі випаровування з водної поверхні залежить і від прямої сонячної радіації, що значно прогріває товщу води. Чим прозоріша вода, тим глибше вона прогрівається.

Швидкість випаровування з поверхні ґрунту залежить від стану його поверхні, фізичних властивостей, температури і вологості, рельєфу,

наявності та виду рослинного покриву, вологості повітря, швидкості вітру і т. ін.

З вологих і темних ґрунтів випаровування більше, з нерівної поверхні поля (оранка) інтенсивність випарування більше. Тому навесні у посушливих районах для зменшення випаровування оранку поля притрамбовують катками. Піщані ґрунти випарюють води менше, ніж глиняні. Чим більші частинки піску, тим менше випаровування. Якщо діаметр піщинок 2 мм і більше, випаровування майже не спостерігається.

П.А. Костичев встановив, що випаровування з поверхні ґрунту різко зменшується, якщо орний шар ґрунту має будову грудочками.

На випаровування води впливає також глибина залягання ґрунтової води. Випаровування буде більше там, де ґрунтова вода ближче до поверхні.

Рельєф обумовлює зміну швидкості вітру, а це призводить до зміни режиму випаровування. На пагорбах швидкість вітру вище, ніж на рівному місці, тому і випаровування там більше. Рослинний покрив затінює ґрунт від сонячних променів, зменшує перемішування повітря, значно зменшує випаровування з ґрунту.

Випаровування води рослинами називається *транспірацією*. Споживаючи воду з ґрунту, рослини забезпечують себе питомими речовинами та посилюють процеси фотосинтезу.

Кількість води, яка необхідна рослинам для утворення одиниці маси сухої речовини, називається *коефіцієнтом транспірації*. Значення коефіцієнта транспірації залежить від виду і сорту рослини, стану та фази її розвитку, а також від стану навколишнього середовища. Для багатьох рослин помірного поясу коефіцієнт транспірації змінюється від 300 до 800 (табл. 1.4).

Значення коефіцієнтів транспірації змінюється також в залежності від умов вирощування: у вологому кліматі, при значних дозах добрив коефіцієнт транспірації зменшується.

На інтенсивність транспірації впливає вологість шару ґрунту, де розташована переважна більшість коріння. В залежності від умов вирощування рослини мають різні системи регулювання, які дозволяють зменшувати випаровування.

Сумарне випаровування – це транспірація, випаровування з ґрунту і випаровування вологи, затриманої рослинами під час опадів.

Складові сумарного випаровування впродовж вегетаційного періоду значно змінюються. На початку вегетації випаровування з поверхні ґрунту більше, ніж з рослин. Під час найбільшого розвитку рослин випаровування з поверхні рослинного покриву значно збільшується, а з поверхні ґрунту – зменшується.

Випаровування впродовж доби та впродовж року змінюється. Найбільші значення сумарне випаровування має о 13 – 14 год. В теплу пору року добовий хід сумарного випаровування чіткіший, ніж взимку .

Таблиця 1.4 – Значення коефіцієнтів транспірації різних культур (орієнтовано)

Культура	Коефіцієнт транспірації	Культура	Коефіцієнт транспірації
Пшениця	450-600	Льон	400-500
Овес	600-800	Соняшник	500-600
Жито	500-800	Трави	500-700
Горох	290-420	Картопля	300-600
Гречка	500-600	Овочі	500-800
Просо	200-250	Ячмінь	310-770
Рис	500-800	Листяні дерева	400-600
Кукурудза	250-300		

Річне значення сумарного випаровування залежить від ходу температури та вологості повітря і ґрунту. В сухий рік інтегральне значення сумарного випаровування, попри значні енергетичні затрати, значно нижче, ніж у вологі роки , коли інтенсивність випаровування через високі вологозапаси значно вища.

Випаровуваність називається потенційно можливе, не обмежене запасами води, випаровування в даній місцевості із зволоженої поверхні ґрунту або води за існуючих метеорологічних обставин.

Випаровуваність, як і випаровування вимірюється у мм шару води. На теренах СНД випаровуваність змінюється з північного заходу на південний схід від 320 до 1200 мм.

В агрометеорології випаровуваність прирівнюється до вологопотреби рослин, тобто кількості води, що рослина споживає за даних метеорологічних умов при безперебійному постачанні води корінням.

Сумарне випаровування – вологоспоживання або інакше кількість води, що витрачається з поля, зайнятого рослинами, при природному зволоженні за даних метеорологічних умов.

Випаровування з поверхні ґрунту вимірюється за допомогою лізиметрів або ґрунтових випарників ГГІ – 500-50 або ГГІ – 500-100. Це ґрунтові моноліти з непорушеною структурою всередині металевих циліндрів. Найбільш досконалим приладом для вимірювання випаровування є гідравлічний ґрунтовий випарник (ГГВ). Досить складний прилад, в якому ґрунтовий моноліт масою 400 кг з випарною поверхнею

2000 см² поміщено у поплавок, що знаходиться у баку з водою. Глибина занурення моноліту змінюється в залежності від випаровування.

Для вимірювання випаровуваності з поверхні води застосовуються випарники ГГІ – 3000 (площа 0,3 м², глибина 60 см) або будуються випаровувальні басейни, площа яких становить 20 м².

Величини випаровування і випаровуваності мають велике значення для вирішення багатьох задач, серед яких провідними є водопостачання, зрошення, осушування та ін. Тому в практиці для визначення випаровування та випаровуваності застосовують різні емпіричні методи. Для розрахунків сумарного випаровування застосовують методи водного балансу, турбулентної дифузії, метод М.І. Будико, комплексні методи М.І. Будико – Л.І. Зубенок, С.І. Харченко, Пенмана, Торнтвейта, О.Р. Константинова і ін.

Для визначення випаровуваності застосовуються методи О.М. Алпатєва, М.М. Іванова, Г.Т. Селянінова та ін. Деякі методи (М.І. Будико, С.І. Харченко) використовуються як для розрахунків сумарного випаровування, так і для розрахунків випаровуваності.

Однією з найважливіших задач агротехніки є зменшення непродуктивного випаровування з ґрунту та бур'янами. Вирішення цієї задачі досягається різними заходами.

Суттєво змінюють режим випаровування з полів знищення бур'янів, оранка полів на зяб, боронування зябу навесні, обробка полів у міжряддях ширококорядних культур, безвідвальна оранка восени, створення лунок на зябу, мульчування стернею, торфом, перегноєм, тирсою, соломою, листям.

Крім перелічених заходів змінює режим випаровування посадка лісозахисних смуг, які зменшують швидкість вітру і послаблюють турбулентне перемішування повітря у приземному шарі. Сприяють накопиченню вологи і куліси із високостебельних рослин [9 – 12].

2 Фенологічні прогнози

Темпи розвитку сільськогосподарських культур тісно пов'язані з погодними умовами місцевості, де вони вирощуються. В залежності від природно – кліматичних зон та погодних умов встановлюється перелік культур, які мають виробниче значення та можуть вирощуватись в цих природно – кліматичних зонах. Оскільки різноманітність природно-кліматичних зон дуже велика, то і набір вирощуваних культур змінюється від зони до зони.

Якщо розглянути умови вирощування сільськогосподарських культур в Україні, то вони змінюються від прохолодних та перезволожених (північно-західне Полісся) до жарких та сухих – (південний степ). У зв'язку з цим змінюються і вимоги до агрометеорологічного обслуговування сільськогосподарських організацій.

Прогнози дат настання фаз розвитку сільськогосподарських культур (фенологічні прогнози) є одним із найважливіших розділів агрометеорологічного обслуговування сільського господарства. Вони складаються як самостійно так і можуть бути складовою частиною багатьох інших прогнозів, де необхідно виконувати оцінку агрометеорологічних умов по міжфазних періодах [15 – 28].

Найчастіше самостійно складаються фенологічні прогнози: термінів дозрівання сільськогосподарських культур, цвітіння плодових дерев та винограду, колосіння зернових, настання молочної та воскової стиглості кукурудзи та ін.

Агрометеорологічні прогнози дозволяють завчасно підготуватись до проведення різного виду сільськогосподарських робіт з урахуванням особливостей погоди кожного конкретного року.

2.1 Наукові основи методів фенологічних прогнозів

Визначення очікуваних термінів настання різних фаз розвитку сільськогосподарських культур виконується на основі залежностей, які характеризують вплив погодних умов на швидкість розвитку рослин.

Багатьма дослідженнями [15-28] встановлено, що швидкість розвитку рослин найчастіше визначається ходом термічного режиму. Слід відрізняти поняття "ріст рослин" та "розвиток рослин". Ріст рослин – це збільшення маси рослин незалежно від того, внаслідок розвитку яких органів це збільшення відбулось.

Розвиток рослин – це той шлях необхідних якісних змін у клітинах (морфологічних ознак), який рослина проходить від сівби до дозрівання насіння.

Швидкість розвитку рослин залежить від умов навколишнього середовища. Комплекси зовнішніх умов, що необхідні для зростання та розвитку рослин часто не співпадають. Рослини досить довго можуть рости, але залишатися на одній і тій же фазі розвитку.

Швидкість настання більшості фаз розвитку рослин (тобто появи нових морфологічних ознак) у значній мірі залежить від температури навколишнього середовища. Це Т.Д. Лисенко встановив:

1. Напруга теплової енергії є одним із найважливіших факторів, що впливають на тривалість проходження фаз у рослин.

2. Кожна фаза однієї і тієї ж рослини починається за визначених термічних умов. Температура, що необхідна для проходження однієї фази, може бути непридатна для проходження іншої фази.

3. Для завершення процесу кожної фази необхідна постійна сума градусо-днів, якщо рахунок вести не від фізичного нуля, а від значення температури, при якій починаються процеси формування даної фази.

Температура, за якої починаються процеси життєдіяльності рослини, називається *біологічним нулем*.

Т.Д. Лисенко запропонував формулу для визначення тривалості міжфазних періодів (N):

$$N = \frac{A}{(t - B)} \quad (2.1)$$

де t – середня за добу температура повітря, °С;

B – біологічний нуль, °С ;

A – постійна сума температур, яка необхідна для настання чинної фази, підрахована від значення B , °С.

Таким чином, при складанні прогнозів фаз розвитку сільськогосподарських культур необхідно знати постійні суми температур вище біологічного нуля, що необхідні для настання визначених фаз розвитку та значення біологічного нуля.

Рослини, біологічні особливості яких склалися з далекого минулого під постійним впливом клімату, починають розвиток за одних і тих же значень біологічного нуля. Так, дерева, чагарники, трави та більшість польових культур помірного клімату починають та закінчують розвиток при температурі 5° С. Тому О.О. Шіголев запропонував приймати температуру 5° С за біологічний нуль усіх холодостійких рослин помірного клімату.

О.О. Шіголев [15, 16], використовуючи формулу Т.Д. Лисенко, запропонував розраховувати очікувані дати настання фаз розвитку за формулою:

$$D = D_1 + \frac{A}{(t - B)} \quad (2.2)$$

де D – очікуваний термін настання послідувочої фази;
 D_1 – дата настання попередньої фази розвитку;
 A – постійна сума ефективних температур, необхідна для настання фази, °C;
 t – очікувана середня температура повітря за міжфазний період, °C;
Якщо визначення термінів настання будь-якої фази розвитку виконується через деякий час після настання попередньої фази, то у такому випадку використовується формула :

$$D = D_1 + \frac{A - \Sigma t}{(t - B)} \quad (2.3)$$

де D_1 – дата розрахунку фази розвитку;
 Σt – сума ефективних температур, що накопичилась за час від дати настання попередньої фази до дати складання прогнозу.

При складанні прогнозів дат настання фаз розвитку сільськогосподарських культур слід пам'ятати про те, що при високій температурі повітря відхилення розрахованої дати від фактичної менше, ніж при низькій температурі. Це говорить про те, що в періоди з високими температурами прогнози фаз розвитку можна складати з більшою завчасністю.

Л.М. Бабушкін [17] запропонував формулу для розрахунку швидкості розвитку рослин:

$$\frac{1}{N} = t - \frac{B}{A} \quad (2.4)$$

де $1/N$ – середня швидкість розвитку рослин. Інші позначки у формулі ті ж, що у формулі (2.2).

Розрахунок дат появи фаз розвитку рослин за значеннями сум ефективних температур дає дуже добрі результати у випадках, коли запаси продуктивної вологи у ґрунті не досягають критичних значень, а температури повітря не дуже високі. Високі температури (вище оптимальних) не прискорюють розвиток рослин і якщо розраховувати дати настання за такими температурами, то помилка збільшується, тому

що міжфазний період за розрахунками буде значно коротший від фактичного. Такі випадки трапляються найчастіше у південних районах. Тому продовжують розроблятися методи розрахунку дат настання фаз розвитку не тільки з використанням значень температури повітря, а і з використанням значень запасів продуктивної вологи, тривалості дня та ін.

Для більшості районів розрахунки фаз розвитку виконуються за сумами температур. У південних районах у періоди з високими температурами при розрахунках вводяться поправки на високі температури.

Для прикладу розглянемо декілька фенологічних прогнозів, зокрема прогнози дат настання фаз розвитку кукурудзи та прогноз дати настання цвітіння у плодових культур та винограду.

2.2 Прогнози фаз розвитку пізніх ярих культур

Пізні ярі культури (просо, гречка, кукурудза, рис, овочеві) це теплолюбні культури. Нестача тепла призводить до того, що культури не визрівають. Крім того, пізні весняні та ранні осінні заморозки викликають пошкодження цих культур. Тому прогнозування термінів сівби цих культур, та настання фаз розвитку з врахуванням умов, що склалися та очікуються, має велике практичне значення.

Прогноз фаз розвитку кукурудзи. Метод прогнозу дат настання фаз розвитку кукурудзи розроблено Ю.І. Чирковим [3] і засновується він на зв'язку темпів розвитку кукурудзи з термічним режимом. Найчастіше у виробництві для кукурудзи розраховуються дати викидання волоті, молочної та воскової стиглості. Ю.І. Чирковим встановлено, що різні за скоростиглістю сорти кукурудзи вимагають різних сум ефективних температур. Для кукурудзи властиві особливості, що різні за скоростиглістю сорти мають різну кількість листків. Кількість листків на головній стебліні у кукурудзи є сортовою відзнакою.

Між кількістю листків, що утворюються на стеблі кукурудзи та сумою температур (вище 10°C) за період утворення цих листків існує тісний зв'язок. Середня сума ефективних температур за один міжлистовий період становить 30° ± 2°C. Тривалість періоду утворення листків у кукурудзи розраховується за рівнянням:

$$n = \frac{30(N+1)}{C(t-10)} \quad (2.5)$$

де n – тривалість періоду, дні;

N – кількість міжлистових періодів;

t – середня температура періоду, °C;

C – поправочний коефіцієнт, який визначається з табл. 2.1.

Дослідженнями Ю.І. Чиркова встановлено, що оптимальною температурою для розвитку кукурудзи у період від 3-го листка до викидання волоті є температура 20 – 24° C. Більш висока температура не викликає прискорення розвитку а тільки збільшує розміри “баластних” температур, тобто температур, які не прискорюють розвиток рослин навіть в умовах високої забезпеченості вологою.

Таблиця 2.1 – Залежність поправочного коефіцієнту (C) від середньої температури повітря (t_{cp})

t_{cp} °C	C	t_{cp} °C	c
20	1.00	24	0.90
21	0.98	25	0.87
22	0.96	26	0.84
23	0.93	27	0.80

Для усунення впливу баластних температур Ю.І. Чирковим було розроблено поправочний коефіцієнт C .

Прогноз дати настання фази викидання волоті. Суми ефективних температур до дати настання фази викидання волоті розраховані Ю.І. Чирковим починаючи з утворення будь-якого листка (табл. 2.2).

Прогноз дати настання фази викидання волоті складається майже завжди після проведення спостережень по визначенню кількості листків, що ще не вийшли. Визначивши кількість листків, що не вийшли та використовуючи суму ефективних температур одного міжлиستкового періоду, можна від дати появи наступного листка розрахувати суму температур, яка необхідна для викидання волоті, і розрахувати дату настання цієї фази.

Кількість закладених листків у залежності від сорту визначається з табл. 2.3.

Дату викидання волоті також можна розрахувати за формулою:

$$D = D_1 + \frac{30(\alpha + 1)}{c(t - 10)} \quad (2.6)$$

де D_1 – дата визначення кількості листків, які ще не вийшли;

α – кількість міжлисткових періодів. Інші позначки у формулі (2.6) ті ж, що і у формулі (2.5).

Таблиця 2.2 – Сума ефективних температур (°C), необхідна для настання фази викидання волоті з врахуванням появи листків

Період розвитку	<i>Сорт</i>		
	пізньостиглий	середньостиглий	середньостиглий
3-й лист – викидання волоті	540	480	420
5-й лист – викидання волоті	480	420	360
7-й лист – викидання волоті	420	360	300
9-й лист – викидання волоті	360	300	240
11-й лист – викидання волоті	300	240	180
13-й лист – викидання волоті	240	180	120
15-й лист – викидання волоті	180	120	60
17-й лист – викидання волоті	120	60	–
19-й лист – викидання волоті	60	–	–

Таблиця 2.3 – Кількість листків у сортів кукурудзи різної скоростиглості

Групи сортів та гібридів	Число листків	Найменування сортів і гібридів
Дуже пізні	21	Місцеві грузинські, Арджаметська біла
Пізні	19 – 21	Одеська 10, ВІР 156, Таврія ГС 400, гібриди югославської та румунської селекції
Середньопізні	17 – 18	ВІР 42, Одеська 50, Краснодарська 436, Краснодарська 440, Краснодарська ПГ-303
Середньостиглі	15 – 16	Дніпропетровська 247, Буковинська 3, Харківська 23
Середньоранні	13 – 14	Воронежська 76, Буковинська 1, Дніпропетровська 438
Ранні	11 – 12	Славгородська 270

Прогноз складається за 20 – 25 діб до викидання волоті в чорноземних районах та 30 – 35 діб – у нечорноземних районах. Але завчасність прогнозу може бути значно збільшена, якщо прогноз складати відразу ж після появи 3-го листка. Температурні показники при складанні прогнозів визначаються з синоптичного прогнозу погоди. Якщо прогноз складається після появи третього листка а прогноз погоди є тільки на місяць, то у таких випадках використовується середня багаторічна температура повітря.

(Приклад розрахунку наводиться викладачем).

Прогноз дат настання фаз молочної та воскової стиглості кукурудзи.

Прогноз строків настання молочної стиглості має важливе виробниче значення, так як завчасно інформує сільськогосподарські організації про строки збирання кукурудзи на силос і зерно. Прогноз складається після отримання фактичних даних фаз настання фази викидання волоті. Очікувана дата настання молочної стиглості розраховується двома методами.

Перший метод. Період викидання волоті – молочна стиглість розділений на два періоди: викидання волоті – поява ниток початку та поява ниток початку – молочна стиглість. У період від викидання волоті до появи ниток початку швидкість розвитку кукурудзи залежить від температури повітря (t) і вологості ґрунту (W). Тривалість періоду викидання волоті – поява ниток початку розраховується з рівняння:

$$n = 0,6t - 0,15W + 4,4 \quad (2.7)$$

В практичній роботі для визначення періоду викидання волоті – поява ниток користуються графіком (рис. 2.1).

Друга половина періоду – поява ниток – молочна стиглість знаходиться у великій залежності від температури повітря і його тривалість визначається з формули:

$$n = 42,5 - 0,6t \quad (2.8)$$

Зручніше його визначати з графіка (рис. 2.2) за даними середньої температури повітря за 10 – 15 днів після появи ниток. Температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

Другий метод. Дата настання молочної стиглості розраховується за сумами ефективних температур вище 10°C . За даними Ю.І. Чиркова для ранньостиглих сортів ця сума складає 240°C ; середньостиглих – 260°C , пізніх – 280°C . При підрахуванні сум обов'язково користуються значеннями поправочного коефіцієнту на температуру повітря (табл. 2.2).

Приклад. Гібрид ВІР – 42 (середньопізній), фаза викидання волоті 25 липня. За синоптичним прогнозом середня температура повітря наприкінці липня становитиме 21°C , у першій декаді серпня – 21°C , у другій декаді серпня – 19°C , у третій – 14°C . З врахуванням поправок на температуру за період з 26 липня по 31 серпня накопичиться сума ефективних температур:

$$0,98(21-10) \times 6 + 0,98(21-10) \times 10 + 1,0(19-10) \times 10 + 1,0(14-10) \times 11 = 307^{\circ}\text{C}.$$

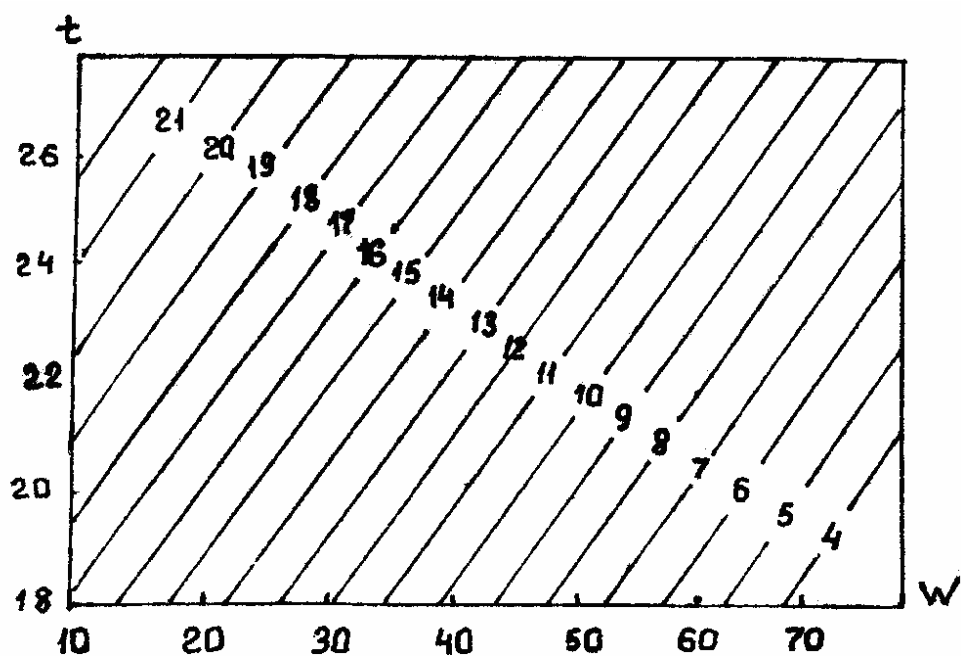


Рис. 2.1 – Залежність тривалості періоду викидання волоті – поява ниток початку кукурудзи від середньої температури та вологості ґрунту

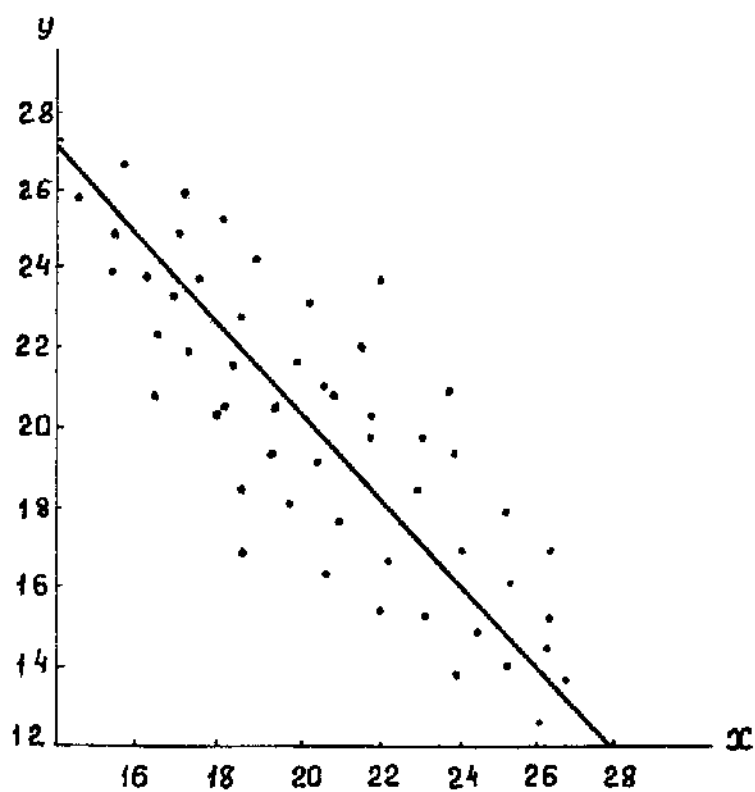


Рис. 2.2 – Залежність періоду поява ниток – молочна стиглість від середньої температури повітря.

Для середньопізніх сортів потрібно 280° С для настання фази молочної стиглості. Різниця складає 27 °С. Розділити 27 °С на середню арифметичну ефективну температуру третьої декади серпня (14 – 10°=4) (27 : 4= 7). Таким чином, фаза молочної стиглості має наступити 24 серпня (31 – 7 = 24).

Прогноз дат настання воскової стиглості кукурудзи. Фаза воскової стиглості завершує період вегетації кукурудзи. Високі температури прискорюють просихання зерна. Тривалість (n) періоду викидання волоті – воскова стиглість знаходиться у тісній залежності від температури повітря і розраховується за рівняннями:

$$n = \frac{\sum t_{>10}}{(t - 10) \cdot C} \quad (2.9)$$

де $\sum t_{>10}$ – сума ефективних температур вище 10 °С за цей період. Вона становить: для ранніх сортів 350° С; середньостиглих – 400° С; середньопізніх і пізніх – 450 °С;

t – середня температура повітря.

Термін настання фаз воскової стиглості розраховується також за сумами ефективних температури (табл. 2.4).

З прогнозу погоди визначається очікувана середня температура повітря після настання фази викидання волоті і по табл. 2.4 визначається необхідна для воскової стиглості сума температур.

Таблиця 2.4 – Суми ефективних температур за період викидання волоті – воскова стиглість

Сорт і кількість листків	Середня температура повітря, °С				
	≤ 20	22	24	26	28
Пізньостиглі і середньопізні, 17 – 20	450	502	544	586	648
Середньостиглі і середньоранні, 13 – 16	400	442	480	515	560
Скоростиглі	350	380	415	445	495

2.3 Метод прогнозів фаз розвитку плодових культур

За початок розвитку плодових культур вважається перехід середньої за добу температури повітря через 5 °С. Однією з основних фаз у розвитку плодових культур є цвітіння. Від умов погоди в цей період залежить родючість плодових.

Прогноз цвітіння плодових було розроблено одним із перших. О.О. Шіголевим [15, 17] були отримані показники швидкості розвитку плодових дерев, які відображались сумами температур.

У плодових дерев час настання фази цвітіння добре співпадає з часом накопичення певних сум ефективних температур (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Суми ефективних температур (вище 5° С) від початку вегетації до цвітіння плодових культур

Культура, сорт	$\sum t_{f5^{\circ}C}$
Абрикос краснощокий	88
Груша – усі сорти	125 ± 10
Вишні – Володимирська, Любська	150 ± 10
Яблуня – Антонівка звичайна, білий налив, жовтий налив, Апорт, Кальвіль, Папіровка, Джанатан, Пепін	185 ± 10
Яблуні – усі інші сорти	125 ± 10

Якщо в період підрахунку сум ефективних температур виникло похолодання, а потім знову потеплішало, то суми температур продовжують підраховувати після похолодання.

Окрім сум температур, складання прогнозу цвітіння плодових культур виконується також за формулою, яку запропонував Л.Н. Бабушкін [17]:

$$n = \frac{\sum t_{>5}}{(T - 5)} \quad (2.10)$$

де n – тривалість періоду від переходу середньої температури повітря через 5° С до зацвітання;

$\sum t_{>5}$ – сума ефективних температур, °С;

T – середня температура повітря за прогнозований період, °С.

Слід зауважити, що навесні, коли складається прогноз цвітіння плодових, в окремих дні середня температура повітря може бути нижче 5° С. Тому суми ефективних температур у такому випадку визначаються з табл. 2.6.

Допустима помилка прогнозу ± 4 дні.

При складанні прогнозу цвітіння плодових культур необхідно також розрахувати імовірність припинення заморозків на очікувану дату цвітіння.

Для розрахунку імовірності припинення заморозків на дату цвітіння плодових необхідно знати середню багаторічну дату припинення

заморозків для даного району та коефіцієнти для різних значень імовірності. Коефіцієнти розраховані (a) І.А. Гольцберг [33] (табл. 2.7).

Таблиця 2.6 – Суми ефективних температур (вище 5° С) за декаду при різних значеннях середньої декадної температури повітря

Середня декадна, t °С	Десяті долі градусів									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
1	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
2	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8
3	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,7	6,4	7,0	7,5
4	8,0	8,4	8,8	9,2	9,6	10,0	10,6	11,2	11,8	12,4
5	13,0	13,6	14,2	14,8	15,4	16,0	16,6	17,2	17,8	18,4
6	19,0	19,6	20,2	20,8	21,4	22,0	22,6	23,2	23,8	24,4
7	25,0	25,6	26,2	26,8	27,4	28,0	28,8	29,6	30,4	31,2
8	32,0	32,8	33,6	34,4	35,2	36,0	37,0	38,0	39,0	40,0
9	41,0	41,8	42,6	43,4	44,2	45,0	46,0	47,0	48,0	49,0
10	50,0	51,0	52,0	53,4	54,0	55,0	56,0	57,0	58,0	59,0

І.А. Гольцберг також розраховані значення середньоквадратичних відхилень (σ) дат заморозків і побудовано карту значень σ для всієї території СНД.

Таблиця 2.7 – Значення коефіцієнтів (a) (за І.А. Гольцберг)

Імовірність, %	50	40	30	20	10	0
	50	60	70	80	90	100
Коефіцієнт	0	- 0.25	- 0.52	- 0.84	- 1.28	- 2.25
	0	0.25	0.52	0.84	1.28	2.25
Відхилення у днях При $\sigma = 10$	0	- 2	- 5	- 8	- 13	- 22
	0	2	5	8	13	22

Перемножуючи коефіцієнт (a) на значення σ отримують відхилення у днях від середньої багаторічної дати припинення заморозків навесні відповідно різної імовірності припинення заморозків. Порівнюючи очікувані дати цвітіння з датами припинення заморозків різної імовірності, отримують імовірність припинення заморозків на цвітіння.

3 Прогнози запасів продуктивної вологи та вологозабезпеченості сільськогосподарських культур

Ґрунтова волога – один з найголовніших факторів, що впливає на формування врожайності сільськогосподарських культур. Тому так необхідно враховувати особливості водного режиму сільськогосподарських угідь і закономірностей його зміни в залежності від різних показників. Запаси продуктивної вологи на сільськогосподарських полях і в районах з глибоким заляганням ґрунтової води формуються внаслідок взаємодії ґрунту, рослин і метеорологічних умов. В зоні високого залягання ґрунтових вод, крім того, впливає їх рівень. В цілому динаміка запасів ґрунтової вологи у вегетаційний період характеризується поступовим зменшенням запасів. Витрати води в літній період не компенсуються опадами, що випадають і тільки в період дозрівання культур спостерігається збільшення запасів вологи.

Проте впродовж вегетації сільськогосподарських культур на витрати запасів вологи впливають не тільки погодні умови, але і міра заглиблення і характер розвитку коріння, а також розміри надземної маси рослин. Це призводить до того, що швидкість витрат ґрунтової вологи у вегетаційний період рослин дуже змінюється. В районах, де ґрунтові води знаходяться глибоко і капілярний підтік відсутній, найбільша кількість вологи витрачається через транспірацію із шару ґрунту, де розташоване коріння. Витрати сягають найбільших значень у репродуктивний період [2– 8].

С.О. Веріго [4 – 6] запропонувала кількісну закономірність зміни (ΔW) запасів продуктивної вологи під озимими і ярими зерновими культурами в залежності від метеорологічних факторів:

$$\Delta W = aW_i + br - ct + d \quad (3.1)$$

де W_i – початкові запаси продуктивної вологи, мм ;

t – температура повітря за декаду, °С;

r – сума опадів за декаду, мм.

Числові коефіцієнти a , b , c , d залежать від виду культур, фази їх розвитку та типу ґрунтів.

На підставі цієї закономірності С.О. Веріго було розроблено метод прогнозу запасів продуктивної вологи під ярою та озимою пшеницею.

Здатність рослин використовувати вологу з ґрунту визначається співвідношенням коріння і наземної маси та їх розвитком .

Розробляючи прогноз запасів продуктивної вологи для ярих зернових культур, С.О. Веріго розбила вегетаційний період на 3 періоди, які відрізняються потребою рослин у воді та розмірами і будовою надземної маси і коріння:

- 1 – формування сходів і листя (від сівби до виходу в трубку);
- 2 – формування колосу і цвіту (від виходу в трубку до цвітіння);
- 3 – формування зерна (після цвітіння).

Для цих трьох періодів були встановлені залежності зміни запасів продуктивної вологи від запасів вологи на початок розрахункового періоду, суми опадів за цей же період та середньої температури повітря. Найдоцільніше розрахунки проводити за декадними даними вказаних величин. Залежності одержані окремо для чорноземних та підзолистих ґрунтів.

Початковими даними при складанні прогнозу запасів продуктивної вологи у ґрунті є фактичні дані про запаси вологи у ґрунті на початок розрахунку, фази розвитку зернових та синоптичні прогнози температури, опадів.

Розрахунок зміни запасів продуктивної вологи під зерновими культурами виконується за рівнянням (3.1), а числові коефіцієнти наводяться у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Коефіцієнти a , b , c , d рівняння (3.1)

Період вегетації	Шар ґрунту, см	a	B	c	D
Ранні ярі зернові культури (чорноземні ґрунти)					
Сівба – вихід в трубку (1-й період)	0-20	-0,10	+0,35	-0,28	+0,9
	0-100	-0,27	+0,78	-0,127	+2,0
Вихід в трубку – цвітіння (2-й період)	0-100	+0,07	+0,93	-0,176	-20,6
Цвітіння – воскова стиглість (3-й період)	0-100	-1,72	+1,08	-0,229	+23,3
Підзолисті ґрунти					
1-й період	0-20	0,54	0,22	0,20	7,6
	0-100	0,40	1,24	0,31	2,5
2-й період	0-100	1,53	0,51	0,13	17,7
3-й період	0-100	0,93	0,64	0,09	10,7

$$W_2 = W_n + \Delta y(\pm \Delta t) \quad (3.2)$$

Для прискорення розрахунків побудовані графіки (рис. 3.2 а, б, в). На рис. 3.2 на осі x – запаси вологи на початку декади, на осі y – сума опадів за декаду, для якої виконується розрахунок; у полі графіків – зміна запасів

продуктивної вологи за декаду. До кожного графіка додається таблиця поправок на температуру повітря. Очікувані запаси продуктивної вологи (W_2) становлять суму запасів вологи на початок декади (W_n) та зміну їх, зняту з графіка з поправкою на температуру, тобто:

Побудовані також графіки, за якими визначаються очікувані запаси вологи, а не їх зміна. Графіки побудовано окремо для ярої та озимої пшениці.

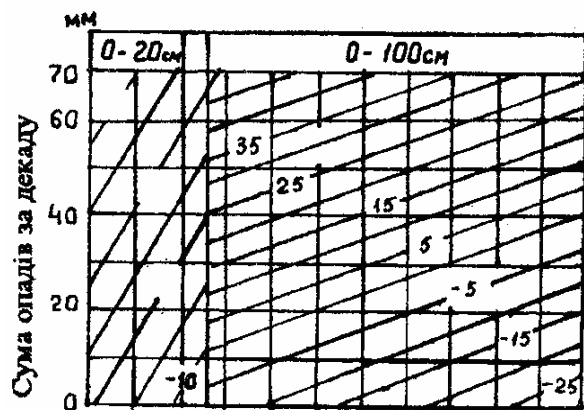
Розрахунок очікуваних запасів вологи виконується послідовно для кожної декади розвитку. Для цього розраховані запаси вологи за поточну декаду приймаються за початкові для наступної декади. Температура повітря та опади використовуються за ту декаду, для якої ведуться розрахунки.

Якщо в розрахунках отримано від'ємний результат, то вони прирівнюються до 0.

Очікувані запаси продуктивної вологи під озимую пшеницею розраховуються за рівняннями табл. 3.2, або графіками С.О. Веріго (рис. 3.1 а, б, в, г).

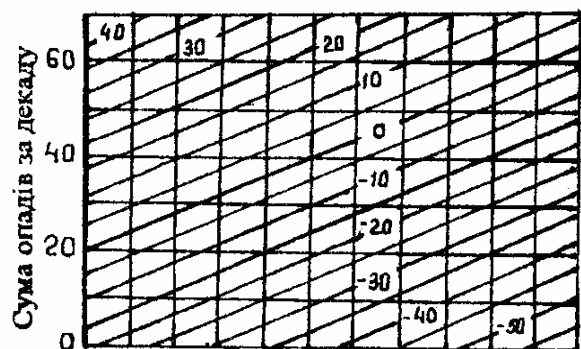
Таблиця 3.2 – Рівняння залежності зміни запасів продуктивної вологи у ґрунті під озимую пшеницею від метеорологічних елементів

Зона	Період	Шар ґрунту, см	Рівняння
Чорно-земні ґрунти	Весняне відростання	0-20	$W_2 = -0,70 t + 0,26r - 0,25W_1 + 7,4$
	Формування колосу і цвіту	0-100	$W_2 = -1,12 t + 0,74r - 0,23W_1 + 27,7$
	Формування Зерна	0-100	$W_2 = 0,05 t + 0,90r - 0,07W_1 - 26,7$
	Формування Зерна	0-100	$W_2 = -0,64 t + 0,40r - 0,20W_1 + 7,4$
Підзолисті ґрунти	Весняне відростання	0-20	$W_2 = -0,33 t + 0,05r - 0,42W_1 + 17$
	Формування колосу	0-100	$W_2 = -2,26 t + 0,46r - 0,21W_1 + 41,6$
	Формування колосу	0-100	$W_2 = -0,73 t + 1,10r - 0,09W_1 - 11,4$
	Формування Зерна	0-100	$W_2 = -0,32 t + 0,80r - 0,035W_1 - 15,4$



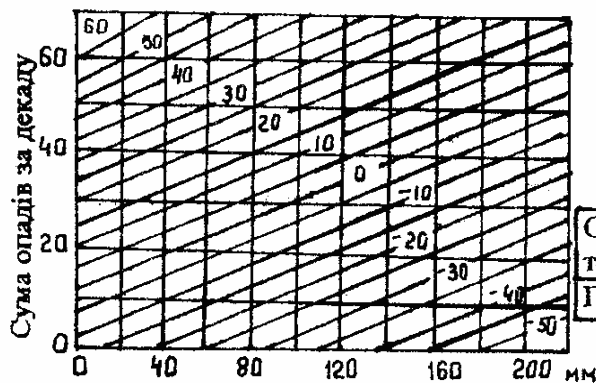
Поправка на температуру (а)

Середня за декаду температура повітря, °С	5-7	8-12	13-15	16-19
Поправка (мм) для шару				
0-20 см	0	0	0	-1
0-100 см	1	0	-1	-2



Поправка на температуру (б)

Середня за декаду температура повітря, °С	13-27	вище 27
Поправка (мм)	0	1

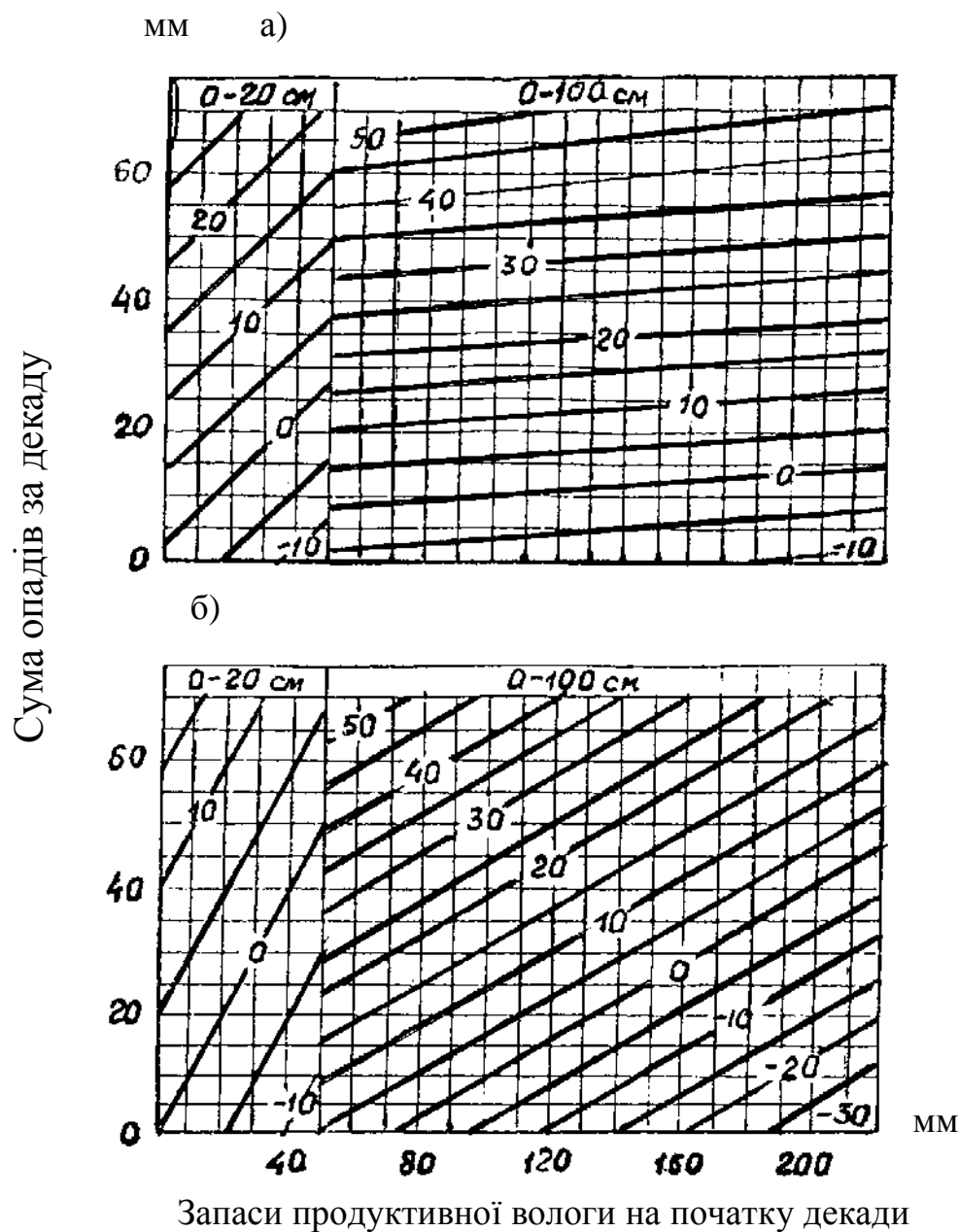


Поправка на температуру (в)

Середня за декаду температура повітря, °С	3-7	8-12	13-17	18-22
Поправка (мм)	1	0	-1	-2

Рис. 3.1 – Зміна запасів продуктивної вологи у зоні чорноземних ґрунтів під ярою пшеницею:

- а) від сівби до виходу у трубку;
- б) від виходу у трубку до цвітіння; в) після цвітіння.



Поправка на температуру (а)

Середня за декаду температура повітря, °C	7-8	9-11	12-13	14-16	17-18	19-21	22-23	24-26	27-28
Поправка (мм)	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3

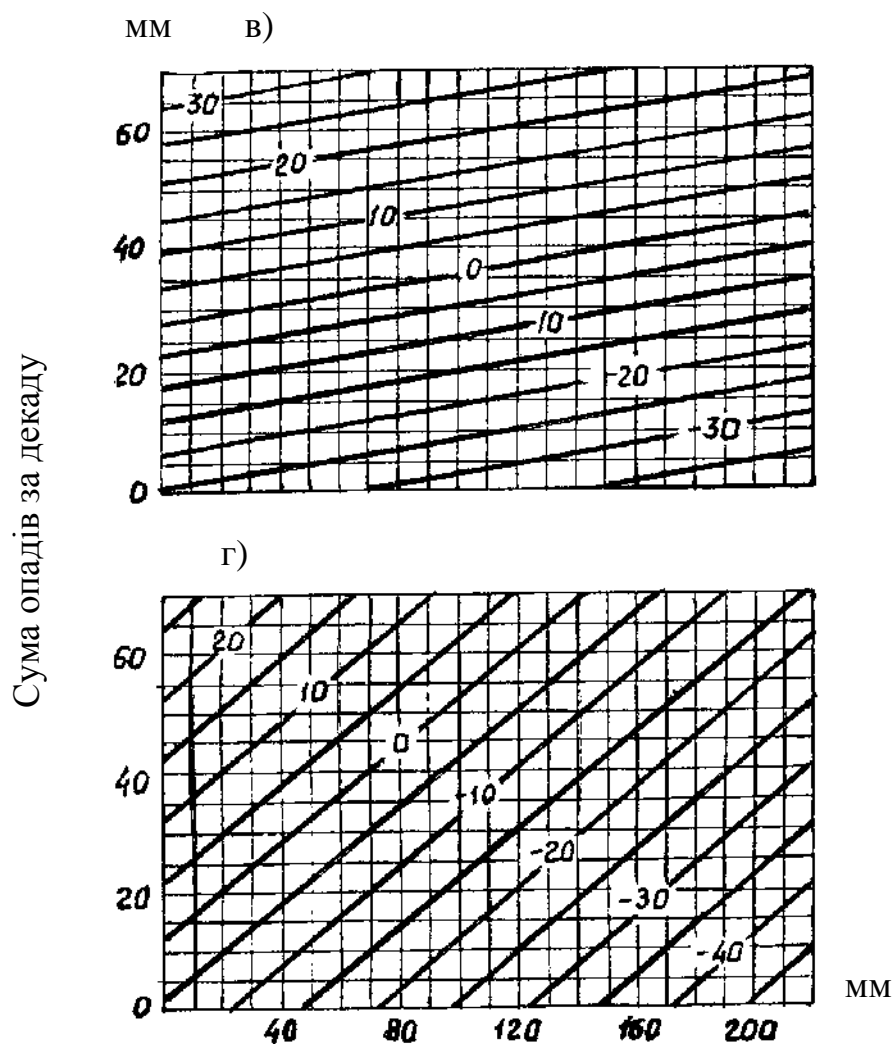
Поправка на температуру (б)

Середня за декаду температура повітря, °C	3-7	8-12	13-17	18-22
Поправка (мм)	1	0	-1	-2

Рис. 3.2 (а, б) – Зміна запасів продуктивної вологи під озимою пшеницею у зоні чорноземних ґрунтів (мм за декаду):

а – період осінньої вегетації;

б – період весняного відростання.



Поправка на температуру (в)

Середня за декаду температура повітря, °С	3-7	8-12	13-17	18-22
Поправка (мм)	-1	0	1	2

Поправка на температуру (г)

Середня за декаду температура повітря, °С	5-8	9-11	12-15	16-18	19-21	22-24	25-27
Поправка (мм)	4	3	2	1	0	-1	-2

Рис. 3.2 (в, г) – Зміна запасів продуктивної вологи під озимою пшеницею у зоні чорноземних ґрунтів (мм за декаду):
 в – період формування колосу і квіток;
 г – період формування зерна.

Метод прогнозу запасів продуктивної вологи під картоплею. Метод розроблено С.Б. Мостинською [36] на основі тих же закономірностей, які були встановлені С.О. Веріго. Цей метод враховує особливості коріння картоплі не проникати глибоко у ґрунт, а розповсюджуватись у верхньому шарі та на впливі температури повітря (t), опадів (r) та зволоження ґрунту в попередню декаду (W_1) на зміну запасів вологи у подальшому. Особливості розвитку картоплі враховані в тому, що рівняння для розрахунку запасів вологи розроблені для чотирьох міжфазних періодів (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Рівняння зміни запасів продуктивної вологи під картоплею та травами

Чорноземна зона

Період Розвитку	Шар ґрунту, см	Рівняння зв'язку
<u><i>К а р т о п л я</i></u>		
1. Період формування сходів	0-20	$y = 0,01 t + 0,24r - 0,42w + 6,5$
	0-50	$y = 0,21 t + 0,34r - 0,29w + 14,6$
	0-100	$y = 0,22 t + 0,56r - 0,18w + 5,0$
2. Період утворення бокових пагонів	0-20	$y = -0,26 t + 0,24r - 0,45w + 8,5$
	0-50	$y = 0,45 t + 0,45r - 0,21w + 5,6$
	0-100	$y = -0,38 t + 0,88r - 0,22w - 12,8$
3. Період бутонізації	0-20	$y = -0,24 t + 0,40r - 0,84w + 2,4$
	0-50	$y = -0,26 t + 0,75r - 0,24w - 2,3$
	0-100	$y = 0,58 t + 0,57r - 0,23w + 14,3$
4. Період цвітіння	0-20	$y = -0,62 t + 0,31r - 0,37w + 11,9$
	0-50	$y = -0,85 t + 0,54r - 0,24w + 14,3$
	0-100	$y = -0,94 t + 0,72r - 0,10w + 7,8$
<u><i>Л ю ц е р н а</i></u>		
1. Ранній весняний період (від початку вегетації до встановлення $T + 15^\circ \text{C}$)	0-100	$y = 1,8 t + 0,70r - 0,06w + 4,05$
2. Період перші три декади	0-100	$y = -1,10 t + 1,06r - 0,1w - 5,8$
3. Період формування другого укосу (IV–VI декади після переходу температури повітря через $+15^\circ \text{C}$)	0-100	$y = -0,6 t + 0,73r - 0,21w + 5,3$
4. Період після другого укосу до кінця вегетації	0-100	$y = -1,1 t + 0,83r - 0,16w + 11,7$

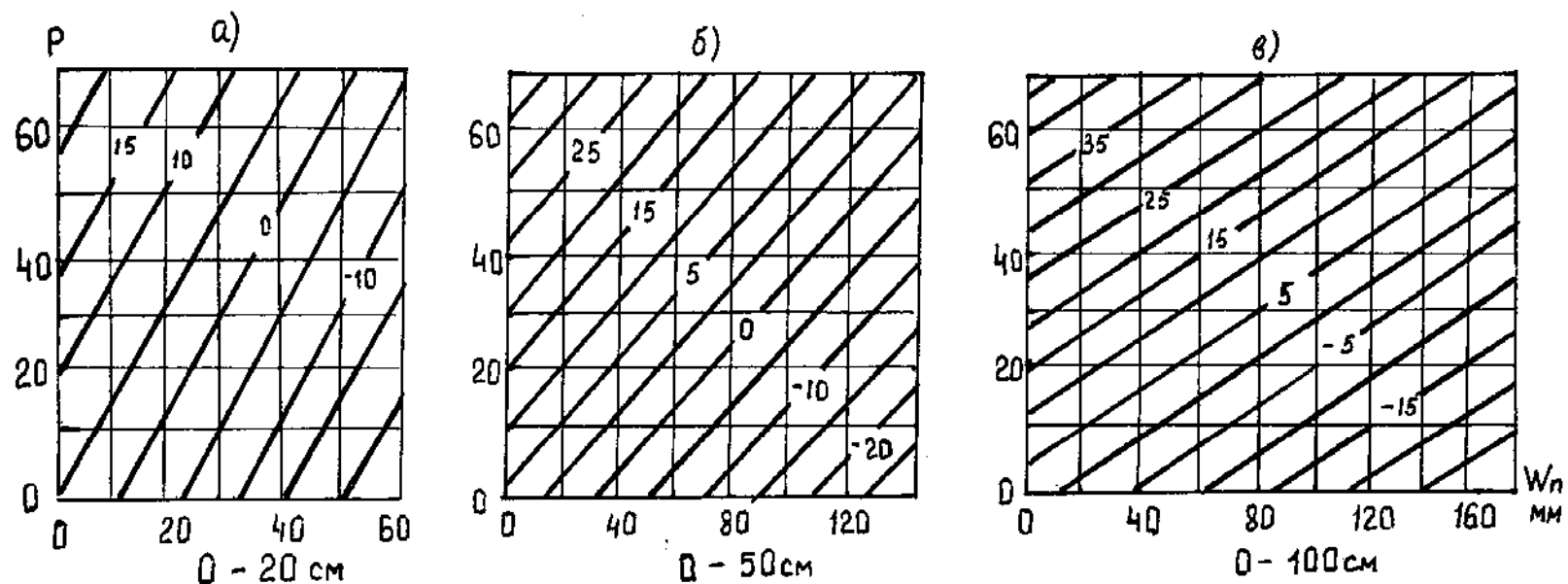
За цими рівняннями побудовані графіки (рис. 3.3 а, б, в; 3.4 а, б, в; 3.5 а, б, в, г), на яких на осі x – запаси продуктивної вологи на початку декади, на осі y – сума опадів за декаду, для якої проводяться розрахунки. У полі графіків зміна запасів вологи за декаду. Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею розраховуються аналогічно як і для зернових за формулою (3.1).

Розрахунок зміни запасів вологи під картоплею потребує відомостей про фази розвитку картоплі (сходів, утворення бокових пагонів, бутонізації і цвітіння). Дати настання вказаних фаз розраховуються за сумами активних температур (табл. 3.4).

Подібна техніка проведення розрахунків запасів продуктивної вологи під конюшиною та люцерною. Початок вегетації сіяних трав співпадає з переходом температури повітря через 5°C , а цвітіння – через 2 декади після утворення суцвіть. Перший укіс трав співпадає з цвітінням, другий – з переходом температури через 15°C влітку.

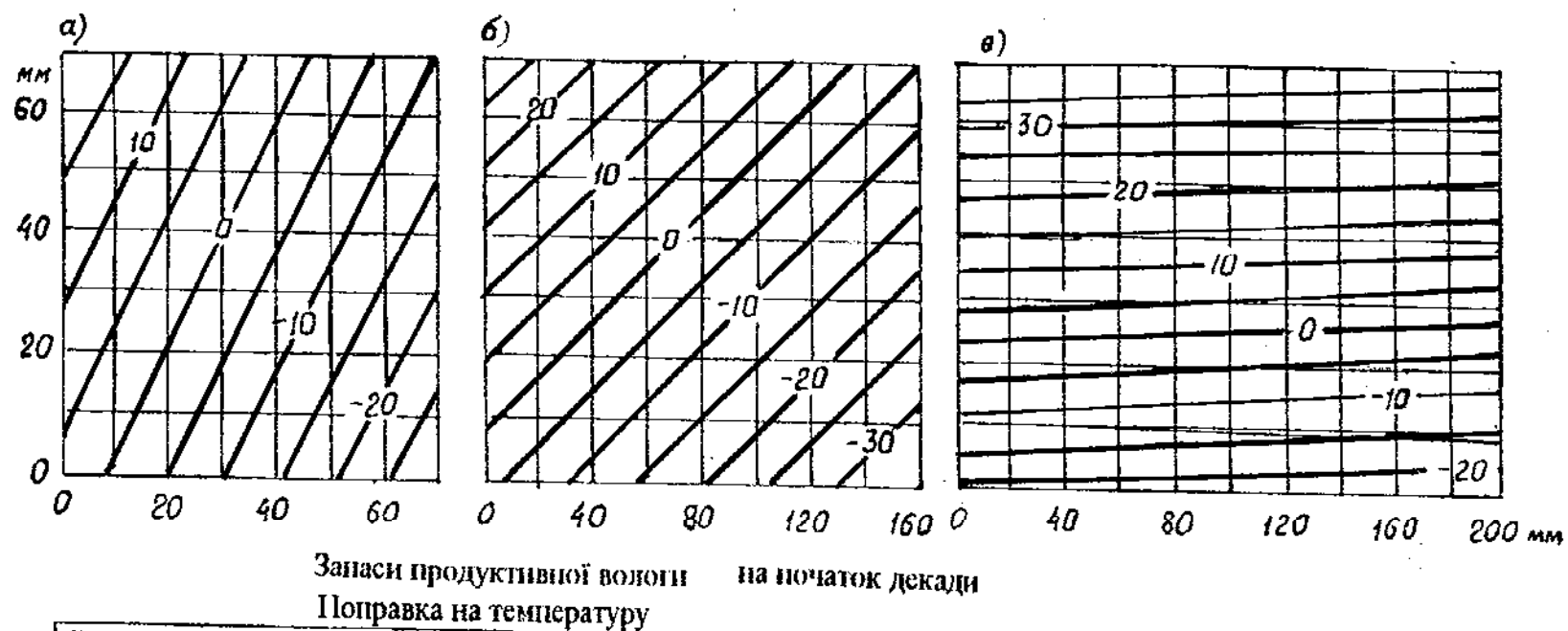
Таблиця 3.4 – Суми температур по міжфазних періодах розвитку картоплі

Фон добрий	Сівба - сходи	Сходи - бутонізація	Бутонізація - цвітіння	Цвітіння - в'янення картоплиння
<i>Ранньостиглі сорти</i>				
високий	320	350	200	350
середній	400	350	200	600
<i>Середньостиглі сорти</i>				
високий	320	450	200	1000
середній	400	450	200	700
<i>Пізнньостиглі сорти</i>				
високий	320	500	200	1100
середній	400	500	200	800



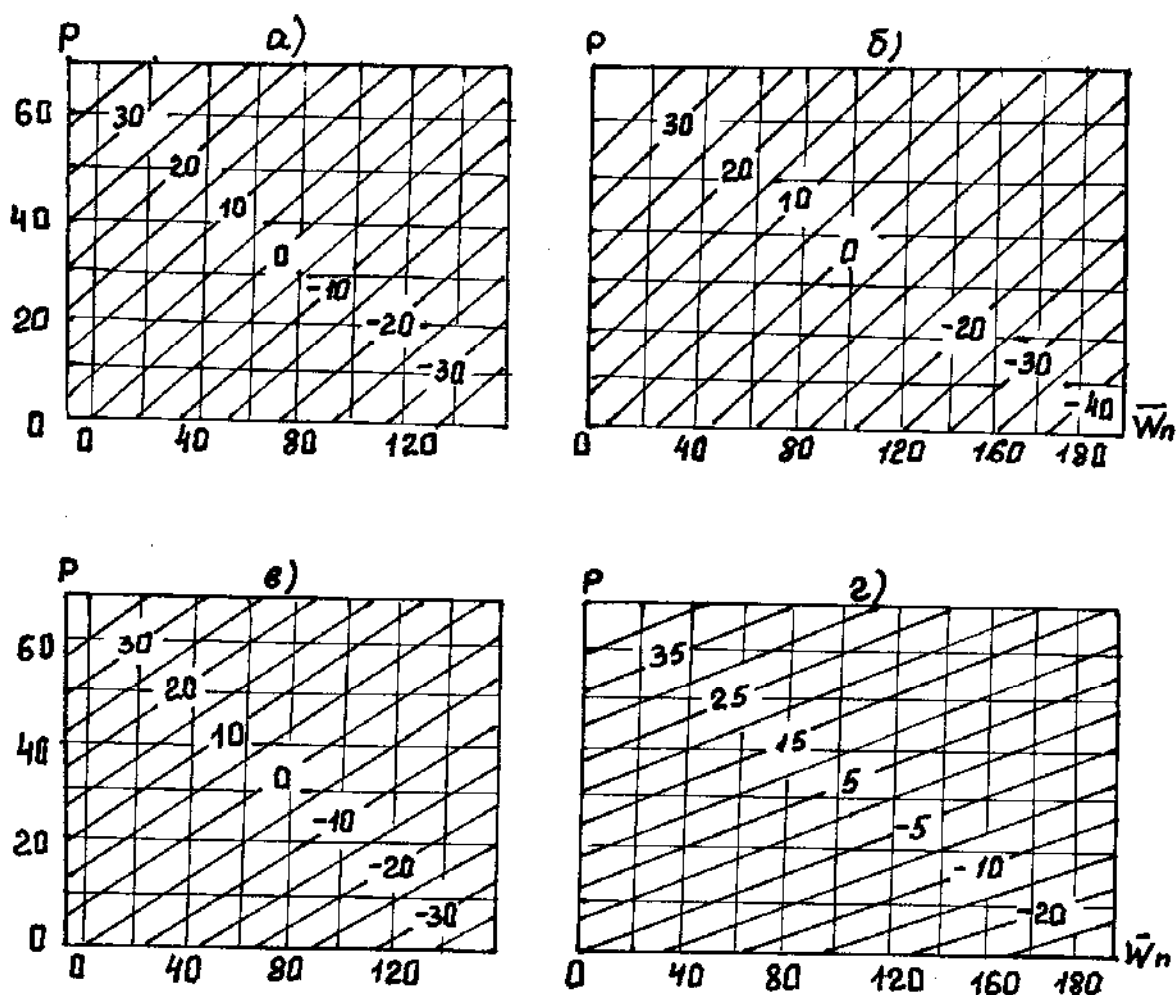
Поправка на температуру																									
Середня за декаду температура повітря, °C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
Поправка (мм)	9	7	5	4	2	0	-2	-4	-5	-7	-9	-11	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5				

Рис. 3.3 – Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період формування сходів:
а – у шарі ґрунту 0 – 20 см;
б – у шарі ґрунту 0 – 50 см;
в – у шарі ґрунту 0 – 100 см.



Середня за декаду температура повітря, °C	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Поправка (мм)	5	4	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-6

Рис. 3.4 – Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період формування бокових пагонів (а, б, в – позначки ті ж, що на рис. 3.3).



Поправка на температуру (а,б)

Середня за декаду температура повітря, °C	13	14-15	16-18	19-21	22-23
Поправка (мм)	3	2	1	0	-1

Поправка на температуру (в,г)

Середня за декаду температура повітря, °C	12-15	16-17	18-22	23-24	25-28
Поправка (мм)	2	1	0	-1	-2

Рис. 3.5 – Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період утворення суцвіть та цвітіння:

- а – у шарі 0 – 50 см у період утворення суцвіть;
- б – у той же період у шарі 0 – 100 см;
- в – у шарі 0 – 50 см у період цвітіння;
- г – у той же період у шарі 0 – 100 см.

Прогнози вологозабезпеченості посівів сільськогосподарських культур.

Як відомо, для життя рослин та формування їх урожаїв необхідні чотири головні фактори: світло, тепло, волога та питомі речовини. Найбільш мінливими як у часі, так і по території є тепло і волога. Їх нестачею або надмірною кількістю пояснюються значні коливання урожаїв.

В посушливих районах та районах нестійкого зволоження ґрунту фактором, що визначає умови зростання та формування врожаїв сільськогосподарських культур, є забезпеченість посівів вологою, так як тепла у цих районах достатньо.

Оцінкою вологозабезпеченості посівів займались багато дослідників: О.В. Процеров, О.С. Конторщиков, О.М. Конторщикова [37 - 39] та ін. Це дозволило розробити цілу низку методів, що дозволяють виконувати оцінку вологозабезпеченості сільськогосподарських культур в районах недостатнього та нестійкого зволоження. Такі оцінки дуже часто використовуються при прогнозуванні врожаїв сільськогосподарських культур.

Вологозабезпеченість посівів – це міра забезпечення потреб рослин у воді в природних умовах. Вона може бути виражена через запаси продуктивної вологи у відсотках від найменшої вологомісткості, у відсотках від середніх багаторічних запасів продуктивної вологи, через суму опадів у відсотках від середньої багаторічної, у відносних одиницях через випарування та випаровуваність а також у відсотках через ті ж величини [62 – 65].

Розрахунок вологозабезпеченості сільськогосподарських культур за сумарним випаровуванням та дефіцитом насичення повітря

Розрахунок вологозабезпеченості (V) за сумарним випаровуванням та дефіцитом насичення повітря виконується практично для всіх сільськогосподарських культур як відношення фактичного сумарного випаровування (E_{ϕ}) з поля, зайнятого культурою, до сумарного випаровування при оптимальних умовах зволоження (E_o):

$$V = \frac{E_{\phi}}{E_o} \cdot 100 \quad (3.2)$$

За сумарне випаровування при оптимальних умовах зволоження (потреба рослин у воді) приймається випаровуваність, розрахована будь яким методом.

При виконанні розрахунків фактичне сумарне випаровування (E_{ϕ}) визначається за спрощеною формулою водного балансу:

$$E_{\phi} = (W_1 + x) - W_2 \quad (3.3)$$

де W_1 та W_2 – запаси продуктивної вологи відповідно на кінець попередньої та початок поточної декади;

x – сума опадів за декаду.

Випаровування в оптимальних умовах зволоження – випаровуваність можна розраховувати за будь-яким методом. В агрометеорології найчастіше використовується метод А.М. Алпатєва [7]. Він запропонував випаровуваність (E_o) розраховувати через сумарний дефіцит насичення повітря (d) з врахуванням коефіцієнтів біологічної кривої водоспоживання (K):

$$E_o = K \cdot \Sigma d \quad (3.4)$$

Значення коефіцієнтів біологічної кривої споживання різне для різних сільськогосподарських культур і також може бути різним для однієї і тієї ж культури в різних ґрунтово-кліматичних зонах.

Розрахунок вологозабезпеченості зернових культур. О.В. Процеров встановив, що в період від сходів до колосіння для зернових культур значення коефіцієнту біологічної кривої становить, 0,6 після колосіння до воскової стиглості – 0,4.

Таким чином, потреба культур у волозі в будь яку декаду вегетації буде дорівнювати сумі дефіцитів насичення повітря помножених на 0,6, якщо значення дефіциту насичення виражено у мм, та 0,45, якщо – у мілібарах, тобто, у період від колосіння до воскової стиглості $E_o = 0,4 \cdot \Sigma d$ мм, або $E_o = 0,6 \cdot \Sigma d$ мм.

Для розрахунків забезпечення вологою зернових культур необхідні такі матеріали: дати наступу фаз розвитку, фактичну та очікувану за прогнозом температуру повітря, фактичні та очікувані за прогнозом суми опадів, дефіцит насичення повітря та запаси продуктивної вологи на кінець кожної декади. Якщо запаси вологи не визначались, то вони розраховуються за рівнянням:

$$W_2 = (W_1 + x) - E \quad (3.5)$$

де W_1 та W_2 – запаси продуктивної вологи на початок та кінець декади, для якої виконуються розрахунки, мм відповідно;

x – сума опадів за декаду, мм.

Для зручності використання цих формул для ярої пшениці були побудовані графіки для визначення очікуваних запасів продуктивної вологи та сумарного випаровування для трьох періодів вегетації: сімба – вихід у трубку, вихід у трубку – цвітіння, цвітіння – воскова стиглість

(рис. 3.6 а, б, в). За цими рисунками одночасно визначаються запаси продуктивної вологи на кінець декади та сумарне випаровування. На рис. 3.6 на осі абсцис – значення температури повітря, $t^{\circ}\text{C}$. На осі ординат – сумарне випаровування, (E_{ϕ}) мм; у полі графіка криві, які відповідають сумі запасів вологи на початок декади і опадів за декаду, $(W + x)$, мм.

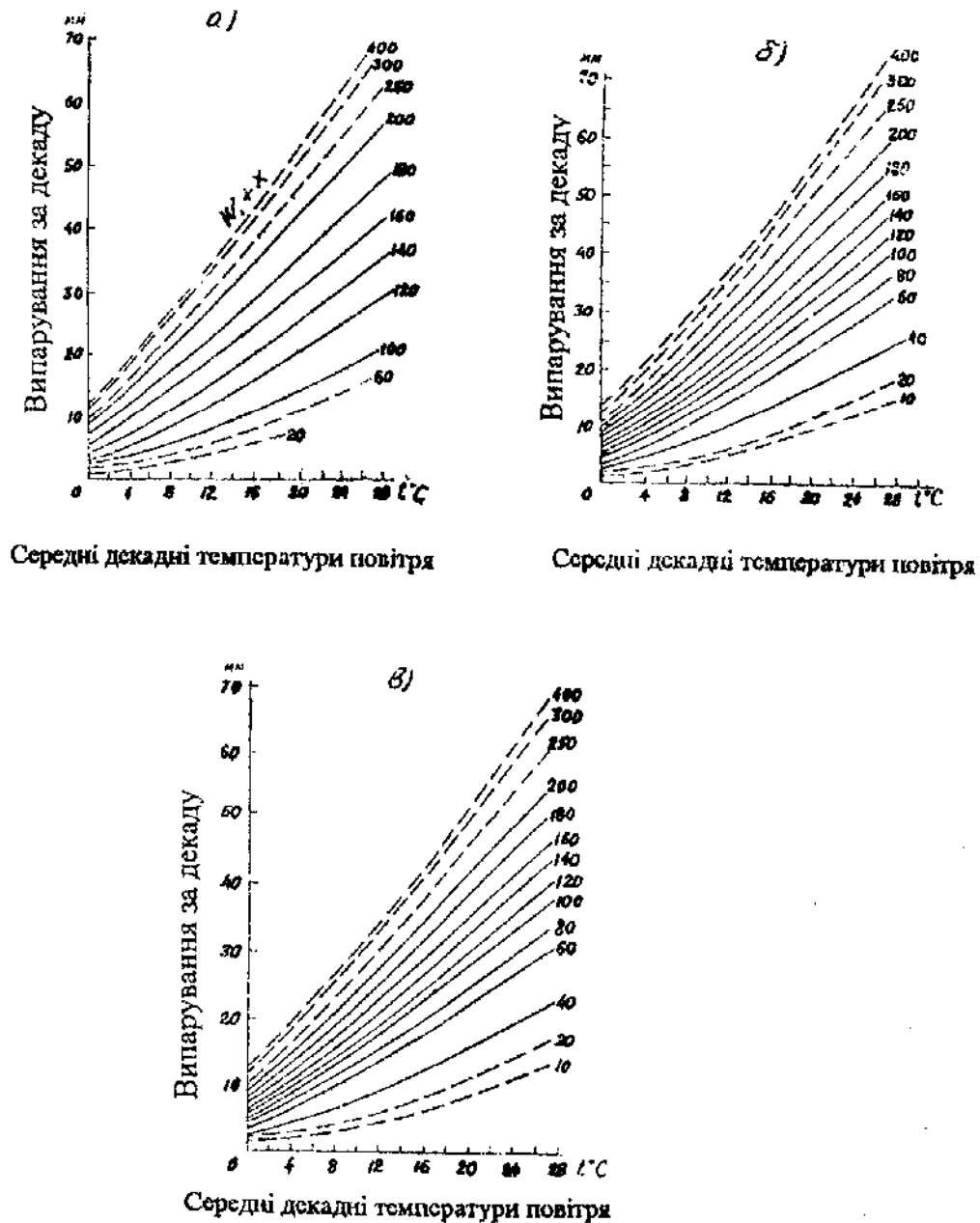


Рис. 3.6 – Сумарне випаровування за декаду (E_{ϕ}) на полях ярої пшениці в залежності від початкових запасів продуктивної вологи (W_1), опадів за декаду (x) та середньої температури повітря (t):

- а) від сівби до виходу у трубку;
- б) після виходу у трубку до колосіння;
- в) після колосіння до воскової стиглості

Для складання прогнозу вологозабезпеченості посівів зернових культур необхідно мати синоптичний прогноз температури повітря, опадів та дефіциту насичення повітря. Але дефіцит насичення не прогнозується. Тому О.В. Процеров запропонував прогнозовану величину дефіциту насичення розраховувати через відхилення від норми температури повітря (табл. 3.6).

Для користування таблицею необхідно спочатку розрахувати у відсотках відхилення температури повітря від середнього багаторічного її значення і потім визначити відхилення дефіциту насичення у відсотках від його середньої багаторічної величини і визначити очікуване його значення у мм.

Таблиця 3.6 – Співвідношення відхилень температури повітря та дефіциту насичення повітря від норми

Елементи	Відхилення від норми (%)			
Температура повітря	±10	±20	±30	±40
Дефіцит температури повітря	±15	±30	±45	±60

Якщо температура повітря очікується близько норми, то і дефіцит насичення теж буде близько норми.

Забезпечення рослин вологою розраховується по декадах періоду вегетації культури, а потім середня величина за період розраховується як середня арифметична. С.О. Веріго розрахувала оцінку агрометеорологічних умов формування врожаю в залежності від забезпечення рослин вологою (рис. 3.7).

Прогноз забезпеченості вологою ярих зернових культур складається тричі за вегетаційний період: перший – після закінчення сівби ярих; другий – після виходу у трубку; третій – після колосіння.

Розрахунок забезпечення вологою посівів цукрових буряків. Найбільші посівні площі цукрових буряків розташовані в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. В цих зонах відчувається вплив забезпечення вологою посівів а розвиток та формування продуктивності рослин впродовж всього періоду вегетації. Розрахунок забезпечення вологою цукрових буряків виконується за тими ж формулами, що і зернових культур. Однак коефіцієнти біологічної кривої для цукрових буряків будуть зовсім інші, вони визначені О.М. Конторшиковою (табл. 3.8).

В окремі роки в залежності від агрометеорологічних умов розвиток цукрових буряків може прискорюватись або уповільнюватись, тому при розрахунках потреби їх у воді коефіцієнти або зміщуються на одну декаду, або повторюються двічі за одну й ту ж декаду. У будь-якому випадку значення

коефіцієнту 0,49 повинно припадати на декаду початку росту коренеплоду. Вона розраховується по сумі ефективних температури вище 5°C , що становить 500°C .

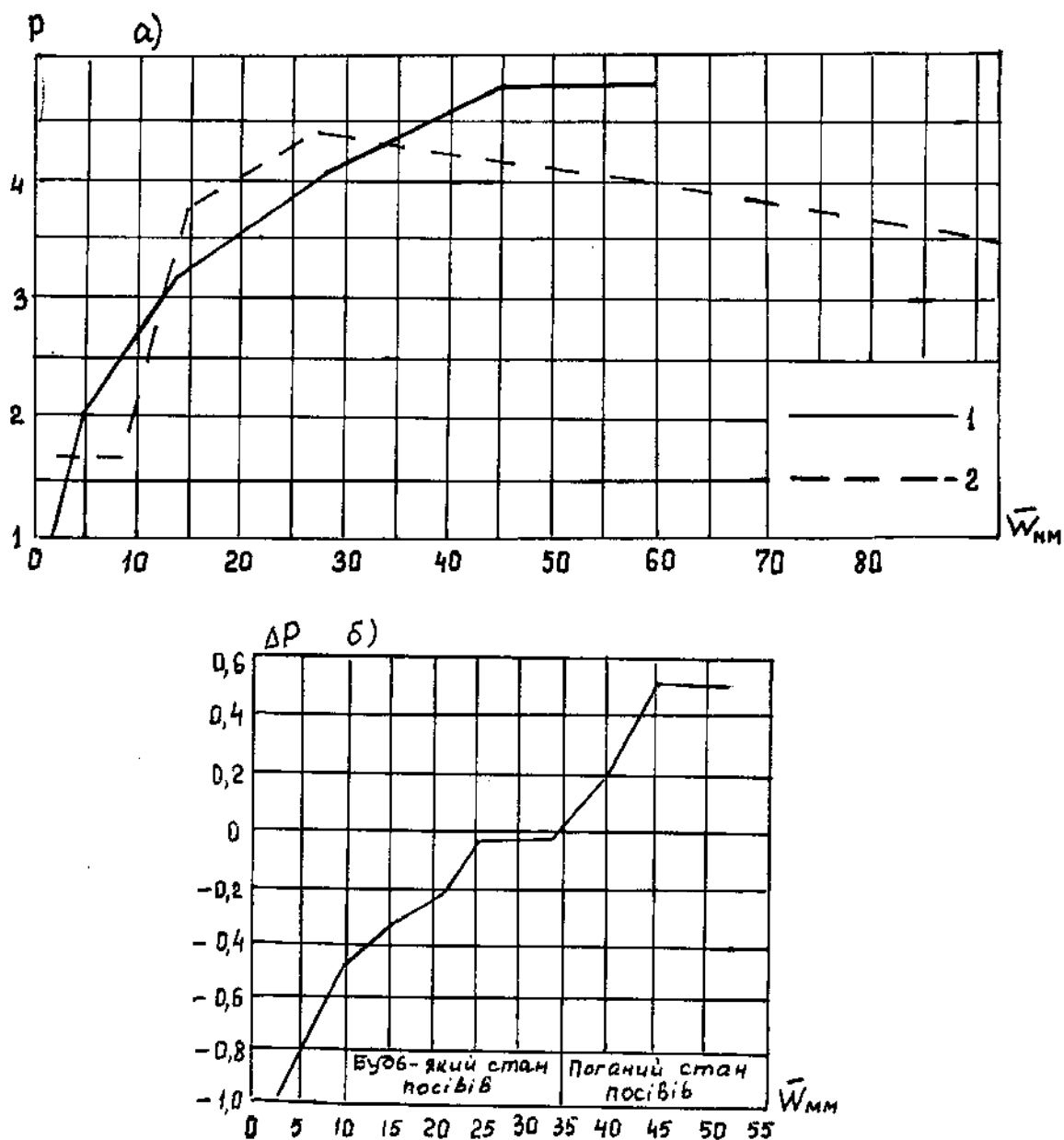


Рис. 3.7 – Відносна оцінка посівів ярі пшениці в залежності від забезпеченості вологою ярі пшениці в зоні:

- а) недостатнього зволоження,
- б) в зоні надмірного зволоження

Таблиця 3.8 – Коефіцієнти K для визначення потреби у воді цукрових буряків

Декада вегетації	К	Декада вегетації	К	Декада вегетації	К	Декада вегетації	К
Перша	0,22	П'ята	0,49	Дев'ята	0,78	Тринадцята	0,66
Друга	0,26	Шоста	0,65	Десята	0,75	Чотирнадцята	0,64
Третя	0,31	Сьома	0,72	Одинадцята	0,72	П'ятнадцята	0,61
Четверта	0,39	Восьма	0,80	Дванадцята	0,69	Шістнадцята	0,55

Фактичне сумарне випаровування з поля цукрових буряків визначається з табл. 3.9.

Якщо при розрахунках вологозабезпеченість більше 100 %, то вона приймається рівною 100 %, так як у зонах недостатнього та нестійкого зволоження короткочасне надмірне зволоження не викликає несприятливих умов для розвитку цукрових буряків.

Забезпечення рослин водою розраховується за кожну декаду вегетації. Якщо необхідно визначити вологозабезпеченість за будь який період, то в цьому випадку значення вологозабезпеченості за кожну декаду підсумовується та розділяється на кількість декад у періоді.

Таблиця 3.10 – Рівняння зв'язку для розрахунків очікуваної середньої вологозабезпеченості (%) посівів за вегетаційний період

Декада після початку росту коренеплоду	Рівняння	Помилка рівняння
Перша	$U = 1,5U_1 - 66$	6
Друга	$U = 1,5U_1 - 61$	6
Третя	$U = 1,4U_1 - 50$	5
Четверта	$U = 1,4U_1 - 45$	5
П'ята	$U = 1,3U_1 - 33$	4
Шоста	$U = 1,3U_1 - 30$	3
Сьома	$U = 1,1U_1 - 12$	3
Восьма	$U = 1,1U_1 - 10$	3
Дев'ята	$U = 1,0U_1 - 2$	2
Десята	$U = 1,0U_1 - 2$	2
Одинадцята	$U = 0,95U_1 - 2$	2

Для складання прогнозів врожаїв цукрових буряків необхідно знати завчасно середню вологозабезпеченість всього періоду вегетації. З цією метою О.М. Конторщикова отримала рівняння, які характеризують залежність середньої вологозабезпеченості посівів цукрових буряків за весь період вегетації (U) від вологозабезпеченості за період від сівби до моменту складання прогнозу (U_1) (табл. 3.10).

Таблиця 3.9 – Сумарне випарування за декаду в залежності від початкових запасів води у шарі ґрунту 0 – 100 см, опадів за декаду та середньої температури повітря

Середня декадна температура повітря, °С	Запаси води в метровому шарі ґрунту за попередню декаду плюс кількість опадів за поточну декаду, мм										
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Період від посіву до початку росту коренеплоду											
5	5	6	7	8	9	11	13	14	15	16	18
6	5	7	8	9	10	12	14	15	16	18	20
7	6	7	9	10	12	13	15	16	17	19	21
8	6	8	10	11	13	15	16	18	19	21	23
9	7	9	11	12	14	16	17	19	21	23	24
10	8	10	12	13	15	17	19	21	22	24	26
11	8	10	13	15	16	18	20	22	23	26	28
12	9	11	14	16	18	20	22	23	24	27	30
13	9	12	15	17	19	21	23	25	26	28	32
14	10	13	16	18	20	22	24	26	27	30	33
15	11	14	17	19	21	23	25	27	29	32	35
16	11	15	18	20	22	24	27	28	30	34	37
17	12	15	19	21	23	26	28	30	32	35	38
18	13	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40
19	14	18	21	23	25	28	31	33	35	38	42
20	15	19	22	24	27	29	32	35	36	40	44
21	16	20	23	25	28	31	34	36	38	42	46
22	17	21	24	27	29	32	35	37	39	44	47
23	18	22	25	28	30	34	36	39	41	46	49
24	19	23	26	29	32	35	37	40	43	47	51
25	20	24	27	30	33	36	39	42	45	49	53
26	21	25	28	31	34	37	40	43	46	51	55
27	22	26	29	32	36	38	42	45	48	53	57
28	23	27	30	33	37	40	44	47	50	54	58
29	24	28	31	35	39	42	45	48	52	56	60
30	25	29	32	36	40	43	47	50	53	58	62

Слід зазначити, що чим пізніше складається прогноз вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрових буряків, тим він точніший.

Методи прогнозів запасів продуктивної вологи на початок вегетаційного періоду.

Волога є одним із факторів життя рослин, який нічим замінити не можливо. Використовуючи велику кількість води із тканин на транспірацію, рослини повинні постійно поповнювати ці витрати. Надходження води в тканини рослин відбувається через коріння. Тому ґрунт є головним постачальником води і мінерального живлення рослин.

Інтенсивність надходження води в рослини залежить від кількості доступної для них води у ґрунті (продуктивної вологи).

Кількість вологи, яка може утримуватись ґрантом у польових умовах, визначається властивостями його. Механічним складом, структурою, кількістю органічної речовини та глибиною залягання ґрунтових вод [36].

Розрізняють три межі вологомісткості: 1) повна вологомісткість – найбільша кількість води, що утримується в ґрунті, коли всі пори зайняті водою і водне дзеркало виходє га поверхню ґрунту; 2) максимальна капілярна вологомісткість – та кількість води, яку може утримувати шар ґрунту 10 см над вільною водяною поверхнею через капілярне підняття; 3) найменша вологомісткість – та кількість води. Яку ґрунт утримує в умовах глибокого залягання ґрунтових вод.

Запаси вологи у ґрунті постійно змінюються. Поповнення запасів вологи у ґрунті в основному відбувається взимку. Це поповнення залежить від пересування води в середині ґрунту та проникнення у ґрунт опадів і талих вод у період відлиг. Поповнення ґрунтової вологи у різних ґрунтово-кліматичних зонах різне. Це викликає необхідність прогнозу запасів вологи на початок весни. У південних районах країни запаси продуктивної вологи в ґрунті на весну мають чи не найбільше вирішальне значення у господарській діяльності працівників полів. Складність визначення вологозапасів примушує шукати шляхи, які дозволяли б виконувати розрахунки для великих територій. Дослідження закономірностей зміни запасів продуктивної вологи в холодну пору року виконували А.В. Процеров, Л.О. Разумова, І.В. Свісюк [1, 2]. На разі відомо два методи розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи: 1 – за сумою опадів за холодну пору року і 2 – за глибиною промочування ґрунту (ГПГ) на початок весни.

Л.О. Разумовою виконані фундаментальні дослідження процесів динаміки ґрунтової вологи в холодну пору року [1]. Вона встановила, що збільшення запасів вологи навесні залежить головним чином від кількості опадів за період від переходу температури повітря через 5° С восени до переходу її через 5° С навесні та насичення ґрунту вологою восени. Ці

дослідження підтвердили також інші автори [4 - 8]. Нестача насичення (ΔW) вологою ґрунту восени визначається як залишок між найменшою вологомисткістю (HB) та запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на дату останнього визначення запасів вологи восени (W):

$$\Delta W = HB - W \quad (3.7)$$

Для розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи на початок весни Л.О. Разумовою [4, 5] отримані статистичні залежності між сумарними змінами запасів вологи за осінньо-зимово-весняний період (y), кількістю опадів, які випали за цей же період (x), та нестачею насичення ґрунту вологою (ΔW). Статистичні залежності встановлені для районів з стійкою зимою і глибоким заляганням ґрунтових вод (3.9) та районів з нестійкою зимою і глибоким заляганням ґрунтових вод (3.10):

$$Y = 0,21x + 0,62\Delta W - 33 \quad (3.8)$$

$$Y = 0,112x + 0,56\Delta W - 20 \quad (3.9)$$

де Y – зміна запасів продуктивної вологи за холодну пору року, мм;

x – сума опадів за цей же період, мм;

ΔW – нестача вологи в ґрунті восени, мм (визначається з формули (3.8)).

На Європейській частині країн СНД до зони із стійкою зимою та малим збагаченням ґрунту вологою взимку відносяться південно-східні райони; до зони з нестійкою зимою, де збільшення запасів вологи відбувається за рахунок талих вод під час відлиг, відносяться південні та південно-західні області ЄЧ СНД. В районах, де спостерігаються як стійкі, так і нестійкі зими, розрахунки виконуються за вказаними формулами з врахуванням характеру зими; при стійкій зимі розрахунки виконуються за формулою (3.8), при нестійкій – за формулою (3.9).

У зв'язку з потеплінням клімату (підвищення річної температури на $0,5^\circ \text{C}$) кількість районів з нестійкою зимою збільшується.

Розрахунок очікуваних запасів вологи на весну виконується за даними усіх станцій, які знаходяться на території обслуговування, або де визначаються запаси вологи під озимими зерновими культурами, які посіяні по пару або непарових попередниках і на зябу, який відводиться для сівби ярих зернових культур. Початковими даними для розрахунків будуть значення осінніх запасів вологи на цих полях. Кількість опадів, необхідних для розрахунку складається з двох величин: фактичної суми опадів, які випали від дати переходу температури повітря через 5°C восени до дати складання прогнозу (січень – лютий) та прогнозованої суми опадів від дати складання прогнозу до дати переходу температури повітря через

5° С навесні. Якщо ж з будь-якої причини прогнозом скористуватись неможливо, то у цьому випадку використовують середні багаторічні значення опадів із кліматичних довідників, але обов'язково з врахуванням можливої аномалії опадів. Значення найменшої вологомісткості, яка необхідна для визначення дефіциту насичення ґрунту восени, враховується за даними агрогідрологічного обстеження полів або за середніми даними: найменша вологомісткість суглинків становить 170 – 190 мм, супіщаних ґрунтів – 150 – 170 мм, піщаних – 80 – 120 мм.

При складанні прогнозу розрахунки зміни запасів вологи за холодну пору року виконуються за формулами (3.8, 3.9).

Приклад. Розрахувати очікувані запаси продуктивної вологи на ст. Полтава. Дата складання прогнозу 1 лютого.

Для розрахунків необхідні початкові величини:

1 – дата останнього визначення запасів вологи восени на полях з озимими культурами – 28 жовтня;

2 – найменша вологомісткість (НВ) в районі Полтави становить – 160 мм;

3 – середня добова температура повітря перейшла через 0° С – 13 листопада;

4 – запаси вологи становили у метровому шарі ґрунту 83 мм.

Розраховані величини:

1 – нестача насичення ґрунту вологою становить (за формулою 1.8):
 $160 \text{ мм} - 83 \text{ мм} = 77 \text{ мм};$

2 – кількість опадів від дати останнього визначення вологості ґрунту до 1 лютого підраховується по матеріалах спостережень за декадними сумами опадів і в нашому випадку вона становить 87 мм. Від першого лютого до дати переходу температури повітря через 5° С навесні сума опадів визначається з синоптичного прогнозу погоди. В нашому випадку дата переходу температури повітря через 5° С навесні буде 5 квітня. Тобто підраховується сума опадів від 1 лютого до 5 квітня. В нашому випадку вона становить 43 мм. Загальна сума опадів від дати останнього визначення запасів вологи до дати переходу температури повітря через 5° С навесні становить 130 мм;

3 – за рівнянням (3.8) розраховується зміна запасів вологи за осінньо-зимово-весняний період. Зміна запасів у нашому випадку становить 44 мм. Таким чином, очікувані на весну запаси вологи розраховуються як сума запасів вологи на останнє визначення восени та зміна запасів за холодну пору року ($83 + 44 = 127 \text{ мм}$), що становить приблизно 78 % від значення НВ.

В районах, де взимку відбувається значний перерозподіл снігу на полях через сильні вітри, прогноз запасів вологи на весну складається з врахування запасів води у снігу. Запаси води в снігу (W_c) розраховуються за

даними середньої висоти снігу, яка визначається з даних снігомірної зйомки, що проводиться перед складанням прогнозу, за формулою:

$$W_c = 10 \cdot h \cdot d \quad (3.10)$$

де h – середня висота снігу, см;

d – щільність снігу, г/см;

W_c – запас води в снігу, мм.

Техніка складання прогнозу запасів продуктивної вологи на початок весни для великих територій (областей, регіонів, економічних районів) зводиться до визначення середнього арифметичного значення усіх елементів, необхідних для складання прогнозу по всіх станціях території, для якої складається прогноз. При цьому, окремо підраховуються очікувані запаси вологи під озимими культурами і окремо по зябу. Розраховані величини запасів продуктивної вологи на початок весни порівнюються з середніми багаторічними значеннями запасів продуктивної вологи та з НВ.

На підставі встановлених Л.О. Разумовою закономірностей були розроблені прогностичні рівняння для розрахунку запасів вологи на весну для Вірменії Р.С. Мкртчяном [36] та для Новосибірської області Є.Г. Рудичевою.

4 Прогнози появи шкідників і хвороб сільськогосподарських культур

4.1 Прогноз фаз динаміки популяцій лугового метелика та термінів боротьби з ним

Луговий метелик один із найбільш небезпечних шкідників овочевих, пропашних культур, багаторічних трав і пасовиськ. Його чисельність різко змінюється як в окремі роки, так і за окремими генераціями. В залежності від клімату місцевості та погодних умов поточного року луговий метелик має від 1 до 4 поколінь і відрізняється неоднаковими темпами розвитку на різних полях].

І.Я. Поляковим, Г.М. Дороніною та Л.А. Макаровою [40, 41] в результаті багаторічних досліджень в різних регіонах встановлено, що характер його поведінки та розповсюдження залежить головним чином від стану кліматичних факторів. Вирішальне значення при цьому мають ті фактори середовища, які визначають рівень плодючості шкідника – умови тепло- і вологозабезпеченості. Показники тепло- та вологозабезпеченості місцевості визначають характер розповсюдження метелика, швидкість його розвитку, інтенсивність літання метеликів, виживання потомства та ін. Вивчення впливу тепло – та вологозабезпеченості на розвиток лугового метелика дозволило отримати кількісні зв'язки стану популяцій метелика з показниками цих величин. Ці зв'язки дозволяють завчасно передбачати тенденцію зміни популяцій лугового метелика у наступному році або сезоні.

Кількісні зв'язки стану популяцій шкідника з метеорологічними факторами дозволили І.Я. Полякову і його співавторам розробити логічну модель прогнозу розповсюдження і чисельності лугового метелика.

Критерії прогнозу фази динаміки популяцій. У динаміці популяцій лугового метелика виділяється 8 фаз: депресія, вихід із депресії, початок зростання чисельності, зростання чисельності, масове розмноження, пік чисельності, початок спаду і спад чисельності. Фази шкідника розрізняються за відсотком заселення, щільності гусені (середньої та максимальної), масою тіла лялечок, відсотку лялечок з масою тіла менше 30 мг, кількістю паразитованої і хворої гусені. Середня кількість цих показників на різних фазах динаміки популяцій лугового метелика у табл. 4.1.

Фазовий стан популяцій лугового метелика формується переважно під впливом погодних умов в основні критичні періоди його життєвого циклу.

Перший період – період живлення гусені. Основним фактором в цей період є температура повітря, яка визначає швидкість розвитку, активність живлення та ін. Найсприятливіші умови складаються при температурі повітря 19° С. За меншої температури зменшується інтенсивність

Таблиця 4.1 – Кількісна характеристика стану популяцій лугового метелика на різних фазах їх динаміки

Фаза динаміки	Площа розповсюдження (% від обстеженої)			Щільність гусені		Маса тіла лялечок		Загибель від хвороб і паразитів
	середня по регіону	багаторічні трави	пропашні і овочеві	середня	максимальна	середня	% з масою менше 30 мг	
Депресія	Менше 10	5 – 15	менше 5	менше 0,5	10 – 20	25 – 30	більше 50	40 – 50
Вихід із депресії	10 – 20	20 – 25	5 – 10	0,5 – 1,0	20 – 50 до 100	–	–	–
Початок зростання чисельності	20 – 40	30 – 40	20 – 30	1 – 10	200 – 400	30 – 35	30 – 40	30 – 40
Зростання чисельності	40 – 60	40 - 50	30 - 40	5 – 10 – 20	300 – 500	35 – 40	20 – 30	20 – 30
Масове розпліднення	Більше 60	більше 50	більше 40	10 – 30	500 – 700 і більше	35 – 40	менше 20	менше 20
Пік чисельності	40 - 60	40 - 50	40 - 50	15 – 25	200 – 400	25 – 30	40 – 50	30 – 40
Початок спаду чисельності	20 – 40	30 – 40	20 – 30	1 – 5	100 - 200	30 – 35	30 – 40	30 – 40
Спад чисельності	10 – 20	10 – 20	10 – 20	0,1 – 1,0	20 – 50	25 – 30	40 – 50	30 – 40

накопичення жирових відкладень, збільшується відсоток хворої гусені і частина популяції впадає в діапаузу. Температура повітря 16°C є екстремальною, при такій температурі розвиток жирової тканини не відбувається і гусінь гине. Високі температури повітря (вище 25°C) зменшують активність живлення шкідника, що призводить до зменшення його чисельності.

Другий період – лялькування. Інтенсивність проходження процесів обміну на цій стадії залежить від температури і вологості повітря. Тому за показник умов розвитку на цій стадії прийнято гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянінова (ГТК). Несприятливі умови для лялькування складаються при ГТК менше 0,9, екстремальні значення ГТК менше 0,5, оптимальні – у межах 1 – 2.

Третій період – період вильоту метеликів та відкладення яєць. Поодиначий виліт починається при переході температури повітря через 15°C , масовий – при $17 - 18^{\circ}\text{C}$. Інтенсивність льоту покоління. Яке перезимувало, залежить від ГТК за період лялькування та рівня температури в період масового льоту метеликів. Оптимальні умови у третій період складаються при ГТК = 0,9 і температурі повітря 19°C . Нестійка погода з поверненням холодів затримує виліт метеликів на 1,5 місяця.

Для метеликів літнього покоління крім вказаних факторів, важливе значення має температура живлення гусені. Якщо температура повітря знижена, то частина шкідника впадає у діапаузу і популяція зменшується. Оптимальні умови для живлення гусені складаються при температурі повітря $20 - 25^{\circ}\text{C}$ та наявності крапельно-рідкої вологи, яка полегшує добування нектару.

Четвертий період – підготовка популяції до зимівлі. Для цього періоду важлива кількість тепла, яке накопичується за період від масового льоту метеликів останньої генерації до припинення живлення гусені, яке спостерігається при стійкому переході температури повітря через 12°C в сторону її зниження. За суми температур $240 - 380^{\circ}\text{C}$ шкідник закінчує розвиток в стадії гусені 5 віку, яка утворила кокон і сприятливо перезимує. При сумі температур $190 - 220^{\circ}\text{C}$ гусінь не встигає утворити кокон, що підвищує імовірність її загибелі. При сумі температур менше 190°C чисельність шкідника різко зменшується. Таке ж відбувається і при сумі температур вище 420°C , коли прискорюється виліт метеликів наступного покоління, яке не встигає завершити цикл у поточному році.

Міра впливу погодних умов на формування фази динаміки лугового метелика залежить від його початкового стану. Якщо шкідник знаходився в депресії, то необхідно два сезони, щоб почалось зростання чисельності. Найбільш впливають погодні умови на фазах піку та спаду чисельності. Несприятливі погодні умови в цей час впродовж двох критичних періодів

викликають у популяції депресію. Тому, знаючи стан популяції і значення агрометеорологічних факторів, можна охарактеризувати фазу динаміки шкідника та передбачити рівень його розповсюдження у наступному році або сезоні.

Алгоритм прогнозування фази динаміки популяцій та його інформаційне забезпечення. Виявлені зв'язки стану та рівня чисельності лугового метелика з агрометеорологічними факторами використовуються для прогнозу динаміки його популяцій. Прогнозування йде поетапно по мірі проходження критичних періодів.

Основою довгострокового прогнозу розповсюдження шкідника є встановлення восени фази динаміки популяції, яка складається на кінець вегетаційного сезону. Фаза динаміки популяції визначається за показниками початкового стану популяції лугового метелика та агрометеорологічних предикторів, які впливають на чисельність та віковий склад популяції.

Початковий стан популяції розраховується за значеннями агрометеорологічних показників попередніх критичних періодів, або за фактичними даними розповсюдження шкідника.

Розрахунки агрометеорологічних показників виконуються за фенологічними періодами розвитку шкідника.

Після визначення початкового стану популяції розраховується середня температура періоду живлення гусені, ГТК періоду лялькування та льоту метеликів останньої генерації та суму ефективних температур за період від початку масового льоту метеликів останнього покоління до стійкого переходу температури повітря через 12°C (розрахунки краще виконувати у табл. 4.2). За сукупність перелічених показників робиться висновок про імовірні зміни стану популяції на кінець вегетаційного сезону та її чисельності у наступному році.

Для уточнення довгострокового прогнозу розробляють сезонні прогнози. Їх складають для кожного покоління окремо. Фазу динаміки лугового метелика у першому поколінні уточнюють у відповідності із значенням ГТК за період лялькування та температури періоду масового льоту метеликів покоління, яке перезимувало. Для прогнозу рівня чисельності гусені другого покоління використовується значення ГТК періоду лялькування і льоту метеликів першої генерації. Перелік необхідної інформації для складання прогнозів наводиться у табл. 4.3.

Таким чином, процес прогнозування виконується за метеорологічними даними, а фактичне розповсюдження, щільність шкідника і зараженість популяції використовуються тільки для перевірки точності прогнозу.

Співставлення прогнозованих і фактичних величин фази динаміки лугового метелика показало досить тісний їх взаємозв'язок.

Технологія розробки прогнозу фази динаміки популяцій. З метою співставлення різних предикторів прогнозу лугового метелика використовується балова оцінка (табл. 4.4).

Таблиця 4.2 – Вихідна інформація для складання довгострокового прогнозу фази динаміки популяцій лугового метелика

№ п/п	Показники	Інформація
1	Площа полів, зайнята шкідником (у % від обстеженої) – в середньому по регіону – на багаторічних травах – на пропашних і овочевих культурах	Польові обстеження Те ж Те ж
2	Чисельність гусені, екзмпляр/м ² – середня – максимальна (у місцях розповсюдження)	Те ж Те ж
3	Зараженість гусені, % - паразитами - патогенами	Те ж Те ж
4	Маса тіла лялечок, мг	Результати аналізу ґрунтових проб
5	Відсоток лялечок з масою тіла менше 30 мг	Те ж
6	Терміни початку масового відродження гусені	Розраховується за метеоданими
7	Терміни початку масового лялькування	Те ж
8	Середня температура періоду живлення гусені	Те ж
9	Терміни початку масового льоту метеликів	Те ж
10	ГТК періоду лялькування	Те ж
11	Терміни початку масового льоту метеликів	Те ж
12	ГТК періоду масового льоту метеликів	Те ж
13	Дата стійкого переходу температури повітря через 12°C восени	Те ж
14	Сума ефективних температур за період від масового льоту метеликів до переходу температури повітря через 12° С	Те ж

Показники, що характеризують фактичне розселення та щільність популяції, оцінюються за п'ятибальною шкалою, фізіологічні ознаки і зараженість – за трибальною шкалою (табл. 4.4).

При оцінці агрокліматичних показників враховується характер і міра їх впливу на формування фазового стану популяції. Фактори, які позитивно впливають, оцінюються зі знаком “+”; ті фактори, що викликають зменшення чисельності шкідника – зі знаком “–”. Розроблена шкала балової оцінки агрометеорологічних показників розвитку лугового метелика охоплює діапазон від –8 до +8 (табл. 4.5).

Таблиця 4.3 – Інформація для уточнювального прогнозу фаз динаміки лугового метелика (за показниками весни і літа прогнозованого року)

№ п/п	Показники	Інформація
	Для першого покоління	
1.	Дата переходу середньої температури повітря через 12°C восени	Розраховується за метеорологічними даними
2.	Терміни початку льоту метеликів, які перезимували	Те ж
3.	Розраховується ГТК періоду лялькування покоління, яке перезимувало	Те ж
4.	Терміни початку масового відродження гусені першого покоління	Те ж
5.	Середня температура періоду льоту метеликів покоління, яке перезимувало	Те ж
Для другого покоління		
1.	Терміни початку масового лялькування гусені першого покоління	Розраховується за метеоданими та уточнюється за польовими обстеженнями
2.	Терміни початку льоту метеликів першого покоління	Те ж
3.	Середня температура повітря періоду живлення гусені першого покоління	Те ж
4.	ГТК періоду лялькування першого покоління	Те ж
5.	Терміни початку відродження гусені другого покоління	Те ж
6.	ГТК періоду льоту метеликів першого покоління	Те ж

Таблиця 4.4 – Балова оцінка показників стану популяції лугового метелика

Показчики	Кількісна характеристика показчика	Балова оцінка
Площа, заселена гусінню (% від обстеженої)	Менше 10	1
	11 – 20	2
	21 – 40	3
	41 – 60	4
	Більше 60	5
Чисельність гусені, екз/м ² , середня максимальна	Менше 1,0	1
	1,1 – 5,0	2
	5,1 – 10,0	3
	10,1 – 20,0	4
	Більше 20	5
	Менше 20	1
	21 – 50	2
	51 – 100	3
	101 – 300	4
	Більше 300	5
Середня маса тіла лялечок, мг	Менше 30	1
	30 – 35	2
	Більше 35	3
Відсоток лялечок з масою тіла менше 30 мг	Більше 40	1
	20 – 40	2
	Менше 20	3
Відсоток хворої гусені	Більше 40	1
	20 – 40	2
	Менше 40	3

Отримані результати порівнюються із значеннями індексу попереднього прогнозу. Якщо оцінка вище попередньої, то вона характеризує тенденцію зростання чисельності, якщо ні – то навпаки.

Після визначення початкового стану популяції складається прогноз по агрометеорологічним показникам. Для цього використовується значення середньої температури та ГТК окремих критичних періодів. Середні значення розраховуються за формулами:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{акт}}{N} T, \quad (4.1)$$

$$ГТК = \frac{\sum P \cdot 10}{\sum T_{акт}}, \quad (4.2)$$

де $ST_{акт}$ – сума активних температур за період, °С;

N – тривалість періоду, дні;

SP – сума опадів за період, мм.

Таблиця 4.5 – Балова оцінка оптимальних агрометеорологічних показників розвитку лугового метелика

Агрометеорологічні показники	Градації показників	Балова оцінка
Середня температура періоду розвитку гусені, °С	20,1 – 21,0	+4
	19,1 – 20,0 і 21,1 – 22,0	+2
	18,1 – 19,0 і вище 22	0
	17,1 – 18,0	-2
	Нижче 17,0	-4
ГТК періоду лялькування	0,9 – 1,0	+2
	0,6 – 0,8 і більше 2	-2
	0,5 і менше	-4
Середня температура періоду льоту метеликів	Вище 20,0	+8
	19,1 – 20,0	+4
	18,1 – 19,0	+2
	17,1 – 18,0	-4
	Нижче 17,0	-8
ГТК періоду масового льоту метеликів	0,9 – 1,1	+2
	1,2 – 1,7	+4
	1,8 – 2,0	0
	0,7 – 0,8 і 2,0 – 2,5	-2
	0,5 – 0,6 і більше 2,5	-4
Сума ефективних температур за період масовий літ метеликів останнього покоління – перехід температури повітря через 12°С, °С	241 – 380	+4
	221 – 240	+2
	191 – 220 і 381 – 420	0
	150 – 190 і 421 – 450	-2
	менше 150 і більше 450	-4

Дата переходу температури повітря через 12°С (восени і навесні) розраховується за формулою:

$$D = \frac{(T - T_1) \cdot 10}{T_2 - T_1} \quad (4.3)$$

де D - кількість днів до переходу температури повітря через 12°C ,
 T – температура 12°C ,
 T_1 – середня за декаду температура повітря нижче 12°C ,
 T_2 – середня температура вище 12°C .

Отриману при розрахунках кількість днів додають до 5, 15, 25 (в залежності від попередньої декади).

Таблиця 4.6 – Сумарна балова оцінка стану популяції лугового метелика

Сумарна балова оцінка	Б поточне більше Б попереднього	Б поточне менше Б попереднього
Менше 12	Депресія	Депресія
12 – 16	Вихід із депресії	Спад чисельності
17 – 24	Початок збільшення чисельності	Початок зменшення чисельності
25 – 30	Зростання чисельності	Пік чисельності
Більше 30	Масове розпліднення	—

Для довгострокового прогнозу визначаються агрометеорологічні показники розвитку другого та зимуючого покоління лугового метелика: середню температуру живлення гусені другого покоління, ГТК періоду лялькування другого покоління, ГТК періоду масового льоту метеликів другого покоління, суму ефективних температур за період льоту метеликів другого покоління до переходу температури повітря через 12°C .

Їх значення розраховуються за липень – жовтень поточного року (приклад розрахунку у табл. 4.7. А). Отримані значення оцінюються у балах (табл.4.7). Ці оцінки з відповідним знаком додають до сумарного індексу, який характеризував початковий стан популяції. Отримані цифри відображують фазу динаміки шкідника перед початком зимівлі та можливий рівень його розповсюдження у наступному році (табл. 4.6). При виконанні слід пам'ятати, що нижня межа оцінки не повинна бути нижче 8, а верхня – більше 34. Тому , якщо значення отримують вищі 34 або нижчі 8, то ставлять 34 і 8.

Уточнення довгострокового прогнозу виконується за таким же принципом.

Таблиця 4.7 – Використання метеорологічної інформації для розрахунків агрометеорологічних показників прогнозу розвитку і розповсюдження лугового метелика (А. Довгостроковий прогноз)

Показники	Липень			Серпень			Вересень			Жовтень	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Температура повітря, °С	21,6	21,1	23,3	22,1	22,2	21,3	19,8	17,0	16,3	15,8	10,5
Сума активних температур, °С	216	211	256	221	222	-	-	-	-	-	-
Сума ефективних температур, °С	-	-	-	-	-	102	78	50	43	48	-
Сума опадів, мм	-	-	6	1	56	0	-	-	-	0	3
Середня температура періоду живлення гусені другого покоління		21,9									
ГТК періоду лялькування другого покоління				0,6							
ГТК масового льоту метеликів					1,4						
Сума ефективних температур за період льоту метеликів другого покоління до переходу температури повітря через 12°С восени											300

Продовження табл. 4.7 (Б. Сезонні прогнози) Перше покоління

Друге покоління

Показники	Березень	Квітень			Травень			Червень			Липень		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Температура повітря, °С	8,1	18,4	13,2	13,3	19,1	20,4	21,4	23,6	22,8	25,2	24,3	23,7	24,5
Сума активних температур, °С	–	184	132	133	191	204	235	236	228	252	243	237	245
Сума ефективних температур, °С	–	64	12	13	51	84	103	116	108	132	123	117	137
ГТК періоду лялькування покоління яке перезимувало				1,7									
Середня температура періоду масового льоту метеликів покоління, яке перезимувало						19,2							
Середня температура періоду живлення гусені першого покоління								22,0					
ГТК періоду лялькування першого покоління										0,5			
ГТК періоду масового льоту метеликів першого покоління											0,2		

Для того, щоб визначити розповсюдження та чисельність шкідника гусені першого покоління лугового метелика, розраховується ГТК періоду лялькування і середню температуру періоду масового льоту метеликів покоління, яке перезимувало. За дату початку лялькування приймається дата стійкого переходу температури повітря через 12°C навесні. Значення цих елементів розраховують з квітня по червень, у південних районах при дуже ранній весні – з другої половини березня (табл. 4.7 Б). З врахуванням виконаних розрахунків уточнюється довгостроковий прогноз.

Після розрахунків прогнозу фази динаміки лугового метелика і на його основі розробляються плани проведення захисних засобів. Засоби боротьби плануються окремо для кожної популяції.

Найбільш небезпечне перше покоління лугового метелика і на нього планують 60 – 70% загального обсягу обробок за рік. Завжди складається два варіанти обсягу засобів боротьби і вибирається варіант в залежності від сприятливості погодних умов для розвитку шкідника.

4.2 Прогноз появи та розвитку колорадського жука

Колорадський жук відомий в багатьох країнах світу як шкідник картоплі та пасльонових культур. На Україні колорадський жук розповсюджений у всіх зонах і наносить значні збитки картоплеводам.

В онтогенезі колорадського жука розрізняють фази жуків (J_m), яєць (O_v), личинок першого, другого, третього і четвертого віку (L_1, L_2, L_3, L_4) і лялечок (P). Найбільш шкідливі з них дорослі жуки, личинки третього та четвертого віку. Колорадський жук за один вегетаційний період здатен давати від одного до трьох поколінь.

Метод прогнозу появи і розвитку жука розроблений В.В. Вольвачем. Задача прогнозу термінів розвитку тих фаз колорадського жука, які використовуються в якості індикаторів оптимальних термінів проведення хімічних обробок посівів картоплі, зводиться до встановлення зв'язку між їх тривалістю та метеорологічними факторами [43]. На розвиток жука найбільше впливає температура повітря та ґрунту. Вихід жуків із ґрунту співпадає із встановленням середньої за добу температури повітря біля 10° С. Таким чином, для визначення появи жуків навесні, необхідно визначити дату стійкого переходу температури повітря через 10° С.

Дата переходу температури повітря через 10° С визначається за даними середніх за добу температур за сумами позитивних і негативних відхилень. Також можна визначити дату переходу температури повітря через 10° С за середніми за декаду температурами повітря графічним методом (рис. 4.1), або за формулами:

для весни

$$S = \frac{(10 - a)}{(b - a)} + 5 \quad (4.6)$$

для осені

$$S = \frac{(b - 10)}{(b - a)} + 5 \quad (4.7)$$

де a – температура повітря нижче 10°C ;

b – температура повітря вище 10°C ;

d – кількість днів першої декади.

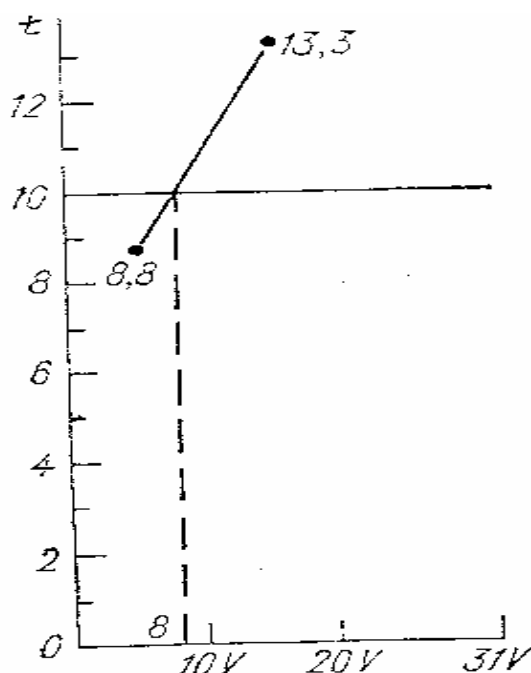


Рис.4.1 – Графічний метод визначення дати переходу температури повітря через 10°C за середніми декадними температурами

Визначення дати переходу температури повітря через 10°C за допомогою графіка виконується так. Вибираються дві декади з середньою температурою нижче 10°C та вище 10°C . Ці значення температури наносяться на міліметровий папір, де на осі абсцис відкладаються дати (масштаб вибирається так, щоб 1 мм становив 1 день), а на осі ординат – значення середньої за декаду температури повітря (теж у масштабі 1°C становить 1 день). Потім на графіку на кінець кожної декади відкладається середнє значення температури повітря. Точки з'єднуються прямою лінією. З ординати точки, яка відповідає значенню температури 10°C проводиться пряма паралельна осі абсцис до перетину з лінією, яка сполучує два

значення середньої за декаду температури. З точки перетину на вісь абсцис проводиться перпендикуляр до перетину з нею. У точці перетину і буде дата переходу температури повітря через 10° С.

Для встановлення тривалості періоду досягання жуків, які перезимували (період від виходу до початку яйцекладки), використовується рівняння

$$U = 94,6 + 0,221t^2 - 8,738t + 4,15h\mathcal{L} \quad , \quad (4.8)$$

де u – тривалість періоду дозрівання жуків, які перезимували;

t – середня за цей період температура повітря;

$h\mathcal{L}$ - показник виходу жуків із ґрунту у вигляді різниці між максимальною тривалістю дня на широті станції та тривалістю дня на дату виходу жуків із ґрунту.

Рівняння застосовується для значень температури повітря від 11 до 21° С, та $h\mathcal{L}$ від 0 до 3 годин.

Тривалість розвитку яєць, личинок, лялечок і колорадського жука визначається переважно температурою повітря. Найсприятливіші умови для розвитку шкідника складаються при температурі повітря вище 20° С, але не вище 25 - 26° С. За таких температур спостерігається найменша тривалість розвитку покоління – 30 діб.

Залежність тривалості розвитку яєць, личинок, лялечок і покоління в цілому виражена рівнянням параболі другого порядку. В табл. 4.8 наведені рівняння та їх статистичні характеристики.

Таблиця 4.8 – Статистичні характеристики рівнянь зв'язку вигляду $U = at^2 - bt + c$

Фази і періоди розвитку	Коефіцієнти рівнянь зв'язку			R	$\pm S_y$	Температура
	a	b	c			
Яйцекладка (O_v)	0,109	-4,92	61,4	0,80	1,9	12 - 26
Личинки ($L_1 - L_4$)	0,135	-6,51	91,8	0,78	2,7	13 – 25
Лялечки (P)	0,188	-8,96	117,6	0,95	2,8	13 – 25
Від яйцекладки до L_2 ($O_v - L_2$)	0,171	-7,68	95,3	0,80	2,7	14 - 25
L_3 ($O_v - L_3$)	0,204	-9,09	113,3	0,80	2,7	14 - 25
L_4 ($O_v - L_4$)	0,213	-9,77	126,6	0,80	3,1	14 - 25
P_p ($O_v - P_p$)	0,470	-20,20	236,8	0,84	3,2	14 – 25
J_m ($O_v - J_m$)	0,378	-18,54	253,7	0,92	4,0	14 - 25

Колорадський жук відноситься до видів, які здатні за один вегетаційний період давати від одного до трьох поколінь. Для досягання жуків літніх поколінь велике значення має тривалість дня по за як вони є дуже чутливою до фотоперіоду фазою. У зв'язку з цим тривалість періоду дозрівання молодих жуків визначається не тільки температурою повітря а і тривалістю дня. В залежності від сполучення цих факторів тривалість періоду змінюється від 6 до 20 і більше днів.

В Україні друге покоління колорадського жука має господарське значення і для розрахунку строків дозрівання молодих жуків застосовується рівняння

$$Y = 79,9 - 0,46t - 0,062 \hbar, \quad (4.9)$$

де \hbar – тривалість дня на дату виходу жуків із ґрунту, хв.

4.3. Прогноз строків розвитку колорадського жука для визначення оптимальних строків проведення хімічного обробітку картоплі

Для складання прогнозу термінів розвитку шкідника необхідна така інформація:

а – дата стійкого переходу середньої за добу температури повітря через 10°C ;

б – фактичні середні за добу і середні за декаду значення температури повітря;

в – прогноз температури повітря;

г – середні багаторічні значення температури повітря;

д – дати настання фаз розвитку картоплі;

ж – тривалість дня на широті агрометеорологічної станції.

При виконанні розрахунків спочатку визначається дата переходу температури повітря через 10°C . Потім визначається тривалість дня (n_1) на дату стійкого переходу температури повітря через 10°C . Потім розраховується тривалість дня через 10 діб після переходу температури повітря через 10°C (n_2). Тривалість дня визначається з таблиць сходу і заходу Сонця. Знаходиться різниця між першою та другою тривалістю дня ($n_1 - n_2$). Після цього розраховується початок яйцекладки першими жуками, які перезимували. Для цього використовується рівняння (4.9). Для полегшення розрахунків побудована робоча таблиця (4.9).

Визначення термінів хімічної обробки посівів залежить від визначення початку періодів розвитку личинок другого та четвертого віку. Обробка проводиться в період коли у фазах розвитку личинок другого початку розвитку четвертого віку знаходиться найбільша кількість особин.

Таблиця 4.9 – Залежність тривалості дозрівання перезимуваних жуків (дні) від температури повітря та показника терміну їх виходу ($n_1 - n_2$)

$(n_1 - n_2)$.	Середня температура повітря, ° С							
	13	14	15	16	17	18	19	20
0	18	15	13	11	10	9	8	7
0,2	19	16	14	12	11	10	9	8
0,4	20	17	15	13	12	11	10	9
0,6	21	18	16	14	12	11	11	10
0,8	22	19	17	15	13	12	12	11
1,0	23	20	17	16	14	13	12	12
1,2	23	21	18	16	15	14	13	13
1,4	24	21	19	17	16	15	14	14
1,6	25	22	20	18	17	16	15	15
1,8	26	23	21	19	18	17	16	15
2,0	27	24	22	20	18	17	17	16
2,2	28	25	22	21	19	18	17	17
2,4	28	26	23	21	20	19	18	18
2,6	30	27	24	22	21	20	19	19

Таблиця 4.10 – Тривалість розвитку колорадського жука (дні) в залежності від температури повітря

№	Фаза і період розвитку	Температура повітря, ° С						
		12	13	14	15	16	17	18
1	Яйцекладка (O_v)	18	16	14	12	11	9	8
2	Личинки ($L_1 - L_4$)	-	30	27	25	22	20	18
3	Лялечки (P)	-	33	29	25	22	20	18
4	Від яйцекладки до ($O_v - L_2$)	-	25	21	21	16	14	12
5	($O_v - L_4$)	-	-	33	28	25	22	20
6	($O_v - J_m$)	-	-	69	60	53	48	44
№	Фаза і період розвитку	Температура повітря, ° С						
		19	20	21	22	23	24	25
1	Яйцекладка (O_v)	7	7	6	6	6	6	6
2	Личинки ($L_1 - L_4$)	17	16	15	14	13	13	13
3	Лялечки (P)	16	14	12	11	11	10	10
4	Від яйцекладки до ($O_v - L_2$)	11	10	10	9	9	10	10
5	($O_v - L_4$)	18	17	16	15	15	14	15
6	($O_v - J_m$)	40	36	33	31	30	29	29

Для визначення терміну обробки за описаною вище схемою розраховується термін початку кладки яєць жуками масового терміну виходу. Прогнози масової появи личинок другого та четвертого віку та жуків літньої регенерації розраховуються за допомогою робочої табл. 4.10.

За допомогою табл. 4.10 визначається в кожному конкретному випадку термін складання прогнозу, який забезпечував би його декадну завчасність. Після складання прогнозу термінів початку масового відродження личинок другого віку за даними температури повітря за допомогою табл. 4.10 встановлюється термін складання прогнозу початку масового розвитку личинок четвертого віку, який забезпечує його п'ятиденну завчасність. Розраховані терміни проведення хімічних обробок посівів будуть оптимальними для полів з ранніми та середніми строками висадки.

5 Методи прогнозів перезимівлі озимих культур

5.1 Морфологічна характеристика стану озимих культур восени

Озимі культури (пшениця, жито, ячмінь) – однолітні рослини, зростання яких відбувається впродовж двох циклів, що відмежовані між собою досить тривалим відрізком часу (від 3 до 7 місяців) примусового спокою, який обумовлюється несприятливими умовами зимівлі. Перший цикл зростання озимих культур починається восени і продовжується до припинення вегетації. Другий цикл зростання починається навесні з відновлення вегетації рослин і закінчується збиранням врожаю.

Здатність озимих культур зберігатись у вегетативному стані восени і не розвивати вегетативних органів є адаптивною ознакою, яка сприяє їх перезимівлі [45, 46, 47]. Зменшення інтенсивності зростання наприкінці вегетації призводить до зміни напрямку та інтенсивності процесу обміну речовин, а також накопиченню інгібіторів зростання, що сприяють переходу рослин в стан зимового покою.

З усіх озимих зернових культур найбільш стійким до несприятливих умов зимівлі є жито. Це пояснюється менш вимогливим ставленням цієї культури до зовнішніх умов вирощування, більшою інтенсивністю кущистості та ін. Критична температура вимерзання різних сортів озимого жита в залежності від умов осінньої вегетації коливається у межах від -18 до -24°C . Тому воно має більш широке розповсюдження у районах з суворою зимою.

Головна та дуже цінна культура – озима пшениця. Вона більш вимоглива до умов вирощування, критична температура вимерзання у неї менша, ніж у озимого жита і коливається від -17° до -22°C . Посіви озимої пшениці займають перше місце за площами серед зернових культур.

Озимий ячмінь – найбільш скоростигла та вимоглива до тепла та вологи культура. Але зимостійкість його значно нижче ніж у жита та озимої пшениці. Критична температура вимерзання більшості сортів ячменю становить $-13 - 16^{\circ}\text{C}$. Вирощується озимий ячмінь в районах, де умови зимівлі значно м'якші. Площі посівів озимого ячменю набагато менші ніж озимої пшениці та жита [21].

Восени озимі культури формують коріння, пагони та листя. Головними факторами агрометеорологічних умов розвитку озимих культур восени є температура повітря та вологість ґрунту [31].

Восени у підземній частині стебла формується вузол кущіння – найважливіший та єдиний орган, що здатний регенерувати нові органи рослини. В ньому накопичуються питомі речовини, головним чином вуглеводи, які визначають стійкість рослин до несприятливих умов зими.

Вузол кущіння розташовується біля поверхні ґрунту (на глибині 3 – 5 см). Загибель вузла кущіння викликає загибель всієї рослини. Тому взимку при визначенні стану озимих культур перш за все визначається стан вузла кущіння.

Глибина залягання вузла кущіння залежить від заглиблення насіння, щільності верхнього шару ґрунту, розміру посівного насіння та агрометеорологічних умов осіннього періоду.

В осінній період у озимих культур відбуваються складні фізіологічні процеси, які забезпечують підготовку рослин до зимівлі. Стан озимих посівів після припинення вегетації восени має дуже велике значення для перезимівлі. Найменш зимостійкими бувають озимі культури у фазі другого та третього листка. Перерослі рослини восени мають висоту біля 25 см та більше шести бокових пагонів. Зимостійкість таких рослин різко зменшується в порівнянні з рослинами, які мають 3 – 5 пагонів. За даними багатьох дослідників найбільша зимостійкість буває, коли у рослин утворюється до припинення вегетації від 3 до 5 пагонів.

Зимостійкість рослин залежить від строків сівби, зволоження ґрунту, біологічних особливостей сортів озимих культур та агрометеорологічних умов впродовж осіннього періоду вегетації, наприкінці якого проходить процес загартування рослин. За даними І.І. Туманова процес загартування проходить впродовж двох фаз. Перша фаза протікає в умовах доброго освітлення та при поступовому зменшенні температури повітря до 0 – 6° С. Тривалість першої фази становить 12 – 14 днів. При добрих умовах проходження першої фази загартування озимі витримують зниження температури ґрунту на глибині вузла кущіння до - 12° С.

Друга фаза загартування відбувається наприкінці осені – початку зими при середній за добу температурі повітря -2 – -5° С. Вона може відбуватись уже під снігом. Тривалість другої фази становить 3 – 5 днів, інколи -8 – -12. Після проходження другої фази загартування рослини накопичують найбільшу кількість цукру та здатні витримувати температури до -18 – -22° С.

В залежності від морозостійкості висіяних сортів, агрометеорологічних умов осені, рельєфу полів зрідженість посівів взимку носить досить різноманітний характер. Вона може бути невеликою та рівномірно розповсюджуватись по полю. Це буде дифузійна зрідженість. Найчастіше вона викликається короткочасними сильними морозами при відсутності снігу або незначній його висоті у першу половину зими.

За більш суворих умов зимівлі (тривалих сильних морозів, тривалого залягання товстого шару снігу, наявності льодової кірки, застою талих вод та ін.) зрідженість посівів носить плямистий характер. Загальна площа пошкоджень у таких випадках залежить від інтенсивності та тривалості несприятливих умов. Такий вид зрідженості посівів озимих культур зустрічається найчастіше.

Третій тип зрідженості посівів спостерігається в роки з поганими умовами для перезимівлі рослин, коли майже всі рослини на полі гинуть. За великої зрідженості озимих проводиться підсів або повний пересів озимих культур ярими.

Основними причинами пошкодження рослин взимку є: вимерзання, випрівання, вимокання, випирання та видування рослин. Крім того, наявність притертої льодової кірки поглиблює дію всіх вищеназваних факторів. Загибель рослин взимку найчастіше відбувається під дією не одного, а декількох факторів. Так, в посушливих умовах поганий стан озимини навесні пояснюється не тільки умовами перезимівлі, а і великою зрідженістю посівів внаслідок слабкого розвитку восени через нестачу вологи в ґрунті. В таких випадках дія зимових умов викликає ще більшу зрідженість посівів.

5.2 Морозостійкість озимих культур в залежності від агрометеорологічних умов

Перезимівля озимих зернових культур визначається біологічними особливостями озимого жита, озимої пшениці та озимого ячменю – їх зимостійкістю і морозостійкістю, а також агрометеорологічними умовами осіннього, зимового та весняного періодів, станом озимих перед припиненням вегетації, який відображує рівень агротехніки (строки сівби, якість обробки ґрунту, вплив попередників та ін.).

Зимостійкість рослин – це загальна стійкість їх до несприятливих умов зими. Вона визначається біологічними особливостями рослин, станом посівів перед припиненням вегетації, мірою загартування рослин та умовами перезимівлі. Зимостійкість рослин поступово зростає від осені до середини зими, в другій половині зими вона починає зменшуватись. Особливо різко вона зменшується взимку при наявності великої кількості відлиг.

Морозостійкість рослин – це стійкість рослин до морозів. Вона характеризується критичною температурою вимерзання рослин. *Критична температура* вимерзання рослин – це температура, за якої загибель від вимерзання становить більше 50 % рослин. За даними В.М. Лічикакі [15] значення критичної температури вимерзання тісно пов'язано із середньою за пройдений період зимівлі мінімальною температурою ґрунту на глибині залягання вузла кущіння.

Стан озимих посівів восени після припинення вегетації дуже впливає на перезимівлю озимих культур. Мало розвинені рослини так, як і перерослі, значно більше пошкоджуються при несприятливих умовах зимівлі. Критична температура їх вимерзання майже завжди на 1 – 3° С вище ніж у добре розвинених рослин. Погано розвинені рослини з кущистістю 1 – 2 пагони мають мало питомих речовин і тому скоріше

пошкоджуються внаслідок вимокання та випрівання, а також від льодової кірки. У перерослих рослин (з кустистістю більше 6 пагонів у пшениці та 4 пагонів у жита) зимостійкість зменшується внаслідок значного росту та переходу рослин до третього етапу органогенезу, а також у зв'язку з інтенсивним збільшенням конусу наростання в осінній період, що викликає затримку проходження першої стадії загартування рослин. Встановлено [46 – 50], що найбільшу зимостійкість мають рослини, які мають на припинення вегетації до трьох, чотирьох пагонів (у деяких сортів озимої пшениці до 2 – 3 пагонів).

Головними агрометеорологічними факторами, які визначають перезимівлю озимих культур, є: висота снігу, мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння в різні періоди зими, сума від'ємних температур повітря, глибина промерзання ґрунту, тривалість періоду з висотою снігу більше 30 см, сума опадів за осінній та зимовий періоди та ін. Дослідженнями впливу цих факторів на перезимівлю озимини займалися Ф.М. Куперман, В.М. Лічкакі, В.О. Мойсейчик, І.М. Петунін, О.М. Шульгін, А.А. Окушко і інші.

Агрометеорологічні умови як холодного, так і теплого періодів року значно впливають на стан озимих культур. Ці умови значно змінюються як у часі, так і у просторі. В залежності від характеру процесів формування одні й ті ж метеорологічні елементи можуть бути небезпечними і, навпаки, сприятливими для рослин, що зимують.

Вивчення закономірностей просторової та часової мінливості основних агрометеорологічних елементів, що обумовлюють перезимівлю озимих культур, та інерційності реакції рослин на їх дію дозволили встановити прогностичні залежності та розробити методи довгострокових прогнозів перезимівлі озимих культур.

5.3 Агрометеорологічні умови перезимівлі озимих культур та закономірності їх формування

Агрометеорологічними умовами перезимівлі озимих культур називається комплекс метеорологічних елементів, які безпосередньо або побічно впливають на рослини взимку і визначають їх зимостійкість та стан на початок весняної вегетації.

Температура повітря. Температура повітря визначає не тільки умови, але і тривалість періоду зимівлі рослин, який починається з дати стійкого переходу температури повітря через 0° С восени та закінчується переходом її через позитивні значення навесні. Температура повітря взимку особливо негативно впливає на перезимівлю озимих культур за відсутності снігу. Особливо несприятливі для озимих культур різкі коливання мінімальної

температури повітря в районах з великим промерзанням ґрунту та малою висотою снігового покриву.

Сніговий покрив. Велике значення для зимівлі рослин мають строки встановлення та сходу снігу, просторова та часова мінливість висоти та щільності його. Пізнє встановлення снігу на полях в районах з стійкою зимою та сильними морозами збільшує імовірність вимерзання рослин. Висота снігу на полях поступово збільшується впродовж зими. Найбільша вона буває у північних хліборобських районах наприкінці березня, на півдні – у лютому. При рівномірному заляганні сніг добре захищає рослини від сильних морозів. Після встановлення на полях снігу температура ґрунту на глибині вузла кущіння значно підвищується. Але дуже глибокий сніг та тривале його залягання на полях з озимими також несприятливо впливає на рослини.

Сніг на полях залягає дуже нерівномірно. Під впливом вітру на відкритих полях відбувається значне перенесення снігу з одних ділянок поля на інші. Дослідженнями просторової мінливості снігу на полях займалися І.М. Петунін, О.О. Окушко, А.М. Шультін, В.О. Мойсейчик та ін. Ними встановлено, що нерівномірність розповсюдження снігу тим більша, чим менша середня його висота. Встановлено, що висота снігу 10 см достатня для збереження озимих при сильних морозах і вона буває на всьому полі за середньої висоти снігу 30 см. В.О. Мойсейчик була розрахована ймовірність розподілу снігу на полях з озимими культурами за різної середньої товщини його (табл. 5.1).

Тривалість періоду з снігом також має велику просторову мінливість. Тривале залягання товстого шару снігу на полях викликає пошкодження рослин внаслідок випрівання. За значної товщини снігу та тривалого його перебування на полях стан озимини залежить від швидкості танення снігу.

Глибина промерзання ґрунту. Строки встановлення снігу на полях та його товщина значно впливають на глибину промерзання ґрунту, яка також має значну просторову та часову мінливість, але все ж таки меншу ніж товщина снігу. На глибину промерзання ґрунту впливають механічний склад ґрунту, його вологість, рельєф, агротехніка, рослинний покрив тощо.

Дослідження Л.О. Разумової показали, що головними факторами, які обумовлюють глибину промерзання ґрунту, є вологість ґрунту, температура повітря, товщина снігу та рівень ґрунтових вод. Чим менше товщина снігу та вища сума негативних температур, тим глибше промерзає ґрунт (рис. 5.1, а, б).

Температура ґрунту на глибині залягання вузла кущіння. Температура ґрунту на глибині вузла кущіння є комплексним показником агрометеорологічних умов перезимівлі озимих культур. На її значення впливають тепломісткість і теплопровідність ґрунту, температура повітря, товщина снігу, вологість ґрунту, глибина промерзання ґрунту.

Таблиця 5.1 – Розподіл снігу на полях з озимими культурами при різних висоті його за снігозйомкою (% загальної площі поля)

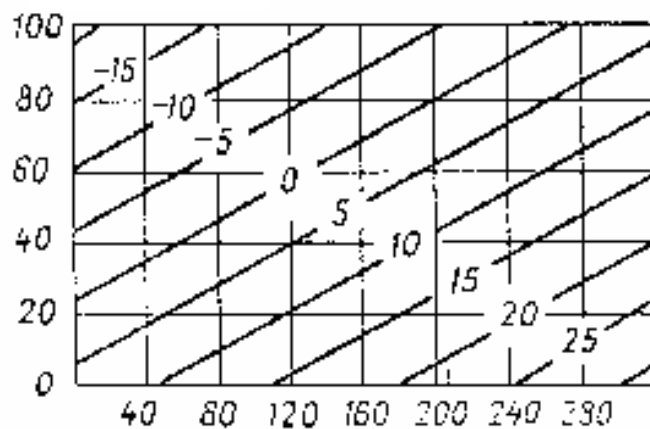
Середня висота снігу за снігозйомкою, см	Висота снігу, см									
	0	1-3	4-6	7-10	11-15	16-20	21-30	31-50	51-80	80-100
1	70	24	5	1	0	–	–	–	–	–
2	46	33	17	4	0	–	–	–	–	–
3	27	38	25	9	1	0	–	–	–	–
4	18	30	36	13	3	0	–	–	–	–
5	10	25	39	21	5	0	–	–	–	–
6	7	19	34	29	10	1	0	–	–	–
7	5	16	30	35	12	2	0	–	–	–
8	2	11	25	41	15	6	0	–	–	–
9	2	7	18	42	23	7	1	0	–	–
10	1	7	14	38	28	9	3	0	–	–
11	1	4	12	37	37	13	4	0	–	–
12	1	3	9	29	38	16	4	0	0	–
13	0	3	7	24	37	19	9	1	0	–
14	0	2	6	21	35	23	11	2	0	–
15	0	2	5	17	33	27	14	2	0	–
16	0	2	4	14	29	29	19	3	0	–
17	0	1	4	13	25	30	23	4	0	–
18	0	0	4	10	23	31	26	6	0	–
19	0	0	2	9	21	30	32	6	0	–
20	0	0	2	8	19	28	33	10	0	–
21–30	0	0	1	3	9	21	44	21	1	0
31–50	0	0	0	0	1	5	25	63	6	0

Вплив температури повітря при відсутності снігу на температуру ґрунту на глибині вузла кушіння носить лінійний характер (рис. 5.2).

Вплив товщини снігу на температуру ґрунту носить нелінійний характер. Значення кожного сантиметра снігу для температури ґрунту змінюється із збільшенням його товщини [35].

Просторова мінливість мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння визначається, головним чином, розподілом снігу на полях.

см а)



см б)

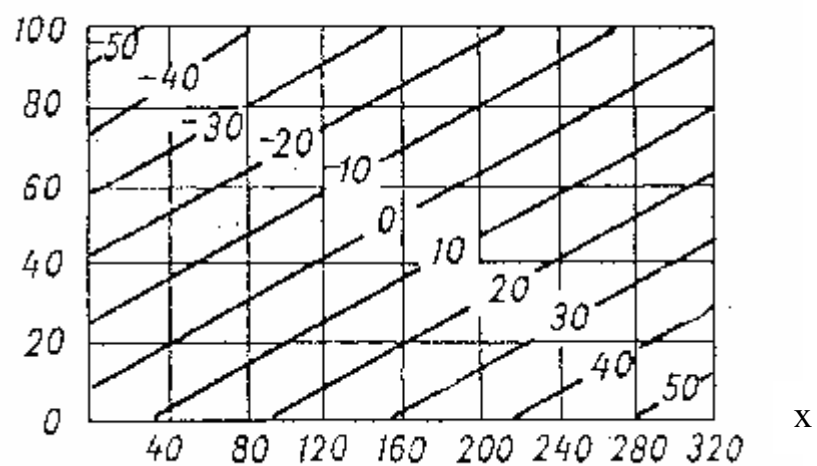


Рис.5.1 – Зміна глибини промерзання ґрунту (х) (см за декаду).
а – райони з високим стоянням ґрунтових вод;
б – райони з глибоким стоянням ґрунтових вод на ЄЧ СНД.

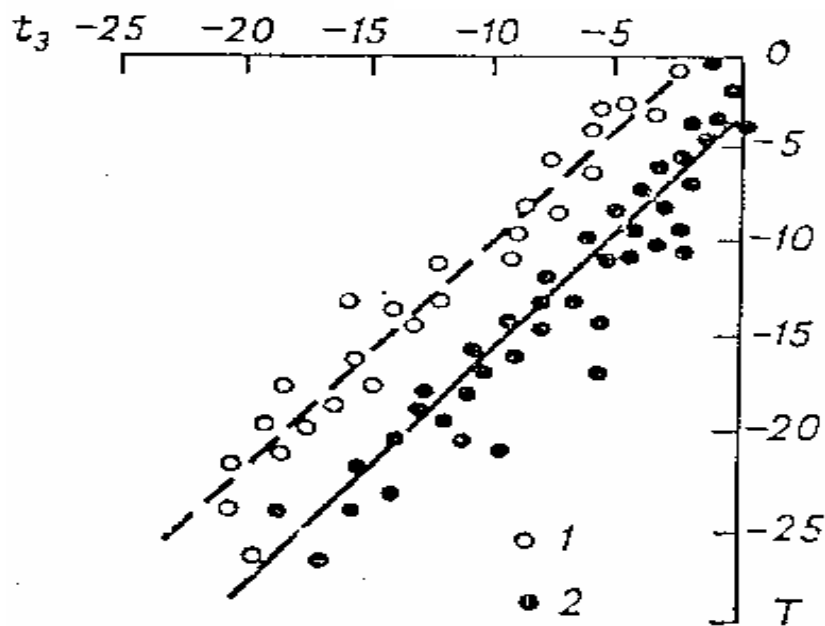


Рис. 5.2 – Значення мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см в залежності від мінімальної температури повітря при відсутності снігу, 1 – при підвищенні температури повітря, 2 – при зменшенні.

Велика просторова та часова мінливість мінімальної температури ґрунту не дозволяє обмежуватись лише фактичними спостереженнями через малу кількість повторюваностей. Тому для використання цієї величини в прогнозах та оцінках було розроблено декілька методів розрахунку температури ґрунту на глибині 3 см. Встановлена залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння від мінімальної температури повітря (T) при різній висоті снігу та різної глибини промерзання ґрунту (H). Рівняння зв'язку – у табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Рівняння зв'язку мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см з мінімальною температурою повітря та глибиною промерзання ґрунту

Висота снігу, см	Рівняння зв'язку
5	$t_3 = 0,64T - 0,07H + 5,2$
10	$t_3 = 0,25T - 0,06H + 3,1$
15	$t_3 = 0,17T - 0,06H + 1,9$
20	$t_3 = 0,12T - 0,05H + 1,56$

Для практичного використання рівнянь побудовані графіки (рис. 5.3 а, б).

За значеннями коефіцієнтів кореляції та кореляційних відношень встановлено, що зв'язок температури ґрунту на глибині вузла кущіння з температурою повітря та глибиною промерзання ґрунту прямолінійний, а з товщиною снігу нелінійний і має вигляд параболи другого порядку.

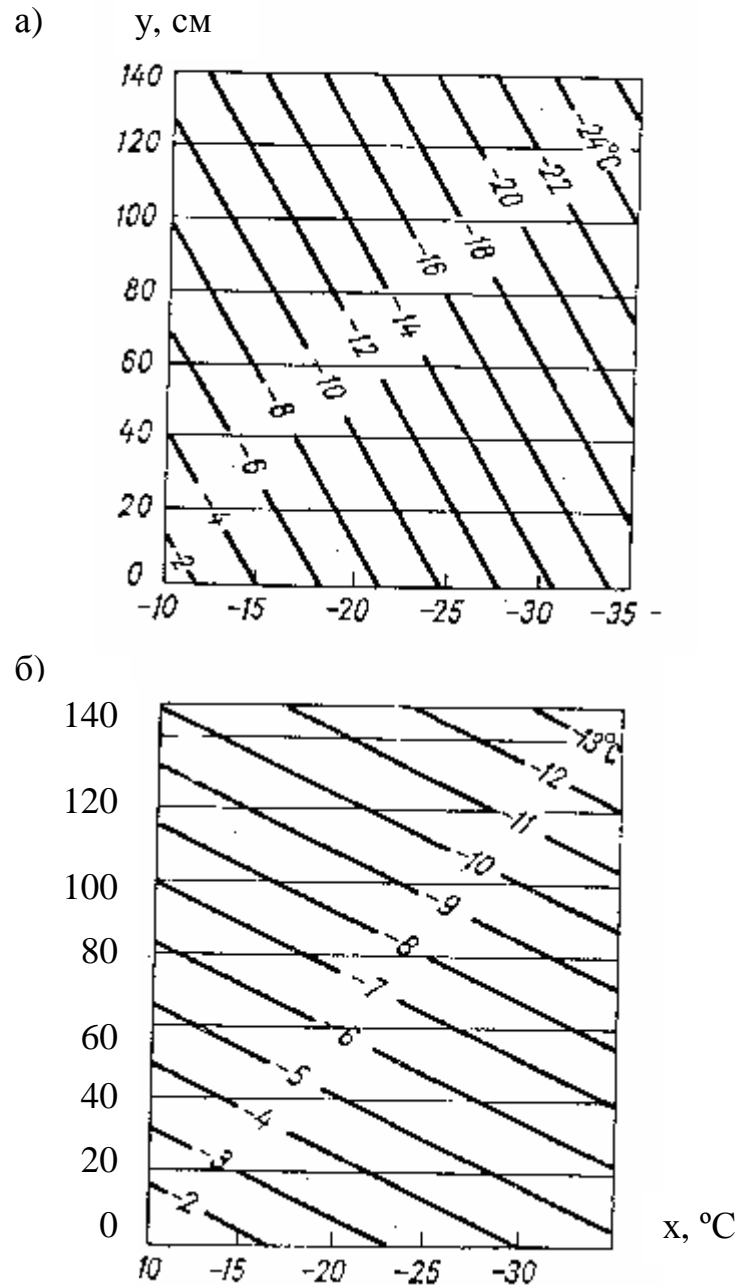


Рис. 5.3 – Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння озимих культур від мінімальної температури повітря (х) та глибини промерзання ґрунту (у).

Аналітично ці залежності описуються багатофакторними рівняннями: для зони з чорноземними ґрунтами:

$$t = 0,618T - 0,082H + 0,658h^2 - 0,008h + 0,0007P - 0,366 \quad (5.1)$$

для зони нечорноземних земель з добре зволуженим суглинковим ґрунтом:

$$t = 0,274T - 0,052H + 0,444h^2 - 0,009h + 0,004P - 5,960 \quad (5.2)$$

для нечорноземної зони з добре зволуженим супіщаним ґрунтом:

$$t = 0,372T - 0,057H + 0,425h^2 - 0,003h + 0,005P - 2,328 \quad (5.3)$$

для західних районів нечорноземної зони з суглинковим добре зволуженим ґрунтом:

$$t = 0,205T - 0,074H + 0,171h^2 - 0,003h + 0,0004P - 0,965. \quad (5.4)$$

За цими рівняннями розраховується мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см, якщо: $T = -10 \text{ -- } -40^\circ \text{C}$, $H = 20 \text{ -- } 150 \text{ см}$, $h = 0 \text{ -- } 40 \text{ см}$, $P = 100 \text{ -- } 2000$ пагонів на один метр.

За рівняннями (5.1 – 5.4) визначається також товщина снігу, за якої мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння буде близькою до критичної температури вимерзання рослин. Ці рівняння широко використовуються у практиці оперативного обслуговування сільського господарства як для оцінки умов перезимівлі, так і для складання прогнозів площі з загиблими посівами.

На стійкість озимих культур до несприятливих умов зими впливають також попередники, після яких озимі посіяні.

5.4 Вплив попередників на перезимівлю озимої пшениці

При складанні прогнозу перезимівлі озимої пшениці для якого-небудь конкретного району часто виникає необхідність врахування загального стану озимини не тільки відносно її розвитку за сортами, але і за попередниками [49]. Досліди показали, якщо враховувати попередники, то прогноз площі зрідження посівів буде значно точніший завдяки врахуванню зимостійкості сортів.

Таблиця. 5.3 – Відсоток загибелі розкущеної озимої пшениці в залежності від мінімальної температури на глибині залягання вузла кушіння, попередника і морозостійкості сорту

Сорт	Попередник	Мінімальна температура на глибині залягання вузла кушіння, °C											
		-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
Найбільш морозостійкі сорти													
Миронівська 808, Північно донецька	Чорний пар	2	3	4	5	7	9	13	19	28	37	55	80
	Непарові	3	4	5	7	10	14	21	30	47	60	98	100
Менш засухостійкі сорти													
Безоста 1	Чорний пар	2	3	4	6	8	12	20	30	45	68	100	–
	Непарові	3	4	6	10	14	21	31	50	76	100	–	–

Дослідження І.В. Свісюка [51] щодо виявлення закономірностей зрідженості посівів озимої пшениці, посіяної по парових та непарових попередниках, показали, що є тісний зв'язок між зрідженістю посівів та мінімальною температурою ґрунту на глибині 3 см при сівбі по парових та непарових попередниках. При сівбі по різних попередниках морозостійкість озимини змінюється. При цьому також враховується міра кущистості посівів (табл. 5.3).

Таблиця 5.4 – Критична температура вимерзання розкущеної озимої пшениці морозостійких сортів в залежності від мінімальної температури повітря за листопад та суми температур за листопад – грудень

Середня мінімальна температура за листопад	ΣТ нижче 0° С за листопад – грудень								
	-30	-60	-90	-120	-150	-180	-210	-240	-270
8	-14,8	-15,1	-15,4	-15,7	-16,0	-16,3	-16,6	-16,9	-17,2
6	-15,0	-15,3	-15,6	-15,9	-16,1	-16,5	-16,7	-17,1	-17,4
4	-15,3	-15,6	-15,9	-16,1	-16,4	-16,7	-17,1	-17,4	-17,7
2	-15,6	-15,9	-16,1	-16,4	-16,7	-17,1	-17,4	-17,6	-17,9
0	-15,8	-16,1	-16,4	-16,7	-17,0	-17,3	-17,6	-17,9	-18,2
-2	-16,1	-16,4	-16,7	-16,9	-17,2	-17,5	-17,8	-18,1	-18,4
-4	-16,3	-16,6	-16,9	-17,1	-17,4	-17,8	-18,1	-18,4	-18,7
-6	-16,5	-16,8	-17,1	-17,4	-17,7	-18,0	-18,3	-18,6	-18,9
-8	-16,8	-17,1	-17,4	-17,8	-18,0	-18,3	-18,6	-18,8	-19,2

При складанні прогнозу вимерзання озимої пшениці доцільно користуватись одночасно рівняннями, отриманими В.О. Мойсейчик, та даними табл. 5.4. У такому випадку точність прогнозу значно збільшується.

5.5 Прогноз критичної температури вимерзання озимих культур

Критична температура вимерзання – це така температура при якій загибель рослин становить 50 % і більше. Найчастіше значення критичної температури вимерзання визначають за допомогою проморожування зразків у холодильних камерах. Але існує ціла низка методів розрахунку критичної температури [47] вимерзання озимих культур.

Прогноз критичної температури вимерзання за методом І.В. Свісюка. Дослідження І.В. Свісюка [51] показали, що найбільше впливає на загартування рослин восени температура повітря та ґрунту. В листопаді та

на початку грудня, у період першої фази загартування, особливо велике значення мають перепади між денною та нічною температурами та мінімальна температура повітря в нічну пору. Наприкінці листопада та в грудні, у період другої фази загартування, важливого значення набуває хід зниження негативної середньої за добу температури. Були встановлені статистичні залежності між переліченими факторами та критичною температурою вимерзання:

$$U = 0,125t - 0,00099\Sigma T - 15,5 \quad (5.5)$$

де U – критична температура вимерзання озимих більш морозостійких сортів, які мають з осені кущистість 2 – 3 пагони, °С;

t – середня з мінімальних температур повітря за листопад, °С;

ΣT – сума температур повітря нижче 0° С за листопад – грудень, °С.

За цим рівнянням розрахована табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Залежність критичної температури вимерзання від сум середньої за добу температури повітря та суми мінімальної температури на глибині вузла кушіння для сортів озимої пшениці середньої морозостійкості (за В.М. Лічикакі)

Сума середніх температур повітря або ґрунту на глибині вузла кушіння від дати переходу температури повітря через 0° С до зниження її до -10° С	Розрахована критична температура вимерзання (в °С)	
	за сумами температур повітря	за сумами температур ґрунту на глибині вузла кушіння
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 и нижче	-19,0	-19,0

Для сортів з меншою морозостійкістю (Безоста 1, Аврора, Кавказ та ін.) при розрахунках по таблиці вводиться поправка. Вона в середньому становить 2° С. Така ж поправка вводиться для усіх сортів, якщо вони закінчили вегетацію у стані сходи – третій лист.

Визначення критичної температури за методом В.М. Лічикакі. В.М. Лічикакі встановлена залежність критичної температури вимерзання озимих культур від сум середніх за добу температур повітря та сум мінімальних температур ґрунту на глибині залягання вузла кушіння. Для використання цієї залежності в оперативній роботі була розрахована табл. 5.6.

За табл. 5.6 розраховується критична температура вимерзання в першу половину зими, тобто після дати стійкого переходу температури повітря через -10° С. Закінчення періоду проходження другої фази загартування рослин приблизно співпадає з цією датою.

Таблиця. 5.6 – Залежність критичної температури вимерзання сортів озимої пшениці від середньої з мінімальних температури ґрунту на глибині вузла кушіння

Середня мінімальна температура на глибині вузла кушіння (в °С) за період від дати переходу її через 0°С до дати визначення критичної температури	Критична температура сортів озимої пшениці різної морозостійкості (в °С)		
	вище середньої	середня	нижче середньої
	Одеська 3, Одеська 16	Українка, Білоцерківська 198, Миронівська 808	Безоста 1
1	2	3	4
0	-14,0	-14,0	-13,8
-0,6	-15,2	-15,1	-14,2
-1,2	-16,6	-16,1	-14,9
-1,8	-17,7	-16,9	-15,7
-2,4	-18,8	-17,7	-16,3
-3,0	-19,6	-18,3	-16,4
-3,6	-20,3	-18,7	-16,5
-4,2	-20,8	-19,1	
-4,8	-21,2	-19,2	
-5,4	-21,6	-19,4	
-6,0	-22,0	-19,5	

Результати перевірки цієї методики на великому матеріалі спостережень показали, що визначена за табл. 5.6. критична температура вимерзання забезпечується точністю $\pm 1^\circ \text{C}$.

Для того, щоб була можливість розраховувати значення критичної температури не тільки для першої половини зими, а і для всієї зими, В.М. Лічикакі були встановлені статистичні залежності критичної температури вимерзання ($T_{кр}$) від середньої із мінімальних температур ґрунту (t_3) на глибині вузла кущіння за період від переходу її через 0°C восени до дати визначення критичної температури вимерзання (рис. 5.4 а, б). Залежності описані рівняннями:

для сортів середньої морозостійкості:

$$T_{кр} = -14,056 + 1,916t_3^2 + 0,172t_3 \quad (5.6)$$

для сортів високої морозостійкості:

$$T_{кр} = -13,929 + 2,454t_3^2 + 0,191t_3 \quad (5.7)$$

для сортів слабкої морозостійкості:

$$T_{кр} = -13,8 + 0,164t_3^2 - 1,00t_3 - 0,344t^2 - 0,0289t \quad (5.8)$$

Озиме жито:

$$T_{кр} = -0,14t_3^2 + 2,65t_3 - 14 \quad (5.9)$$

Озимий ячмінь:

$$T_{кр} = -0,488t_3^2 + 3,263t_3 - 9,25 \quad (5.10)$$

Озимий ячмінь:

$$T_{кр} = -0,488t_3^2 + 3,263t_3 - 9,25 \quad (5.10)$$

За рівняннями (5.6 – 5.8) була розрахована робоча (табл. 5.7) для більшості сортів озимої пшениці.

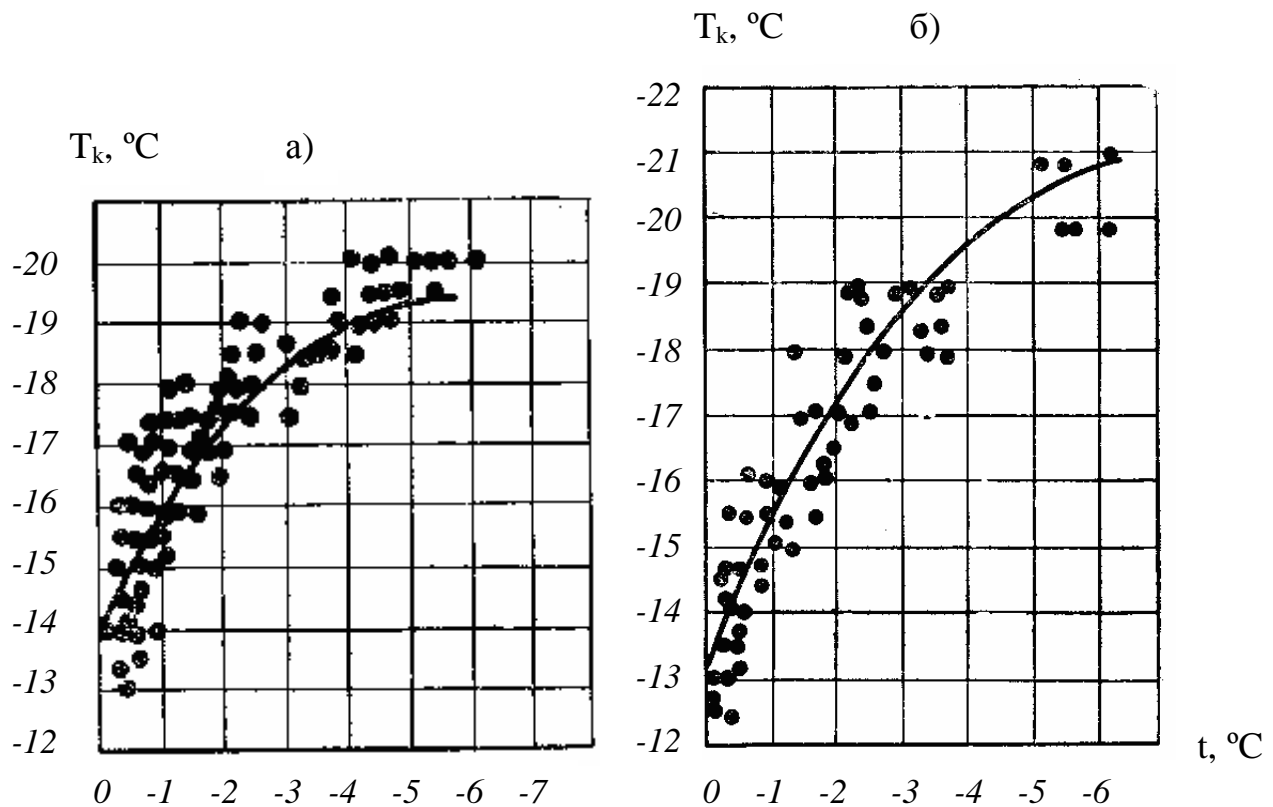


Рис. 5.4 – Залежність критичної температури вимерзання озимої пшениці сортів середньої (а) та високої (б) морозостійкості від середньої з мінімальних температур ґрунту на глибині вузла кушіння.
а – сорти Білоцерківська 198, Миронівська 808;
б – сорти Одеська 3, Одеська 16.

В.І. Свісюком встановлено, що для південних районів України та Північного Кавказу краще використовувати рівняння 5.6 для визначення критичної температури. Для територій більш північних районів, де середня з мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см буває нижче -4°C , критичну температуру зручніше розраховувати за рівнянням (5.8), але при цьому треба додати до розрахованого значення критичної температури 2°C .

Аналіз матеріалів багаторічних спостережень показав, що за відлиг тривалістю більше 5 днів з позитивними середніми за добу температурами, при відсутності снігу, для відновлення вегетації озимих необхідна сума температур біля 20°C . Сума позитивних температур в 5°C незалежно від наявності снігу зменшує морозостійкість озимої пшениці у першій половині зими на $1 - 1,5^{\circ}\text{C}$, у другій половині зими на $2 - 3^{\circ}\text{C}$. Якщо температура повітря після відлиги поступово знижується, то рослини відновлюють морозостійкість. Якщо зниження температури відбувається дуже швидко, то може спостерігатись пошкодження рослин навіть при більш високій температурі, чим до відлиги.

Таблиця 5.7 – Поправка на розраховану критичну температуру при відлигах у другій половині зими

Місяць	Декада	Середня максимальна температура повітря за декаду (в °С)						
		0	1	2	3	4	5	6
Лютий	друга	0,5	1,3	1,8	2,3	2,5	2,7	3,0
	третя	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Березень	перша	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
	друга	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
	третя	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5

В.М. Лічикакі було встановлено, що зменшення критичної температури вимерзання залежить від тривалості та величини максимальної температури при відлигах, а також розраховані величини відхилення фактичної критичної температури вимерзання від розрахованої в залежності від середньої із максимальних температур повітря за декаду (табл. 5.7).

Із табл. 5.7 видно, що за однієї і тієї ж середньої максимальної температури за декаду на кожен новий чинник впливають відлиги попереднього періоду.

Розрахунок критичної температури вимерзання слід починати з декади переходу середньої за добу температури повітря через 0° С.

Для використання методу В.М. Лічикакі в оперативній роботі необхідні такі дані:

- щоденні спостереження за мінімальною температурою ґрунту на глибині залягання вузла кущіння;
- середні за декаду із максимальних температур повітря;
- склад сортів вирощуваної озимої пшениці та їх біологічна морозостійкість.

5.6 Методи довгострокових прогнозів перезимівлі та стану озимих зернових культур навесні

Довгострокові прогнози перезимівлі озимих культур та сіяних трав складаються окремо для найбільш поширених причин зимового пошкодження посівів для окремих полів. Оскільки на великих площах озимі найчастіше пошкоджуються внаслідок дії комплексу несприятливих факторів, то прогнози умов перезимівлі для великих територій враховують декілька таких факторів.

Взимку посіви озимих зернових культур пошкоджуються внаслідок вимерзання, випрівання, вимокання, видування, випирання та дії льодової кірки. Найбільш поширеним видом пошкодження є вимерзання.

Прогнози перезимівлі озимих культур засновуються на порівнянні критичної температури вимерзання рослин з мінімальною температурою ґрунту на глибині вузла кушіння впродовж зими.

5.6.1 Метод прогнозу вимерзання озимих культур

На більшості території країн СНГ головною причиною загибелі озимини є вимерзання рослин. Вимерзання спостерігається в роки з сильними морозами і малою товщиною снігу або при відсутності його, коли значення мінімальної температури на глибині вузла кушіння буває нижчим значення критичної температури вимерзання впродовж однієї-двох діб. Повна загибель рослин спостерігається при пошкодженні вузла кушіння – єдиного органа озимини, котрий здатний навесні регенерувати нові пагони та коріння.

Метод прогнозу розроблено В.О. Мойсейчик. Він заснований на залежностях зрідженості посівів навесні від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см до 20 лютого з врахуванням середньої кущистості рослин на момент осіннього обстеження. Такі залежності розроблені для найбільш поширених сортів Миронівська 808 та Безоста 1 та їх модифікацій.

Загальна залежність між зрідженістю посівів навесні (Y), мінімальною температурою ґрунту на глибині 3 см (t_3) та коефіцієнтом кущистості восени (K) для озимої пшениці сорту Миронівська 808 носить нелінійний характер та описується рівнянням:

$$\lg Y = 2,660 \lg x - 0,129 \lg K - 1,733 \quad (5.11)$$

Коефіцієнт кущистості розраховується як відношення кількості пагонів до кількості рослин на дату осіннього обстеження посівів.

Для сорту Безоста 1 рівняння має вигляд:

$$\lg Y = 0,269(x - 5) + 0,921 \quad (5.12)$$

За цими рівняннями розрахована табл. 5.8.

В.О. Мойсейчик також визначені температури, при яких необхідно підсівати або пересівати пшеницю (табл. 5.9).

Для озимого жита дослідження виконані В.А. Шавкуною [32]. Вона також отримала прогностичні залежності зрідженості посівів озимого жита різних сортів (U) від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см до 20

Таблиця 5.8 – Залежність зрідженості озимої пшениці (%) від мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння та розвитку рослин восени

Сорт	Фаза розвитку	Мінімальна температура ґрунту, °С								
		-5	-10	-15	-16	-17	-18	-19	-20	-21
Безоста 1	Сходи –3-й листок	0	12	30	40	50	100	100	100	100
	кущіння	0	4	12	18	25	50	100	100	100
Миронівська 808	Сходи –3-й листок	0	8	25	30	35	50	70	100	100
	кущіння	0	4	8	10	15	30	50	75	100

Таблиця 5.9 – Значення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння, при якій озима пшениця потребує підсіву (1) або пересіву (2)

Сорт	Стан посівів восени					
	В фазі сходів або 3-го листка		Розкущені та добре загартовані		Розкущені та слабо загартовані	
	1	2	1	2	1	2
Безоста 1	-15...-17	Нижче -17	-17...-18	Нижче -18	-16...-17	Нижче -17
Миронівська 808	-16...-18	Нижче -18	-18...-19	Нижче -19	-17...-18	Нижче -18

лютого (t_2), а також від мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння (x) та стану рослин восени (K):

для сортів Харківське 55, Харківське 60, В'ятка та В'ятка 2

$$U = 9,487t_3^2 + 0,374t_3 + 70,181 \quad (5.13)$$

з врахуванням стану посівів восени :

$$U = 9,076t_3 + 0,379t_3^2 - 4,898K + 0,474K^2 + 71,201 \quad (5.14)$$

Для сортів озимого жита Саратовське 1, Саратовське 4, Саратовське крупнозерне ці залежності мають вигляд:

$$U = 9,399t_3 + 0,369t_3^2 + 60,012 \quad (5.15)$$

з врахуванням стану восени :

$$U = 9,001t_3 + 0,365t_3^2 - 5,536K + 0,693K^2 + 66,411 \quad (5.16)$$

Рівняння дійсні при значеннях $t_3 = -10 \dots -25^\circ \text{C}$; та $K = 1,0 - 5,0$ пагонів.

Для визначення площі зрідження посівів спочатку розраховується температура ґрунту на глибині вузла кущіння (за рівняннями 5.11 – 5.13), за якої зрідженість становитиме 30 або 50 %. Потім за рівняннями (5.1 – 5.3) розраховується товщина снігу, за якої температура ґрунту на глибині 3 см буде мати ці значення. За даними снігозйомки підраховується кількість промірів з цією товщиною снігу, вона і буде відповідати площі, на якій озиму пшеницю або жито необхідно буде підсівати (кількість промірів, що відповідають товщині снігу, при якій зрідженість посівів становить 30 – 50 %) та пересівати (кількість промірів з товщиною снігу, при якій зрідженість посівів буде більше 50 %). Площа з такими посівами визначається у % від всієї площі посіву. Площа з добрим та задовільним станом озимини визначається таким же методом. При цьому слід пам'ятати, що добрими вважаються посіви, якщо зрідженість їх не перевищує 10 %, а задовільними – якщо зрідженість становить від 11 до 30 % площі.

5.6.2 Метод прогнозу умов перезимівлі по території України

У зерновому господарстві України озимі зернові культури займають біля 30 % всієї посівної площі. Провідна роль серед озимих культур належить озимій пшениці. В.М. Лічикакі за характером перезимівлі озимих культур в Україні виділив три головних райони:

- західний (Волинська, Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Рівненська, Тернопільська та Чернівецька області) – середня багаторічна загибель озимої пшениці на цій території не перевищує 10 %;
- центральний (Вінницька, Київська, Кіровоградська, Одеська, Сумська, Хмельницька, Черкаська, Чернігівська, Херсонська та західна частина Полтавської області) – середня загибель озимої пшениці не перевищує 20 %;
- східний (Луганська, Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Харківська, Миколаївська та більша частина Полтавської області) – середня загибель озимої пшениці перевищує 20 %.

Метод прогнозу вимерзання озимих культур в Україні та стан їх на момент відновлення вегетації засновується на порівнянні фактичної або розрахованої критичної температури вимерзання озимини з мінімальною

температурою ґрунту на глибині вузла кушіння теж фактичною, або прогнозованою.

В.М. Лічикакі була знайдена залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння від середньої температури повітря за добу та висоти снігу (рис. 5.5).

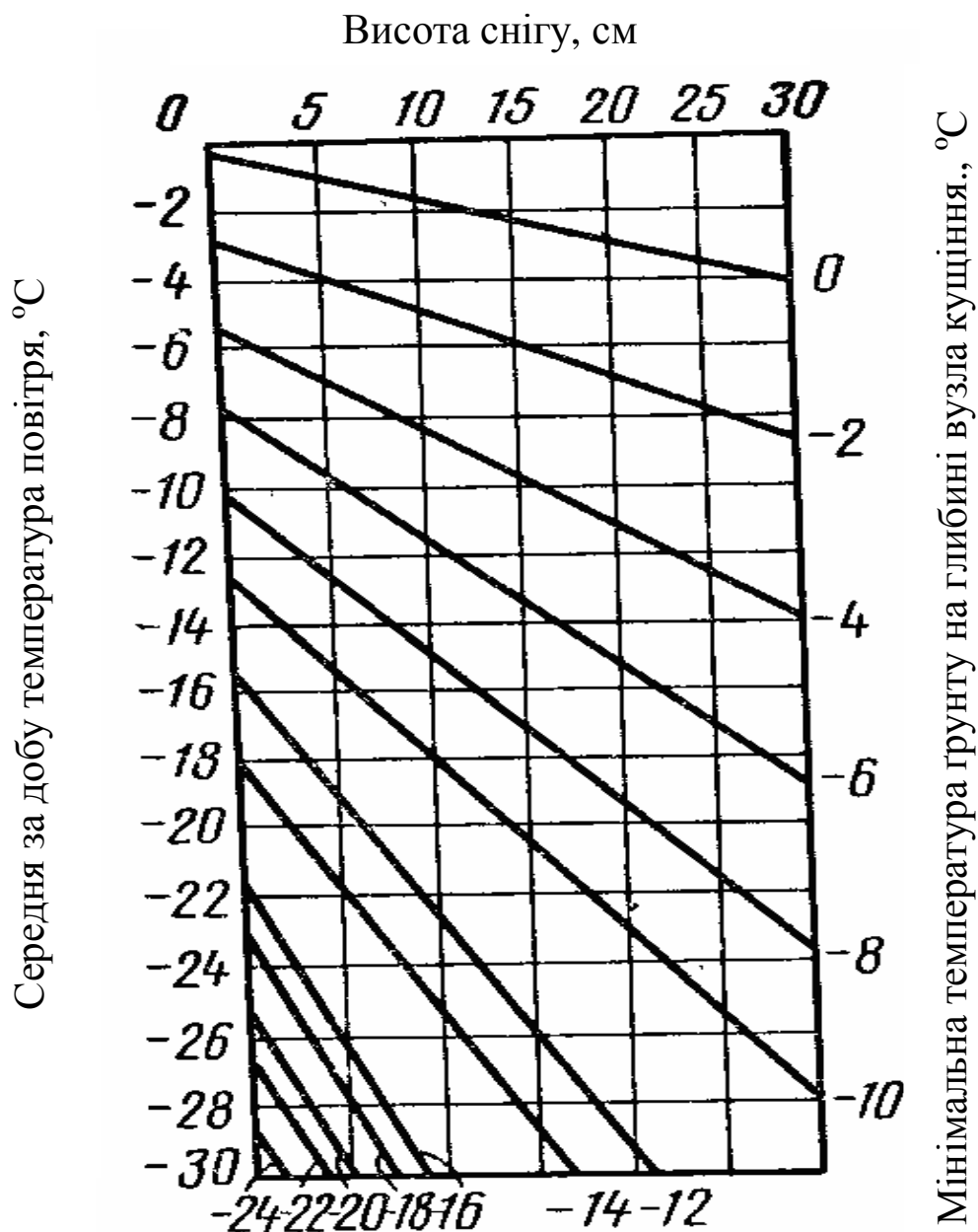


Рис. 5.5 – Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння (3 см) від середньої добової температури повітря і висоти снігу.

Таблиця 5. 10 – Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння від середньої за добу температури повітря і висоти снігу

Середньо добова температура повітря (в °C)	Висота снігового покриву (в см)														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
-1	-0,6	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0	0	0	0
-2	-1,3	-1,3	-1,2	-1,1	-1,1	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0	0	0	0	0
-3	-2,1	-2,1	-2,0	-1,9	-1,8	-1,6	-1,4	-1,0	-0,7	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3
-4	-3,0	-2,8	-2,7	-2,5	-2,4	-2,2	-2,0	-1,6	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,8	-0,8	-0,7
-5	-3,9	-3,7	-3,5	-3,3	-3,1	-2,8	-2,6	-2,3	-1,9	-1,7	-1,5	-1,4	-1,3	-1,3	-1,2
-6	-4,8	-4,6	-4,3	-4,0	-3,8	-3,5	-3,3	-3,0	-2,6	-2,3	-2,0	-1,9	-1,8	-1,8	-1,7
-7	-5,6	-5,2	-5,1	-4,8	-4,5	-4,2	-3,9	-3,5	-3,2	-2,8	-2,5	-2,4	-2,3	-2,3	-2,2
-8	-6,5	-6,2	-5,9	-5,5	-5,2	-4,8	-4,5	-4,2	-3,8	-3,4	-3,0	-2,9	-2,8	-2,8	-2,7
-9	-7,3	-7,0	-6,7	-6,3	-5,9	-5,5	-5,1	-4,6	-4,1	-3,8	-3,6	-3,5	-3,4	-3,4	-3,3
-10	-8,2	-7,8	-7,4	-7,0	-6,6	-6,2	-5,8	-5,2	-4,5	-4,8	-4,1	-4,0	-3,9	-3,9	-3,8
-11	-9,1	-8,7	-8,2	-7,8	-7,3	-6,9	-6,4	-5,8	-5,3	-4,9	-4,6	-4,5	-4,4	-4,4	-4,3
-12	-10,0	-9,5	-9,0	-8,5	-8,0	-7,5	-7,0	-6,6	-6,1	-5,6	-5,1	-5,0	-4,9	-4,9	-4,8
-13	-10,8	-10,3	-9,8	-9,3	-8,7	-8,1	-7,6	-7,1	-6,7	-6,2	-5,7	-5,6	-5,5	-5,4	-5,3
-14	-11,7	-11,1	-10,5	-10,0	-9,4	-8,8	-8,3	-7,7	-7,2	-6,7	-6,2	-6,1	-6,0	-6,0	-5,9
-15	-12,5	-11,9	-11,2	-10,6	-10,0	-9,5	-8,9	-8,4	-7,8	-7,2	-6,7	-6,6	-6,5	-6,5	-6,4
-16	-13,4	-12,7	-12,0	-11,3	-10,7	-10,0	-9,4	-8,8	-8,3	-7,8	-7,2	-7,1	-7,0	-7,0	-6,9
-17	-14,3	-13,6	-12,8	-12,1	-11,4	-10,8	-10,1	-9,5	-9,0	-8,4	-7,8	-7,7	-7,5	-7,5	-7,5
-18	-15,2	-14,5	-13,7	-13,0	-12,2	-11,5	-10,9	-10,3	-9,6	-9,0	-8,3	-8,2	-8,1	-8,1	-8,0
-19	-16,0	-15,3	-14,5	-13,7	-12,9	-12,3	-11,8	-11,0	-10,2	-9,5	-8,8	-8,7	-8,6	-8,6	-9,0

Продовження табл. 5.10.

-20	-16,9	-16,0	-15,2	-14,4	-13,5	-13,1	-12,7	-11,7	-10,7	-10,0	-9,3	-9,2	-9,1	-9,1	-9,5
-21	-17,7	-16,9	-16,0	-15,1	-14,2	-13,6	-13,0	-12,2	-11,3	-10,6	-9,9	-9,8	-9,7	-9,6	-10,1
-22	-18,5	-17,6	-16,7	-15,9	-15,0	-14,2	-13,4	-12,7	-11,9	-11,2	-10,4	-10,3	-10,2	-10,2	-10,6
-23	-19,4	-18,4	-17,5	-16,6	-15,7	-14,8	-14,0	-13,2	-12,5	-11,7	-10,9	-10,8	-10,7	-10,7	-11,1
-24	-20,3	-19,3	-18,3	-17,3	-16,4	-15,5	-14,6	-13,8	-13,0	-12,2	-11,4	-11,3	-11,2	-11,2	-11,7
-25	-21,1	-20,1	-19,1	-18,1	-17,1	-16,2	-15,2	-14,4	-13,6	-12,8	11,9	-11,9	-11,8	-11,8	-12,2
-26	-22,0	-21,0	-19,9	-18,9	-17,8	-16,9	-15,9	-15,1	-14,2	-13,3	-12,4	-12,4	-12,3	-12,3	-12,7
-27	-22,9	-21,8	-20,7	-19,6	-18,5	-17,5	-16,5	-15,7	-14,8	-13,8	-12,9	-12,8	-12,7	-12,8	-13,2
-28	-23,8	-22,6	-21,5	-20,3	-19,2	-18,1	-17,1	-16,2	-15,3	-14,4	-13,5	-13,4	-13,3	-13,3	-13,6
-29	-24,4	-23,3	-22,3	-21,1	-19,9	-18,8	-17,7	-16,8	-15,9	-15,0	-14,0	-13,8	-13,7	-13,7	-14,0
-30	-25,8	-24,0	-23,1	-21,8	-20,6	-19,5	-18,4	-17,4	-16,5	-15,5	-14,5	-14,3	-14,1	-14,1	

Для прискорення розрахунків температури ґрунту на глибині вузла кущіння зняті з графіка (рис. 5.5) її значення представлені у табл. 5.10.

Якщо відома середня за добу (декаду) температура повітря і висота снігу, то з табл. 5.10 легко визначається мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння.

На території України вирощуються здебільшого сорти, які за доброго стану восени та доброго загартування мають критичну температуру вимерзання: -22 – -24° С – жито; -20 – -22° С – озима пшениця високої морозостійкості; -19 – -20° С пшениця середньої морозостійкості та -15 – -18° С – сорти низької морозостійкості; -12 – -15° С – ячмінь.

У другу половину зими морозостійкість озимих культур зменшується завдяки цілій низці факторів, серед яких провідне місце займають відлиги та втрата цукру клітинами вузла кущіння. Слід зазначити, що несприятливі умови восени призводять до того, що озимі перед припиненням вегетації мають тільки задовільний, а то й незадовільний стан. В таких випадках значення критичної температури значно вище (-11 – -14° С). За значеннями критичної температури сорти озимої пшениці, що вирощуються на Україні, поділяються на три групи:

- 1 – зимостійкість вище середньої (Одеська 16, Одеська 3, Краснодарська 39 та ін.).
- 2 – середня зимостійкість (Одеська 51, Одеська 21, Миронівська 808, Миронівська Ювілейна, Іллічівка, Білоцерківська 198, Орбіта, Прибой та ін.).
- 3 – зимостійкість нижче середньої (Безоста 1, Аврора, Кавказ, Дніпровська 521, Поліська 70, Мічуринка, Новомічуринка, Одеська Ювілейна, Рубіж та ін.).

За показник зрідженості озимих посівів навесні від вимерзання В.М. Лічкакі запропонував використовувати коефіцієнт морозонебезпечності K . Він розраховується як відношення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння (T_{\min}) до критичної температури вимерзання рослин ($T_{\text{кр}}$), тобто:

$$K = \frac{T_{\min}}{T_{\text{кр}}} \quad (5.17)$$

Були встановлені кількісні зв'язки між коефіцієнтом морозонебезпечності та зрідженістю озимих посівів від вимерзання (табл. 5.11).

За рівняннями (табл. 5.12) розрахована (табл. 5.12) для визначення площі загибелі озимих культур (%) від вимерзання а також площа можливого пересіву озимої пшениці (табл. 5.13).

Таблиця. 5.11 – Залежність зрідженості U (%) озимих культур до весни від коефіцієнта морозостійкості K .

Озима культура	Рівняння зв'язку	Помилка рівняння E_u , %	Кореляційне відношення η
Пшениця	$U = 77,94K^{4,79}$	± 17	$0,929 \pm 0,018$
Жито	$U = 47,90K^{3,69}$	± 14	$0,920 \pm 0,014$
Ячмінь	$U = 90,26K^{3,0}$	± 14	$0,954 \pm 0,034$

Таблиця. 5.12 – Коефіцієнт морозонебезпечності K і відповідна йому зрідженість U озимих культур від вимерзання

Коефіцієнт морозонебезпечності K			Зрідженість U % на 1м^2
Озиме жито	Озима пшениця	Озимий ячмінь	
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
$\geq 1,07$	$\geq 0,97$	$\geq 0,89$	> 60

Таблиця 5.13 – Коефіцієнт морозонебезпечності K і відповідна йому площа можливого пересіву S озимої пшениці по району

K	S	K	S
0,51 – 0,60	6 – 10	0,81 – 0,90	29 – 46
0,61 – 0,70	11 – 17	0,91 – 1,0	47 – 76
0,71 – 0,80	18 – 20	$> 1,0$	> 76

Для використання методу В.М. Лічкакі при складанні прогнозу перезимівлі озимих культур та їх стану навесні необхідно використовувати такі дані:

- щоденні значення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла куціння за увесь зимовий період до дати складання прогнозу (з температурою повітря нижче 0°C);
- середнє значення максимальної температури повітря по декадах за той же

період;

– критичну температуру вимерзання зернових культур (фактичну, або розраховану).

Для працівників сільського господарства важливе значення мають відомості не тільки про зрідженість посівів, але й про величину площі поля (%) можливого пересіву озимини, яка загинула зовсім або дуже пошкоджена. Тому В.М. Лічикакі було отримане рівняння зв'язку між коефіцієнтом морозонебезпечності (K) та площею пересіву озимих, що загинули взимку (S):

$$S = 0,479K + 158,5 \quad (5.18)$$

Для зручності розрахунків побудована табл. 5.13.

5.6.3 Метод прогнозу загибелі озимих культур від пошкодження льодовою кіркою

Льодова кірка на полях з озимими культурами утворюється в періоди випадання рідких переохолоджених опадів та під час зимових відлиг, які потім змінюються похолоданням. Пізньої осені та ранньої весни льодова кірка також утворюється внаслідок застою води після танення снігу та подальшого її замерзання.

Льодова кірка буває висяча та притерта. Висяча кірка утворюється на поверхні снігу під час відлиг. Вона практично не викликає загибелі озимих культур, а може тільки посилити негативну дію потужного (більше 30 см) снігового покриву.

Притерта льодова кірка утворюється безпосередньо на поверхні ґрунту, часто спостерігаються випадки змерзання ґрунту з кіркою. Така кірка викликає значне пошкодження посівів озимих культур [14, 15].

Міра пошкодження озимих посівів льодовою кіркою залежить від її товщини, щільності та тривалості залягання на полях, а також від розповсюдження (в цілому по полю чи тільки місцями).

За головний показник шкідливості льодової кірки приймається її товщина. Крім того, на пошкодження озимини впливає також тривалість залягання льодової кірки на полях. В.М. Лічикакі на основі обробки багаторічних спостережень побудовано графік залежності загибелі озимих культур від товщини льодової кірки при тривалості її залягання більше чотирьох декад (рис. 5.6), а також розраховані відповідні рівняння (табл. 5.14)

Якщо тривалість залягання льодової кірки менше чотирьох декад, то пошкодження посівів буває незначним, або зовсім відсутнє.

Таблиця 5.14 – Прогностичні залежності зрідженості посівів від середньої товщини льодової кірки

Озима культура	Рівняння зв'язку	Номер рівняння	Помилка рівняння, E_t	Кореляційне відношення, r
Пшениця	$U = 1,8m^2 + 2,8m + 5,4$	(5.19)	± 10	$0,831 \pm 0,043$
Жито	$U = 2,03m^2 + 0,81m + 7,9$	(5.20)	± 10	$0,810 \pm 0,030$

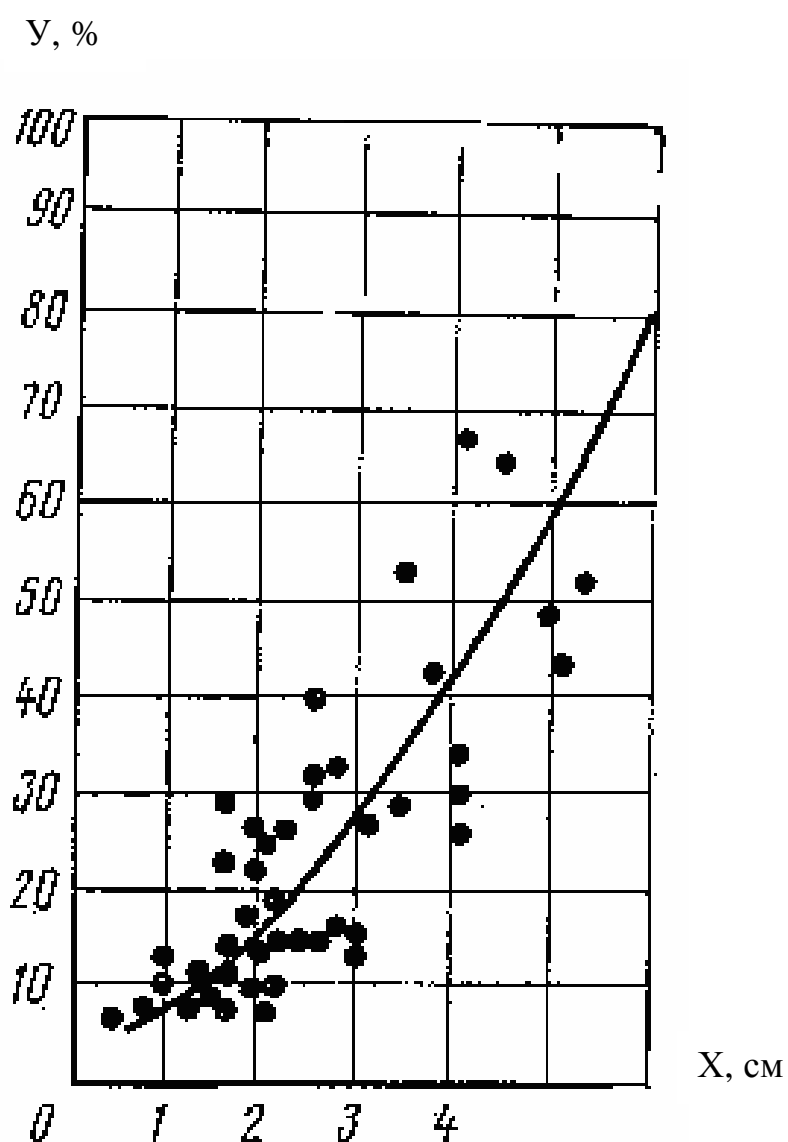


Рис. 5.6 – Залежність загибелі озимої пшениці (U) від середньої товщини льодової кірки (X) за час її залягання впродовж 4-х і більше декад.

В.М. Лічикакі для зручності користування також розрахована таблиця зрідженості посівів озимих навесні від льодової кірки різної товщини (табл. 5.15).

Розрахунок загибелі озимих культур від льодової кірки виконується у такій послідовності: спочатку із матеріалів спостережень виписуються відомості про наявність та товщину льодової кірки. Потім розраховується середня товщина притертої льодової кірки за весь період спостережень поточного року і тільки після цього з табл. 5.15 визначається зрідженість посівів (%).

Таблиця. 5.15 – Залежність зрідженості озимих посівів (U) від середньої товщини притертої льодової кірки (m) (за В.М. Лічикакі)

m, см	Зрідженість, %	
	Пшениці	Жита
1,1 – 1,5	11 – 12	11 – 14
1,6 – 2,0	13 – 18	14 – 18
2,1 – 2,5	19 – 24	20 – 23
2,6 – 3,0	25 – 30	24 – 29
3,1 – 3,5	31 – 37	30 – 36
3,6 – 4,0	38 – 43	37 – 44
4,1 – 4,5	46 – 54	45 – 54
4,6 – 5,0	55 – 64	55 – 63
5,1 – 5,5	65 – 75	64 – 74
5,6 – 6,0	76 – 81	75 – 86
>6,0	>81	>86

У прикладі розрахунку головною причиною загибелі рослин була притерта льодова кірка. Вона утворилась у третій декаді січня. З цієї декади і починається розрахунок її середньої товщини. Для визначення середньої товщини льодової кірки за кожну декаду підсумовуються межові значення товщини і потім розділяється отримана сума на 2. Послідовно підсумовуються щодакадні значення товщини кірки з третьої декади грудня до третьої декади січня і ця сума записується у графу 4. До неї додається товщина кірки за першу декаду лютого ($16,5 + 4,8 = 21,3$). Середнє значення за чотири декади отримується шляхом поділу отриманої суми на кількість декад та записується у графу 5. Таким же чином розраховується товщина кірки у подальшому. Якщо кірка утворилась у першій та третій декаді грудня, то вона не враховується. По величині середньої товщини льодової кірки визначається зрідженість посівів озимих культур.

При виконанні розрахунків загибелі озимих культур від льодової кірки слід враховувати її розповсюдження по полю. Якщо поле вкрите на 80 – 100%, то виконані розрахунки будуть мало відрізнятись від фактичної величини. Якщо льодова кірка розповсюджена на 50 % поля, а зрідженість становитиме 35 %, то слід відзначати, що загибель рослин 30 % спостерігатиметься на 50 % поля. У таких випадках озимі, які восени були погано розвинені, пересівають, а добре розвинені – підсівають.

5.6.4 Методи прогнозу вимерзання озимих культур на великих площах

Як і для окремого поля, для великих територій існує тісний зв'язок між площею з загиблими рослинами та середньою по території області або краю, чи регіону мінімальною температурою ґрунту на глибині вузла кущіння до 20 лютого (рис. 5.7)

Аналіз кривих на рис. 5.7 показав, що площі з загиблими посівами (%) швидко збільшуються при зменшенні температури ґрунту на глибині вузла кущіння до -10°C . Для більш точного розрахунку площі загибелі озимих посівів слід розраховувати мінімальну температуру по області не менш як по 10 станціях. За меншої кількості станцій помилка збільшується на 15 %.

Очікувана площа загибелі посівів озимих культур від вимерзання підраховується окремо для озимого жита та для озимої пшениці, потім підсумовується. Розміри очікуваної площі загибелі озимого жита розраховуються за рівнянням В.А. Шавкунової [47]:

$$S_m = 0,313(t_3 + 5)^2 + 1,336(t_3 + 5) + 2,238 \quad (5.21)$$

де S_m – площа з загиблими посівами озимого жита (у відсотках загальної посівної площі озимих по області);

t_3 – середня по області температура ґрунту на глибині вузла кущіння до 20 лютого.

Розміри площ з загиблими посівами озимої пшениці визначаються за допомогою рис. 5.7 (а) у відповідності з сортами та станом посівів перед припиненням вегетації. Загальна площа загиблих посівів визначається як сума площ окремо визначених для озимого жита та озимої пшениці різного стану восени та різної морозостійкості. Оскільки точність розрахунків для озимої пшениці складає $\pm 5\%$, озимого жита – $\pm 10\%$, то в прогнозі вказуються можливі межі розмірів площ з загиблими посівами.

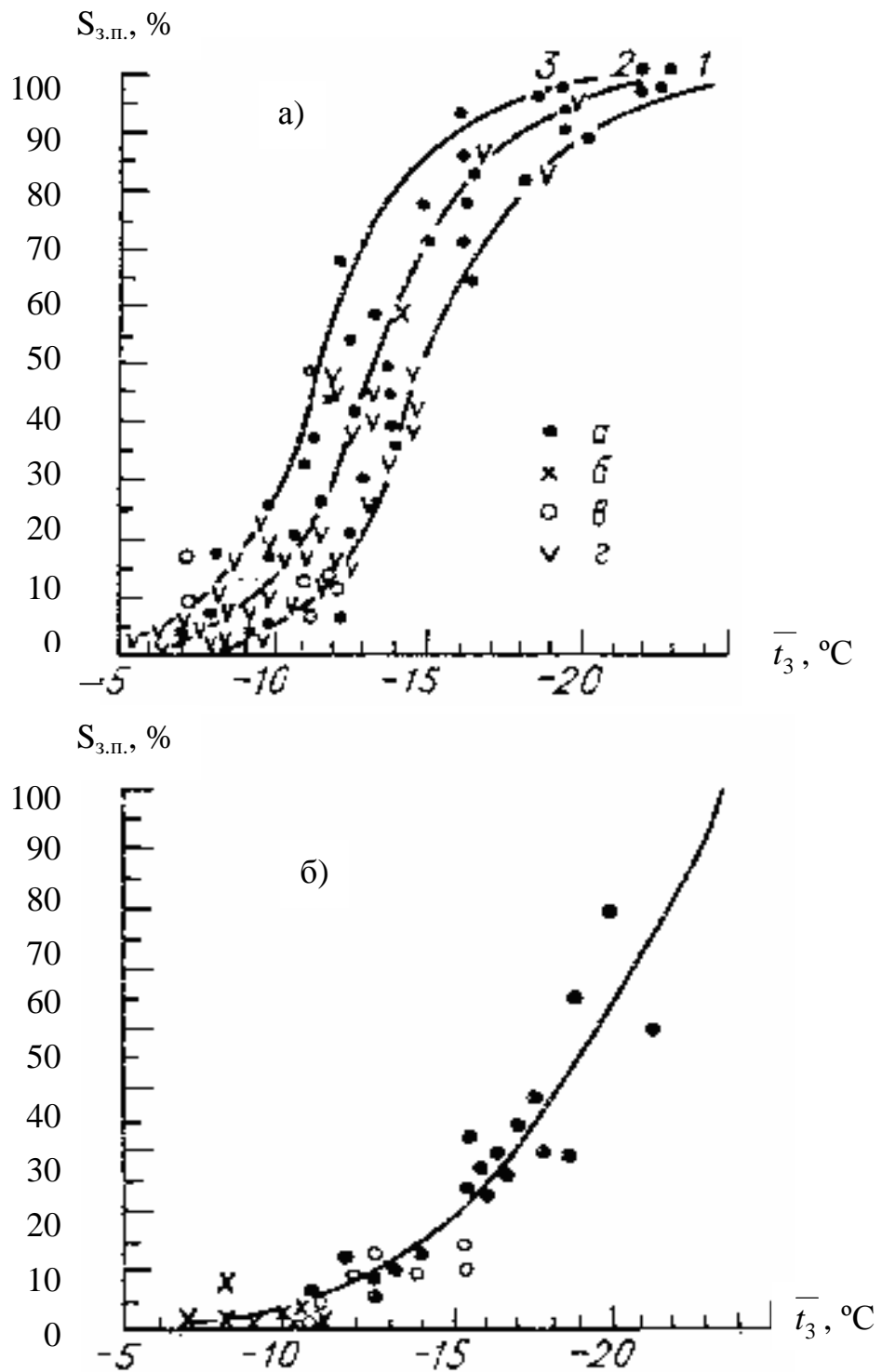


Рис. 5.7 – Залежність площі з загиблими посівами ($S_{з.п.}$) озимих культур (%) від середньої по області мінімальної температури ґрунту (t_3) до 20 лютого; а) посіви озимої пшениці; б) посіви озимого жита.

1 – пшениця сорту Миронівська 808, стан посівів – добрий; 2 – те ж, але стан посівів задовільний; 3 – слабко морозостійкі сорти, стан посівів поганий.

Площа посівів, які збереглися в доброму та задовільному стані, визначається як різниця між загальною площею посівів та площею посівів, що загинули.

5.6.5 Метод прогнозу випрівання озимих культур

Дослідження В.О. Мойсейчик показали, що випрівання озимих культур спостерігаються за високого снігового покриву, малої глибини промерзання ґрунту, тривалого залягання снігового покриву на полях та мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння у межах від -5°C до $+5^{\circ}\text{C}$ [47].

Температура ґрунту на глибині вузла кушіння за товщини снігу більше 30 см та глибини промерзання ґрунту менше 50 см має дуже малу добову амплітуду та зовсім мало змінюється з часом. Тому період з снігом більше 30 см при глибині промерзання ґрунту менше 50 см розглядається як період проходження першої та другої фаз випрівання рослин. Третя фаза у польових умовах протікає в період танення снігу. Вона відбувається тільки за умови наявності перших двох фаз.

Тривалість періоду проходження перших двох фаз випрівання (n) знаходиться у прямій залежності від терміну встановлення снігу висотою 30 см і більше (h):

$$n = 17,54 - 1,128h \quad (5.22)$$

Встановлено, що пошкодження рослин спостерігається при тривалості періоду більше 8 декад, а дуже погані умови перезимівлі спостерігаються при тривалості періоду проходження перших двох фаз випрівання більше 12 декад. Кількість стебел після перезимівлі у рослин озимої пшениці та озимого жита (P) має тісний зв'язок з тривалістю залягання снігу більше 30 см (n):

$$P = 123n - 5,4 \quad (5.23)$$

Як встановлено дослідженнями В.О. Мойсейчик мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння має одне з вирішальних значень для випрівання озимини. За більш високої температури більш інтенсивно витрачаються питомі речовини на дихання рослин (особливо цукру). Таким чином, чим вища мінімальна температура на глибині вузла під потужним снігом, тим більша буває зрідженість озимих культур. Міра зрідженості залежить від розвитку озимих восени перед припиненням вегетації та виду самих культур. Озиме жито має більшу стійкість до випрівання, ніж озима пшениця.

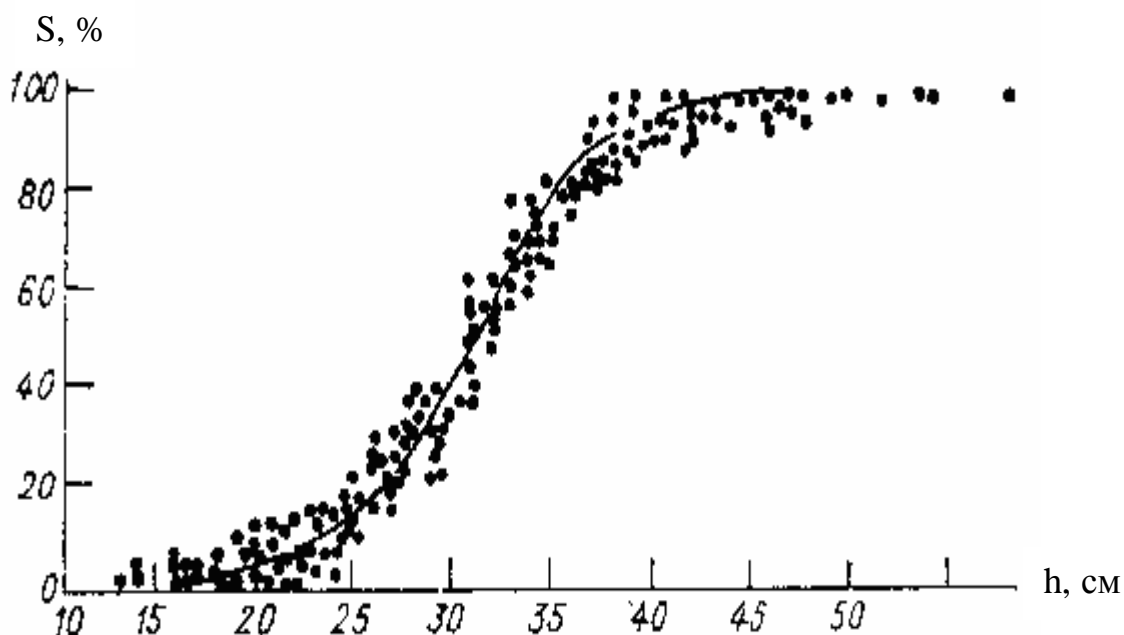


Рис. 5.8 – Зміна площі (%) з товщиною снігу більше 30 см при різній його середній товщині за снігозйомкою.

В.О. Мойсейчик отримані статистичні залежності зрідженості озимої пшениці (U) від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см (t_3) та куцистості посівів восени (K):

$$U = 59,07 + 6,82t_3 + 0,22t_3^2 - 5,14K + 0,40K^2 \quad (5.24)$$

Таблиця 5.16 – Залежність зрідженості (%) озимого жита при випріванні від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см та куцистості посівів восени (K)

K	Мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см							
	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8
1	63	57	50	44	38	27	26	13
2	50	47	42	31	25	19	14	0
3	47	40	40	27	21	15	10	0
4	53	46	40	39	27	21	16	2
5	68	62	55	49	43	37	31	18

Такі ж рівняння отримані В.В. Шавкуною для озимого жита для більшості вирощуваних сортів:

$$U = 7,039t_3 + 0,093t_3^2 - 27,514K + 4,796K^2 + 93,106 \quad (5.25)$$

Для зручності роботи була розрахована таблиця (рис. 5.16).

При розрахунках випрівання необхідно знати не тільки зрідженість посівів, але і кількість стебел, які збереглися, тому що найчастіше врожайність культур зменшується внаслідок загибелі осінніх більш продуктивних стебел. Розрахунок кількості стебел, що збереглися, виконується за рівнянням (5.23) і починається в наступну декаду після встановлення на полі снігу висотою 30 см і більше.

Площа поля, на якій буде спостерігатись пошкодження або загибелі рослин та стебел внаслідок випрівання, прогнозується аналогічно площі вимерзання або по залежності площі (у % загальної площі) з снігом більше 30 см від середньої висоти снігу за снігозйомкою (рис. 5.8).

5.6.6 Метод прогнозу випрівання озимих культур на великих площах

Встановлено що, як і для окремих полів, випрівання озимих культур на великих площах (область, край, економічний район) залежить від середньої по області мінімальної температури ґрунту на глибині вузла куціння, тривалості залягання снігу потужної товщини, глибини промерзання та ін.

Загальна прогностична залежність площі з загиблими посівами озимої пшениці від випрівання по області розроблена В.О. Мойсейчик, має нелінійний характер та описується рівнянням:

$$S_g = 6,32t_3 + 0,29t_3^2 + 0,11n + 0,07n^2 + 30,93 \quad (5.26)$$

де t_3 – мінімальна температура ґрунту на глибині вузла куціння середня по області до 20 лютого, °С;

n – тривалість періоду з висотою снігу більше 30 см.

Для жита така залежність розраховану В.А. Шавкуновою:

$$S_{жс} = 0,157t_3 + 0,090t_3^2 + 0,516S_{сл.р.} - 0,05S_{сл.р.}^2 - 3,381 \quad (5.27)$$

де t_3 – те ж, що і в (5.24),

$S_{сл.р.}$ – площа з погано розвиненими посівами жита восени (K менше 1,5).

Рівняння дійсне при $t_3 > -10^\circ \text{C}$, $S_{сл.р.} = 50\%$.

Розрахунок площ з загиблими рослинами виконується 20 – 22 лютого, коли період із снігом більше 30 см ще не закінчився. Тому загальна його тривалість спочатку розраховується за окремими станціями, а потім розраховується її середнє значення по території. Тривалість періоду із снігом більше 30 см розраховується за рівнянням (5.22), або за рис. 5.9.

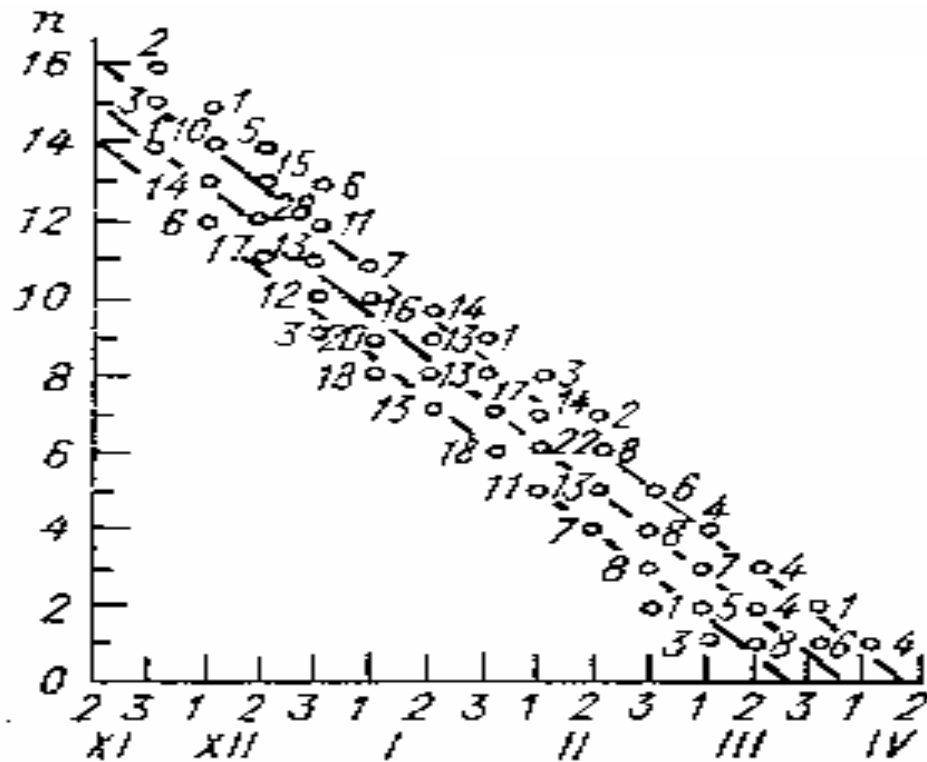


Рис. 5.9 – Залежність між тривалістю періоду з снігом більше 30 см та терміном його встановлення на полях

Прогноз площі з загиблими від випрівання посівами озимих культур розраховують за рівнянням (5.26) в роки з дуже високим снігом (максимальна висота за зиму більше 50 см) та тривалим його заляганням (більше 10 декад), коли становиться зрозумілим, що буде спостерігатись не тільки випрівання посівів, а і вимокання. В усі інші роки краще користуватись рівнянням (5.29) або рис. 5.9.

З отриманих рівнянь та залежностей становиться зрозумілим, що і вимерзання і випрівання не спостерігаються за температури ґрунту на глибині вузла кушіння у межах $-7,0 - -8,0^{\circ}\text{C}$. При підвищенні температури буде спостерігатись випрівання рослин, при зниженні температури буде спостерігатись вимерзання рослин.

При складанні довгострокових прогнозів перезимівлі рослин необхідно враховувати головні елементи агрометеорологічних умов

перезимівлі впродовж всього зимового періоду. Тоді не буде ускладнень при визначенні причин загибелі рослин.

Уточнення прогнозу площ випрівання озимих культур виконується після отримання результатів відрощування зразків рослин. Прогностична залежність площі (S_B) з загиблими посівами озимих культур на території областей від результатів відрощування зразків (x) розрахована окремо для різних районів:

для центральних областей

$$S_B = 0,51x + 3,04 \quad (5.28)$$

для північно-східних областей Росії

$$S_B = 0,271x + 5,6 \quad (5.29)$$

Слід зазначити, що в районах випрівання за погані посіви приймаються ті, що будуть списані і не ввійдуть до розмірів збиральної площі. До таких відносяться повністю загиблі посіви та посіви із зрідженістю більше 50 % рослин на більшій частині поля.

5.7 Комплексний метод довгострокових прогнозів перезимівлі озимих культур на великих площах

Загибель озимих культур взимку найчастіше відбувається під дією комплексу несприятливих агрометеорологічних умов. При цьому вплив кожного із факторів на рослини буде зовсім інший, ніж в умовах окремої дії будь-якого фактора.

Для рослин вплив комплексу факторів найбільш небезпечний. В.О. Мойсейчик на основі обробки багаторічних спостережень за агрометеорологічними чинниками та станом озимих посівів навесні встановила, що рідко в які роки на стан зимуючих культур діє один агрометеорологічний чинник. Майже кожен рік за різних обставин озимі культури закінчують вегетацію у різному стані – від дуже доброго до поганого. При чому це може спостерігатись не тільки на великих площах, але і на окремих полях.

В.О. Мойсейчик розробила прогностичні залежності, які враховують вплив на зимуючі рослини головних чинників перезимівлі: мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушніння, притертої льодової кірки, тривалості залягання на полях потужного снігового покриву, осінньої посухи або нестачі тепла, а також стан озимих після припинення вегетації їх восени.

Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння сама є комплексним показником, тому що її величина визначається інтенсивністю і тривалістю дії морозів, висотою снігу, строком його встановлення та характером розподілу на полях, а також глибиною промерзання ґрунту. Глибина промерзання ґрунту характеризує міру охолодження ґрунту за весь попередній період.

Враховуючи те, що мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння залежить від перелічених факторів, то в прогностичному рівнянні враховувалась тільки вона.

Площа розповсюдження льодової кірки залежить від її середньої товщини. За чинник, який характеризує вплив льодової кірки на рослини, в прогностичному рівнянні застосовується середня товщина льодової кірки (рис. 5.10)

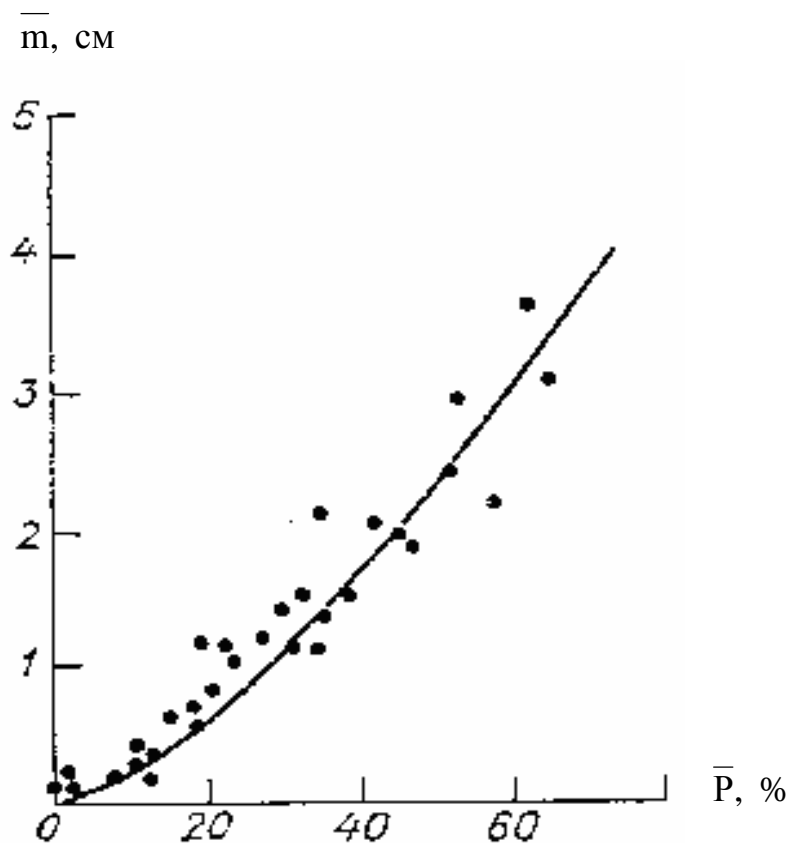


Рис. 5.10 – Зв'язок між середньою по області товщиною льодової кірки (\bar{m}) та площею її розповсюдження на полях з озимими культурами (\bar{p}).

Стан озимих посівів після припинення вегетації оцінюється двома чинниками: площею з поганим станом посівів за наслідками авіаційного або маршрутного наземного обстеження (S_0) і середньою кущистістю

посівів по області К. Площа з поганим станом восени визначається вологозабезпеченістю посівів, особливо посіяних по непарових попередниках.

Кущистість озимих після припинення вегетації є побічним показником міри підготовленості рослин до зимівлі. Добре розвинені посіви мають більш високу зимостійкість, ніж слабкі або перерослі. Середня по області кущистість рослин характеризує забезпеченість рослин восени теплом та вологою, а також терміни сівби і розміри площ по чорних парах. В.О. Мойсейчик розрахувала прогностичні рівняння окремо для різних ґрунтово-кліматичних зон з врахуванням районованих сортів у цих зонах [25].

Для районів вирощування слабозимостійких сортів озимих культур (південь України, Молдова, Ростовська область Росії та Північний Кавказ) прогностична залежність має вираз:

$$S_g = 0,989S_o - 0,691K - 0,189K^2 + 0,270t_3 + 0,196t_3^2 + 4,865m - 0,34 \quad (5.30)$$

де S_g – очікувана навесні площа (%) озимих з поганим станом, що вимагає пересіву ярими культурами;

S_o – площа з поганим станом посівів восени;

K – середня по області кущистість озимих культур після припинення вегетації восени;

t_3 – середня по області мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння до 20 лютого;

m – середня товщина льодової кірки (см) по області за період з січня по 20 лютого (п'ять декад).

Рівняння застосовується при значеннях t_3 нижче – 5°C . Помилка цього рівняння 5 % площі посіву забезпечена у 75 % випадків, а менше 10 % площі посіву – у 93 % випадків.

У більш північних районах України та Росії вирощуються більш морозостійкі сорти озимої пшениці. Головним чином це Миронівська 808. Вирощується також озиме жито на більших площах, ніж на півдні. Тому В.О. Мойсейчик отримані прогностичні залежності для розрахунків площ з поганим станом озимих культур навесні.

Для розрахунків очікуваної площі з загиблими посівами озимих культур в цілому внаслідок сильних та довготривалих морозів (коли середня по області мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння становить -15°C та нижче) і притертої льодової кірки використовується рівняння (5.31)

$$S_g = 0,11S_o - 0,132K - 0,59K^2 - 3,10t + 0,02t^2 + 5,45m - \\ - 0,07S_n + 0,002S_n^2 - 14,50 \quad (5.31)$$

В цьому рівнянні також враховуються розміри площ з посівами озимої пшениці (у % від загальної посівної площі озимих) через те, що вона має меншу зимостійкість, ніж озиме жито (S_n). Інші позначки в рівнянні ті ж, що і у (5.30).

В ті зими, що характеризуються значеннями мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння вище -15°C , на озимі культури впливає також притерта льодова кірка та короточасні сильні морози, прогноз перезимівлі краще складати за рівняннями розрахованими окремо для озимого жита та озимої пшениці.

Очікувана площа з поганим станом озимої пшениці після перезимівлі $S_{в.п.}$ (у % посіву цієї культури) розраховується за рівнянням:

$$S_{в.п.} = 1,017S_o - 1,060t + 5,34m - 3,689 \quad (5.32)$$

У цьому рівнянні значення складових ті ж, що і у (5.30 та 5.31). Площа з поганим станом жита розраховується за рівнянням (5.25).

У нечорноземних районах України та Росії, де переважно сіють озиме жито, та вирощуються найбільш морозостійкі сорти озимої пшениці для складання довгострокових прогнозів перезимівлі в роки з невеликим снігом пошкодження рослин можливе не тільки від сильних морозів, але й від притертої до ґрунту льодової кірки. Тому використовується рівняння:

$$S_g = 0,643S_o - 3,388K + 0,62K^2 + 0,262t_3 + 0,087t_3^2 + 0,613m + \\ + 0,150S_n - 0,002S_n^2 + 8,36 \quad (5.33)$$

При складанні прогнозів загибелі озимих у кожному році насамперед оцінюються умови зимівлі і тільки після цього вибираються рівняння для розрахунку площі загибелі посівів.

Аналіз рівнянь та коефіцієнтів регресії показав, що значення одних і тих же факторів в різних ґрунтово-кліматичних зонах та за різних агрометеорологічних умов зимівлі посівів неоднакові. Так, роль притертої льодової кірки у нечорноземних районах значно менше ніж у чорноземних. Площа з поганим станом озимих восени відіграє більшу роль у чорноземних районах, де на стан посівів впливає осіння посуха.

Агрометеорологічні прогнози перезимівлі озимих культур комплексним методом складаються в роки, коли декілька несприятливих явищ впливають на перезимівлю озимих культур одночасно. Крім того,

слід пам'ятати, що в південних районах взимку можливе відновлення вегетації і покращання стану озимих посівів. Тому площа з поганим станом посівів восени перед складанням прогнозу повинна бути уточнена.

5.8 Оцінка агрометеорологічних умов у районах затоплення рослин ранньою весною

Значні пошкодження озимих культур спостерігаються за тривалого затоплення рослин талими водами. Дослідженнями Ф.Ш. Гутмана встановлено, що вимокання рослин відбувається під дією цілого комплексу несприятливих факторів і залежить від тривалості та глибини затоплення рослин, вологості та глибини промерзання ґрунту, температури талої води [33].

Встановлено, що затоплення рослин водою восени та взимку менш небезпечне, ніж навесні, коли рослини ослаблені вийшли з зимового покою. При затопленні рослин на неповну їх висоту (верхня частина знаходиться над водою) зрідженість посівів буде менше, та вона значно зростає при повному затопленні рослин, а також із збільшенням тривалості періоду застою води та підвищенням її температури.

Зрідженість озимих (u) внаслідок вимокання у низьких місцях рельєфу визначається за тривалістю періоду повного затоплення (n) рослин та середньою за цей період температурою води (t_v):

$$U = 3,50n + 5,20t_v - 22,62 \quad (5.37)$$

Рівняння дійсне при n = від 5 до 35 днів, t_v – від 0 до 5° С.

За рівнянням (5.37) розраховується зрідженість посівів з першого дня затоплення. Якщо фактичні спостереження за затопленням відсутні, то початок періоду затоплення (y) розраховується за датою стійкого переходу температури повітря через 0° С навесні (x) за рівнянням:

$$U = 0,97x + 5,5 \quad (5.38)$$

Закінчення періоду затоплення талими водами (y) за відсутності прямих спостережень розраховується за датою повного відтанення ґрунту (x):

$$U = 0,88x + 10,4 \quad (5.39)$$

Рівняння використовується, якщо глибина промерзання ґрунту становить не менше 30 см і не більше 80 см. При підрахунках в рівняннях (5.38 та 5.39) підставляється кількість днів від першого січня.

Слід зазначити, що спостереження за температурою талої води у місцях затоплення не проводяться. Тому температуру талої води розраховують за рівнянням:

$$T_{\theta} = 0,80T - 0,24 \quad , \quad (5.40)$$

де T – середня температура повітря за період затоплення рослин, °С.

Крім зазначених вище факторів, на кількість загинлих від вимокання рослин також впливають міра зволоження ґрунту восени перед початком зими та кількість опадів за зиму. За поганого зволоження ґрунту восени та малої кількості опадів взимку талі води швидко проникають в нижні шари ґрунту і застою води не спостерігається. Встановлено, що вимокання посівів практично не спостерігається, якщо за зиму випало менше 230 мм опадів. Тому кількісна оцінка агрометеорологічних умов, що викликають пошкодження від вимокання, виконується лише у тому випадку, коли з 1 вересня до переходу температури повітря через 0° С навесні випало більше 230 мм опадів.

Площа з загинлими від вимокання рослинами (S_{θ}) розраховується за даними зрідженості посівів(u) від вимокання за рівнянням:

$$S_{\theta} = 0,37u + 0,04 \quad (5.41)$$

Таким чином, за даними метеорологічних елементів визначається не тільки зрідженість посівів, а і площа із цією зрідженістю. Повна загибель від вимокання явище досить рідкісне. Але врожайність посівів, пошкоджених від вимокання, значно менше врожайності здорових рослин.

6 Агрометеорологічні умови формування якості насіння зернових культур

Високі врожаї сільськогосподарських культур у сполученні з високою якістю продукції є дуже важливим резервом у зростанні виробництва.

Висока якість врожаїв важлива для усіх видів культур. Але особливої цінності вона набуває у зернових культур, в яких підвищення вмісту білка в зерні на 1 % дає додатково декілька сот тон білка. Також важливе значення мають вміст цукру в коренеплодах цукрових буряків, крохмалю в бульбах картоплі, комплексу вітамінів у плодах овочевих культур тощо.

Створення та накопичення поживних речовин в рослинах залежить від ґрунтово-кліматичних умов, технології їх вирощування та сортових особливостей. Обґрунтування раціонального використання технології вирощування, яка б підвищувала якість продукції, вимагає встановлення кількісних залежностей якості продукції від факторів навколишнього середовища, серед яких провідне місце займають агрометеорологічні умови.

Поки що досліджень кількісних залежностей якості врожаїв від погодних умов, що дозволяють складати прогнози якості очікуваного врожаю, досить мало. Найбільш відомі Левенко Т.І., Страшного В. М., Кіндрука М.О.[53 – 55].

Тому розробка методик прогнозу якості врожаїв є пріоритетною задачею науково-дослідних сільськогосподарських та гідрометеорологічних установ. Відомі розробки і дослідження агрометеорологічних умов формування якості насіння зернових культур, що виконані В.М. Страшним [54].

6.1 Вплив погодних умов на вміст білка та клейковини в зерні озимої пшениці

Дослідженнями В.М. Страшного встановлено, що накопичення білка в зерні злакових рослин відбувається за рахунок двох джерел: використання азотистих речовин, які накопичуються у вегетативних органах до початку наливу зерна, та поглинання азоту з ґрунту в період наливу зерна. Тому агрометеорологічні умови вже на ранніх стадіях розвитку рослин впливають на якість зерна.

У період від сходів до припинення вегетації озимої пшениці найбільш тісний зв'язок вмісту білка та клейковини спостерігається з тривалістю цього періоду і середньою температурою повітря за цей же період. Температура повітря 10 – 11° С та тривалість періоду 40 – 50 днів сприяють максимальному вмісту білка та клейковини в зерні пшениці.

В ранній весняний період найбільш тісний зв'язок вмісту білка та клейковини в зерні спостерігається з середньою амплітудою температури повітря. З підвищенням амплітуди температури від 6 до 13° С вміст білка в зерні озимої пшениці підвищується з 9 до 15 %, а клейковини з 15 до 30 %.

При доброму зволоженні ґрунту навесні відбувається інтенсивний ріст рослин та інтенсивне утворення бокових пагонів, тобто йде збільшення маси, яка накопичує азот. Ріст коріння в цей період значно уповільнюється. Невідповідність між розвитком коріння та надземної маси уповільнює постачання рослинам азоту. Тому спостерігається зворотній зв'язок вмісту білка та клейковини з запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на дату стійкого переходу температури повітря через 10° С навесні. Найгірша якість зерна спостерігається при запасах вологи більше 220 мм. При запасах вологи біля 100 – 120 мм якість зерна підвищується (до 14 – 15 % білка та 26 – 30 % клейковини). Таким чином, запаси продуктивної вологи є головним інерційним фактором, який визначає не тільки умови формування врожаю, але і його якість.

При збільшенні тривалості періоду від стійкого переходу температури повітря через 10° С до колосіння якість зерна теж погіршується. В цей період просліджується досить тісний зв'язок якості зерна з дефіцитом насичення повітря. Найвища якість зерна спостерігається за середніх дефіцитів насичення повітря 11 – 13 мб за період від стійкого переходу температури повітря через 10° С до колосіння.

При загущених посівах зменшується кількість пагонів та листя, що формується на них. Зменшення площі листя викликає зменшення кількості азоту, що надходить в зерно. Найменший вміст білка (9 – 10 %) та клейковини (15 – 16 %) спостерігається при кількості колосonoсних стебел на квадратний метр більше 900 штук. Із зменшенням гущини посівів на кожні 100 штук колосonoсних стебел кількість білка зростає на 0,4 – 0,5 %, клейковини – на 1 – 2 %.

В період наливу зерна азот перетікає із вегетативних органів в зерно. Наприкінці вегетації в зерні накопичується до 6 % загальної кількості азоту.

При збільшенні тривалості періоду від колосіння до досягання та при збільшенні кількості опадів в цей період вміст білка та клейковини в зерні зменшується. Найменше білка (9 %) та клейковини (15 %) спостерігається в зерні озимої пшениці за середньої температури повітря за період від колосіння до воскової стиглості 16° С. З підвищенням температури до 24° С воно збільшується відповідно до 15 та 30 %.

Враховуючи все вищесказане, В.М. Страшний [54] розробив метод складання прогнозу середньозваженого по області вмісту білка і клейковини в зерні озимої пшениці. Метод засновується на кількісних статистичних зв'язках вмісту білка та клейковини в зерні провідних сортів озимої пшениці (Миронівська 808, Миронівська ювілейна – 50, Миронівська 264) з агрометеорологічними факторами.

Очікуваний середньозважений по області вміст білка (Y) в зерні розраховується після наступу фази масового колосіння за рівнянням:

$$Y = 4,45A - 0,002W + 0,11d - 0,002N + 0,38t \quad (6.1)$$

Клейковини:

$$Y = 0,67 + 0,37A - 0,017W + 0,65d - 0,004N + 0,86 \quad (6.2)$$

де A – середня амплітуда температури повітря за період від відновлення вегетації до стійкого переходу через 10°C ;
 W – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту (мм) на дату стійкого переходу температури повітря через 10°C ;
 d – середній дефіцит насичення повітря (мб) за період від стійкого переходу температури повітря через 10°C до дати колосіння;
 N – кількість колосonoсних стебел на м^2 у фазу колосіння;
 t – середня температура повітря за період від колосіння до воскової стиглості.

Рівняння застосовуються у межах змін середніх по області значень: A – від 6 до 12°C ; W – від 110 до 240 мм; d – від 5 до 14 мб; N – від 350 до 900 колосonoсних стебел; t – від 16 до 23°C .

Розрахунок очікуваної якості зерна виконується після визначення кількості колосonoсних стебел на дату масового колосіння. Для виконання розрахунків по області використовуються спостереження не менше $6 - 8$ станцій.

Техніка складання прогнозу якості зерна.

Середня амплітуда температури повітря (A) за період визначається шляхом поділу різниці сум максимальних та мінімальних температур, підрахованих за добовими значеннями, на кількість днів у періоді від дати відновлення вегетації до дати стійкого переходу температури повітря через 10°C .

Запаси продуктивної вологи (W) для розрахунків використовуються за декаду найближчу до дати стійкого переходу температури повітря через 10°C .

Дата наступу воскової стиглості розраховується за сумами ефективних температур 500°C від дати колосіння. Середня температура визначається з синоптичного прогнозу погоди. За значеннями середніх добових температур визначається середня температура за період від колосіння до воскової стиглості. Для кожної станції всі показники розраховуються окремо. І потім визначаються середні по області величини, які необхідні для розрахунків за рівняннями (6.1) та (6.2).

При розрахунках середніх по області значень запасів продуктивної вологи та кількості колосonoсних стебел необхідно використовувати

спостереження не тільки агрометеорологічних станцій, але і постів та маршрутні спостереження.

Після надходження фактичних даних по вмісту білка та клейковини розраховується виправданість прогнозу за формулою:

$$S_y = \frac{100 - (U_p - U_\phi)}{U_\phi} \cdot 100 \quad (6.3)$$

де U_p – очікуваний вміст білка або клейковини;

U_ϕ – фактичний вміст білка або клейковини.

У прикладі: $S_y = 100 - (12 - 11,6) / 11,6 \times 100 = 97 \%$

Слід зазначити, що зростання культури землеробства відбувається повсякчасно, тому залежність якості зерна від агрометеорологічних умов буде змінюватись і через те, через кожні 4-5 років ці залежності необхідно уточнювати.

6.2 Методика розрахунку врожайної якості зерна озимої пшениці

В Україні досить різноманітні ґрунтово-кліматичні умови, які поки що мало враховуються у насінницькій технології.

Методика оцінки агрометеорологічних факторів для прогнозування врожайних якостей зерна озимої пшениці розроблено в Одеському селекційно-генетичному інститут М.О. Кіндруком [55].

Під врожайними властивостями зерна у насінництві розуміють здібність різних партій зерен одного і того ж сорту давати в різних умовах агротехніки неоднаковий врожай.

В залежності від агрометеорологічних умов він може відрізнятись на 4 – 7 ц/га і більше, що навіть перекидає сортові відмінності.

Для оцінки агрометеорологічних умов при прогнозуванні врожайних якостей зерна використовується “екологічна модель” формування врожайних якостей зерна різного рівня: підвищені, середні та зменшені.

За основу при побудуванні екологічної моделі взяті параметри, розраховані по основних міжфазних періодах, починаючи від колосіння рослин: середня температура повітря, середня відносна вологість повітря, кількість атмосферних опадів, кількість днів з температурою повітря 25° С і вище та 10° С та нижче, і кількістю днів з відносною вологістю повітря 50 % і нижче та 80 % і вище (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Межі агрометеорологічних оптимумів формування різного рівня врожайних властивостей насіння озимої пшениці (екологічна модель)

Показник	Міжфазний період вегетації	Рівень врожайних властивостей насіння та його оцінка в балах		
		підвищений, 7 – 9	середній, 4 – 6	понижений, 1 – 3
1	2	3	4	5
Середня температура повітря, °С	Колосіння – молочна стиглість	13 – 17	10 – 12 18 – 21	менше 10 більше 21
	Молочна – воскова стиглість	16 – 18	11 – 15 19 – 23	менше 11 більше 23
Кількість днів з температурою повітря 25 °С і вище	Колосіння – молочна стиглість	0 – 5	6 – 9	Більше 9
	Молочна – воскова стиглість	0 – 7	8 – 10	більше 10
Кількість днів з температурою повітря 10 °С і вище	Колосіння – молочна стиглість	0 – 4	5 – 9	Більше 9
	Молочна – воскова стиглість	0 – 2	3 – 5	Більше 5
	Воскова – повна стиглість	0 – 1	2 – 4	Більше 5
Кількість днів з температурою повітря 5 °С і нижче	Воскова – повна стиглість	0	1	Більше 1
Опади, мм	Колосіння – молочна стиглість	61 – 120	21 – 60 121 – 160	0 – 20 більше 160
	Молочна – воскова стиглість	41 – 75	11 – 40 76 – 120	0 – 10 більше 120
	Воскова – повна стиглість	0 – 20	21 – 40	більше 40

Продовження табл. 6.1

Середня відносна вологість повітря, %	Колосіння – молочна стиглість	56 – 80	41 – 55 81 – 95	менше 40 більше 95
	Молочна – воскова стиглість	51 – 75	36 – 50 76 – 90	менше 36 більше 90
	Воскова – повна стиглість	41 – 65	Менше 40 60 – 80	Більше 80
Кількість днів з відносною вологістю повітря 50% і нижче	Колосіння – молочна стиглість	0 – 6	7 – 15	Більше 15
	Молочна – воскова стиглість	0 – 4	5 – 10	Більше 10
Кількість днів з відносною вологістю 80% і вище	Воскова – повна стиглість	0 – 1	2 – 4	Більше 4

Кожний з цих параметрів оцінюється за десятибальною шкалою: 1 – 3 бали для формування насіння із зменшеними врожайними властивостями; 4 – 6 балів – для насіння з середніми властивостями і 7 – 9 балів – для насіння з підвищеними врожайними властивостями. При цьому, найвищий бал відповідає оптимальному значенню фактора. Якщо ж показник значно перевищує екстремальні значення факторів, то він оцінюється балом 0.

Автором методу для практичного використання при складанні прогнозу врожайних властивостей насіння розроблена таблиця, за якою будь яке значення метеорологічного елементу відображено балом врожайності.

Сума балів за усіма параметрами моделі у період від колосіння до збирання озимої пшениці відповідає певному рівню врожайних властивостей зерна озимої пшениці. Для зерна з підвищеними врожайними властивостями ця сума становить більше 110 балів, з середніми – від 110 до 95 та зі зниженими – менше 95 балів (табл. 6.2).

Техніка складання прогнозу. При складанні прогнозу врожайних властивостей зерна озимої пшениці необхідно виконати розрахунки:

1) за даними фенологічних спостережень визначити тривалість міжфазних періодів: колосіння – молочна стиглість, молочна стиглість – воскова стиглість, воскова стиглість – повна стиглість (при чому у цьому періоді враховується період збирання хліба до 10 днів);

Таблиця 6.2 – Шкала балової оцінки рівня врожайної якості зерна озимої пшениці по міжфазних періодах

Рівень врожайних властивостей	Сума балів по періодам			Загальна сума балів
	колосіння – молочна стиглість	молочна – воскова стиглість	воскова – повна стиглість	
Підвищений	вище 36	вище 38	Вище 36	вище 110
Середній	31 – 36	33 – 38	31 – 36	95 – 110
Понижений	нижче 31	нижче 31	нижче 31	нижче 95

2) за матеріалами метеорологічних спостережень розраховуються середні значення для кожного міжфазного періоду: середньої температури повітря, кількості днів з температурою вище 25° С (рис. 6.1) графа “максимальна температура повітря”, кількості днів з температурою повітря 10° С та нижче, 5° С та нижче (графа “мінімальна температура повітря), суми опадів, середньої відносної вологості повітря, кількості днів з відотною вологістю 50 % і нижче (графа “мінімальна відносна вологість”), кількості днів з відотною вологістю повітря 80 % і вище (графа “максимальна відносна вологість повітря”).

3) Отримані значення елементів заносяться у робочу таблицю і потім . визначається оцінка кожного елементу в балах за кожний міжфазний період. Після оцінки всіх елементів бали підсумовуються та визначається їх сума. Ця сума і буде критерієм оцінки агрометеорологічних умов формування врожайних властивостей зерна.

За даним методом прогноз врожайних властивостей зерна можна скласти з річною завчасністю з використанням довгострокових синоптичних прогнозів та середніх багаторічних величин.

Причинами відхилення отриманих величин врожайних властивостей зерна у прогнозі бувають: відхилення від загальноприйнятої технології вирощування насіння та пошкодження зерна патогенами (збудниками грибних захворювань), клопами-черепашками та ін.

Зрошення зменшує негативний вплив високих температур на врожайні властивості зерна.

Після розрахунків врожайних властивостей зерна на великих територіях виділяються зони гарантованого, стійкого, нестійкого та ризикованого насінництва озимої пшениці.

На матеріалах багаторічних спостережень до зони гарантованого насінництва озимої пшениці відноситься більша частина центрального та правобережного Лісостепу (Вінницька, південні райони Київської області, Черкаська області).

Імовірність формування знижених врожайних властивостей спостерігається у більше 20 % років.

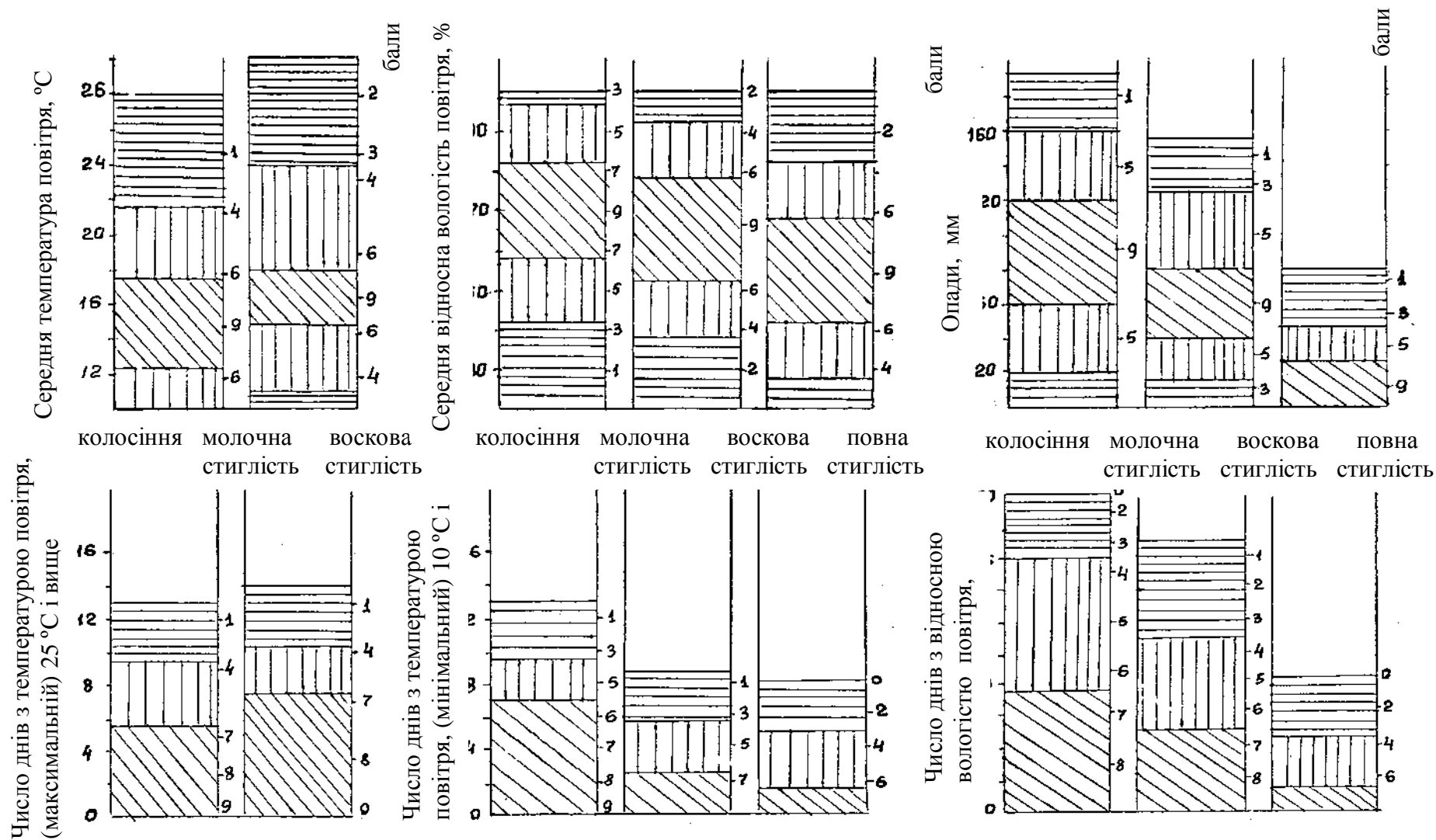


Рис. 6.1 – Номограма оперативної оцінки агрометеорологічних умов для прогнозу врожайних властивостей зерна озимої пшениці . – підвищений – середній – знижений

До зони стійкого насінництва відноситься лівобережний Лісостеп (Сумська, Полтавська та Харківська області), та райони північного та центрального Степу, що прилягають до цих областей, центральна частина Криму, та вузькі смуги біля Чорного та Азовського морів. Низьковрожайні властивості зерна тут спостерігаються не більше 17 – 25 % років.

Південно-східні райони північного та центрального Степу (Дніпропетровська, Донецька, Луганська, Запорізька області), Південний Степ, за виключенням центральної частини Криму, а також центральне та східне Полісся (Житомирська, центральні та північні райони Київської області, Чернігівська область) відносяться до зони нестійкого насінництва. Ймовірність формування знижених властивостей зерна спостерігається тут майже у 30 % років, тобто один раз у 3 – 4 роки. До зони ризикованого насінництва відносяться північно-західна частина Полісся, західна частина Лісостепу (окрім придністровської частини), північно-західні райони Хмельницької області, гірські та перед гірські райони Карпат). Низькі врожайні властивості зерна тут формуються раз у 2-3 роки.

6.3 Оцінка агрометеорологічних умов накопичення цукру у коренеплодах цукрових буряків

На вміст цукру у коренеплодах впливають ґрунтово-кліматичні та погодні умови, агротехніка та культура землеробства (догляд за посівами, термін та якість збирання, тривалість періоду збирання коренеплодів, тривалість зберігання до початку переробки, виведення нових сортів, внесення добрив).

Дослідженнями М.І. Орловського [37 – 39] було встановлено, що вміст цукру у коренеплодах тим більший, чим більше зберігається старе листя наприкінці вегетації та чим менше утворюється нових листків восени.

При в'яненні листя процес фотосинтезу уповільнюється і через те уповільнюється накопичення цукру. При вирощування цукрових буряків інколи складаються такі умови, за яких відбувається інтенсивний ріст коренеплоду, але накопичення цукру залишається незначним. Буває і навпаки, накопичення цукру відбувається інтенсивно, а приріст коренеплоду дуже незначний. Такі умови спостерігаються за ясної теплої погоди при недостатньому зволоженні ґрунту. Надмірне зволоження викликає зменшення вмісту цукру в буряках.

Дослідження впливу запасів продуктивної вологи у ґрунті на вміст цукру в коренеплодах показало, що зменшення цукру спостерігається як при значних запасах продуктивної вологи, так і при їх недостатній кількості. Якщо у період інтенсивного накопичення цукру запаси вологи в ґрунті більше 160 мм, вміст цукру зменшується на 15 %. Найбільший вміст

цукру спостерігається при запасах вологи 60мм у метровому шарі ґрунту. Запаси вологи шару 0 – 50 см на вміст цукру впливають мало.

Дослідженнями О.М. Конторщикової встановлено, що для оцінки умов накопичення цукру краще користуватись величиною вологозабезпеченості, особливо це стосується останніх років.

Важливим фактором накопичення цукру в коренеплодах є кількість надходження сонячної радіації. За доброї вологозабезпеченості посівів зв'язок вмісту цукру (y) з приходом сонячної радіації за період накопичення цукру (S) характеризується високим значенням коефіцієнту кореляції:

$$\begin{aligned} Y &= 0,23S + 14 \\ r &= 0,72 + 0,03 \end{aligned} \quad (6.4)$$

Величина приходу сонячної радіації розраховується за формулою С.І. Сивкова .

Але слід відзначити, що не в усіх природно-кліматичних зонах залежність накопичення цукру від приходу сонячної радіації характеризується високим значенням коефіцієнту кореляції. Для Донецько-Придніпровського та Південно-Західного економічних районів цей зв'язок значно слабший. Причини погіршення тісноти зв'язку у цих районах різні. На території Донецько-Придніпровського району вологозабезпеченість посівів у період від 20 липня по 20 вересня буває низькою.

У Південно-Західному економічному районі, навпаки, дуже часто бувають випадки перезволоження ґрунту, яке зменшує вміст цукру у коренеплодах.

Слід зазначити, що на переважній більшості території вирощування цукрових буряків вологозабезпеченість у 80 % років у період з 20 липня по 20 вересня буває недостатньою (50 – 60 % від оптимальної).

О.М. Конторщиковою було знайдено графічну залежність вмісту цукру від вологозабезпеченості посівів та приходу сонячної радіації за період з 1 серпня по 20 вересня для основних районів вирощування цукрових буряків (рис. 6.2 а, б, в).

На території України умови накопичення цукру оцінюються за такими градаціями:

- дуже добрі, вміст цукру більше 18%;
- добрі , вміст цукру 17 – 18%, вологозабезпеченість 50 – 80 % від оптимальної, сума прямої сонячної радіації від 12,5 до 14,5 ккал/см²;
- задовільні, вміст цукру становить 16 %, вологозабезпеченість 7 – 100 %, сума прямої радіації від 10,5 до 12,5 ккал/см²;

S_1 , ккал/см²

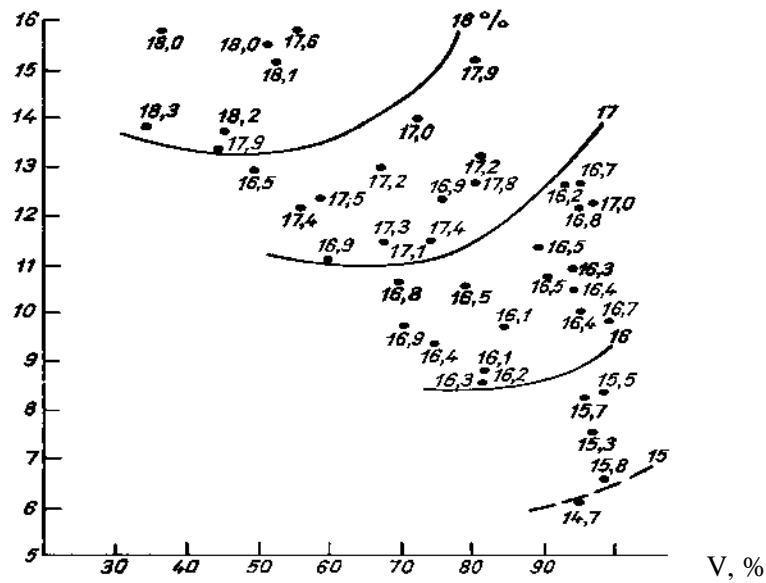


Рис. 6.2 – а) Залежність накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації від прямої сонячної радіації (S_1) і вологозабезпеченості посівів (v) за період інтенсивного накопичення цукру для центральної чорноземної зони (в середньому по області).

ФАР, ккал/см²

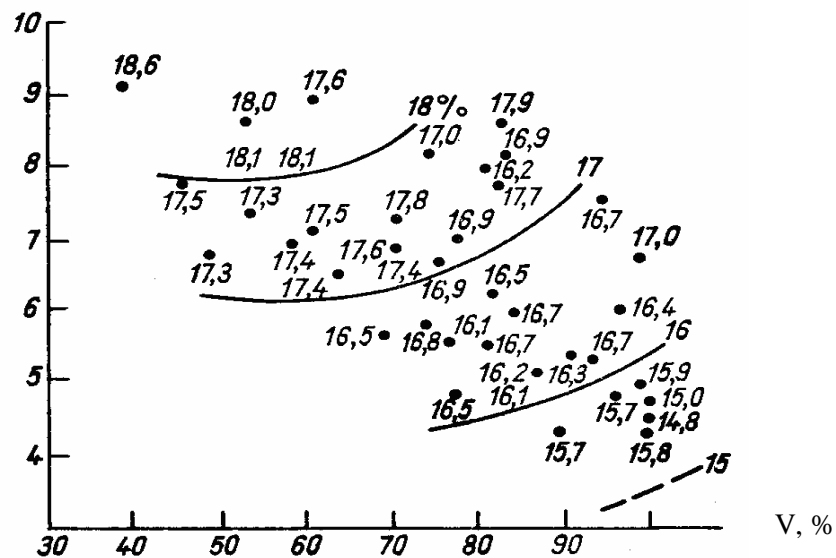


Рис. 6.2. – б) Залежність накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації від суми фотосинтетично активної радіації (ФАР) і вологозабезпеченості посівів (v) за період інтенсивного накопичення цукру для центральної чорноземної зони (в середньому по області).

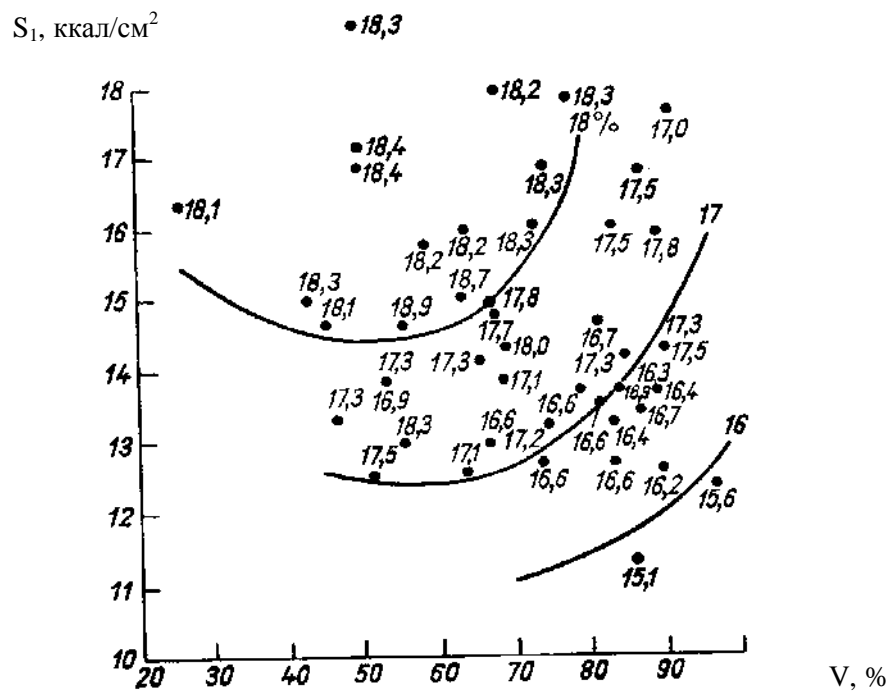


Рис. 6.2 – в) Залежність накопичення цукру в цукрових буряків до кінця вегетації від прямої сонячної радіації (S_1) і середньої вологозабезпеченості посівів (v) за період інтенсивного накопичення цукру для лівобережної частини України (в середньому по області).

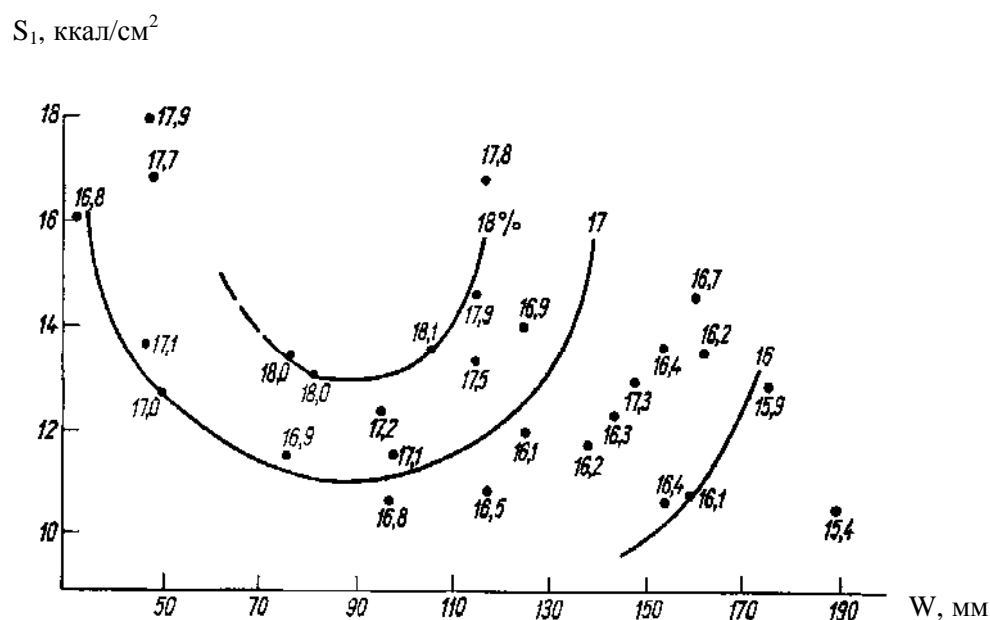


Рис. 6.3 – Залежність накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації від прямої сонячної радіації (S_1) і запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 100 см (W) за період інтенсивного накопичення цукру для західних областей України (в середньому по області).

- погані умови, вміст цукру менше 15 %, вологозабезпеченість оптимальна, пряма сонячна радіація менше 11,5 ккал/см².

Для чорноземних областей Росії показники вологозабезпеченості та прямої сонячної радіації будуть дещо нижчі (див. рис. 6.2, а).

У Південно-Західному економічному районі оцінку умов накопичення цукру краще виконувати не за показниками вологозабезпеченості, а за значеннями запасів продуктивної вологи. Встановлено (рис. 6.3), що найкращі умови для доброго накопичення цукру складаються при запасах продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту не менше 50 мм і не більше 110 мм, та сумі прямої сонячної радіації більше 13 ккал/см². Добрі умови складаються при запасах вологи не менше 40 та не більше 130 мм і сумі радіації вище 11 ккал/см². Незадовільні умови для накопичення цукру складаються при запасах вологи більше 170мм і сумі прямої радіації менше 10 ккал/см².

6.4 Прогноз агрометеорологічних умов накопичення цукру в коренеплодах цукрових буряків

Одержані О.М. Конторщикою залежності (рис. 6.2, 6.3) використовуються для складання прогнозу вмісту цукру у коренеплодах. Однак, в прогнозах погоди нема відомостей про пряму сонячну радіацію, або фотосинтетично – активну радіацію (ФАР). Для визначення прямої радіації І.М. Ярославцев запропонував рівняння:

$$S = 0,08t - 65 \quad (6.5)$$

де S – очікувана сума прямої радіації, ккал/см² за період з 1 серпня по 20 вересня;

t – сума активних температур повітря за той же період.

Температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

Слід зазначити, що не для всіх районів вирощування цукрових буряків використовується сума температур з 1 серпня по 20 вересня. Для Донецько-Придніпровського району ця сума використовується за період з 20 червня по 20 вересня. Крім того, в цих районах на накопичення цукру дуже впливає величина випаровування. Н.І. Михайловою для Південно-Західного району запропонована формула для розрахунку сум прямої сонячної радіації:

$$S = 0,018t - 0,003x - 1,20 \quad (6.6)$$

для Донецько-Придніпровського району :

$$S = 0,014t - 0,006x + 3,510 \quad (6.7)$$

де t – сума активних температур, °C;

x – сумарне випаровування, мм за період з 20 липня по 20 вересня.

Сумарне випаровування розраховується за спрощеним рівнянням водного балансу:

$$E = (W_n + r) - W_k, \quad (6.8)$$

де W_n та W_k – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на початок та кінець декади відповідно, мм;

x – сума опадів за декаду, мм.

Температура повітря і сума опадів визначаються з синоптичного прогнозу погоди.

7. Довгострокові прогнози врожаїв озимих зернових культур

7.1 Мінливість врожаїв зернових культур

Ефективне управління сільськогосподарським виробництвом неможливе без прогнозування ходу чинників, від яких залежить його діяльність. Прогнозування фаз розвитку сільськогосподарських культур, оцінка їх стану, очікуваний врожай, вологозабезпеченість культур, пошкодження несприятливими метеорологічними умовами та ін. дає можливість створити науково обґрунтовану базу для планування і забезпечує маневрування управління розвитком сільськогосподарського виробництва.

У сільськогосподарському виробництві найбільш впливовими на розвиток та врожай культур є метеорологічні умови. Вони в значній мірі обумовлюють продуктивність усіх сільськогосподарських культур, у тому числі і зернових.

Ярі зернові культури за величиною посівних площ на території СНД посідають перше місце. Це – яра пшениця, ярий ячмінь, овес, кукурудза, гречка, просо, рис та ін. 90 % посівної площі ярих культур розташовано у Поволжі, на Південному Уралі, в Західному Сибіру, Казахстані, на Україні та Молдові, а також в нечорноземних областях Росії. Найбільше поширені посіви ранніх ярих культур у районах з родючими чорноземними та каштановими ґрунтами, але з різко континентальним кліматом, з великою повторністю посух та суховіїв.

Недостатнє та нестійке зволоження є головною причиною значних коливань врожайності щорічно. Вивченню динаміки врожаїв, виявленню основних агрометеорологічних факторів і показників стану рослин, а також створенню методів прогнозів врожайності ярих культур присвячені роботи І.В. Свісюка, В.П. Дмитренка, А.М. Польового, М.І. Гойси В.М. Пасова, М.С. Кулика, К.В. Кирилічевої, А.В. Процерова та багатьох інших авторів [56 – 58].

Дослідженнями встановлено, що продуктивність зернових культур коливається синхронно з коливаннями агрометеорологічних умов вирощування.

В основних районах вирощування врожайність зернових культур має тенденцію (тренд) до зростання з часом, але темпи зростання різні у різних культур та в різних регіонах. На фоні загального зростання врожайності спостерігаються її щорічні коливання як у бік зростання, так і у бік зменшення.

Причинами, що обумовлюють зростання врожайності з часом є підвищення культури землеробства, виведення нових сортів та ін. Рівень культури землеробства залежить від цілого ряду факторів: особливостей

системи землеробства, засобів обробки ґрунту, міри використання добрив, засобів боротьби з шкідниками та хворобами, відповідності сортів агрокліматичним ресурсам території, енергозабезпеченості виробництва та меліорації клімату. Перелічені фактори визначають загальний рівень врожайності, тобто формують тренд. Щорічні відхилення врожайності від тренду обумовлюються погодними умовами кожного конкретного року.

Таким чином, велика кількість факторів, що впливають на врожай, поділяються на два великих класи: 1 – фактори, що обумовлюють рівень культури землеробства; 2 – метеорологічні фактори.

Врахувати міру впливу культури землеробства на величину врожаю досить складно. Передбачається, що вплив рівня культури землеробства викликає плавну мінливість врожаїв, та що ця мінливість підлягає цілком визначеному закону. Це дозволяє апроксимувати зміну врожайності з часом будь-якою формою залежності (пряма, парабола і ін.). Питання вибору виду кривої тренду досліджувались в роботах А. Маннеля, В.М. Обухова, В.М. Пасова, І.В. Свісюка та ін. [56].

Ці дослідження дозволяють дійти до висновку, що зміна врожайності за рахунок не метеорологічних факторів у першому наближенні може бути представлена у вигляді прямої або параболи другого порядку [56].

Зміна метеорологічної складової врожайності знаходиться у тісному зв'язку зі зміною метеорологічних факторів. Таким чином, динаміку врожайності тої чи іншої культури можна розглядати як наслідок зміни культури землеробства, на фоні якого відбуваються випадкові відхилення, обумовлені особливостями погоди у різних кліматичних зонах.

У такому випадку загальна дисперсія врожайності s^2 розглядається як сума двох складових: перша характеризує вклад динаміки культури землеробства s_a^2 , а друга – мінливість погоди s_m^2 .

$$s^2 = s_a^2 + s_m^2 \quad (7.1)$$

$$s_m^2 = s^2 - s_a^2 \quad (7.2)$$

Розрахунок величини s^2 виконується за формулою:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1} \quad (7.3)$$

$$s_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\epsilon_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad (7.4)$$

$$s_m^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (\epsilon_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad (7.5)$$

де y_i – це врожайність конкретного року;

\bar{y} – середня багаторічна врожайність;

ϵ_i – динамічна середня величина (врожайність по тренду у конкретному році);

n – кількість років.

Для оцінки мінливості врожайності використовується значення

коефіцієнту варіації $C_{\bar{y}}$;

$$C_{\bar{y}} = s/\bar{y} \quad (7.6)$$

Мінливість, що обумовлена погодою (C_m), визначається через s_m :

$$C_m = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (\epsilon_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (7.7)$$

Значення $C_{\bar{y},m}$ по території дає можливість провести дослідження мінливості врожайності по території, визначити райони однотипної для вирощування культур погоди, визначити специфіку погоди окремих районів, а також визначити райони сприятливих та несприятливих умов для вирощування культур як у багаторічному розрізі, так і в окремі роки. При цьому важливого значення набувають питання прогнозу величин врожайності культур. Оскільки знання очікуваного врожаю дає змогу виділити зони економічно вигідних посівних площ під будь-якою культурою і навпаки, цінність прогнозів зростає із зростанням їх завчасності

В сучасному прогнозуванні врожаїв виділяється два шляхи: перший – це екстраполяція тих тенденцій, що складаються в динаміці врожайності у попередній рік. При цьому умовно приймається, що рівень врожайності з часом змінюється за цілком визначеним законом. Другий шлях – це розрахунок тенденції зміни рівня врожайності і врахування динаміки факторів, від яких залежить врожайність. У цьому випадку є можливість отримати багатофакторні залежності, які дозволяють розраховувати очікувану величину врожайності у кожному конкретному році досліджуваного ряду.

Прогнози врожаїв сільськогосподарських культур можуть передбачати оцінку очікуваного врожаю в окремих господарствах, в середньому по області, краю, економічному району.

При розробці методів прогнозів врожаїв сільськогосподарських культур автори повинні враховувати дві проблеми: 1 – завчасність прогнозу; 2 – точність прогнозу.

Для збільшення терміну завчасності прогнозу використовуються значення інерційних факторів та методики складання прогнозів до початку сівби.

Для збільшення точності і надійності прогнозів використовуються спостереження за станом посівів впродовж вегетаційного періоду. В останній час зростає необхідність агрокліматичних прогнозів, які дали б змогу оцінити імовірність отримання врожаїв вище чи нижче визначених рівнів впродовж тривалого періоду (більше 10 років). Такі прогнози будуть корисні для складання планів виробництва зерна.

7.2 Довгострокові прогнози врожаїв озимої пшениці

Озимі культури займають друге місце за розміром посівних площ. При цьому озима пшениця серед озимих посідає перше місце. Головні посівні площі озимини знаходяться у районах з родючими чорноземними ґрунтами, багатими речовинами харчування. Світла та тепла також достатньо для повного досягання хлібів. Але тут спостерігаються значні зміни врожайності щорічно, причинами яких є недостатнє та нестійке зволоження ґрунтів. Тому прогнози врожайності озимини мають велике значення.

Прогнози врожайності озимих культур є головними агрометеорологічними прогнозами. Вони можуть складатись як для окремих полів, так і для великих територій.

7.2.1 Метод прогнозу врожаїв озимої пшениці для території України (метод В.П. Дмитренка)

Прогноз врожаю озимої пшениці за методом В.П. Дмитренка складається після відновлення вегетації (березень, квітень) та в період колосіння (травень, червень). Метод прогнозу розроблено В.П. Дмитренком [26] на основі моделі у вигляді:

$$y = y_1 (1 - U) f(k) S(T, W, R)_{III-VIII} + \Delta \quad (7.8)$$

де y – очікуваний врожай озимої пшениці, ц/га;

y_1 – щорічний статистичний максимум врожаю, ц/га;

U – показник зрідження посівів;

$f(k)$ – функція кущистості;

$S(T, W, R)$ – сумарний коефіцієнт продуктивності, розрахований за гідрометеорологічними показниками весняно – літнього періоду;

Δ – помилка розрахунків через невраховані фактори.

В моделі y_1 – відображає щорічне підвищення врожаю культури внаслідок поліпшення культури землеробства і розраховується з формули:

$$y_1 = y_c + At \quad (7.9)$$

де y_c – статистичний максимум врожаю з ймовірністю 99,9 % щодо початкового року;

A – середньорічний приріст врожаю;

$t = t_l - t_c$ – відхилення даного року від реперного y_c , яке визначається кількістю років у статистичному рядку.

Зрідження посівів U – це різниця між найбільшою N_0 та фактичною N густиною рослин, яка визначається кількістю рослин на метр квадратний, віднесеною до найбільшої густини на одиницю площі:

$$U = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0} \quad (7.10)$$

де $\frac{N}{N_0}$ – щільність посіву.

Кущистість визначається з формули:

$$f(k) = 1 - \left(\frac{K - K_0}{K_0} \right)^2 \quad (7.11)$$

де K – фактична кущистість навесні після відновлення вегетації;

K_0 – найбільша кущистість рослин навесні для даної території.

В зв'язку з тим, що сортовий набір посівів неоднаковий, необхідно також визначати середню вагову найбільшу кущистість:

$$K_0 = \frac{\sum K_{oi} S_i}{\sum S_i} \quad (7.12)$$

де K_{oi} – найбільша весняна кущистість даного сорту;

S_i – площа його посівів у відсотках або гектарах.

Найбільша кущистість різних сортів озимої пшениці спостерігається в межах 2,9 (Аврора) до 5,0 (Миронівська 808). Для спрощення розрахунків побудована таблиця (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Функція весняної кущистості озимої пшениці

Різниця між спостереженою середньою ваговою і найбільшою	Найбільше значення кущистості					
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
0	1,0	- 1,0	- 1,0	1,0	1,0	1,0
0,5	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
1,0	0,84	0,89	0,92	0,94	0,95	0,96
1,5	0,64	0,75	0,82	0,86	0,89	0,91
2,0	0,36	0,56	0,67	0,75	0,80	0,84
2,5	0	0,31	0,49	0,61	0,69	0,75

Кількісна оцінка впливу температури повітря, опадів та запасів продуктивної вологи у весняно – літній період виконується за формулою:

$$S(T, W, R)_{III-VIII} = h(W) a_3 + \sum h_i(T) h_i(R) a_i, \quad (7.13)$$

де $\eta_i(T)$, $\eta_i(R)$, $\eta_i(W)$ – відповідно коефіцієнти продуктивності розраховані відносно температури повітря T , опадів R , запасів продуктивної вологи W навесні в i -ий період розвитку культури;

a_3 , a_i – вагові коефіцієнти, які враховують вклад осінньо – зимового періоду (a_3) та наступних періодів розвитку (a_i) в урожай.

Коефіцієнт продуктивності по температурі розраховується з формули:

$$h_i(T) = \frac{y_i(T)}{y_i(T_0)} = \left[e^{a \left(\frac{T - T_0}{10} \right)^2} \right], \quad (7.14)$$

де $\eta_i(T)$ – числовий відносний вираз приросту продукції при температурі T_k до найбільш можливого $y_i(T_0)$ при оптимальній температурі T_0 .

Вплив опадів на формування врожаю озимої пшениці визначається з формули:

$$h_i(R) = \frac{y_i(R)}{y_i(R_0)} = \left[\left(1 + \frac{R - R_0}{R_0 - R_{\min}} \right)^{a_1} \left(1 - \frac{R - R_0}{R_{\max} - R_0} \right)^{a_2} \right]_i \quad (7.15)$$

де $\eta_i(R)$ – числовий відносний вираз приросту продукції $y_i(R)$ в i -тий період вегетації при сумі опадів R до найбільш можливого $\eta_i(R_0)$ при найбільш сприятливій сумі опадів R_0 ;

R_{\min} , R_{\max} – відповідно найменша та найбільша сума опадів в кожному період вегетаційного циклу;

a_1 , a_2 – параметри.

Для розрахунку коефіцієнтів продуктивності щодо температури повітря та опадів відповідні дані наведені у табл. 7.2.

Розрахунок коефіцієнтів продуктивності $\eta_i(T, R)$ для кожного періоду вегетаційного циклу озимої пшениці доцільно вести з допомогою номограм або робочих таблиць.

Таблиця 7.2 – Параметри розрахунку коефіцієнтів продуктивності по температурі і опадах в період вегетації озимої пшениці

Місяць	T_0 , °C	Параметри до рівняння 7.14		R_0 , мм	R_{\max} , мм	Параметри до рівняння 7,15		A
		$T \leq T_0$	$T > T_0$			a_1	a_2	
VII – VIII	18	-1	-2	130	526	1/3	1	0.07
IX – X	13	-1	-2	170	411	1/3	1/2	0.07
XI	5	-1	-2	120	243	1/2	1/2	0.05
XII – II	-0.5	-1	-2	160	552	1/2	1	0.29
III – V	8	-1	-2	170	709	1/3	1	0.36
VI	17	-1	-2	17	224	0	2	0.09
VII	22	-1	-2	10	224	0	2	0.07

Вплив вологості ґрунту на формування врожаю озимої пшениці визначається з формули:

$$h(W) = \frac{y(W)}{y(W_0)} = 1 - \left(\frac{W - W_0}{W_0} \right)^2, \quad (7.16)$$

де $\eta(W)$ – числовий коефіцієнт відносного приросту продукції $y(W)$ при запасах вологи (W) навесні до найбільш можливого $y(W)$ при найбільш сприятливих вологи W_0 після відновлення вегетації.

Таблиця 7.3 – Коефіцієнти продуктивності озимої пшениці, розраховані за даними запасів вологи метрового шару навесні

Різниця між виміряними та найбільш сприятливими запасами вологи, мм	Найбільш сприятливі, середньозважені запаси вологи, мм							
	140	150	160	170	180	190	200	210
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
30	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98
40	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,96
50	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94
60	0,82	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
70	0,75	0,78	0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89
80	0,67	0,72	0,75	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85
90	0,59	0,64	0,68	0,72	0,75	0,78	0,80	0,82
100	0,49	0,56	0,61	0,65	0,69	0,72	0,75	0,77

Для розрахунку коефіцієнтів продуктивності необхідні дані про НВ а також спостереження за вологістю ґрунту під озимою пшеницею навесні. Визначення виконується за табл. 7.3.

7.2.2 Метод прогнозу врожайів озимої пшениці у головних районах вирощування

Прогноз врожайності озимої пшениці у головних районах вирощування розроблено Є.С. Улановою [59]. Він складається з різною

завчасністю: тримісячною – через 10 днів після відновлення вегетації; двомісячною – після виходу у трубку; та місячною - після наступу фази колосіння.

Є.С. Улановою розроблені кількісні прогностичні залежності врожаїв озимої пшениці від головних інерційних факторів: густоти рослин, запасів продуктивної вологи у різні періоди розвитку та таких агрометеорологічних показників як середня температура повітря після виходу у трубку, висота рослин на різні фази розвитку, суми опадів також за різні періоди розвитку озимої пшениці. Ці прогностичні залежності дозволяють розраховувати очікуваний врожай з різною завчасністю без використання синоптичного прогнозу погоди, який майже завжди зменшує справджуваність розрахованих величин.

Головними факторами, що обумовлюють величину очікуваного врожаю, є густота стебел на один метр квадратний, висота рослин на дату колосіння, запаси продуктивної вологи на декаду весняного обстеження, виходу у трубку та колосіння, тривалість періодів від відновлення вегетації до виходу у трубку та від виходу у трубку до колосіння, кількість колосків у колосі.

Прогноз врожаю озимої пшениці для окремих полів

З тримісячною завчасністю очікуваний врожай Є.С. Уланова [59] пропонує розраховувати за рівнянням:

$$y = 0,59W + 0,024m - 2,97 \quad (7.17)$$

де W – запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 100 см в декаду відновлення вегетації, мм;

m – кількість стебел озимої на 1 м^2 .

У фазу виходу у трубку (з двомісячною завчасністю) врожайність озимої пшениці розраховується за рівнянням:

$$y = -12,8 + 0,29W - 10^{-3}W^2 + 0,04m - 10^{-5}m^2 - 0,72t + 0,03t^2 \quad (7.18)$$

де y – врожайність озимої пшениці, ц/га;

W – середні запаси продуктивної вологи за період від відновлення вегетації до виходу у трубку, мм;

m – кількість стебел на 1 м^2 в фазу виходу у трубку;

t – середня температура повітря за період від відновлення вегетації до виходу у трубку, °С.

Для уточнення прогнозу врожаю розрахунки виконуються після настання фази колосіння (з місячною завчасністю) за рівнянням:

$$y = -49,67 + 0,32W - 10^{-3}W^2 + 0,04m_k - 2 \cdot 10^{-5}m_k^2 + 0,14h_k + 6 \cdot 10^{-4}h^2 + 0,54n - 4 \cdot 10^{-3}n^2 + 0,06E - 2 \cdot 10^{-4}E^2 \quad (7.19)$$

де W – запаси продуктивної вологи на дату колосіння, мм;
 m_k – кількість колосonoсних стебел на дату колосіння;
 h_k – висота рослин озимої пшениці на колосіння;
 n – тривалість періоду відновлення вегетації – колосіння;
 E – сумарне випарування за цей же час, мм.

Слід зауважити, що в агрометеорології при розрахунках статистичних рівнянь для прогнозів врожаїв досить важко визначити в рівняннях зовсім незалежні один від одного фактори.

Це виникає через те, що головні фактори, які впливають на урожай, залежать від великого комплексу агрометеорологічних умов.

Прогноз середнього по області врожаю озимої пшениці. Для плануючих організацій більш важливим є прогноз очікуваного врожаю по області, ніж для окремих полів. Тому на основі вище вказаних залежностей розроблені прогностичні рівняння для окремо взятих областей, країв, республік, економічних районів.

Навесні після весняного обстеження посівів для розрахунку очікуваного врожаю з завчасністю три місяці розроблено рівняння:

Для України, Молдови та Північного Кавказу:

$$y = -21,14 + 0,31W - 7 \cdot 10^{-4}W^2 + 0,023m_g - 8 \cdot 10^{-6}m_g^2 \quad (7.20)$$

Для центральних чорноземних областей, Середнього та Нижнього Поволжя:

$$y = -21,12 + 0,33W - 8 \cdot 10^{-4}W^2 + 0,023m_g - 8 \cdot 10^{-6}m_g^2 \quad (7.21)$$

де W – середні по області запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту в декаду весняного обстеження посівів;

m_g – середня по області кількість стебел озимої пшениці в декаду весняного обстеження.

Рівняння застосовуються при запасах продуктивної вологи від 60 до 280 мм та кількості стебел від 100 до 2000 на 1 м² в декаду весняного обстеження.

Очікуваний врожай озимої пшениці з 3-и місячною завчасністю можна розрахувати також за результатами авіаспостережень за станом посівів навесні та запасами продуктивної вологи. В роки з високими врожаєми (більше 30 ц/га) більш ніж на 70 % площі переважають посіви озимої пшениці в хорошому та відмінному стані; в роки з низькими

врожаями – на 70 % площі озимина знаходиться в задовільному та поганому стані. Враховуючи це, були одержані прогностичні залежності для різних територій:

для України, Молдови та Північного Кавказу

$$y = -2,8 + 0,13W + 0,12S_5 + 0,3S_3 \quad (7.22)$$

для центральних чорноземних областей, Середнього та Нижнього Поволжя

$$y = -4,39 + 0,07W + 0,18S_5 + 0,12S_3 \quad (7.23)$$

де y – очікуваний середній по області врожай озимої пшениці;

W – середні по області запаси продуктивної вологи метрового шару ґрунту в декаду весняного обстеження;

S_5 – відсоток поля у хорошому та відмінному стані озимої пшениці навесні;

S_3 – відсоток поля у задовільному стані озимої пшениці на той же час.

З двомісячною завчасністю у фазу виходу у трубку здійснюється перше уточнення прогнозу очікуваного врожаю. Для цього Є.С. Улановою отримані такі рівняння:

для Північного Кавказу, Молдови та більшості областей України

$$y = -35,75 + 0,55W - 0,0017W^2 + 0,03m_T - 9 \cdot 10^{-6} m_T^2 \quad (7.24)$$

для західних і північних областей України

$$y = -11,32 + 0,3W - 8 \cdot 10^{-4} W^2 + 0,014m_T - 4 \cdot 10^{-6} m_T^2 \quad (7.25)$$

для центральних чорноземних областей середнього та Нижнього Поволжя

$$y = -13,0 + 0,2W - 4 \cdot 10^{-4} W^2 + 0,024m_T - 7 \cdot 10^{-6} m_T^2 \quad (7.26)$$

де y – середній по області врожай озимої пшениці;

W – середні по області запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту у декаду виходу у трубку;

m_T – середня по області кількість стебел на 1 м² на дату виходу у трубку.

Після настання фази колосіння озимої пшениці, коли стає відомим кількість колосonoсних стебел, а також кількість колосків у колосі,

складається останній уточнюючий прогноз з місячною завчасністю. В цьому уточненні крім головних факторів враховується висота озимої пшениці на фазу колосіння.

Для уточнення прогнозу врожаю було отримано рівняння

$$y = -19,92 + 0,29W_k - 0,0013W_k^2 + 0,045m_k - 3 \cdot 10^{-5}m_k^2 + 0,23h_k - 14 \cdot 10^{-5}h_k^2 - 0,805K + 0,057K^2 \quad (7.27)$$

для посушливих років було отримано рівняння, яке враховує опади у травні та червні, або опади від колосіння до воскової стиглості

$$y = -19,13 + 0,32W_{\text{с}} - 8 \cdot 10^{-4}W_{\text{с}}^2 + 0,002m_{\text{с}} - 6 \cdot 10^{-6}m_{\text{с}}^2 - 0,06\sum O_v + 9 \cdot 10^{-4}\sum O_v^2 + 0,02\sum O_{vi} + 7 \cdot 10^{-5}\sum O_{vi}^2 \quad (7.28)$$

де W – запаси продуктивної вологи в декаду масового колосіння;

m_k – кількість колосоносних стебел;

h_k – середня висота рослин;

K – кількість колосків у колосі;

W – середні по області запаси продуктивної вологи навесні;

$m_{\text{с}}$ – середня кількість стебел навесні;

$\sum O_v$ – сума опадів у травні;

$\sum O_{vi}$ – сума опадів у червні.

Підтвердження величини очікуваного врожаю середнього по області також розраховується за рівнянням:

$$y = -26,72 + 0,031W + 0,016m_k + 0,12h + 1,76K \quad (7.29)$$

де W – запаси продуктивної вологи середні по області;

m_k – середня кількість колосоносних стебел на колосіння;

K – середня кількість розвинених колосків у колосі;

h – висота рослин на колосіння.

При складанні прогнозу у фазу колосіння з використанням рівняння також необхідно враховувати прогноз температури повітря і опадів. За сумами температур розраховується дата настання воскової стиглості, а потім – суми опадів за міжфазний період від колосіння до молочної стиглості.

Викладений вище метод прогнозу врожайності озимої пшениці різної завчасності розроблено переважно для сортів Безоста –1, Миронівська 80.

Якщо по території області або краю більш ніж 50 % площі озимини займають інші сорти озимої пшениці (Одеська 51, Миронівська ювілейна,

Кавказ), то очікувану врожайність необхідно збільшити на 2 – 4 ц/га за середніх та сприятливих умов.

Приклад. Скласти довгостроковий прогноз середнього по області врожаю озимої пшениці з двохмісячною завчасністю.

Вихід у трубку по Луганській області спостерігався в південних районах 10 квітня, у північних – 18 квітня. В період від відновлення вегетації до виходу у трубку середня температура повітря була 8° С, сума опадів – 15мм. Стан озимої пшениці на вихід у трубку був добрий. Середня кількість стебел становила 850 штук на квадратний метр. Середні запаси продуктивної вологи становили 110мм. За відповідним рівнянням розраховується середній по області врожай озимої пшениці:

$$U = -365,75 + 0,55 \cdot 110 - 0,0017 \cdot 110^2 + \\ + 0,03 \cdot 850 - 0,000009 \cdot 850^2 = 27,9 \text{ ц/га}$$

Таким чином, очікуваний врожай по Луганській області за даними з двомісячною завчасністю становить 27,9 ц/га.

Приклад. Скласти прогноз середнього по області врожаю озимої пшениці з завчасністю один місяць (уточнення перших двох прогнозів).

Масове колосіння озимої пшениці на Луганщині у 2000 році відбулося у період 22 – 24 травня. Від виходу у трубку до колосіння температура повітря становила 14° С, сума опадів – 69 мм. Середні запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту в декаду масового колосіння становили 61 мм, а кількість колосonoсних стебел була 464 на квадратний метр. Висота рослин в середньому становила 70 см, а в колосі спостерігалось 16 розвинених колосків. Якщо підставити ці дані у відповідне рівняння, то

$$U = -19,92 + 0,29 \cdot 61 - 0,0013 \cdot 61^2 + 0,045 \cdot 464 - 0,00003 \cdot 464^2 + \\ + 0,23 \cdot 70 - 0,00014 \cdot 70^2 - 0,805 \cdot 16 + 0,057 \cdot 16^2 = 24,5 \text{ ц/га}$$

Таким чином, очікуваний врожай озимої пшениці становить 27,95 ц/га. Фактичний врожай був 22,3 ц/га. Помилка розрахунків становить 2,2 ц/га, при можливій – 3 ц/га.

7.3 Оцінка агрометеорологічних умов формування продуктивності та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за динамічною моделлю А.М. Польового

7.3.1 Наукові основи методу прогнозу

Розробка теорії фотосинтетичної продуктивності посівів стимулювала інтенсивний розвиток робіт по моделюванню продукційного процесу рослин, серед яких особливий інтерес для практики становили довгоперіодні динамічні моделі формування урожаю (Є.П. Галямін, А.М. Польовий, Р.О. Полуектов, О.Д. Сиротенко) [58]. Моделювання дозволило узагальнити значну кількість даних, що відображають вплив чинників зовнішнього середовища на ряд найважливіших процесів життєдіяльності рослин, складна сукупність яких являє собою процес формування урожаю. Динамічні моделі продуктивності дозволяють відтворити ефект впливу агрометеорологічних умов на основні показники фотосинтетичної діяльності посівів і реально оцінити міру цього впливу. Такий підхід виявився особливо плідним. На цій основі відкрилася можливість приступити до створення методів оцінки агрометеорологічних умов росту сільськогосподарських культур, прогнозування їх врожайності.

Розвиток автоматизованих методів обробки агрометеорологічної інформації дав змогу створення Автоматизованого робочого місця агрометеоролога-прогнозіста (АРМ-агрометеоролога). Відкрилася можливість наповнення АРМ-агрометеоролога моделями формування продуктивності сільськогосподарських культур для кількісної оцінки агрометеорологічних умов їхнього вирощування. Цілком природно, що при цьому моделі повинні відповідати цілому ряду вимог, які дозволяють включати їх в АРМ, бути "технологічними". В роботі А.М. Польового були сформульовані теоретичні основи методів оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур в Україні, які базуються на розвитку і застосуванні базової динамічної моделі формування врожаю сільськогосподарських культур.

Динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських культур А.М. Польового. Процес формування урожаю розглядається як складна сукупність цілого ряду фізіологічних процесів, інтенсивність яких визначається не тільки чинниками зовнішнього середовища та біологічними особливостями рослин, але і взаємозв'язком між самими процесами.

Основні концептуальні положення моделі А.М. Польового такі: ріст та розвиток рослин визначається генотипом і чинниками зовнішнього середовища; моделюється ріст рослин (накопичення сухої біомаси) шляхом розподілу продуктів фотосинтезу з врахуванням необхідності в асимілятах

для росту надземної і підземної частин рослин; моделюється радіаційний, тепловий і водний режим системи ґрунт – рослина – атмосфера; моделюється природне старіння рослин і при стресових умовах – перетік асимілятів з листя, стебел, коренів у репродуктивні органи; моделюється вплив агрометеорологічних умов за основні міжфазні періоди розвитку рослин на формування врожаю, втрати урожаю за рахунок посухи та інших несприятливих агрометеорологічних умов.

Динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських культур складається з п'яти блоків:

1. блок вхідної агрометеорологічної інформації;
2. блок початкових даних та шкали часу;
3. блок чинників навколишнього середовища;
4. біологічний блок;
5. блок врожайності.

У свою чергу блок чинників навколишнього середовища містить три підблоки: перший (3.1) – радіаційного та водно-теплого режимів посівів; другий (3.2) – функцій впливу температури повітря та вологозабезпеченості посівів на фотосинтез; третій (3.3) – комплекс оцінок умов формування врожайності в окремі міжфазні періоди, впливу посушливих явищ та інших несприятливих агрометеорологічних умов.

Біологічний блок включає в себе чотири підблоки: перший (4.1) – онтогенетичних кривих фотосинтезу та дихання; другий (4.2) – фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси; третій (4.3) – динаміки біомаси органів рослини; четвертий (4.4) – площі листової поверхні.

7.3.2 Методика складання прогнозу

Загальна підготовка вхідної агрометеорологічної інформації для виконання розрахунків

Для виконання розрахунків необхідно підготувати вхідну середню по області агрометеорологічну інформацію, що поділяється на п'ять груп:

- 1) опис області;
- 2) характеристика початкового стану посівів;
- 3) середня багаторічна агрометеорологічна інформація;
- 4) поточна агрометеорологічна інформація конкретного року;
- 5) параметри моделі.

Описання області

До складу цієї групи величин, що вводяться, входить:

j – географічна широта центра області, для якої проводиться розрахунок (градуси з десятими);

KRN – код регіону: 1 – Полісся (Волинська, Рівненська, Житомирська, Чернігівська області); 2 – Лісостеп (Львівська, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька, Київська, Черкаська, Сумська, Полтавська, Харківська області); 3. Північний Степ (Кіровоградська, Дніпропетровська, Запорізька, Донецька, Луганська області); 4 – Південний Степ (Одеська, Миколаївська, Херсонська області, Кримська АР); 5 – Закарпаття і Прикарпаття (Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька області);

KRNZ – код регіону для оцінки посухи: 1 – Полісся Закарпаття і Прикарпаття; 2 – Лісостеп; 3 – Степ (південний і північний);

W_{HB} – найменша вологомісткість, мм;

U_{min} – мінімальна середня по області врожайність культури за період з 1986 року, ц/га;

U_{max} – максимальна середня по області врожайність культури за період з 1986 року, ц/га.

Характеристика початкового стану посівів

Ця група величин, що вводяться, включає:

m^o_b , m^o_s , m^o_r – початкова маса листя, стебел, коренів на дату відновлення вегетації (сходів) одного пагона (рослини) за даними табл. 7.4;

LL^o – початкова площа листя одного пагона (рослини) за даними табл.5.4;

G_s – кількість стебел на дату відновлення вегетації;

$W0(0)$ – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на початок розрахунків (відновлення вегетації, сходів), мм.

Таблиця 7.4 – Початкові значення біомаси окремих органів і площі листової поверхні на дату відновлення вегетації (сходів) одного пагона

№ п/п	Культура	Початкова біомаса, г/пагін			Відносна площа листя, (м ² /пагін)×10
		m^o_l	m^o_s	m^o_r	
1.	Озима пшениця	0,010	0,0067	0,010	0,002
2.	Ярий ячмінь	0,009	0,010	0,007	0,003
3.	Горох	0,020	0,011	0,020	0,020
4.	Кукурудза	0,030	0,030	0,035	0,016
5.	Соняшник	0,025	0,170	0,025	0,050
6.	Цукровий буряк	0,030	0,030	0,030	0,011

Середня багаторічна агрометеорологічна інформація

До складу цієї групи входять середні по області дані:

– Середньобогаторічні фенологічні дані – дати настання фаз розвитку: відновлення вегетації (сходи), вихід у трубку, колосіння, цвітіння, воскова стиглість. На основі цієї інформації визначаються:

n – кількість розрахункових декад від відновлення вегетації (сходів) до воскової стиглості;

nn – кількість днів у кожній розрахунковій декаді від відновлення вегетації (сходів) до настання воскової стиглості;

t_o – кількість днів від 1 січня (початок відліку) до дати сходів (відновлення вегетації);

$N1$ – дата відновлення вегетації (сходів)– дата місяця, коли настала фаза;

$N2$ – порядковий номер місяця, коли настала фаза відновлення вегетації (сходів): 1 – січень, 2 – лютий; 3 – березень і т.д.;

$usl1$ – умовна величина за період – одна декада до настання фази вихід в трубку, декада виходу в трубку і одна декада після настання фази вихід в трубку – дорівнює 1, а в інші декади дорівнює 0. Якщо розрахунки починаються з першої декади вегетації, то декада настання фази вихід у трубку визначається за сумою ефективних температур $\inf(55)$;

$usl2$ – умовна величина, яка за декади періоду вихід у трубку – колосіння дорівнює 1, а в інші декади дорівнює 0. Приймається: декада відноситься до цього періоду, якщо розглянута фаза спостерігалася протягом п'яти і більше днів цієї декади. Вона визначається за сумою ефективних температур $\inf(55)$ плюс $\inf(48)$;

$usl3$ – умовна величина, яка за декади періоду колосіння – воскова стиглість дорівнює 1,0, а в інші декади дорівнює 0.

Примітка: одна і та сама декада може бути віднесена і як декада періоду вихід у трубку – колосіння, і як декада періоду колосіння – воскова стиглість.

$usl4$ – умовна величина, яка за декади періоду цвітіння – воскова стиглість дорівнює 1,0, а в інші декади дорівнює нулю.

Щодекадні за весь період вегетації культури середні багаторічні агрометеорологічні і метеорологічні дані:

W_{p0} – запаси продуктивної вологи в орному (0–20 см) шарі ґрунту, мм;

W_{m0} – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, мм;

t_s – середня за декаду температура повітря, °C;

ss – середня за декаду (на один день) кількість годин сонячного сяйва;

os – сума опадів за декаду, мм;

p_{nor} – норма вегетаційного поливу за декаду, мм;

dww – середній за декаду дефіцит насичення повітря, мб;

hgr – середній за декаду рівень залягання ґрунтових вод, м;

Примітка: У зв'язку з можливою зміною початку та закінчення вегетації в той чи інший бік, щодекадні середні багаторічні дані

вибираються також за три декади перед декадою початку вегетації і за три декади після декади настання воскової стиглості.

Поточна агрометеорологічна інформація конкретного року

До складу цієї групи – поточна агрометеорологічна інформація конкретного року – входить поточна середня по області агрометеорологічна інформація, яка щодакдно поповнюється за вегетаційний період конкретного поточного року (року складання прогнозу врожаю).

Інформація цієї групи цілком повторює всі дані, перераховані в підрозділі "Середня багаторічна агрометеорологічна інформація".

Параметри моделі

До складу цієї групи величин, що вводяться, входять параметри моделі, числові значення яких визначені для всіх областей України.

Підготовка і введення вхідної інформації для виконання розрахунків на ПЕОМ

Для виконання розрахунків на ПЕОМ по кожній області створюються дві директорії:

- 1) середні багаторічні дані;
- 2) поточні дані – за рік складання прогнозу.

Зупинимось на більш детальному описі підготовки та введення вхідної інформації для виконання розрахунків по моделі для отримання оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності сільськогосподарських культур (на прикладі озимої пшениці) та прогнозування їх врожайності.

Підготовка файлу "Середні багаторічні дані", що вводяться

Спочатку файл даних, які вводяться, створюється в директорії "Середньобагаторічні дані". Файлу даних, що вводяться, присвоєне ім'я "ozimaj5.dat". Зупинимось більш докладно на формуванні робочого масиву "ozimaj5.dat".

Підготовка файлу поточних агрометеорологічних даних конкретного року, що вводяться

З директорії "Середньобагаторічні дані" файл "ozimaj5. dat" копіюється в директорію "Поточні дані". Головною особливістю внесення поточних даних конкретного року є та обставина, що початок вегетації (початок росту) і тривалість вегетації (число розрахункових декад) можуть змінюватися в той чи інший бік.

При внесенні поточних даних у файл "ozimaj5. dat" можливі три ситуації:

Перша ситуація – відновлення вегетації озимої пшениці (початок розрахунку) почалося раніше – у більш ранні календарні терміни, чим коли спостерігаються середні багаторічні строки відновлення вегетації.

У цьому випадку до вже наявної середньої багаторічної кількості розрахункових декад додається та кількість календарних декад, на скільки раніше почалася вегетація.

Наприклад: середня багаторічна дата початку вегетації 7 квітня. Кількість розрахункових декад 12. У поточному році вегетація почалася 12 березня, тоді до середньої багаторічної кількості розрахункових декад – 12 додається ще дві календарні декади (друга і третя декади березня). Загальна кількість розрахункових декад у поточному році буде 14.

Таким чином вносяться додатково всі необхідні дані для розрахунків відповідно за дві декади (другу і третю декади березня), вони вносяться за середніми багаторічними даними і за поточною інформацією конкретного року і розрахунки починаються з другої декади березня.

Друга ситуація – відновлення вегетації озимої пшениці (початок росту) почалося пізніше – у більш пізні календарні декади, чим за середньобагаторічними термінами. У цьому випадку визначають на скільки календарних декад затримався початок вегетації.

Наприклад: середня багаторічна дата початку вегетації 7 квітня. Дата настання воскової стиглості 22 липня. Кількість розрахункових декад 12. У поточному році вегетація почалася 25 квітня. Таким чином вегетація почалася пізніше на дві календарні декади, з третьої декади квітня. На початку вегетації в умовах невизначеності нам не відомо, коли настане дата воскової стиглості у поточному році. Вона може затягтися, щонайменше, на ту кількість декад, на яку змінився початок вегетації. Припускаємо, що вона затягнеться на дві календарні декади (першу і другу декади серпня). Тому розрахунки починаються з третьої декади квітня і додаються дані двох календарних декад (першої і другої декад серпня). Кількість розрахункових декад залишається 12. У моделі ведеться підрахунок сум ефективних температур і коли накопичується сума ефективних температур, необхідна для настання фази воскової стиглості, розрахунки врожайності по моделі призупиняються, весь період, що залишився, і відповідно дані за цей період у розрахунках врожаю уже не будуть використовуватись. Дані цього періоду просто залишаються "зайвими".

Третя ситуація – відновлення вегетації почалося в ту ж календарну декаду, коли спостерігаються і середні багаторічні строки відновлення вегетації. У цьому випадку в міру надходження нової інформації йде заміна середніх багаторічних даних за календарні декади поточними даними за ці ж календарні декади конкретного року. Якщо дати відновлення вегетації усередині декади сильно відрізняються, можливе доповнення даними ще однієї декади за аналогією з другою ситуацією.

Примітка: Для другої і можливо третьої ситуації, коли виникає необхідність у додаванні нових декад наприкінці вегетації, основним критерієм необхідного доповнення новими декадами служить наступне.

Поповнивши новими декадами файл "ozimaj5.dat", необхідно виконати розрахунок і порівняти суму ефективних температур, що накопичилася за вегетаційний період, із сумою $\Sigma t_5 - \text{inf (6)}$ у масиві "ozimaj5.dat". Якщо сума температур, що накопичилася за вегетаційний період, дорівнює чи перевищує задане значення Σt_5 , значить доповнення виконане правильно, якщо ні, то необхідно ще додатково ввести одну – дві декади. Вихідна інформація – результати розрахунків

Вихідна інформація міститься у файлі "ozimaj5. res". Результати розрахунків виводяться у вигляді таблиць у наступному порядку. Спочатку видається вихідна (початкова) інформація для розрахунків. Потім послідовно за кожну декаду розрахункового періоду виводиться сім розрахункових таблиць.

8 Прогноз інтенсивності полягання зернових культур

Полягання посівів зернових культур призводить до великих втрат врожаю, бо воно викликає проростання насіння, осипання зерна та низьку якість збирання.

Боротьба з поляганням посівів здійснюється за допомогою агротехнічних заходів – виведення стійких до полягання сортів та обробки посівів ретардантами. Зменшує втрати від полягання перебудова жаток та спеціальна підготовка полів з полеглими рослинами. Для підвищення ефективності цих заходів необхідне завчасне попередження про розміри площ з полеглими посівами. З цією метою і було розроблено методику прогнозу полягання ярого ячменю О.Д. Пасечнюком [60 - 63].

Під поляганням стеблостою розуміють такий його стан, коли під впливом несприятливих явищ погоди (дощ, вітер, мокрий сніг і т. ін.), що механічно впливають на рослини, стеблостій в тій чи іншій мірі нахиляється до землі і не повертається у вертикальне положення відразу ж після припинення дії цих явищ. На гідрометеорологічних станціях відмічається площа з полеглими посівами у відсотках від загальної площі поля. Крім цього, також визначається інтенсивність полягання.

Інтенсивність полягання оцінюється у балах за шкалою:

- 5 балів – полягання відсутнє;
- 4 бали – слабе полягання, місцями (не більше 30 % площі поля);
- 3 бали – середнє полягання, не заважає машинному збиранню хлібів (31 – 60 %);
- 2 бали – сильне полягання, яке ускладнює збирання хлібів (більше 61 % площі поля);
- 1 бал – дуже сильне полягання, посіви не придатні до збирання.

Головною причиною полягання посівів є сильні дощі та вітер, які механічно впливають на рослини. Однак можливість полягання хлібів у великій мірі залежить від агрометеорологічних умов попереднього періоду.

Стійкість рослин до полягання знаходиться у прямій залежності від середньої температури повітря, амплітуди температури повітря, нестачі насичення повітря вологою та у зворотній залежності – від кількості опадів, кількості днів з опадами, гідротермічного коефіцієнту Г.Т. Селянінова. Найменшу стійкість стеблостою до полягання мають зернові культури в роки з підвищеною вологозабезпеченістю та зниженим температурним режимом.

Інтенсивність полягання посівів залежить від декількох факторів: фази розвитку рослин, гущини посівів, висоти рослин, сортових відзнак, агрометеорологічних умов та агротехнічних заходів.

За показник стійкості рослин до полягання беруть висоту рослин та густоту стеблостою бо інші параметри в полі не визначаються або визначаються дуже рідко.

Дослідженнями встановлено, що якщо у фазі вихід у трубку у озимій пшениці кількість стебел не перевищувала 600 на один м^2 , а у ярого ячменю – 700, то рослини не полягають або полягають слабо. Збільшення гущини посівів збільшує імовірність полягання. Значно полягають посіви при гущині більше 1300 стебел на м^2 (табл. 8.1).

Після виходу у трубку озимій пшениці та ярого ячменю на міру полягання посівів починає впливати висота рослин. Найбільше впливає на розміри площ полягання висота рослин від колосіння до молочної стиглості. Якщо висота стеблостою ячменю в цей період менше 70 см, а пшениці – менше 90см, то полягання посівів не буде. Збільшення висоти рослин збільшує імовірність полягання. У озимій пшениці висота рослин 100 см і більше викликає полягання до 100 % поля.

Таблиця 8.1 – Імовірність полягання посівів за різної гущини стеблостою у фазу виходу у трубку

Кількість стебел на 1м ²	Відсутність полягання	Міра полягання		
		слабка	середня	сильна
Озима пшениця				
< 500	82	18	0	0
500 – 700	60	34	5	1
701 – 1000	50	22	14	14
1001 – 1300	45	24	14	17
> 1300	10	11	34	45
Ячмінь				
< 700	57	43	0	0
700 – 900	29	40	19	12
901 – 1100	12	16	23	49
1101 – 1300	14	14	14	58
>1300	14	0	0	86

Як було вказано вище, головною причиною полягання посівів є сильні дощі та їх кількість. Оскільки надійних синоптичних прогнозів цих явищ нема, то прогнози полягання зернових культур розроблялись у імовірнісній формі за розрахунком того, що в період формування та наливу зерна агрометеорологічні умови будуть близькими до середніх багаторічних. У таких випадках інтенсивність полягання рослин

характеризується їх стійкістю до полягання, тобто висотою, гущиною стеблостою, довжиною міжвузля, товщиною стінки соломи і т. ін. Ці показники стеблостою до полягання визначаються агротехнікою вирощування та метеорологічними умовами попереднього періоду розвитку.

О.Д. Пасечнюком розроблені два прогнози полягання зернових культур – прогноз полягання посівів ячменю та прогноз полягання озимої пшениці.

8.1 Прогноз полягання посівів ячменю

Міра полягання посівів ячменю перед збиранням залежить від стійкості рослин до полягання та від наявності метеорологічних явищ, які викликають полягання.

Спостерігається чіткий зв'язок інтенсивності полягання зі стійкістю стеблостою. А стійкість стеблостою попри все інше визначається висотою стеблостою.

По гущині стеблостою складається імовірнісний прогноз полягання посівів ячменю на супіщаних ґрунтах. На суглинках інтенсивність полягання прогнозується по гущині посівів тільки у двох випадках:

1. Якщо у фази вихід у трубку або поява нижнього вузла соломини стеблостій ячменю зріджений (менше 700 стебел на 1 м²), то полягання не буде або буде дуже слабе і подальші умови розвитку рослин його не збільшать.

2. Імовірність полягання загущених посівів (більше 1300 стебел на 1 м²) складає 86 %, тому слід чекати сильного полягання рослин.

Інтенсивність полягання ячменю на полях с гущиною від 700 до 1300 стебел на 1 м² прогнозується за значеннями запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 50 см через декаду після настання фази виходу у трубку (рис. 8.1).

Якщо запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту через декаду після настання фази виходу у трубку становлять менше 60 мм, то імовірність полягання дуже мала (на рис. 8.1 точка попадає в сектор 1), тому необхідності у прогнозі нема. При запасах вологи більше 100 – 110 мм існує дуже велика імовірність полягання посівів ярого ячменю на великих площах (точка попадає в сектор 4). Якщо спостерігаються проміжні значення запасів продуктивної вологи (більше 60 мм та менше 100 мм), то прогнозується найбільша імовірність полягання (сектор 2 та 3 на рис. 8.2). У випадках, коли імовірності полягання посівів у різних секторах відрізняються мало, то для прогнозу полягання необхідно враховувати температуру повітря за період кушіння – колосіння (фактичну та прогнозовану). Якщо температура повітря очікується у межах 12 –

16° С, то буде очікуватись велика інтенсивність полягання. При температурі 18° С та вище імовірність полягання майже відсутня. У випадках, коли на рис. 8.2 чітко виділити градацію імовірності полягання не можливо, прогноз складається за величинами двох суміжних градацій.

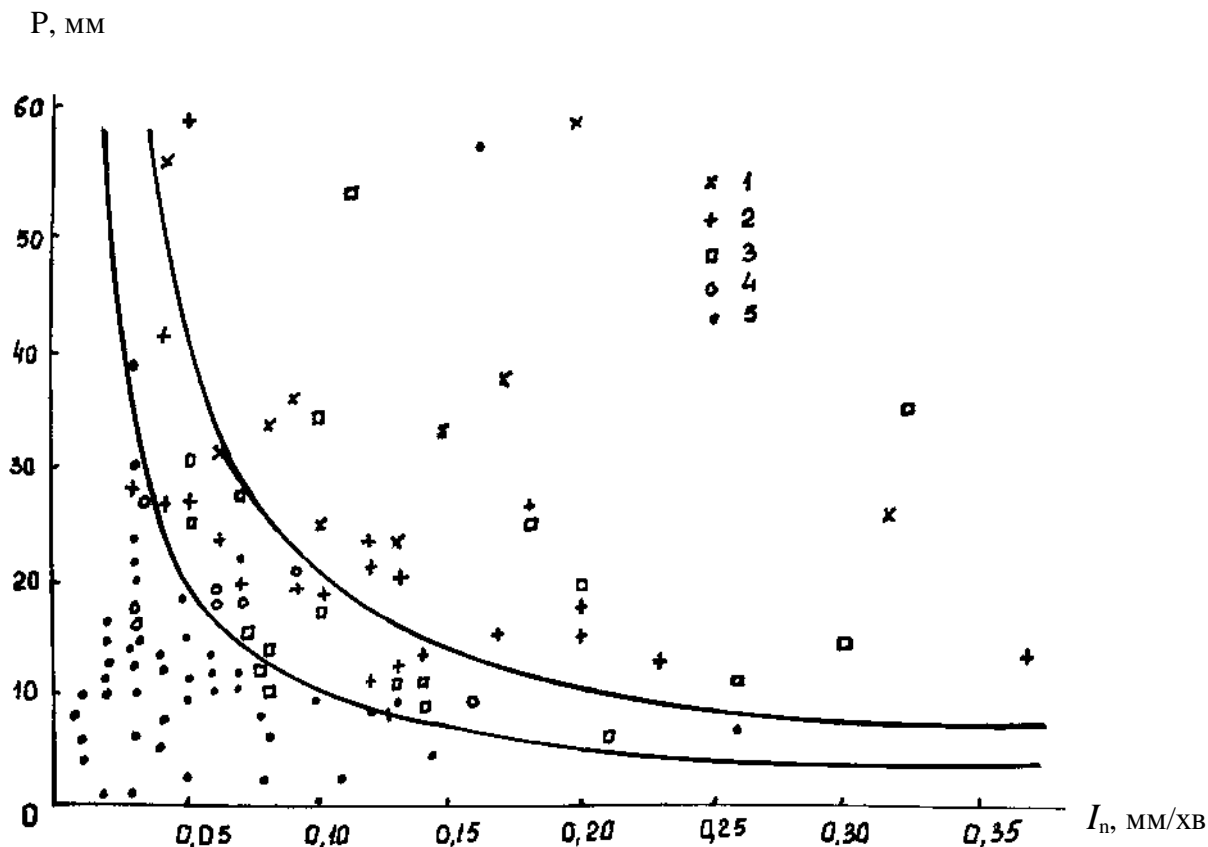


Рис. 8.1 – Залежність інтенсивності полягання ячменю від кількості опадів за один дощ і середньої інтенсивності їх випадання: 1, 2, 3, 4, 5 – інтенсивність у балах

Слід зазначити, що при розрахунках виправданості прогнозу полягання ячменю, у випадках відсутності полягання, слабого або сильного полягання, відхилення фактичної величини полягання на одну градацію від прогнозованої вважається допустимим. При прогнозі середнього полягання помилка на одну градацію не допускається, тому що при середньому поляганні характер підготовки техніки до збирання зовсім інший, ніж при сильному та слабкому поляганні.

Метод прогнозу імовірності полягання ячменю О.Д. Пасечнюк розробив для нестійких до полягання сортів ячменю. Співвідношення площі поля з полеглими посівами не стійких сортів ячменю з площею поля середньостійких сортів до полягання показало: у роки з середнім та

сильним поляганням воно становить 80 % та 48 % площі, у роки з слабким поляганням – відповідно 98 % та 67 %. Тому при складанні прогнозу імовірності полягання посівів при очікуванні сильного полягання на полях з середньостійкими сортами ячменю слід прогнозувати середнє полягання.

У нечорноземній зоні Європейської частини СНД серед районованих сортів дотепер нема стійких до полягання сортів ячменю.

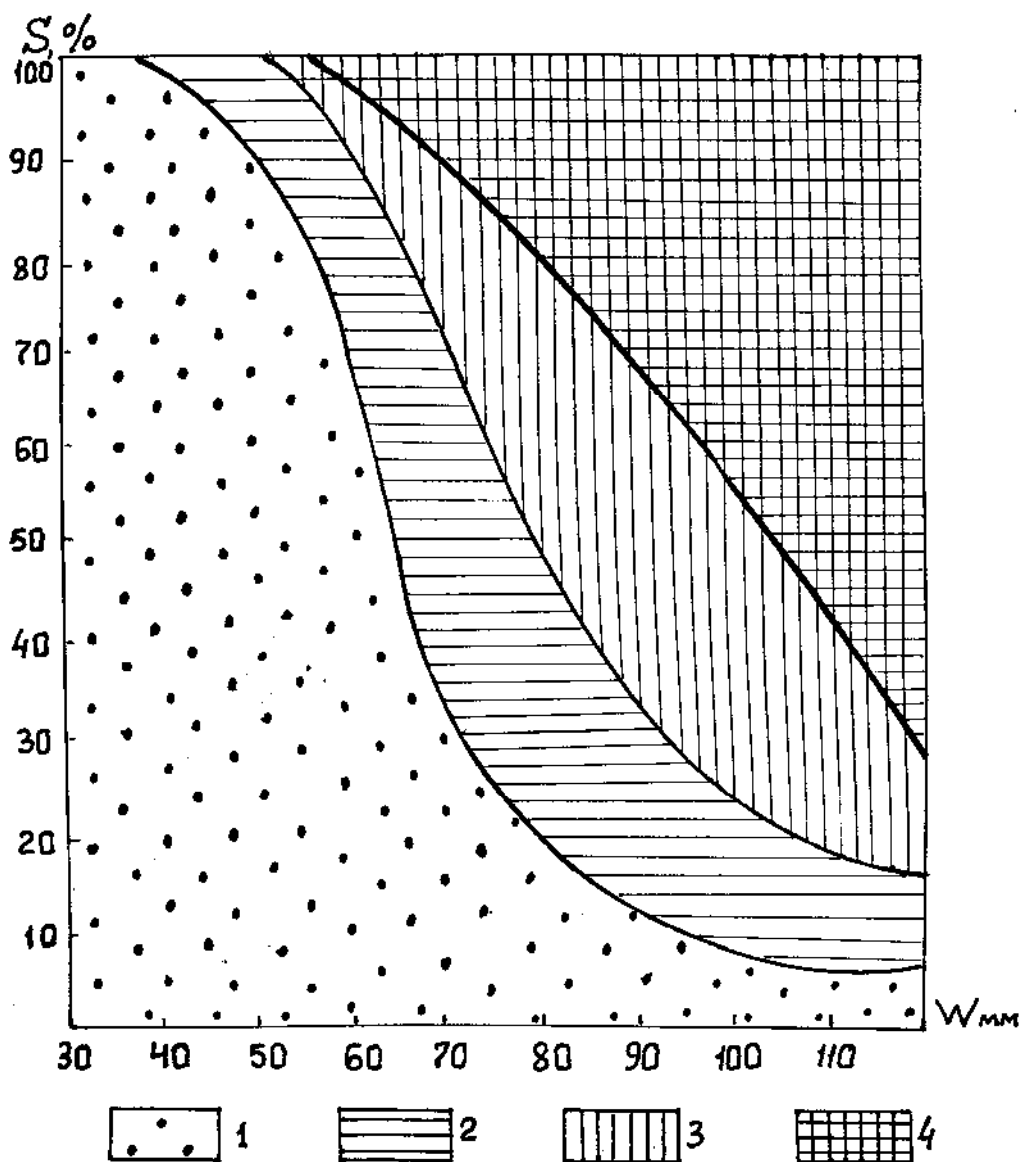


Рис.8.2 – Імовірність полягання ярого ячменю в залежності від запасів продуктивної вологи (W) у шарі ґрунту 0 – 50 см через декаду після настання фази виходу у трубку

Метод розроблено для посівів з гущиною сходів від 300 до 650 рослин на 1 м². Для полів із зрідженими посівами прогноз полягання не складається.

Для складання прогнозу необхідні початкові дані: назва сорту ячменю, тип ґрунту за механічним складом, густина сходів, густина стеблостою на фазу виходу у трубку, запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту через декаду після наступу фази виходу у трубку. Розраховується імовірність полягання.

Прогноз складається після наступу дати виходу ячменю у трубку. Для визначення середньої температури за період від виходу у трубку до колосіння фаза колосіння розраховується за сумами ефективних температур, яка для ячменю становить 330° С. Очікувана температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

8.2 Прогноз полягання озимої пшениці

Вплив агрометеорологічних умов осіннього періоду на полягання озимої пшениці майже не вивчено, але вважається, що врахувати їх неможливо. Тільки агрометеорологічні умови зимового періоду впливають на стійкість рослин озимої пшениці до полягання. Дослідження показали, що загибель більше 20 % рослин майже повністю виключає можливість полягання.

Якщо загибель рослин становить менше 20 %, то полягання озимої пшениці прогнозується по гущині посіву у фазу виходу у трубку. Якщо густина менше 600 стебел на м², то посіви практично не полягають, або полягають слабо. Із збільшенням гущини стеблостою збільшується імовірність полягання озимої пшениці та його інтенсивність. При гущині посівів 1300 стебел на 1 м² посіви сильно полягають у більшості випадків. При гущині посівів від 600 до 1300 стебел на 1 м² прогноз полягання складається по середній за добу температурі повітря (табл. 8.2) за період від виходу у трубку до цвітіння. Складання прогнозу полягання за температурою повітря починається з розрахування дати наступу фази колосіння, яка розраховується за сумами ефективних температур від дати виходу у трубку 312° С (Миронівська 808) та 330°С (інші сорти). Середня температура повітря при цьому визначається з синоптичного прогнозу погоди. Після розрахунків дати колосіння до неї додається середня багаторічна тривалість періоду колосіння – цвітіння і таким чином знаходиться дата цвітіння. Після цього розраховується середня температура повітря за період вихід у трубку – цвітіння і по табл. 8.2 визначається імовірність полягання озимої пшениці. Якщо переваги нема ні одна градація, то у такому випадку об'єднуються дві суміжні градації.

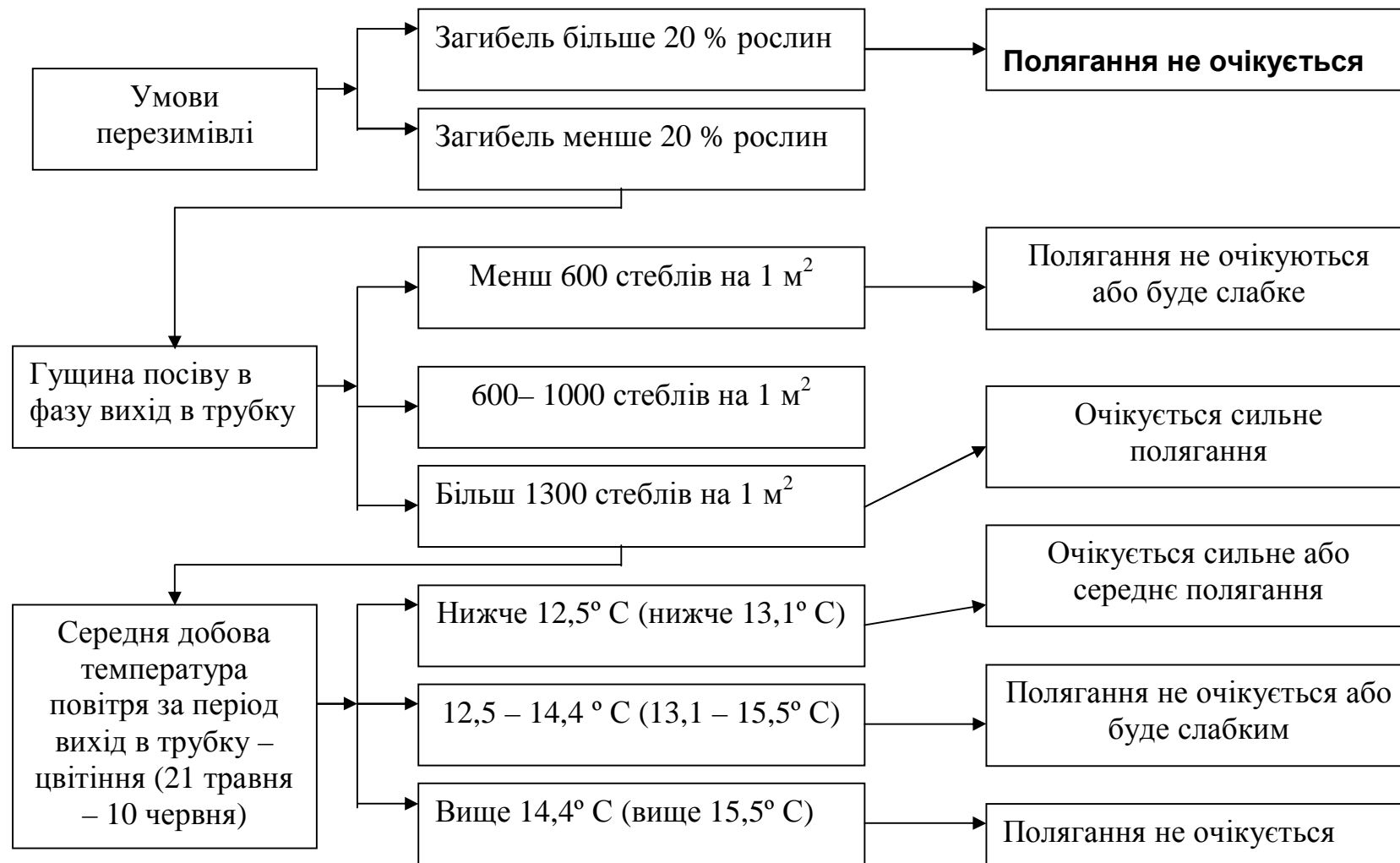


Рис. 8.3 – Схема складання прогнозу полягання озимої пшениці

Таблиця 8.2 – Імовірність полягання озимої пшениці за різних значень температури повітря

Температура повітря, °С	Відсутність полягання	Міра полягання		
		слабка	середня	сильна
За період вихід у трубку – цвітіння				
< 12,5	0	0	50	50
12,5 – 13,4	42	21	13	24
13,5 – 14,4	50	25	20	5
> 14,4	77	17	3	3
За період з 21 травня по 20 червня				
11,5 – 13,0	12	24	29	35
13,1 – 14,5	50	16	18	16
14,6 – 15,5	60	28	12	0
>15,5	83	17	0	0

У центральних районах нечорноземної зони ЄЧ СНД міжфазний період від виходу у трубку до цвітіння має тривалість приблизно місяць (третя декада травня та дві декади червня). Тому за критичний період приймається період від 21 травня по 20 червня і полягання прогнозується по середній температурі повітря за цей період без розрахунку дати цвітіння.

Послідовність складання прогнозу полягання на рис. 8.3. Прогноз полягання складається наприкінці травня – початку червня, після отримання прогнозу погоди на червень. За сезонним прогнозом погоди складати прогноз полягання не рекомендується так як це зменшує його надійність.

9 Оцінка і прогноз агрометеорологічних умов у період сівби та збирання зернових культур

Планування і проведення польових робіт має дуже важливе значення, тому що терміни проведення сівби, догляду за посівами та збирання зернових культур багато в чому обумовлюють величину врожаю.

Запізнення з термінами сівби на 10 – 15 днів у порівнянні з оптимальним викликає недобір врожаю у різних районах від 12 до 30 %. Запізнення з термінами збирання хлібів викликає втрату врожаю до 30 % через осипання зерна та його проростання.

9.1 Розрахунок тривалості танення снігу та відтанення верхнього шару ґрунту

Встановлено, що сніг на полях розподіляється дуже нерівномірно. На одному й тому ж полі можна спостерігати ділянки без снігу та ділянки із значною його висотою. В.О. Мойсейчик [47] розрахована імовірність розподілу снігу на полях за визначеної середньої його висоти по снігомірній рейці.

Розрахунок танення снігу та його повне зникнення з поля розраховується за допомогою методу, запропонованого В.М. Комаровим [40] та Т.М. Макаровою [64].

Метод засновано на розрахунку розподілу води в снігу. Запас води в снігу визначається шляхом перемноження висоти на його щільність. У зв'язку з нерівномірністю розподілу снігу на полі танення його теж буде нерівномірним. Розрахунок сходу снігу виконується за допомогою графіка (рис. 9.1). При цьому коефіцієнт танення снігу приймається рівним в середньому 5 мм на 1° С. На осі ординат графіка кривих забезпеченості відкладається параметр K , який дорівнює відношенню величини запасів води у снігу у будь якій точці поля до середньої величини цих запасів на всій площі поля. На осі абсцис відкладається розподіл різних запасів води в снігу у % величин запасів всієї площі поля.

По кривих розподілу та забезпеченості запасів снігу та при відомій інтенсивності танення снігу можна завчасно розрахувати процент площі поля, вкритого снігом на будь яку дату періоду танення снігу.

Приклад розрахунку танення снігу наводиться у табл. 9.1. Після сходу снігу ґрунт повинен відтанути. До сходу снігу відтанення ґрунту зверху не відбувається. Встановлено, що до боронування можна приступати, коли ґрунт відтане на 10см, а до оранки – на 30 – 50 см. Тривалість відтанення ґрунту залежить від: вологості ґрунту перед

замерзанням, типу мерзлотного процесу, міри охолодження ґрунту взимку, особливостей весни. Для посушливих південно-східних районів Європейської частини СНД, де сніговий покрив не стійкий та відтанення відбувається прискорено, дата відтанення ґрунту розраховується за формулою:

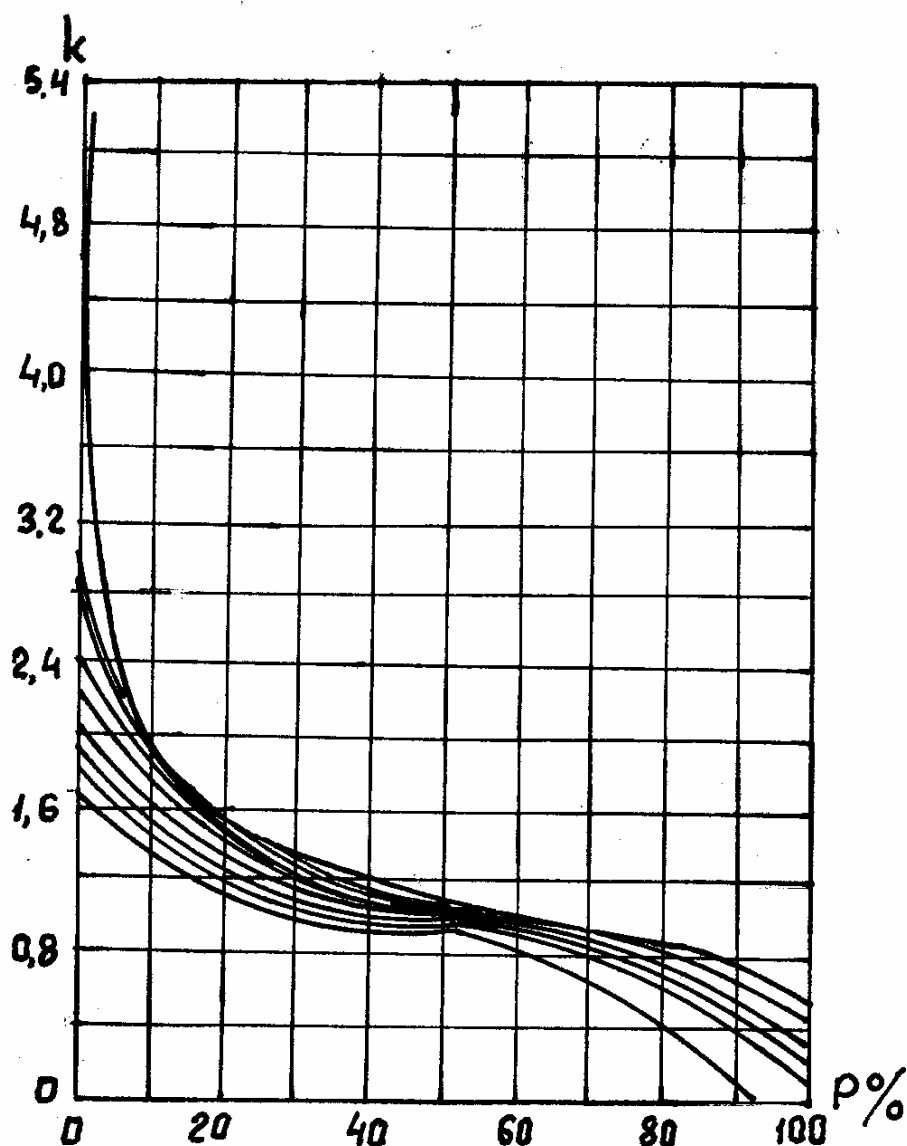


Рис. 9.1 – Криві забезпеченості величин запасів води в снігу на відкритому місці у степових та лісостепових районах Європейської частини СНД.

$$n = \frac{h}{0,346t + 1,72} \quad (9.1)$$

де n – кількість днів від дати сходу снігу до відтанення ґрунту на задану глибину;

h – задана глибина відтанення верхнього шару ґрунту.

Таблиця 9.1 – Приклад розрахунку сходу снігу з поля

Квітень	Середня добова температура повітря, °C	Шар від танення, мм, $n = 5t$	Сума шару від танення, мм, $\Sigma n = \Sigma 5t$	$K = \frac{\Sigma n}{\bar{x}}$	$f, \%$
1	0,8	4,0	4,0	0,04	100
2	1,2	6,0	10,0	0,09	100
3	3,2	16,0	26,0	0,24	100
4	2,4	12,0	38,0	0,35	97
5	1,4	7,0	45,0	0,42	94
6	2,5	12,5	57,0	0,53	88
7	4,4	22,0	79,5	0,74	72
8	5,4	27,0	106,5	1,0	45
9	4,5	22,5	129,0	1,2	28
10	8,4	42,5	171,0	1,6	11
11	8,4	42,0	213,0	2,0	4
12	8,4	42,0	255,0	2,4	0

Для районів із стійким сніговим покривом використовується рівняння:

$$\Delta h = 0,20\Sigma t_1 - 0,175h_1 + 24,0 \quad .. \quad (9.2)$$

де Δh – глибина відтанення ґрунту за декаду;

Σt_1 – сума позитивних температур повітря за декаду;

h_1 – глибина відтанення поверхні ґрунту на початок декади.

М.Г. Луніним [65 – 69] для зручності в роботі була розрахована таблиця тривалості періоду від сходу снігу до відтанення верхніх шарів ґрунту для різних районів (табл. 9.2).

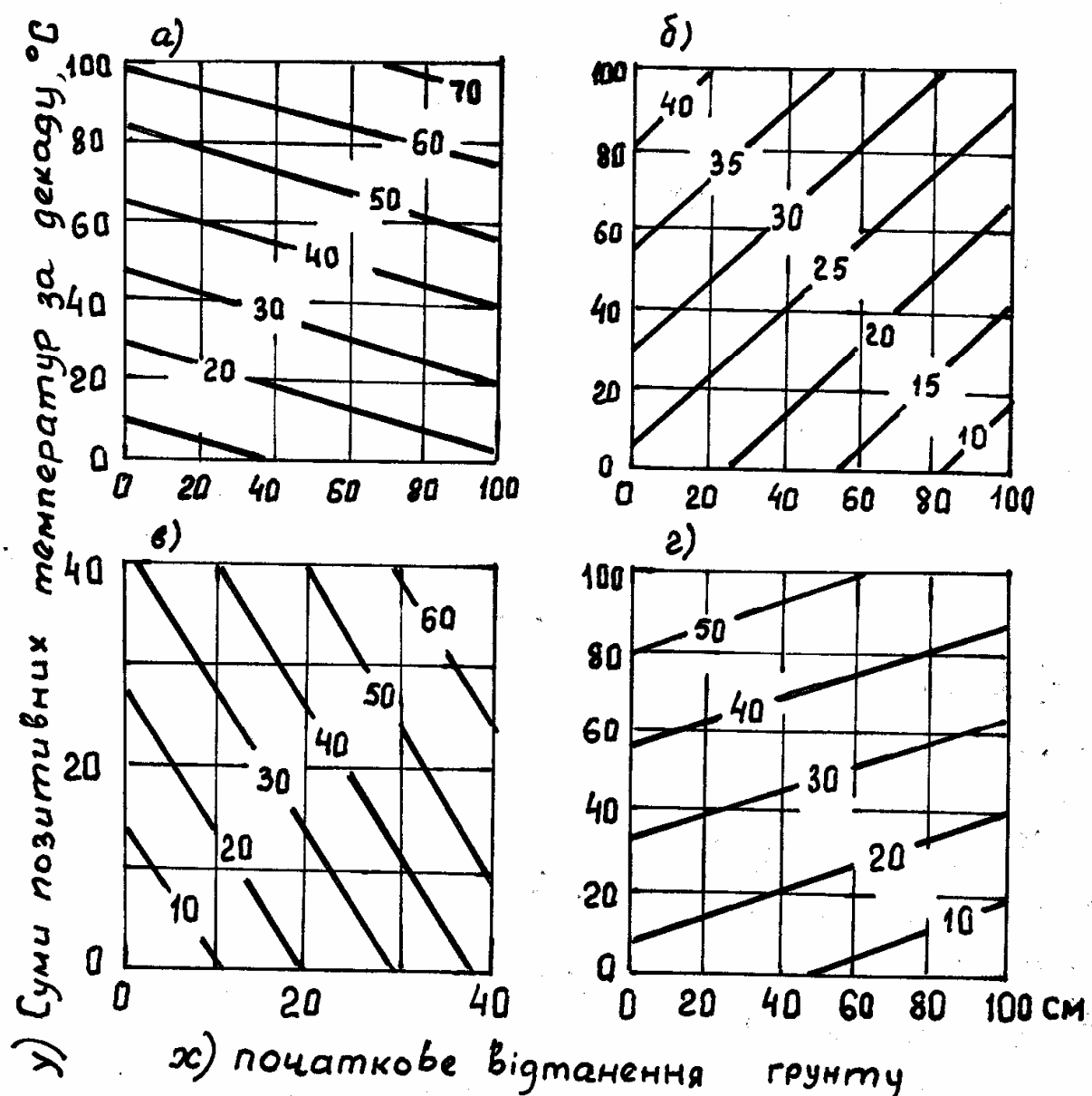


Рис. 9.2 – Зміна глибини відтанення ґрунту після сходу снігу на Європейській території СНД:

- а – північно-західні райони (з глибоким стоянням ґрунтових вод);
- б – південно-східні райони (посушливі);
- в – південні райони з не стійкою зимою;
- г – для інших рівнинних територій.

Встановлено, що в теплі весни, коли температура повітря у період відтанення снігу становить 5°C і вище відмінності швидкості відтанення в різних районах не спостерігається. А.О. Разумовою розроблені графіки залежності зміни глибини відтанення після сходу снігу від сум позитивних температур повітря за декаду (рис. 9.2 а, б, в, г). При цьому також враховується глибина відтанення на початок розрахунку.

Таблиця 9.2 – Тривалість періоду (дні) від сходу снігу до відтанення верхніх шарів ґрунту

Глибина відтанення ґрунту, см	Середня добова температура повітря, °С							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Райони сильного зволоження з високим стоянням ґрунтових вод								
10	29	10	6	5	4	3	–	–
30	–	31	19	14	11	7	6	5
Райони з нестійкою зимою і глибоким стоянням ґрунтових вод								
10	9	7	5	3	3	2	–	–
30	–	20	13	10	8	6	6	5
Райони з ненасичених ґрунтів з глибоким стоянням ґрунтових вод								
10	6	5	4	4	3	3	–	–
30	–	22	11	7	6	4	4	3

Слід зазначити, що за початок танення снігу навесні приймається дата стійкого переходу максимальної температури повітря через 0° С, за кінець сніготанення – дата, коли залишиться не більше 20 % площі поля. Якщо на кінець періоду танення снігу ґрунт під снігом буде талий, то за дату відтанення орного шару ґрунту приймається дата сходу снігу.

Наприклад, якщо на початок декади відтанення становило 0 см, а сума позитивних температур за декаду очікується по прогнозу погоди 30° С, то за рис. 9.2 (а) глибина відтанення на кінець декади становитиме 20 см.

9.2 Прогноз початку польових робіт з завчасністю 10 – 15 днів

Початок польових робіт співпадає з датою просихання ґрунту до м'якопластичного стану. Її можна розрахувати декількома методами в залежності від території, для якої ведуться розрахунки. Так, А.І. Сидоренковою запропоновані два рівняння для розрахунку строків

просихання ґрунту до м'якопластичного стану для зони нечорноземних ґрунтів:

для суглинків

$$U = 1,05x + 0,03y_1 + 6,01 \quad (9.3)$$

для супіщаних ґрунтів

$$U = 0,80x + 0,09y_1 + 5,1 \quad (9.4)$$

де U – дати просихання орного шару ґрунту до м'якопластичного стану,
 x – дати відтанення орного шару,
 y_1 – запаси вологи у метровому або півметровому шарі ґрунту.

В рівняння (9.3 та 9.4) вводиться поправка на опади, які випадали від дати кінця розтавання снігу до просихання ґрунту до м'якопластичного стану. Поправка була знайдена шляхом порівняння дат, розрахованих з врахуванням опадів з фактичними датами просихання ґрунту (табл. 9.3)

Таблиця 9.3 – Поправки до U на суму опадів (R) від кінця танення снігу до просихання ґрунту

R	0	5	10	15	20	25	30	35
U	-3,1	-2,5	-1,9	-1,3	-0,7	0,1	0,5	1,1
R	40	45	50	55	60	65	70	75
U	1,7	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,8

Для зручності розрахунків були побудовані графіки для суглинків (рис. 9.3) для супіщаних ґрунтів (рис. 9.4)

При використанні цієї методи у районах з суглинками запаси вологи у метровому шарі ґрунту визначаються із спостережень в період найбільшого насичення його водою.

Приклад. На ст. Ковель Луцької області орний шар ґрунту відтанув 16 квітня. Ґрунти – суглинкові. Запаси вологи у метровому шарі ґрунту наприкінці березня становили 162 мм. По (рис. 9.3) знаходиться дата досягання ґрунту – це буде 26 квітня. За період повного сходу снігу (12 квітня) до 16 квітня випало 8 мм опадів. З 17 квітня по 27 квітня за прогнозом очікуються опади 12-15 мм. Всього за розрахунковий період випаде 23 мм опадів. На рис. 9.3 знаходиться поправка на опади, вона становить 0,4. Таким чином, очікувана дата досягання ґрунту буде 27 квітня. Фактична дата була 28 квітня. Помилка прогнозу становила 1 день, а завчасність прогнозу 11 днів.



Рис.9.3 – Графік для розрахунку дати просихання ґрунту до м'якопластичного стану



Рис. 9.4 – Графік для розрахунку дати просихання орного шару ґрунту до м'якопластичного стану для супіщаних ґрунтів

Встановлено, що в південних районах Європейської частини СНД дата м'якопластичного стану ґрунту настає вслід за датою стійкого переходу середньої за добу температури повітря через 3° С.

9.3 Оцінка агрометеорологічних умов проведення польових робіт

На проведення сільськогосподарських робіт впливає температура повітря, опади та зволоженість ґрунту.

Можливість проведення обробки ґрунту як восени, так і навесні обмежується зниженням температури до -2, -5° С. Температура ґрунту і повітря також впливає на роботу окремих вузлів сільськогосподарської техніки та споживання пального. Витрати пального при переході від зими до літа змінюються на 5 – 10 %. А витрати пального це суттєвий економічний показник рентабельності роботи техніки. Негативно на витрати пального впливають різкі перепади температури повітря. Навесні та восени у пальному утворюються кристалики льоду, які ускладнюють роботу техніки.

Вологість верхніх шарів ґрунту визначає умови перекочування та зціплення ходової частини машин, а вологість більш глибоких шарів впливає на питомий тягловий опір.

Випадання дощу зменшує якість сільськогосподарських робіт, або зовсім їх припиняє. Тут відіграє роль як кількість опадів, так і їх інтенсивність.

Дослідження агрометеорологічних умов проведення сільськогосподарських робіт показали, що їх можна оцінювати за декількома показниками.

Оцінка за вологістю ґрунту. Оцінка умов виконується у балах.

- Ґрунт надмірно вологий, об'ємна вологість 45 – 50 %. У таких умовах робота техніки неможлива. Виробнича оцінка 1 бал.
- Ґрунт дуже зволожений (липкий), вологість 35 – 44 %, робота техніки ускладнена, але можлива. Оцінка виробності становить 50 % – 2 бали.
- Ґрунт добре зволожений (м'якопластичний, спілий), вологість 21 – 34 %. Якість роботи сільськогосподарських машин висока, оцінка виробності становить 100 % – 3 бали.
- Ґрунт слабо зволожений (твердо пластичний), вологість 10 – 20 %, обробіток ґрунту потребує додаткових зусиль, якість роботи задовільна, виробність становить 80 – 90 % – 4 бали.
- Ґрунт сухий, твердий, вологість менше 10 %, робота сільськогосподарської техніки дуже ускладнена, оцінка виробності становить 60 – 70 % – 5 балів.

Оцінка по сумі опадів за добу. Оцінка агрометеорологічних умов проведення сільськогосподарських робіт за сумою опадів за добу виконується у %. Незалежно від кількості опадів при надмірному зволоженні ґрунту оцінка виробності становить 0 %.

За відсутності опадів та при м'якопластичному стані ґрунту оцінка виробності становить 100 % (день без опадів буде тоді, коли їх зовсім не було або випало менше 1 мм).

При сумі опадів за добу 1 – 4 мм і мякопластичному та твердопластичному стану ґрунту оцінка виробності зменшується до 80 %, при липкому – до 50 %.

За суми опадів за добу 5 – 8 мм при м'яко та твердо пластичному стану ґрунту оцінка виробності зменшується до 60 %, а при липкому – роботи призупиняються, оцінка виробності становить 0 %.

Опади, сума яких за добу перевищує 9 мм, переважають роботі сільськогосподарських машин при будь якому стані ґрунту, оцінка виробності – 0 %.

Оцінка агрометеорологічних умов по температурі повітря. Виконується також у відсотках. Температура повітря вище 5° С дозволяє виконувати сільськогосподарські роботи з оцінкою 100 %. Зниження температури на кожен градус зменшує виробність на 20 %.

Оцінку виробності по температурі слід виконувати тільки до того періоду, поки не буде стійкого переходу температури повітря через 5° С (навесні і восени). В інші сезони оцінка виробності по температурі не виконується.

Приклад. Для зручності розрахунки виконуються у робочій таблиці.

Як видно з табл. 9.4, 4 квітня температура повітря перейшла через 5° С і оцінка агрометеорологічних умов по температурі припинилась. У наступні дні сумарна оцінка складається із оцінки стану ґрунту та оцінки опадів. У тих випадках, коли сумарна оцінка становить 100 %, день визначається як повний робочий день. У відповідності з отриманими середніми оцінками розраховуються умовно робочі дні в цілому за тиждень, декаду, місяць за схемою:

- оцінка 100 % (відмінна) 9 робочих днів у декаді або 27 робочих днів за місяць;
- оцінка 80 % (добра) – 7 – 8 робочих днів у декаді та 22 – 26 робочих днів за місяць;
- оцінка 60 % (задовільна) – 5 – 7 робочих днів у декаді та 15 – 21 робочий день за місяць;
- оцінка 40 % (погано) – 3 – 4 робочих дні у декаді та 8 – 14 за місяць;
- оцінка 20 % (дуже погано) – менше 3 робочих днів у декаді та менше 8 – за місяць.

9.4 Прогноз агрометеорологічних умов збирання зернових культур

При складанні прогнозу умов збирання зернових культур насамперед необхідно розрахувати дати наступу воскової та повної стиглості зернових культур. Як відомо, дати наступу фаз розвитку розраховуються за сумами ефективних температур.

Суми ефективних температур для наступу воскової стиглості для різних зернових культур та їх сортів визначаються з табл. 9.4.

Таблиця 9.4 – Суми ефективних температур (вище 5°) необхідна для наступу фази воскової стиглості

Культура	Сорт	Фази, від дати наступу який ведеться розрахунок	Сума ефективних температур, °С
Озима рож	Більшість сортів	Цвітіння	400
Озима пшениця	Більшість сортів	Колосіння	490
Ярова пшениця	Більшість сортів	Колосіння	450
Ярова пшениця	Народний	Колосіння	540
Овес	Радянський	Викидання волоті	466
Овес	Більшість сортів	Викидання волоті	428
Ячмінь	Вінер	Колосіння	410
Ячмінь	Більшість сортів	Колосіння	388

Для розрахунків сум температур використовується синоптичний прогноз погоди. Якщо з якої-небудь причини синоптичний прогноз відсутній, то використовуються середні багаторічні значення температури повітря.

Після визначення сум ефективних температур воскова стиглість розраховується за основною фенологічною формулою.

Повна стиглість хлібів є показником початку прямого комбайнування, або обмолоту вже сухих валків. Тривалість переходу від воскової до повної стиглості чисто фізичний процес висихання і тому знаходиться у тісній залежності від вологості повітря.

Дата наступу повної стиглості розраховується за формулою:

$$D = D_1 + \frac{100}{a} \quad (9.5)$$

де D – дата наступу повної стиглості;

D_1 – дата наступу воскової стиглості;

a – швидкість висихання хлібів, яка визначається з табл. 9.5 за даними дефіциту насичення повітря.

Таблиця 9.5 – Швидкість висихання хлібів

Середній дефіцит насичення за добу, гПа	Швидкість висихання, % за добу		Тривалість періоду, дні	
	у стеблостій	у валках	у стеблостій	у валках
Суха зона (дощі 1 – 3 дні за декаду)				
2	4,8	5,5	20,6	18,0
4	7,0	7,4	14,5	13,5
6	8,4	11,3	11,8	8,8
8	9,8	15,1	10,2	6,6
10	11,0	18,8	9,1	5,3
12	12,0	20,8	8,3	4,8
14	13,0	25,0	7,7	4,0
16	14,0	26,3	7,2	3,8
18	14,6	29,0	6,8	3,3
20	15,6	30,3	6,4	3,0
Волога зона (дощі більше 4 днів за декаду)				
2	6,0	6,2	17,2	17,4
4	8,7	8,9	11,4	11,6
6	11,2	11,5	8,9	9,0
8	13,3	13,3	7,5	7,5
10	15,4	15,5	6,5	6,6
12	16,6	16,8	6,0	6,4
14	18,5	18,2	5,4	5,4
16	20,0	19,6	5,0	4,6
18	21,7	22,1	4,6	4,3
20	22,7	22,1	4,4	4,0

Для прогнозу очікуваної дати повної стиглості необхідно володіти прогнозом значень дефіциту насичення повітря вологою. Його значення не прогнозується. Тому використовується для цього співвідношення, запропоноване А.В. Процеровим (табл. 9.6).

Приклад. За прогнозом очікується температура повітря 20° С, що вище середньої багаторічної на 2° С, тобто відхилення становить 10 %. В цьому випадку відхилення дефіциту насичення повітря вологою згідно з табл. 9.6

становить 15 %. Визначена по графіку температура повітря використовується для визначення середнього за добу дефіциту і насичення у відповідності з табл. 9.6

Таблиця 9.6 – Відхилення (%) температури повітря і дефіциту насичення повітря від середніх багаторічних значень (за А.В. Процеровим)

Температура повітря, °С	10	20	30	40	-10	-20	-30	-40
Дефіцит насичення повітря вологою, гПа	15	30	45	60	-15	-30	-45	-60

Розрахунки швидкості просихання зерна виконуються по табл. 9.6.

Після дати наступу повної стиглості настає період збирання хлібів.

Для оцінки агрометеорологічних умов у період збирання теж необхідно знати дефіциту насичення повітря. Значення його розраховується за формулою:

$$\lg y = 1,3636 + 1,701 \lg x \quad (9.6)$$

де y – середня за період збирання нестача насичення повітря вологою за 30 днів періоду збирання хлібів, гПа;

x – середня температура повітря за той же період, °С.

Температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

В цілому для просихання хлібів у валках від скошування (вологість зерна 35 – 37 %) до кондиційної вологості зерна (14 – 15 %) потрібна сума середніх за добу значень нестачі насичення повітря вологою 4 – 45 гПа, для нескошених – 70 гПа.

9.5 Розрахунок вологості зерна і соломи та проростання зерна у валках

В період збирання хлібів агрометеорологічні умови суттєво впливають на величину втрат врожаю та погіршення його якості за рахунок проростання зерна у валках. Зерно у валках проростає при значній вологості зерна та соломи.

Дослідження показали, що вологість зерна і соломи знаходиться у тісній залежності від дефіциту насичення повітря. Ці залежності встановлювалися також з врахуванням кількості опадів (рис. 9.5).

Таблиця 9.7 – Залежність вологості зерна і соломи від дефіциту вологості повітря

Дефіцит вологості повітря	Вологість, %		Дефіцит вологості повітря	Вологість, %	
	зерна	соломи		зерна	соломи
2	24,3	46,0	15	12,5	14,8
3	21,2	-“-	16	12,2	-“-
4	19,2	32,0	17	12,0	
5	18,0	32,0	18	11,6	14,0
6	16,8	25,0	19	11,5	-“-
7	16,0	25,0	20	11,3	13,1
8	15,3	22,3	21	11,1	13,1
9	14,6	22,3	22	11,0	12,2
10	14,2	19,2	23	10,9	12,2
11	13,7	19,2	24	10,7	11,8
12	13,4	17,8	25	10,5	11,8
13	13,0	17,8	26	10,3	10,4
14	12,7	16,0	27	10,1	10,0

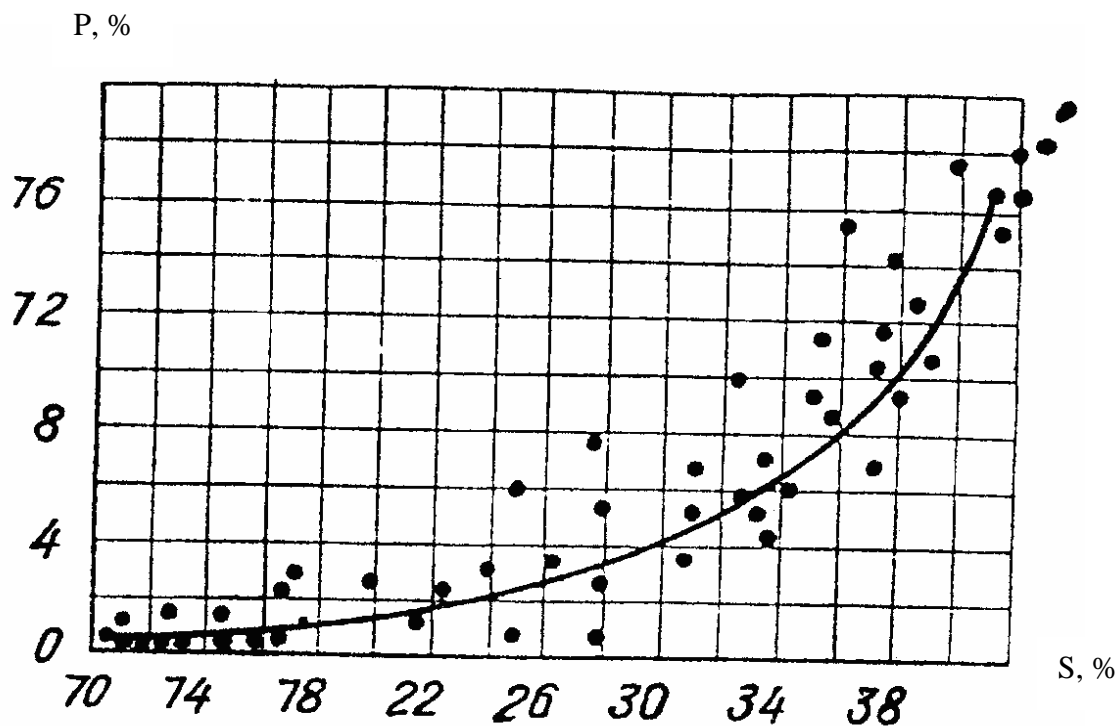


Рис. 9.6 – Залежність втрат врожаю пшениці (B_k , %) від недомолоту при різних в ологості зерна (S , %)

Для визначення вологості зерна і соломи використовуються дані прогнозу. Для зручності користування рис. 9.6 побудована табл. 9.7.

Встановлено, що найчастіше спостерігається проростання зерна у валках коли середня за добу температура повітря утримується у межах 5 – 14° С. За більш високих температур проростання не спостерігається через нестачу вологи, а за більш низьких – через нестачу тепла. Насіння у валках починає проростати, коли дефіцит насичення вологою повітря впродовж декількох днів буде нижче 4 гПа. Якщо при такому значенні дефіциту насичення повітря накопичиться сума ефективних температур 40 – 50° С, то у колосі утворюються навіть листя.

В тих випадках, коли після підвищення дефіциту насичення повітря вологою він знову стане менше 4 гПа, розрахунок можливого проростання зерна продовжується, якщо валки ще не обмолотили.

9.6 Оцінка очікуваних агрометеорологічних умов роботи комбайну

Робота комбайнів значною мірою залежить від підготовки їх матеріальної частини до збирання, наявності пального, організації збирання. Дослідження А.В. Процєрова [66] показали, що в період збирання хлібів робота комбайнів та іншої техніки також знаходиться в залежності від агрометеорологічних умов. На виробність комбайнів найбільше впливає дефіцит насичення повітря, оскільки від нього залежить вологість зерна та соломи. При значенні його більше 8 гПа добре підготовлена техніка працює з найбільшою виробністю, зерно та солома мають невисоку вологість. Зменшення дефіциту насичення повітря нижче 8 гПа призводить до збільшення вологості зерна та соломи, підвищуються втрати зерна через недомолот, погіршуються умови роботи комбайнів. Дефіцит насичення нижче 3 гПа викликає припинення роботи комбайнів.

У зв'язку з тим, що дефіцит насичення повітря має добовий хід, була розроблена таблиця часу з різною якістю агрометеорологічних умов впродовж доби за середніми за добу значеннями дефіциту насичення повітря (табл. 9.9).

Як видно з табл. 9.9 найгірші умови збирання врожаю складаються при зменшенні нестачі насичення повітря вологою до 3 гПа та нижче.

Встановлено, що при добрій технічній підготовці комбайнів виробність (W) їх можна розрахувати за рівнянням:

$$w = 1,27d + 7,5 \quad (\text{т / день}) \quad (9.7)$$

де d – дефіцит насичення повітря, гПа, за добу.

Таблиця 9.9 – Кількість годин на добу з різними метеорологічними умовами при різних значеннях середнього за добу дефіциту насичення повітря

Середній за добу дефіцит, гПа	Кількість годин з різними умовами			
	добрими	середніми	поганими	умовно добрими
3	0	10,5	13,5	5,3
4	3,5	9,0	11,5	8,0
5	6,5	7,5	10,0	10,2
6	8,5	7,0	8,5	12,0
7	10,0	7,0	8,5	13,5
8	11,0	8,0	5,0	15,0
9	12,0	9,0	3,0	16,5
10	13,0	11,0	0	13,5
11	14,0	10,0	0	19,0
12	15,0	9,0	0	19,5
13	15,5	8,5	0	20,0
14	16,6	7,5	0	20,3
15	17,5	6,5	0	20,8
16	18,5	5,5	0	21,3
17	20,0	4,0	0	22,3
18	22,0	2,0	0	23,0

Крім технічного стану комбайнів на виробність також впливають: рельєф поля, складність конфігурації поля, висота та густина стеблостою, засміченість бур'янами тощо.

9.7 Розрахунок кількості втрат зерна за збирання в несприятливих агрометеорологічних умовах

Під час збирання хлібів в несприятливих агрометеорологічних умовах збільшуються втрати зерна. Дослідження М.Г. Лубніна [65] дають змогу розраховувати такі втрати.

Втрати зерна відбуваються, головним чином, від обсіпання на корінні та при комбайнуванні:

$$B = \sum_{вк} - \sum_{во} , \quad (9.18)$$

де B – загальні втрати;

$\Sigma_{вк}$ – втрати при комбайнуванні;

$\Sigma_{во}$ – втрати від обсіпання.

Втрати зерна від обсіпання, починаючи з дати повної стиглості і до початку збирання комбайном, розраховуються для кожної доби за рівняннями для декади:

озимина:

$$\text{I декада} \quad - \quad y = 0,05d + 0,10 \quad (s = \pm 0,1 \%), \quad (9.19)$$

$$\text{II декада} \quad - \quad y = 0,09d + 0,15 \quad (s = \pm 0,1 \%), \quad (9.20)$$

$$\text{III декада} \quad - \quad y = 0,18d + 0,20 \quad (s = \pm 0,2 \%), \quad (9.21)$$

$$\text{IV декада} \quad - \quad y = 0,21d + 0,25 \quad (s = \pm 0,2 \%) \quad (9.22)$$

ярі культури (пшениця, ячмінь):

$$\text{I декада} \quad - \quad y = 0,45d + 0,11 \quad (s = \pm 0,15 \%), \quad (9.23)$$

$$\text{II декада} \quad - \quad y = 0,94d + 0,20 \quad (s = \pm 0,20 \%), \quad (9.24)$$

де y – величина щоденних втрат зерна на залишках площі, %;

d – зміна середнього за добу дефіциту насичення повітря поточного дня відносно до попереднього, мб.

Втрати зерна за комбайном щоденно від початку збирання розраховуються за формулою:

$$B_{вк} = 0,021S^2 - 0,06S + 5,76, \quad (9.25)$$

$$R = 0,98; \quad S_B = \pm 1,6\% ,$$

де $B_{вк}$ – втрати зерна, %, (рис. 9.6);

S – вологість зерна, %

9.8 Розрахунок середніх втрат врожаю по області

Середні по області найменші втрати врожаю спостерігаються у межах 0,5 – 0,9 ц/га і бувають у випадках, коли тривалість періоду збирання 15 – 20 діб при оцінці агрометеорологічних умов не менше 100 %.

Середні по області великі втрати зерна (4 – 7 ц/га) спостерігаються, якщо тривалість періоду збирання складає більше 30 діб при оцінці агрометеорологічних умов 50 % і менше. Встановлено також, що чим більший врожай, тим більші втрати зерна.

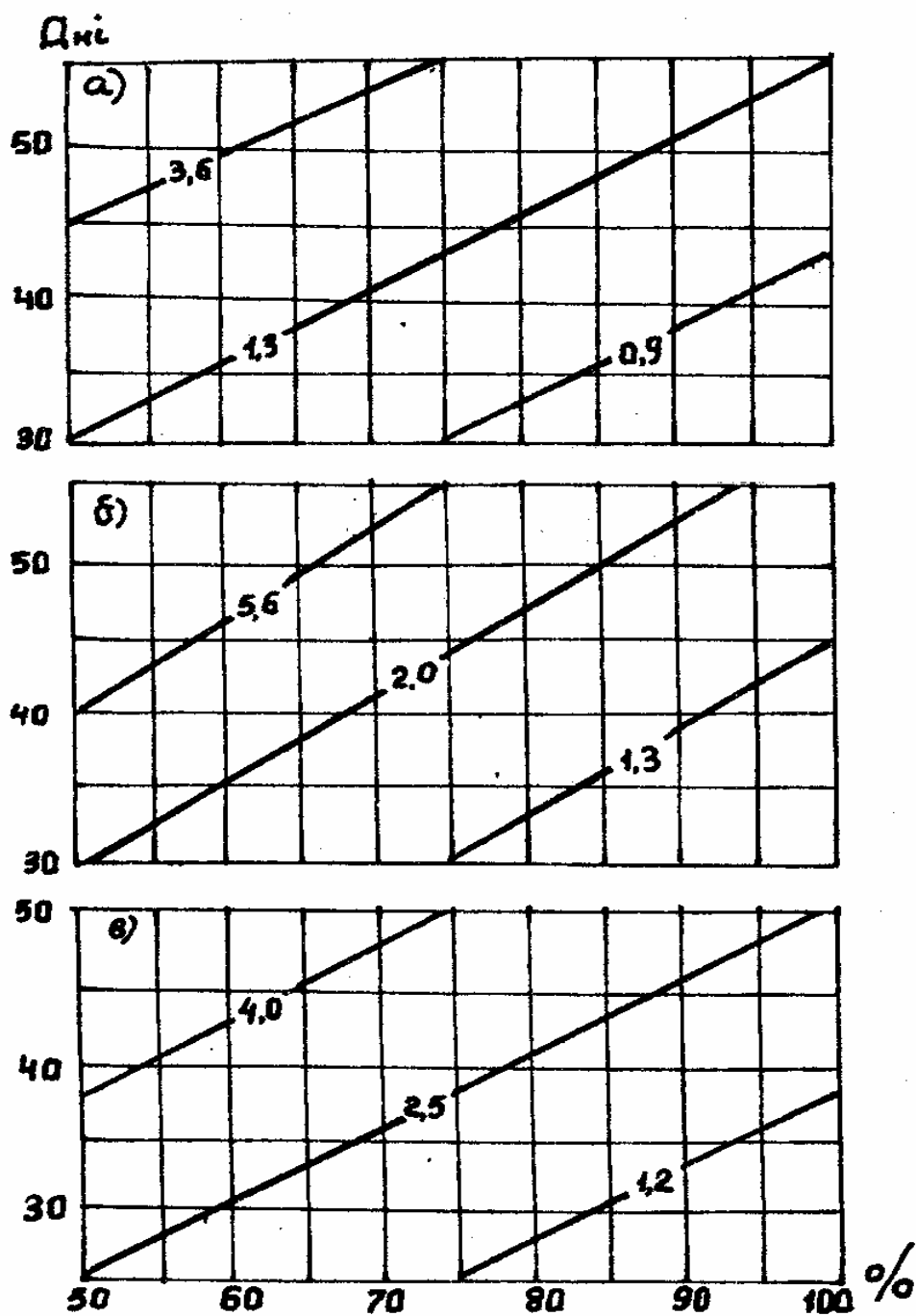


Рис. 9.7 – Залежність середніх по області втрат зерна від середньої тривалості періоду збирання і середньої оцінки агрометеорологічних умов (не більше 100 %):
 а – озимі, врожай 10 – 15 ц/га;
 б – озимі, врожай 16 – 25 ц/га;
 в – ярі, врожай 10 – 15 ц/га.

Загальні втрати зерна при різній величині врожаю розраховуються за рівняннями:

озимина, якщо врожай становить 10 – 25 ц/га:

$$y_1 = 1,49 - 4,41x_1 + 0,80x_2 \quad (9.26)$$

озимина, якщо врожай становить 16 – 25 ц/га:

$$y_2 = 1,38 - 4,61x_1 + 0,010x_2; \quad (9.27)$$

Ранні ярі культури – за виразом (9.26)

де y_1, y_2 – втрати зерна, ц/га;

x_1 – обласна тривалість періоду збирання, дні;

x_2 – середня обласна оцінка агрометеорологічних умов, % (не більше 100 %).

Для спрощення розрахунків за рівняннями (9.25 – 9.26) були побудовані графіки (рис. 9.7), на яких на осі абсцис відкладені оцінки області тривалість періоду збирання (в днях), у полі графіка – середні по області втрати врожаю (ц/га).

10 Метод прогнозу забезпеченості теплом вегетаційного періоду

10.1 Наукове підґрунтя методу

Прогноз забезпечення теплом вегетаційного періоду розроблено Ф.Ф.Давітая [71]. Сутність його полягає у прогнозуванні сум температур на вегетаційний період навесні. При цьому вегетаційний період приймається як період від переходу температури повітря через 10°C навесні до переходу її через 10°C восени. Ф.Ф. Давітая встановлено асинхронні зв'язки між строками початку весни і загальною кількістю тепла влітку. За індекс весни прийнята дата переходу температури повітря через 10°C навесні. Чим раніше настає ця дата, тим більша кількість тепла накопичується за вегетаційний період. Кількість тепла виражена через суму температур вище 10°C ($\Sigma t > 10^{\circ}\text{C}$). Між датою переходу температури повітря через 10°C та кількістю тепла існує тісний зв'язок, який характеризується високими значеннями коефіцієнтів кореляції майже у всіх географічних зонах.

Характер залежності сум температур вище 10°C від початку весняних процесів неоднаковий в різних відрізки вегетаційного періоду. Якщо його розбити на дві частини, відокремивши перші два місяці, то залежність сум температур від дати переходу через 10°C за другий відрізок значно тісніша.

Крім того, Ф.Ф. Давітая також встановлено та науково обґрунтовано залежність тривалості вегетаційного періоду від початку весни. Таким чином, за датою стійкого переходу температури повітря через 10°C навесні є можливість розрахувати:

- очікувану суму температур вище 10°C за вегетаційний період або окремі його частини;
- тривалість вегетаційного періоду.

Дослідження багатьох авторів показали, що якщо за індекс весни прийняти перехід температури повітря через 5°C , а за індекс початку літа перехід температури через 15°C , то існує тісний зв'язок сум температур у межах цих дат з відповідними датами переходу температури повітря.

10.2 Прогноз забезпеченості теплом вегетаційного періоду

Ф.Ф. Давітая розроблена ціла низка рівнянь для розрахунку очікуваних сум температур за вегетаційний період для різних районів. В цілому рівняння має вигляд:

$$\Sigma t > 10^{\circ}\text{C} = A - aД \quad (10.1)$$

де A – вільний член рівняння,
 a – коефіцієнт при змінній.

В табл. 10.1 наведені значення A та a рівняння (10.1) для різних гідрометеорологічних станцій, розташованих на Європейській частині СНД.

Таблиця. 10.1 – Значення коефіцієнтів A і a рівняння (10.1) для прогнозу $\Sigma t > 10^\circ \text{C}$ за весь вегетаційний період

Станція	Самий ранній місяць переходу температури повітря через 10°C навесні	A	a_1	$\pm\sigma$
1	2	3	4	5
Європейська частина СРСР				
Мінськ	Квітень	2450	-8,03	220
Рига	„	2940	-18,70	250
Псков	„	2670	-15,50	230
Ленінград	„	2760	-18,25	220
Вологда	„	2280	-11,20	210
Сиктивкар	„	2780	-15,65	220
Кіров	„	2420	-12,15	210
Кострома	„	2560	-13,80	210
Москва	„	2770	-16,21	210
Тула	„	2950	-20,34	220
Орел	„	3070	-24,61	220
Брянськ	„	2690	-14,62	210
Тамбов	„	3140	-20,11	220
Пенза	„	3290	-26,00	230
Казань	„	2960	-18,81	250
Уфа	„	2810	-14,30	230
Оренбург	„	3190	-16,61	200
Чернігів	„	3390	-25,43	220
Київ	„	3270	-23,07	230
Житомир	„	3100	-22,11	220
Тернопіль	„	2910	-16,62	220
Львів	„	3140	-23,75	230
Чернівці	„	3190	-18,65	230
Саратов	„	3530	-23,14	250
Куйбишев	„	2820	-7,20	220
Воронеж	„	3040	-16,62	220

Продовження табл. 10.1.

1	2	3	4	5
Курськ	„	2940	-14,80	220
Краснодар	Березень	4260	-15,65	210
Серафімович	Квітень	3650	-25,61	230
Орджонікідзе	„	3360	-22,44	220
Чернігів	„	3390	-25,43	220
Київ	„	3270	-23,07	230
Житомир	„	3100	-22,11	220
Тернопіль	„	2910	-16,62	220
Львів	„	3140	-23,75	230
Чернівці	„	3190	-18,65	230
Південно-Дністровськ	„	3310	-22,25	240
Умань	„	3270	-23,82	220
Полтава	„	3330	-21,71	240
Харків	„	3300	-22,06	250
Ворошиловград	„	3370	-17,19	220
Дніпропетровськ	„	3540	-18,65	230
Кіровоград	„	3300	-18,16	220
Запоріжжя	„	3630	-22,70	220
Херсон	„	3790	-18,01	240
Одеса	„	3740	-20,45	220
Кишинів	„	3700	-23,68	220

Самий ранній місяць в табл. 10.1 наводиться з метою розрахунку кількості днів від першого числа самого раннього місяця до переходу температури повітря через 10°C навесні в поточному році, тому що в рівнянні (10.1) замість D використовується як раз така кількість днів.

Прогноз забезпеченості теплом складається відразу ж після переходу температури повітря через 10°C навесні поточного року. Дата переходу температури повітря через 10°C визначається за даними середніх за добу, або середніх за декаду температур повітря графічним методом, або за формулами 4.6 – 4.7.

Ф.Ф. Давітая також були розроблені прогностичні рівняння для розрахунку сум температур на другу половину вегетаційного періоду (через два місяці після переходу температури повітря через 10°C). Цей прогноз також складається за даними дат переходу температури повітря

через 10 °С навесні. Але коефіцієнти в рівнянні (10.1) будуть інші (табл. 10.2).

Рівняння типу (10.1) для прогнозу сум температур за весь вегетаційний період або другу його половину (10.2) можна розрахувати для будь-якої станції, яка має ряд спостережень за температурою повітря не менше ніж 50 років. Для цього спочатку за кожний рік визначають дати переходу температури повітря через 10°С навесні і підраховують фактичну суму температур за весь період вегетації та другу його половину. Потім за допомогою методів математичної статистики отримують відповідні рівняння.

Таблиця. 10.2 – Значення коефіцієнтів A і a у рівнянні (3.1) для прогнозу $\Sigma t > 10^{\circ} \text{C}$ за другу частину вегетаційного періоду

Станція	Самий ранній місяць переходу температури повітря через 10°С навесні	A	a	$\pm\sigma$
Європейська частина СНД				
Рига	Квітень	2050	-19,58	200
Ленінград	„	1810	-18,60	190
Псков	„	1790	-17,00	200
Кострома	„	1640	-15,50	190
Москва	„	1970	-19,60	200
Казань	„	2100	-22,59	190
Уфа	„	2090	-20,60	200
Пенза	„	2530	-33,40	190
Саратов	„	2450	-22,60	190
Курськ	„	2010	-16,20	200
Київ	„	2330	-24,64	190
Одеса	„	2820	-22,73	190

Для складання прогнозу необхідно визначити дату переходу температури повітря через 10° С навесні (D). Потім підрахувати кількість днів від першого числа місяця з самим раннім переходом температури повітря через 10° С до дати переходу температури повітря через цю ж температуру в поточному році. Знайти рівняння, яке відповідає станції, для якої ведеться розрахунок, і підставити всі значення в рівняння та виконати розрахунки.

Приклад. Скласти прогноз забезпеченості теплом у Києві у 2000 р. Середня температура повітря за другу декаду квітня складала $8,8^{\circ}\text{C}$, а за третю декаду квітня – $13,3^{\circ}\text{C}$. Дата переходу температури повітря через 10°C визначена графічним методом (див. рис 10.1). У нашому випадку це буде 18 квітня. Рівняння для розрахунку суми температур буде:

$$\Sigma t > 10^{\circ}\text{C} = 3270 - 23,07 D \quad (10.4)$$

Оскільки перехід температури повітря через 10°C у 2000 році спостерігався у квітні, тобто в той місяць, коли спостерігається на ст. Київ сама рання дата переходу температури повітря через 10°C , то у рівняння підставляється кількість днів від 1 квітня до знайденої дати переходу температури повітря у поточному році тобто 18 днів. Таким чином, очікувана сума температур у 2000 році становить:

$$\Sigma t > 10^{\circ}\text{C} = 3270 - 23,07 \cdot 18 = 2855^{\circ}\text{C}.$$

Фактична сума температур вище 10°C у 2000 році складала 2690°C .

10.3 Прогноз тривалості вегетаційного періоду

Прогноз тривалості вегетаційного періоду засновано на залежності тривалості періоду від дати переходу температури через 10°C навесні до такої ж дати восени (n) від дати стійкого переходу температури повітря через 10°C навесні (D). Рівняння зв'язку у загальному вигляді:

$$n = A_1 - a_2 D \quad (10.5)$$

Для деяких пунктів України значення коефіцієнтів A_1 та a_2 визначені Ф.Ф. Давітая і Ю.С. Мельником (табл. 10.3).

Приклад. На ст. Херсон у 2000 році стійкий перехід температури повітря через 10°C спостерігався 8 травня. Самий ранній перехід повітря через цю межу спостерігається в Херсоні у квітні. Тому замість D в рівняння (10.4) підставляється значення 38 (тобто 30 днів квітня додати до 8 днів травня). З табл. 10.4. знаходиться рівняння для ст. Херсон і тоді $n = 185 - 0,87 \cdot 38 = 152$ дні. Таким чином, тривалість періоду з температурою повітря вище 10°C у Херсоні у 2000 році становитиме 152 дні.

Таблиця 10.3 – Значення коефіцієнтів A_1 та a_2 рівняння (10.4) для прогнозу тривалості вегетаційного періоду з температурою повітря вище 10° С

Станція	Самий ранній місяць переходу температури через 10° С навесні	A_1	a_2	$\pm\sigma$
Чернігів	Квітень	190	-1,14	10
Житомир	"	176	-1,05	9
Харків	"	179	-0,73	10
Умань	"	187	-1,03	10
Полтава	"	179	-0,71	10
Луганськ	"	182	-0,93	11
Кам'янець-Подільськ	"	189	-0,82	9
Чернівці	"	195	-1,17	10
Херсон	"	185	-0,87	10

11 Методи прогнозу оптимальних доз азотного живлення для зернових культур

Ефективність добрив значно змінюється з року в рік в залежності від особливостей агрометеорологічних умов. Дослідженнями впливу агрометеорологічних умов на величину доз живлення займалися О.І. Коровін, О.П. Федосєєв та З.А. Шостак, М.С. Кулик та ін. [72 – 78]. Вони запропонували за критерій доцільності дози добрив використовувати найменшу прибавку зерна, вартість якої б перевищувала витрати на добрива та роботу по їх внесенню. Встановлено, що на 10 кг діючої речовини азотних добрив ефективна прибавка врожаю для чорноземної зони становить більше 0,3 ц/га, для нечорноземної зони – 0,2 ц/га.

Головним показником, що визначає необхідність внесення поправок до оптимальних доз живлення, є сума опадів за осінньо-зимовий період. Встановлено, що із збільшенням суми осінніх та зимових опадів зростає необхідність збільшення оптимальних доз азотних добрив.

Крім того, також було встановлено, що розміри оптимальних доз добрив також залежать від того, на яких полях посіяні культури. На полях, де посіви проведені по зайнятих парах або непарових попередниках, дози живлення вищі, ніж на посівах по чистих парах.

Оптимальні дози азотних добрив для культур, посіяних по чистих парах, на полях після трав і на полях, де вносились органічні добрива, значно менші, ніж по зайнятих парах або по непарових попередниках.

Оскільки період початку польових робіт на Європейській частині СНД в різних районах різний, то період врахування опадів за холодну пору року теж неоднаковий.

Для нечорноземної зони опади враховуються за період до першої весняної декади з температурою повітря 5° С. Для лісостепових та степових районів з вилуженими звичайними та південними чорноземами опади враховуються по січень.

При складанні прогнозів доз живлення розраховуються поправки на норми азотних добрив, які встановлюються агрохімічними лабораторіями для полів з різними ґрунтами.

О.П. Федосєєвим та З.А. Шостак були побудовані графіки залежності величин поправок на норми азотних добрив для різних регіонів Європейської частини СНД для ярих зернових культур (рис. 11.1 а, б, в) та озимих культур (рис. 11.2 а, б; 11.3 а, б). На рис 11.1 вказані поправки до встановлених норм азотних добрив під ярі культури в залежності від різних сполучень опадів за період з серпня до переходу температури через 5° С восени (х) та від дати переходу температури повітря через 5° С восени до переходу її через 5° С навесні (у). По рис. 11.2 та 11.3 розраховуються поправки до встановлених норм азотного живлення навесні та влітку для

озимих культур. Сума опадів розраховується за ті ж періоди, що і для ярих культур.

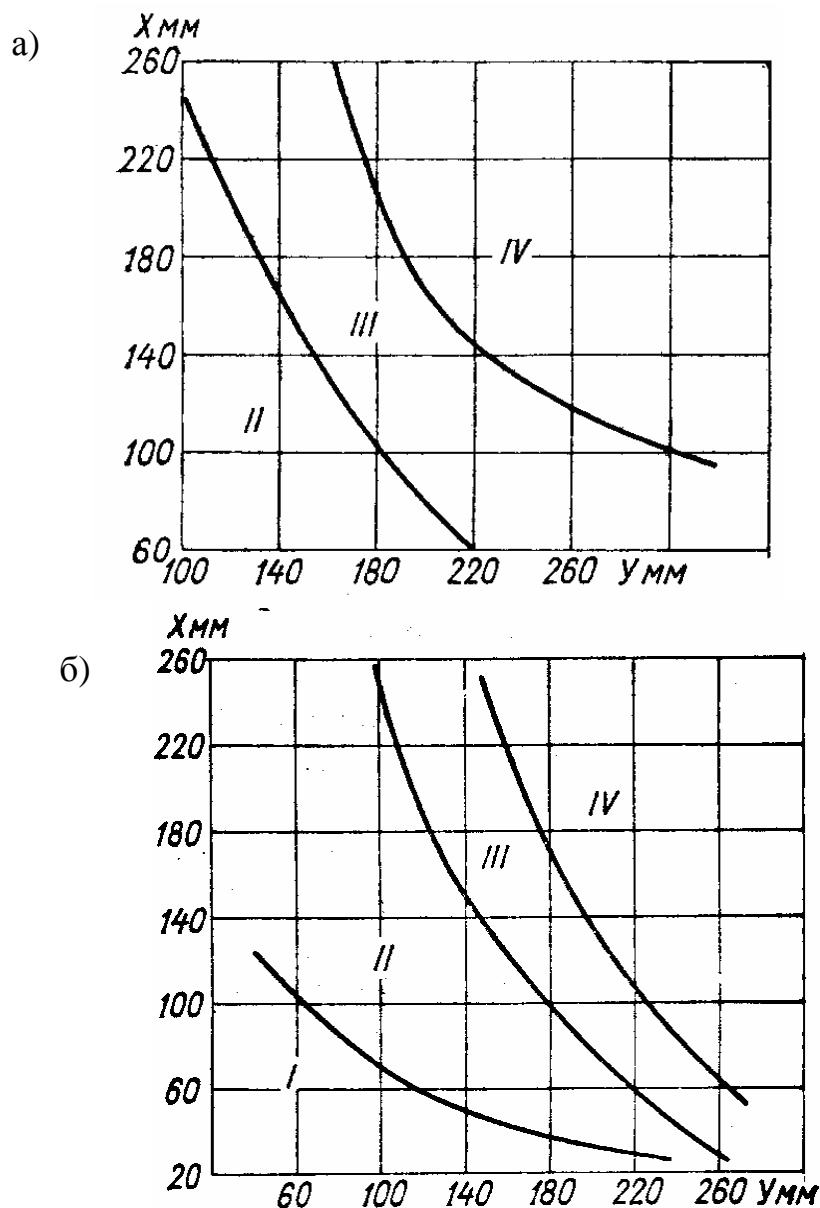


Рис. 11.1 – Поправки до встановлених доз азотних добрив (по фону $P_{40-80}K_{40-80}$) під ранні ярі культури в залежності від кількості опадів за осінньо-зимовий період по непарових попередниках; а) Нечорноземна зона ЄЧ СНД; б) Чорноземна зона ЄЧ СНД;

I-ша зона – низька ефективність;

II-а зона нижче норми на 40 – 50 %;

III-я зона розрахована доза; IV-а зона – вище норми на 40 – 60 %.

На рис. 11.1 – 11.3 виділено чотири зони різних сполучень осінніх та зимових опадів. Якщо дані по сумах опадів попадають у першу зону графіків, то кількість опадів була недостатня і добрива не вносяться. Якщо по кількості опадів точка попадає в другу зону, то встановлену норму добрив зменшують на 40 – 50 %. При попаданні точки суми опадів в третю зону встановлена норма добрив не змінюється. Якщо кількість опадів на графіках попадає в четверту

Якщо розрахунок азотних добрив необхідний раніше вказаних строків, то до суми опадів на декаду розрахунку додається сума опадів за дві-три попередні декади.

Метод розрахунку доз азотного живлення може використовуватись для окремих полів і для територій районів та областей.

11.1 Встановлення оптимальних доз азотного живлення під ярі зернові культури

Нечорноземна зона Європейської частини СНД. При складанні прогнозу на цій території кількість опадів розраховується за даними спостережень по станціях, розташованих від місця розрахунку на відстані не більше 40км.

Кількість опадів для прогнозу величини поправок доз азотного живлення розраховується за два періоди: 1 – з серпня до дати переходу температури повітря через 5° С восени; 2 – з послідууючої декади після переходу температури через 5° С восени до першої весняної декади, після якої спостерігається перехід температури повітря через 5° С.

Кількість опадів за перший період відкладається по вертикальній осі графіків (рис. 11.1), за другий – по горизонтальній осі. Точка перетину значень опадів попадає в ту чи іншу зону графіків, в залежності від цього і визначається поправка до доз азотних добрив у % від норми (фон $P_{40-60}K_{40-60}$).

Приклад. У 2000 році за даними ст. Малоярославець перша декада жовтня була останньою декадою осені з температурою вище 5° С. З серпня до цієї декади випало 158мм опадів. Навесні перехід температури повітря через 5° С відбувся у першій декаді травня. Кількість опадів від осінньої декади з температурою повітря нижче 5° С (від другої декади жовтня) до останньої декади перед переходом температури повітря через 5° С (третья декада квітня) становила 278 мм. По вертикальній осі відкладається перша сума опадів – 158 мм (рис. 11.1), а по горизонтальній – друга сума опадів (278 мм) Точка перетину цих значень опадів попадає в четверту зону. Це говорить про те, що за умовами зволоження норму добрив для цього поля необхідно збільшити на 40 – 60 %.

Чорноземна зона Європейської частини СНД. Кількість опадів для цієї зони підраховується за два періоди: 1 – з серпня попереднього року до переходу температури повітря через 5° С восени; 2 – з наступної декади після переходу температури повітря через 5° С восени до січня місяця..

Цей метод розрахунку поправок до доз азоту в залежності від умов зволоження застосовується при внесенні азотних добрив під ярі культури навесні. Якщо добрива вносились восени, то поправку на кількість опадів доцільно вносити лише в окремі вологі роки. У випадку, коли за розрахунками дозу добрив навесні необхідно збільшити, то дозу вносять за винятком кількості добрив, внесених восени.

Приклад. На ст. Суми перехід температури повітря через 5° С восени спостерігався у третій декаді жовтня. З серпня по третю декаду жовтня випало 153 мм опадів (перший період). За другий період від осінньої декади з температурою повітря нижче 5° С (перша декада листопада) по січень випало 166 мм опадів. По рис. 11.2 визначається, що точка перетину значень опадів попадає в III зону. Тобто, в цих умовах поправки до встановленої дози азотних добрив за рахунок зволоження не потрібні.

Посушлива зона південного сходу Російської федерації. При складанні прогнозу кількість опадів для цієї зони підраховується за два періоди: 1 – з вересня попереднього року по декаду переходу середньої за декаду температури повітря через 5° восени; 2 – з наступної декади після переходу температури повітря через 5° С восени по січень. Розрахунки виконуються за тією ж схемою, що і попередній прогноз.

11.2 Метод прогнозу оптимальних доз весняного живлення озимих культур

Для повного забезпечення рослин елементами живлення впродовж їх розвитку необхідно вірно розраховувати строки внесення добрив: до сівби, при сівбі та після сівби (підживлення). Підживлення озимих культур навесні азотними добривами дуже ефективно.

Встановлено, що в районах Нечорноземної зони, центральній частині лісостепової зони та у Прикарпатті успішність підживлення рано навесні озимих культур азотними добривами за кліматичними даними забезпечується на 90 – 100 %. Далі на південь та на південний схід, де зростає посушливість, ефективність весняного підживлення зменшується до 50 – 70 %.

Техніка складання прогнозу оптимальної дози внесення добрив ранньою весною нічим не відрізняється від такого ж прогнозу для ярих культур. Площі з загиблими посівами, та ті, що будуть пересіватись з

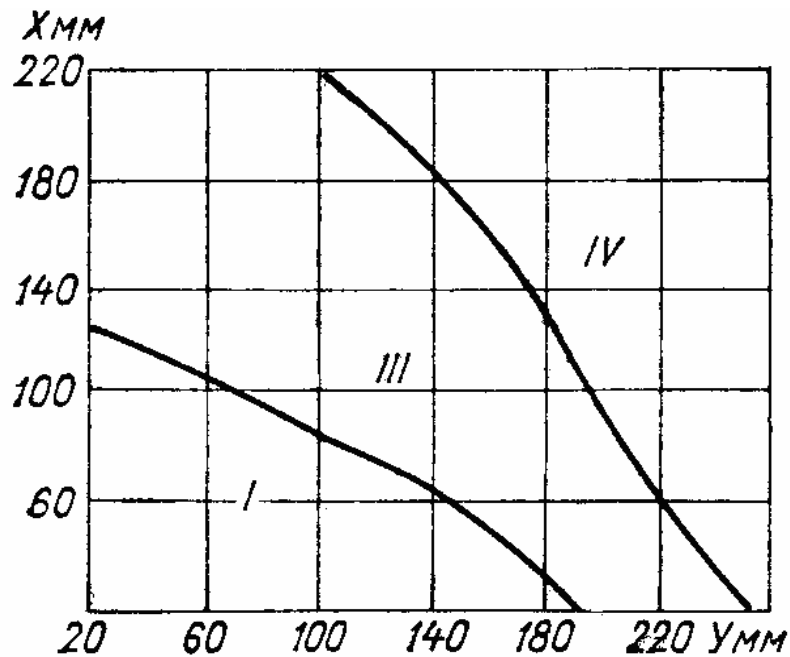


Рис. 11.2 – Поправки до встановлених норм весняного азотного живлення озимих культур в залежності від кількості опадів за осінньо-зимовий період. Посушлива зона Південного сходу Росії.

прогнозу виключаються. Для Нечорноземної зони Європейської частини СНД прогноз складається з використанням рис. 11.2 (а, б). Для Чорноземної зони використовується рис. 11.3 (а, б).

Приклад. За даними станції Красноград (чорноземна зона) на рис. 11.2 на вертикальній осі відкладається сума опадів за перший період (186 мм), по горизонтальній – опади за другий період (75 мм). Точка перетину попадає в зону II. У цьому випадку встановлену дозу азотних добрив під озимі зернові культури зменшують на 10 – 20 кг/га.

11.3 Метод прогнозу літнього азотного підживлення зернових культур

Літнє азотне підживлення підвищує вміст білка в зерні. Ефективність літнього підживлення залежить від метеорологічних умов.

Азот може потрапити в зону коріння тільки з водою, тому ефективність літнього азотного живлення залежить від значення запасів продуктивної вологи верхніх шарів ґрунту та тривалості періоду без дощів після внесення азотних добрив.

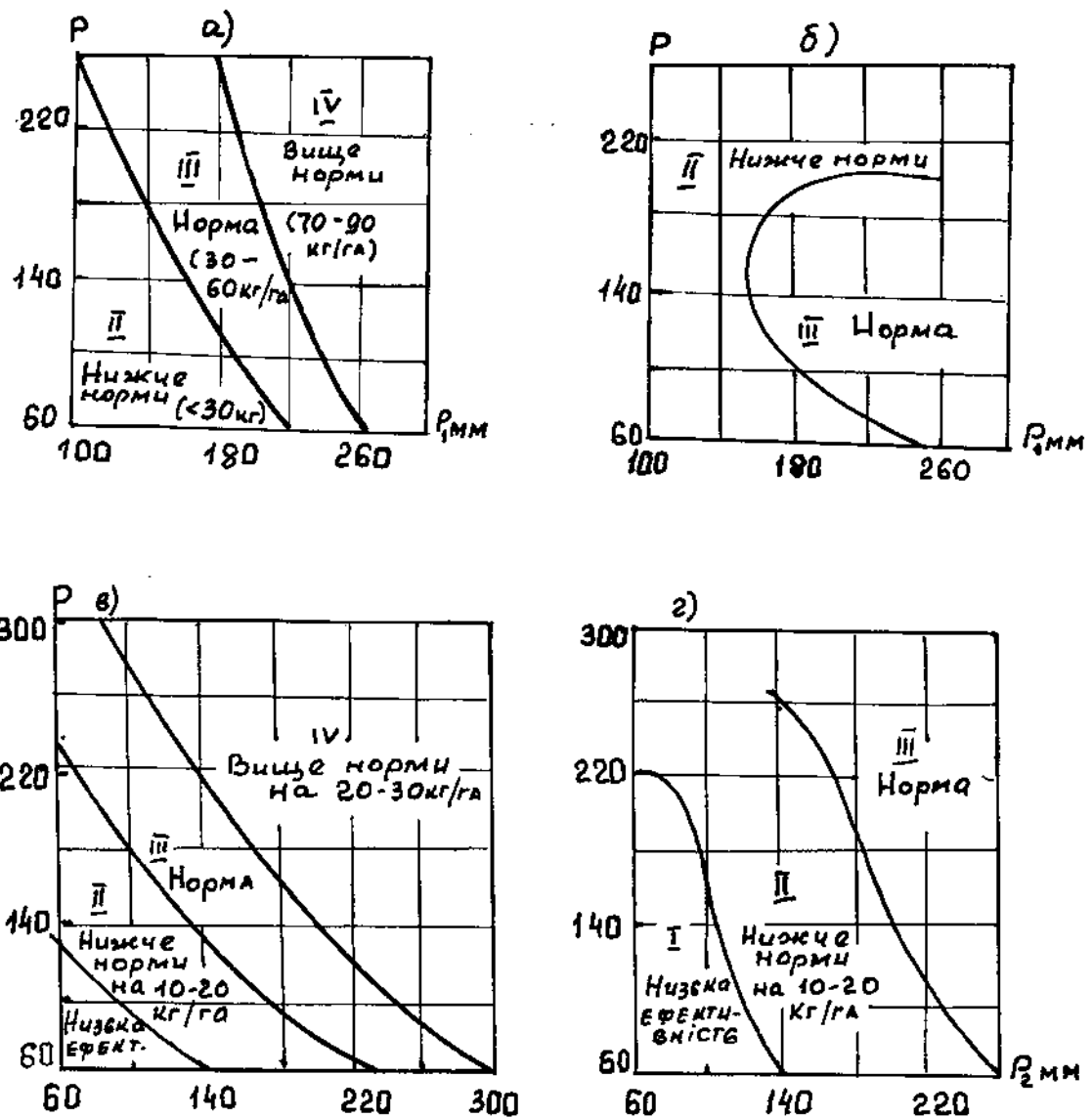


Рис. 11.3 – Поправки до встановлених доз весняного підживлення азотом озимих зернових культур:

а, б – нечорноземна зона:

а) по зайнятих парах і непарових попередниках;

б) по чистих парах;

в, г – чорноземна зона:

в) по зайнятих парах і непарових попередниках;

г) по чистих парах.

З.А. Шостак [77] запропонувала рівняння залежності прибавки протеїну ($\Delta\P$) від вологості ґрунту при літньому підживленні зернових культур:

$$\begin{aligned}\Delta\P &= 0,058x - 5 \cdot 10^{-6} x^3 - 0,55 \\ R &= 0,760, \quad S_{\Pi} = 0,6\%\end{aligned}\tag{11.1}$$

де x – вологість ґрунту в шарі 0 – 20см під час підживлення (у % НВ).

Ефективність літнього азотного підживлення забезпечена за оптимальних умов зволоження при кількості колосоносних стебел більше 300 на 1м². Для використання запропонованого рівняння необхідно дотримуватись умов:

1 – літнє підживлення рекомендується при вологості ґрунту не менше 50 – 80 % НВ (тобто при м'якопластичному стані ґрунту);

2 – після підживлення опади 20мм за добу і більше зменшують ефективність підживлення;

3 – якщо вологість ґрунту становить 20 – 50 % НВ, то підживлення проводиться тільки при опадах більше 5 мм;

4 – якщо вологість ґрунту більше 80 % або менше 25 % НВ, то підживлення не проводиться.

Рекомендації що до літнього підживлення в залежності від погодних умов складаються за даними вологості ґрунту на дату колосіння або в декаду перед колосінням. Рекомендації складаються для тих полів, де кількість колосоносних стебел на 1 м² становить більше 360.

За даними академіка Д.М. Прянишникова врахування впливу дози добрив менше 10 кг/га не забезпечуються точністю польового досвіду. Межі доз азотних добрив коливаються для ярих культур від 30 до 120 кг/га, при весняному живленні озимих – від 20 до 90 кг/га. За допустиму помилку прогнозу при внесенні невеликих та помірних доз добрив прийнято ± 10 кг/га; при підвищених дозах (більше 60 кг/га) допустима помилка складає ± 15 кг/га. Можливі відхилення в оптимізованих за рекомендаціями дозах від фактичних в межах $\pm 10 - 15$ кг/га вважаються допустимими.

12 Методи прогнозів оптимальних режимів зрошення зернових культур

Зрошуване землеробство у районах нестійкого та недостатнього зволоження дедалі більше розвивається. Основною особливістю клімату в цих районах є загальний дефіцит опадів та їх вкрай нерівномірний розподіл, що викликає дуже сильні коливання значень запасів продуктивної вологи в період сівби та розвитку сільськогосподарських культур.

На зрошуваних землях збільшується виробництво зернових культур, рису, овочевих. Збільшення зрошуваних земель вимагає надійних методів розрахунку зрошуваних норм, кількості поливів за вегетаційний період та норм одного поливу.

Агрометеорологічні прогнози оптимальних режимів зрошення дозволяють враховувати закономірності витрат води із зрошуваних полів у різні моменти розвитку сільськогосподарських культур за різних умов погоди та різного стану зволоження ґрунту.

На разі на мережі гідрометеорологічного обслуговування складаються три види прогнозів зрошення:

- 1) прогноз вологозарядкових поливів озимих зернових культур;
- 2) прогноз оптимальних зрошувальних норм на вегетаційний період основних зернових культур (озима та яра пшениця, кукурудза);
- 3) прогнози оптимальних строків та норм поливу зернових культур, картоплі та цукрових буряків, овочевих культур.

Ці методи розроблені у Гідрометеорологічному центрі Росії та в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті.

12.1 Метод прогнозу вологозарядкових поливів озимих культур

У районах недостатнього зволоження на момент сівби озимих культур у деякі роки запаси вологи у орному шарі ґрунту або занадто малі, щоб забезпечити проростання насіння, або зовсім відсутні. Тому тут необхідне зрошення.

Прогноз вологозарядкових поливів під озимі культури складається за один-півтора місяці до сівби і в ньому розраховується очікувані норми та строки поливів [79, 80].

Норма вологозарядкових поливів (N) розраховується як різниця між найменшою вологомісткістю промочуваного шару ґрунту (W_0) і запасами продуктивної вологи, які спостерігалися у шарі ґрунту перед початком поливу (W_1):

$$N = W_0 - W_1 \quad (12.1)$$

Найменша вологомiсткiсть визначається за даними фактичних спостережень, якi проводяться на агрометеорологiчних станцiях кожнi п'ять рокiв. Якщо такi спостереження не проводились, то вологомiсткiсть метрового шару тяжких ґрунтiв (глинистих та суглинкiв) приймається рiвною 170 – 180мм продуктивної вологи, легких ґрунтiв (супiщаних та легких суглинкiв) – 150 – 160мм.

Дати оптимальних та надто пiзнiх термiнiв сiвби озимих культур, а рiвно i оптимальних та надто пiзнiх вологозарядкових поливiв, визначаються за рiвнянням:

$$N = \frac{A}{t - 5} \quad (12.2)$$

де N – тривалiсть перiоду вiд дати сiвби до наступу оптимального (тричотири пагони) або задовiльного (один пагiн) кушiння озимих, днi;

A – сума ефективних температур, що необхідна вiд сiвби до оптимального або задовiльного кушiння, °С;

t – середня за добу температура повітря за тi ж перiоди, °С.

Так як вологозарядковi поливи забезпечують добре зволоження ґрунту, то при розрахунках N використовуються константи О.О. Шiголева [15, 17]. Сума ефективних температур (A), що необхідна вiд сiвби до появи першого пагону кушiння для жита становить 119° С, для пшеницi – 134° С; для перiоду вiд сiвби до появи третього пагону сума становить 200° С.

Для забезпечення доброї сiвби необхідно, щоб мiж вологозарядковим поливом та початком сiвби пройшло 5 – 10 днiв, щоб ґрунт встиг звiльнитися вiд зайвої води, підсохнути зверху i бути готовим для проведення посiвних робiт.

Вологiсть ґрунту перед початком вологозарядкового поливу визначається iнструментально, або розраховується за рiвняннями, приведеними у табл. 12.1, 12.2.

Якщо поля, де повиннi проводитись вологозарядковi поливи, були зайнятi зерновими культурами (наприклад пiд ярою пшеницею), або пiд травами, то для розрахункiв очiкуваних запасiв вологи у ґрунті до дозрiвання та збирання цих використовуюється рiвняння, запропонованi С.О. Верiго [5].

На рис. 12.1 представлено графiк, побудований на основi рiвнянь С.О. Верiго.

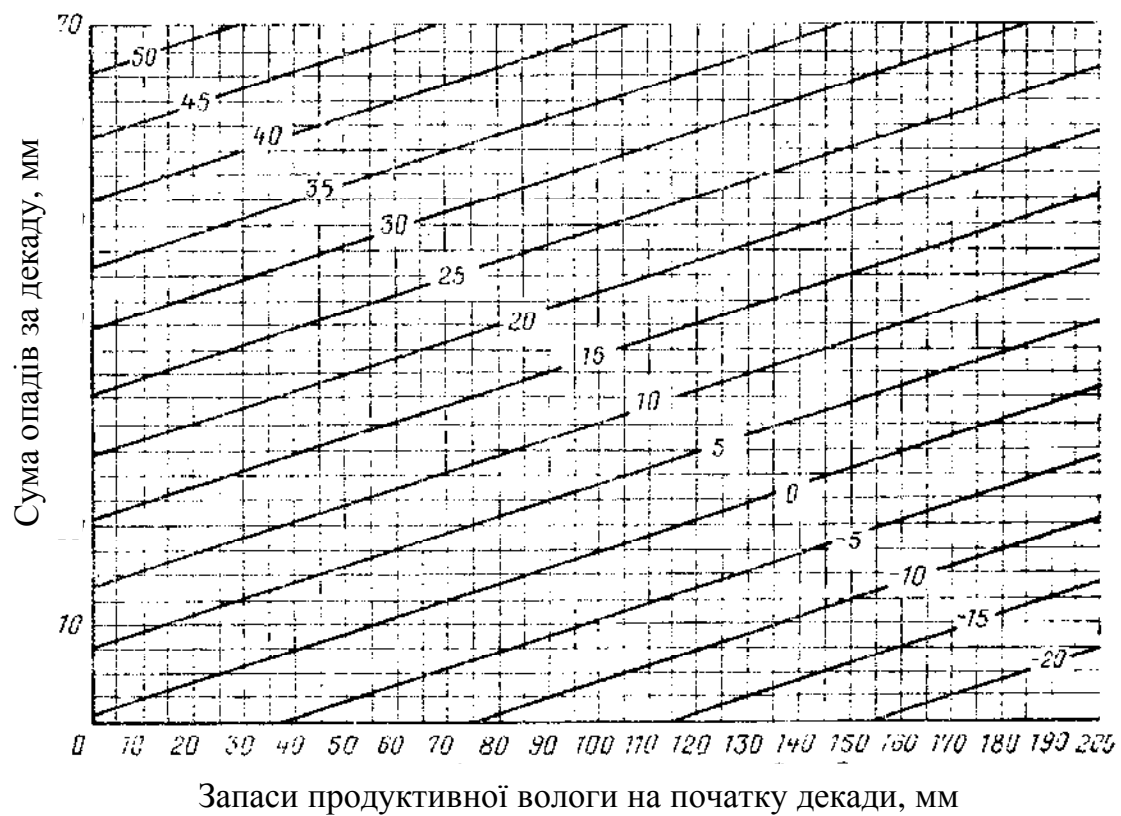
На графіку на осі абсцис зазначені запаси продуктивної вологи на початок розрахунку (W_1), по осі ординат – сума опадів за декаду (x); похилі лінії у полі графіка – відповідні зміни запасів вологи за декаду рис. 12.2, 12.3.

Таблиця 12.1 – Зміна запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на кінець декади (y) в залежності від запасів вологи на початок декади (W_1), середньої температури за декаду (t), та суми опадів за декаду (x) при вирощуванні зернових культур у богарних умовах

Період вегетації	Рівняння зв'язку	Номер рівняння
Після збирання ярих культур	$Y = - 0,076W_1 - 0,36t + 0,74x + 1,3$	12.3
Чистий пар	$Y = - 0,063W_1 - 0,79t + 0,67x + 13,0$	12.4
Формування зерна ярих культур	$Y = - 0,229W_1 - 1,72t + 1,08x + 23,3$	12.5

Таблиця 12.2 – Залежність запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на кінець декади (y) від запасів вологи на кінець попередньої декади (W_1), температури повітря за декаду (t), суми опадів за декаду (x). При вирощуванні кукурудзи у богарних умовах

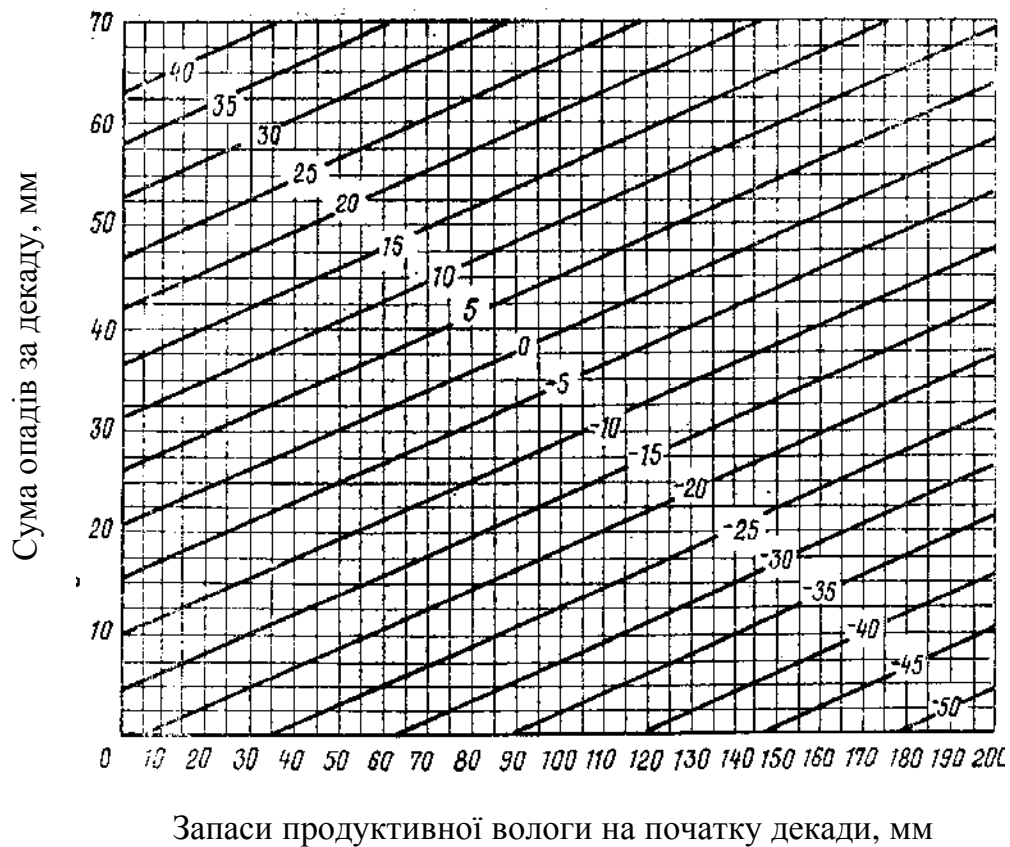
Період вегетації	Рівняння зв'язку	Номер рівняння
Від викидання волоті до молочної стиглості	$Y = 0,74W_1 - 3,06t + 0,57x + 60,0$	12.6
Від молочної до повної стиглості	$Y = 0,76W_1 - 0,66t + 0,62x + 9,0$	12.7



Поправка на температуру

Температура повітря, °С	5 – 7	8 – 12	13 – 15	16 – 19
Поправка (мм) для шару ґрунту 0 – 100 см	1	0	-1	-2

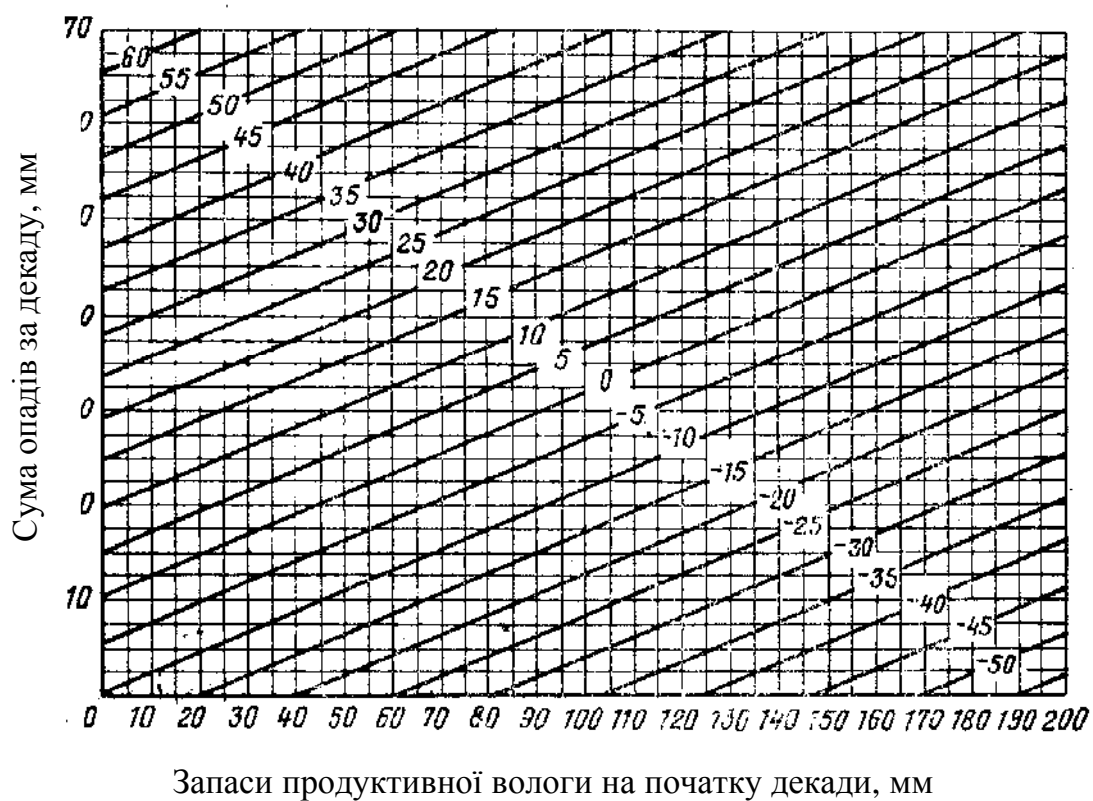
Рис. 12.1 – Зміна запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 100 см у період формування сходів та листя у ярих культур



Поправка на температуру

Температура повітря, °C	13 – 17	Вище 27
Поправка, мм	0	1

Рис. 12.2 – Зміна запасів продуктивної вологи під ярими культурами у шарі ґрунту 0 – 100 см у період формування колосу та квіток



Поправка на температуру

Температура повітря, °С	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Поправка, мм	9	7	5	3	2	0	-2	-3	-5	-7	-9

Рис.12.3 – Зміна запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 100 см у період формування зерна ярих культур

Після розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, визначається норма вологозарядкового поливу, яку необхідно дати на поле, щоб промочити ґрунт не менше ніж на один метр. При необхідності можна розрахувати норму вологозарядкового поливу для промочування шару ґрунту до 2 м.

12.2 Метод прогнозу норм зрошення зернових культур на вегетаційний період

Прогноз норм зрошення озимої пшениці складається восени, перед сівбою і потім уточнюється. Прогнози норм зрошення ярих культур складаються ранньої весни після першого визначення запасів продуктивної вологи.

Зрошувані норми (N) на вегетаційний період розраховуються як різниця між сумарними витратами води (Q), які забезпечують отримання урожаю певної величини та сумарними витратами води (Q_1) у природних умовах:

$$N = Q - Q_1 \quad (12.8)$$

Сумарні витрати води (Q) у природних умовах визначаються як кількість води, що використовувалась рослинами з метрового шару ґрунту за період сівба – воскова стиглість ($W_1 - W_2$) плюс опади, які випали за цей час (X):

$$Q = (W_1 - W_2) + X \quad (12.9)$$

Метод засновано на залежності врожаїв зернових культур від таких факторів: сумарних витрат води за вегетаційний період (рис. 12.4).

При розрахунках оптимальних норм зрошення за максимально високий врожай зернових культур приймається середній із максимальних урожаїв, які отримані за високої агротехніки, відсутності засолення ґрунтів та глибокого залягання ґрунтових вод.

Як видно з рис. 12.4 (а, б) для отримання високих врожаїв необхідно для ярої пшениці на тяжких ґрунтах 420 мм води, на легких – 460 мм; для кукурудзи на тяжких ґрунтах – 475 мм води, для озимої пшениці на півдні України – 500 мм води.

На момент складання прогнозу норм зрошення фактично відомі тільки запаси продуктивної вологи та середні багаторічні суми опадів за вегетаційний період. Сума опадів поточного року визначається внесенням поправки до середньої багаторічної суми за синоптичним прогнозом погоди.

Таким чином, норми зрошення (N_I) на вегетаційний період розраховуються:

$$N_I = N_o - (W_I - W_o) - (X_I - X_o) \quad (12.10)$$

де N_o – середня багаторічна норма зрошення, що необхідна для отримання певного врожаю;

W_I – запаси продуктивної вологи навесні;

W_o – середні багаторічні запаси продуктивної вологи навесні;

X_I – сума опадів, що очікується від сівби до воскової стиглості;

X_o – середня багаторічна сума опадів.

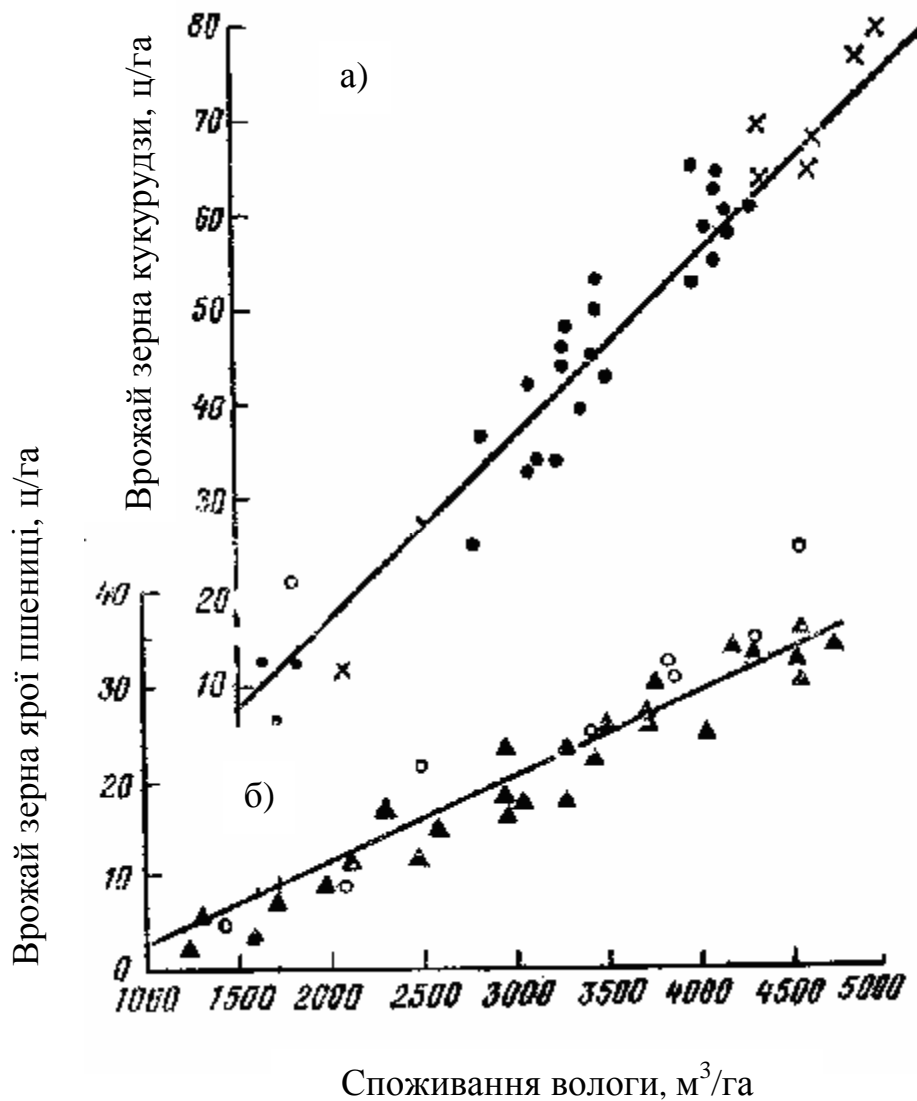


Рис. 12.4 – Залежність врожаю ярої пшениці (а) і кукурудзи (б) (y) від споживання води за вегетаційний період (x).

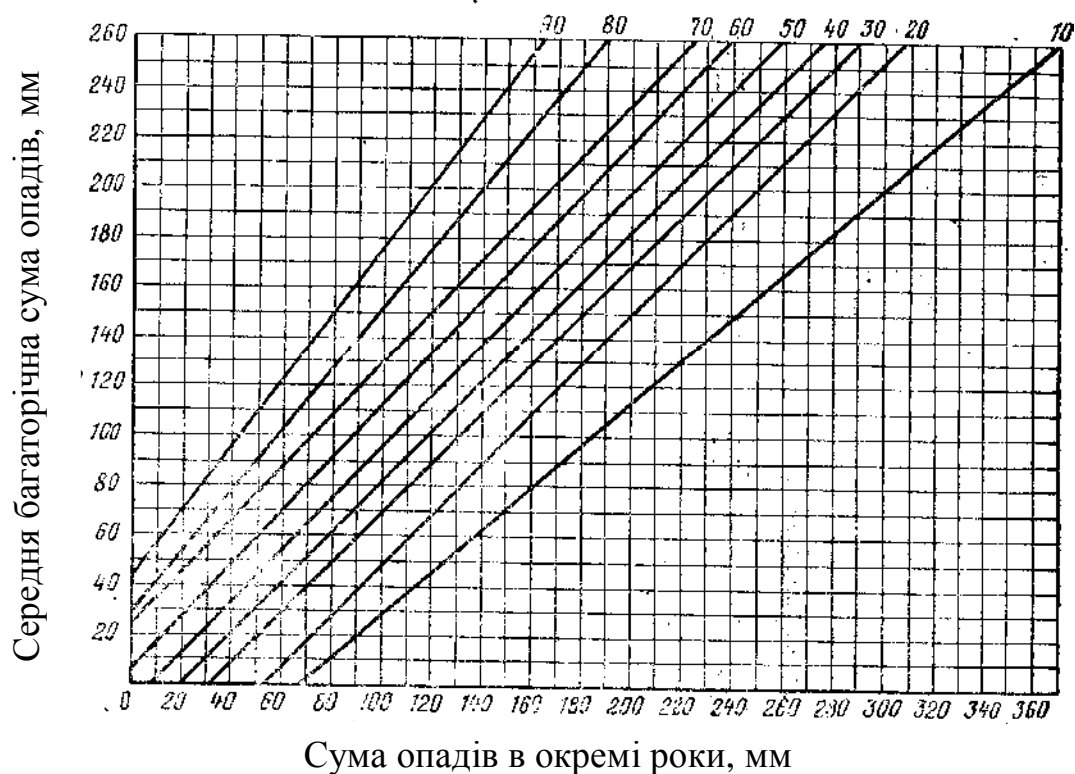


Рис. 12.5 – Забезпеченість (%) різної кількості опадів за період вегетації ярої пшениці.

Розраховані норми зрошення є найбільш імовірними, бо розраховані за середніми багаторічними даними. Разом з тим можна також розрахувати норми зрошення будь якої забезпеченості, тобто, прогнозувати потребу сільськогосподарських культур у воді у різні роки (як у сухі так і у вологі).

Для складання прогнозів норм зрошення певної забезпеченості необхідно знати повторність тих чи інших сум опадів за період вегетації та запаси вологи у ґрунті на дату воскової стиглості. Такі величини отримують із номограм (рис. 12.5).

12.3 Прогноз оптимальних термінів та норм поливів основних зернових культур

Метод прогнозу оптимальних термінів та норм поливів засновується на сучасній теорії пересування вологи у ґрунті і її доступності рослинам, а також на виявлених закономірностях витрат води із зрошуваних полів за різних умов погоди.

Встановлено, що найбільш рухливою та доступною рослинам є волога, що знаходиться у ґрунті поверх розриву капілярів. Якщо вологість у ґрунті досягає цієї межі, то рух води під дією капілярних сил закінчується і рослини починають зазнавати нестачу вологи.

За даними більшості дослідників межа, за якої рослини зазнають нестачу води становить приблизно 70 % найменшої вологомісткості. Винятком є тільки період дозрівання зерна, коли для запобігання пошкодженню насіння грибковими хворобами та забезпечення своєчасного висихання зерна на кінець воскової стиглості, запаси вологи у ґрунті у метровому шарі не повинні перевищувати 40 мм.

Зміна запасів продуктивної вологи на зрошуваних землях (y) розраховується в залежності від запасів вологи на початок періоду розрахунку (W_1), середньої температури повітря (t) та суми опадів (x) за рівнянням вигляду:

$$Y = aW_1 + bt + cx + k \quad (12.11)$$

Для багатьох сільськогосподарських культур розрахунок запасів продуктивної вологи на зрошуваних полях виконується за рівняннями з визначеними літерними коефіцієнтами (табл. 12.3), що отримані для різних типів ґрунтів та різних міжфазних періодів розвитку. Ці рівняння отримані внаслідок експериментальних досліджень багатьох авторів.

Норма кожного поливу розраховується як різниця між верхньою (значення НВ) та нижньою (70 % НВ) межею. При цьому також враховується глибина промочування ґрунту, яка залежить від глибини проникання коріння рослин. Найчастіше це шар 0 – 100 см.

Враховуючи це, для зернових культур при складанні прогнозу оптимальних строків та норм поливів користуються положеннями:

- дата та норма поливу встановлюється в залежності від глибини промочування ґрунту;
- за верхню межу зволоження для тяжких ґрунтів приймається значення найменшої волого місткості у мм продуктивної вологи; для легких ґрунтів – найменша волого місткість збільшується на 30 – 40 мм;
- нижньою межею зволоження вважається величина 70 % НВ;
- витрати вологи із зрошуваних полів досить інтенсивні і залежать від запасів вологи у ґрунті на початок розрахунку та умов погоди, тому запаси вологи розраховуються не за декадами, а за п'ятиденками і дата поливу розраховується з точністю до однієї доби.

Необхідні для розрахунків відомості на момент складання прогнозу отримують із інформації агро- та гідрометеорологічних станцій.

Таблиця 12.3 – Зміна запасів продуктивної вологи на зрошуваних полях в залежності від початкових запасів вологи (W_1), середньої температури повітря (t) та суми опадів за декаду (x)

Період вегетації	Шар ґрунту, см	Рівняння зв'язку	Номер рівняння
Яра пшениця, легкі ґрунти			
Сівба – вихід у трубку	0–20	$Y = -0,052W_1 - 0,11t + 0,133x + 1,893$	(12.12)
	0–50	$Y = -0,063W_1 - 0,16t + 0,37x + 3,80$	(12.13)
	0–100	$Y = -0,04W_1 - 0,07t + 0,56x + 2,77$	(12.14)
Вихід у трубку – молочна стиглість	0–50	$Y = -0,07W_1 - 0,27t + 0,44x + 5,27$	(12.15)
	0–100	$Y = -0,07W_1 - 0,42t + 0,58x + 9,09$	(12.16)
Молочна стиглість – воскова стиглість	0–50	$Y = -0,04W_1 - 0,10t + 0,44x + 1,76$	(12.17)
	0–100	$Y = -0,04W_1 - 0,08t + 0,53x + 1,47$	(12.18)
Важкі ґрунти			
Сівба – вихід у трубку	0–20	$Y = -0,03W_1 - 0,06t + 0,20x + 0,84$	(12.19)
	0–50	$Y = -0,03W_1 - 0,11t + 0,41x - 1,99$	(12.20)
	0–100	$Y = -0,02W_1 - 0,04t + 0,01x + 1,11$	(12.21)
Вихід у трубку – молочна стиглість	0–50	$Y = -0,05W_1 - 0,02t + 0,71x + 0,04$	(12.22)
	0–100	$Y = -0,03W_1 - 0,13t + 0,01x + 1,27$	(12.23)
Молочна стиглість – воскова стиглість	0–50	$Y = -0,04W_1 - 0,14t + 0,56x + 2,71$	(12.24)
	0–100	$Y = -0,04W_1 - 0,18t + 0,85x + 3,69$	(12.25)
Озима пшениця			
Сівба – 3-тій листок	0–20	$Y = -0,44W_1 - 0,006t + 0,25x + 0,97$	(12.26)
	0–50	$Y = -0,02W_1 - 0,02t + 0,42x + 0,57$	(12.27)
3-тій лист – кущіння	0–20	$Y = -0,03W_1 - 0,04t + 0,41x + 0,76$	(12.28)
	0–50	$Y = -0,02W_1 - 0,07t + 0,77x + 0,91$	(12.29)
Відновлення вегетації – вихід у трубку	0–50	$Y = -0,03W_1 - 0,08t + 0,36x + 1,38$	(12.30)
	0–100	$Y = -0,02W_1 - 0,12t + 0,61x + 1,90$	(12.31)
Вихід у трубку – колосіння	0–50	$Y = -0,03W_1 - 0,16t + 0,39x + 1,92$	(12.32)
	0–100	$Y = -0,03W_1 - 0,24t + 0,50x + 3,86$	(12.33)
Колосіння – молочна стиглість	0–50	$Y = -0,05W_1 - 0,14t + 0,75x + 2,35$	(12.34)
Кукурудза, легкі ґрунти			
Сівба – початок росту стебла	0–20	$Y = -0,53W_1 - 0,06t + 0,18x + 1,47$	(12.35)
	0–50	$Y = -0,06W_1 - 0,07t + 0,92x + 1,36$	(12.36)
Початок росту стебла – цвітіння	0–50	$Y = -0,06W_1 - 0,17t + 0,33x + 4,2$	(12.37)
	0–100	$Y = -0,06W_1 - 0,21t + 0,41x + 5,7$	(12.38)
Цвітіння – воскова стиглість	0–50	$Y = -0,05W_1 - 0,12t + 0,35x + 2,5$	(12.39)
	0–100	$Y = -0,04W_1 - 0,02t + 0,26x + 0,4$	(12.40)

Температура повітря та опади визначаються із синоптичного прогнозу погоди, або з агрокліматичних довідників.

При наближенні до термінів поливу у розрахунки вносять поправки на минулі умови погоди за фактичними даними по температурі повітря та опадах.

Слід враховувати, що на тяжких ґрунтах витрати води відбуваються повільніше, ніж на легких. Тому кількість поливів та кількість зрошуваної води будуть значно меншими .

Метода розрахунку норм та термінів поливів придатна тільки для районів з глибоким заляганням ґрунтових вод.

13 Оцінка економічної ефективності від використання гідрометеорологічної інформації у сільськогосподарському виробництві

13.1 Загальні положення

Сільськогосподарське виробництво в значній мірі залежить від гідрометеорологічних умов. Своєчасне та правильне використання гідрометеорологічної інформації сприяє збільшенню прибутків господарств при сприятливих умовах та зменшенню втрат – при несприятливих погодних умовах.

На разі великий економічний ефект має агрокліматичне обґрунтування розміщення сільськогосподарських культур, прогнози перезимівлі озимих культур, запасів продуктивної вологи на початок весни, прогнози врожаїв сільськогосподарських культур, прогнози появи небезпечних метеорологічних явищ і т. ін.

При визначенні економічного ефекту від гідрометеорологічної інформації важливо використовувати єдину методу розрахунків. Тому Е.І. Монокровичем та О.П. Федесєєвим [81, 82] були розроблені єдині рекомендації для визначення економічного ефекту використання гідрометеорологічної інформації. Вони запропонували економічний ефект (ЕЕ) розраховувати як різницю у величинах чистого прибутку, який отримано господарством в результаті здійснення виробничих заходів з врахунком гідрометеорологічної інформації та без нього. Чистий прибуток – це різниця між прибутком за здану за закупівельними цінами продукцію та витратами на її вирощування (собівартістю).

Виявлення ЕЕ гідрометеорологічних прогнозів та іншої ГМІ виконується на фоні базисного варіанту, який визначає початковий рівень прибутку, урожайності та інших видів, що характеризують ефективність виробництва. Під базисним мають той варіант дій споживача, який був найкращим при відсутності даного виду ГМІ.

При порівнянні ефективності виробничих рішень або проектних варіантів з використанням старої та нової ГМІ варіант з використанням старої ГМІ приймається як базисний.

Головним критерієм ефективності використання ГМІ є отримання додаткового чистого прибутку у господарстві. Але також допускається використання і інших критеріїв. Таким критерієм може бути *зменшення середніх втрат*. Він розраховується шляхом визначення втрат при застосування одного і того ж виду ГМІ.

Ще одним критерієм ефективності врахування ГМІ є *мінімізація повторності великих втрат*. Цей критерій використовується у випадках, коли на відновлення товарної продукції витрачається кілька років.

Потенційний (можливий) ЕЕ ГМІ або прогнозу визначається шляхом отримання середньої величини від результатів неодноразового використання. Для визначення потенційного ЕЕ прогнозів застосовуються економіко-статистичні моделі, структура яких відображує три головні фактори, що впливають на величину ЕЕ:

- 1 – масштаб виробництва та його чутливість до зміни ГМІ;
- 2 – природні мінливість прогнозованого елементу або повторність прогнозованого явища;
- 3 – якість прогнозів – їх виправданість та завчасність.

Математичні моделі поділяються на два типи: дискретні та безперервні. Дискретні (матричні) моделі використовуються для аналізу ЕЕ альтернативних прогнозів; безперервні моделі – для оцінки ефективності прогнозів, які подаються у кількісній формі.

Застосування моделей дозволяє вибрати найкращу із можливих господарських стратегій.

Фактичний ЕЕ – це результат використання окремих прогнозів, а також інформації про агрометеорологічні умови, що склалися за визначений календарний період. Ефект від окремого прогнозу може бути і позитивним і негативним. Тому сумарний фактичний ЕЕ від використання прогнозів за календарний період буде виражено різницею між сумарним виграшем від вдалив прогнозів та сумарними втратами від невдалив прогнозів.

Надійною оцінкою фактичного ЕЕ агрометеорологічних прогнозів та рекомендацій є метод польового досвіду та дослідження посівів. Урожайність, втрати і т. ін., отримані на полях, де технологія вирощування коректувалась з врахуванням ГМІ, порівнюються з цими ж показниками контрольної частки поля, де застосовувалась стандартна технологія і ЕЕ визначається з формули:

$$EE = K_y S (DUЦ - З) \quad (13.1)$$

де S – площа, на який урожай підвищився, га;

DU – прибавка урожаю завдяки будь якому заходу, проведеному з використанням прогнозу або рекомендаціям агрометеорологів, т/га;

$Ц$ – ціна закупівлі на продукцію, що визначається за прейскурантом, грн/т;

$З$ – витрати на проведення вказаних заходів плюс витрати на збирання додаткової продукції, грн/га.

K_y – коефіцієнт часткової участі гідрометеорологічної інформації у отриманому економічному ефекті (за звичай $K_y = 0,2 - 0,5$ в залежності від вкладу частки інформації);

При відсутності даних польових досліджень або про враховані втрати ЕЕ від застосування ГМІ може розраховуватись *розрахунково-*

нормативним методом. Нормативи уявляють собою середні характеристики втрат при відхиленні від фактичних термінів сівби та інших робіт від оптимальних. Вони виражені в абсолютних (т/га) або відносних (у % від максимального) показниках. Нормативи визначаються за даними зональних інститутів землеробства, сільськогосподарських дослідних станцій, дерсортодільниць.

Якщо для оцінки ЕЕ окремих видів ГМІ неможливо побудувати економіко-математичну модель, то можливе застосування не прямого методу, у тому числі і методу експертних оцінок для визначення сумарного вкладу ГМІ у сільськогосподарське виробництво. Для експертизи залучаються спеціалісти сільського господарства. Виявлення експертних оцінок виконується шляхом опитування та анкетування. Отримані дані обробляються статистичними методами. В загальному випадку сумарний ефект визначається з формули:

$$EE = \sum_{i=1}^m (EE_1 + EE_2 + + EE_m) + EE_n , \quad (13.2)$$

де m – кількість тих видів ГМІ, ефект яких треба розрахувати;

EE_1 – ефект від врахування першого виду інформації;

EE_2 – ефект від врахування другого виду інформації;

EE_n – постійна складова, яка відображає вклад постійних режимних матеріалів, і виражена часткою вартості вирощеної продукції та оцінюється непрямими методами.

Агromетeоролoгiчнi прoгнoзи тa рeкoмeндaцiї вміщують характеристику умов, що очікуються на великих площах і не враховують місцеві особливості. Тому у формулу по розрахунку ЕЕ запропоновано вводити поправочний коефіцієнт, який відображує міру справджуваності ($K_{оп}$) прогнозу (табл. 13.1)

Таблиця 13.1 – $K_{оп}$ для врахування економічного ефекту на справджуваність агromетeоролoгiчнiх прoгнoзiв тa рeкoмeндaцiй

Справджуваність прогнозів, %	90	85–89	80–84	75–79	70–74	65–69	65
$K_{оп}$	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0

З точки зору ЕЕ ефективності оцінюється гідрометeоролoгiчнa iнфoрмaцiя (ГМІ):

– синоптичні, гідрологічні прогнози, попередження про небезпечні явища та особливо небезпечні явища, всі види агрометеорологічних прогнозів, рекомендацій, довідок. Оцінка виконується методом польового досвіду або розрахунково-нормативним методом;

– кліматичні, гідрологічні агрометеорологічні, агрокліматичні показники. Оцінка їх виконується шляхом розрахунку середнього щорічного ефекту при районуванні території угідь з метою оптимального розміщення сільськогосподарських культур, при довготривалому плануванні та організації сезонних робіт, розрахунках кількості техніки та ін;

– поточна ГМІ – щоденні, декадні бюлетені, декадні таблиці ТСХ -1, маршрутні спостереження, аерокосмічні спостереження. Оцінка виконується методом експертних оцінок.

13.2 Рекомендації по розрахунках економічного ефекту при використанні агрометеорологічних прогнозів та довідок

13.2.1 Прогноз перезимівлі озимих культур

Прогноз про стан озимих зернових культур на початок відновлення вегетації дає можливість завчасно визначити площі підсіву чи пересіву, підготувати необхідну кількість кондиційного насіння та провести пересів в оптимальні строки. При розрахунках ЕЕ прогнозів перезимівлі використовується формула:

$$EE = (S - \bar{S})\Delta Y(\text{Ц} - 3)K_y K_{on} \quad (13.3)$$

де ΔY – різниця в урожаях ярої культури в наслідок різних термінів сівби, т/га;

Ц – ціна закупівлі однієї тони зерна ярої культури, грн;

3 – витрати на збирання однієї тони зерна (за середніми значеннями $3 = 400$ грн/т;

S – розрахована площа пересіву у поточному році.

Точність розрахунків за формулою (13.3) залежить здебільшого від правильності оцінки ΔY . Авторами методу розраховані втрати урожаю (%) основних сільськогосподарських культур при порушенні оптимальних термінів сівби та збирання (табл. 13.2) та при відхиленні термінів сівби озимих (табл. 13.3) від оптимальних..

При вирішенні питання про підсів або пересів озимих культур необхідно враховувати не тільки різницю у врожаях ярих і озимих, але і різницю в цінах закупівлі, а також витрати на пересів.

Таблиця 13.2 – Втрати врожаю сільськогосподарських культур при відхиленні від оптимальних термінів сівби

Культура	Вид роботи	Дні									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Озимі зернові	Сівба	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,3
Ярі зернові	Сівба	3,2	4,0	4,6	5,2	5,8	6,2	6,8	7,2	7,8	
Зернобобові	"	3,5	5,0	6,5	7,7	8,5	10	11	12	13	14
Кукурудза	"	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6
Цукрові буряки	"	2,9	3,8	4,5	5,1	5,7	6,5	7,2	7,9	8,7	9,4
Картопля	Посадка	2,7	3,1	3,7	4,2	4,7	5,2	5,8	6,5		
Огірки	"	2,9	3,8	4,7	5,6	6,4	7,2	8,9	9,3	10	12
Капуста	"	2,5	3,5	4,5	5,5	6,4	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5
Томати	"	3,0	4,1	5,2	6,3	7,3	8,3	9,2	10	11	

Витрати на пересів часто складають 200 – 300 грн/га. Умови економічної доцільності пересіву записуються:

$$U_o C_o < U_y C_y - Z_n \quad (13.4)$$

де індекс «о» відноситься до озимих, а індекс «я» – до ярих культур;

Z_n – витрати на пересів, грн/га.

Використовуючи прогноз перезимівлі озимих можна заздалегідь підготувати для пересіву необхідну кількість насіння вищого класу. Тоді завдяки цьому, зменшується норма висіву і тим самим економиться цінне зерно. При пересіві зерном вищого класу зберігається 10 % насіння, що дає додатковий економічний ефект приблизно у 20 – 28 грн/га.

У випадках, коли площа пересіву у поточному році менша за середню багаторічну, насіння для пересіву необхідно менше. ЕЕ при цьому буде:

$$EE = (\bar{S} - S)(I_c - I_z)K_y K_{on} \quad (13.5)$$

де N – норма висіву, кг/га;

I_c, I_z – собівартість насіння, грн/т

Таблиця 13.3 – Втрати урожаю (%) озимої пшениці при відхиленні термінів сівби від оптимальних

Природно-господарський район	Раніше оптимального дні						Пізніше оптимального, дні					
	30	25	20	15	10	5	5	10	15	20	25	30
Білорусія	36	32	24	18	11	6	5	9	13	17	22	27
Центральний чорноземний	–	–	14	10	6	3	4	10	17	25	35	–
Лісостеп України	30	25	20	15	10	5	5	10	16	22	29	35
Степ України	35	28	20	15	10	5	4	9	15	22	29	35
Сухий степ України	16	14	11	8	5	3	8	14	20	25	30	40
Північний Кавказ	25	20	16	11	8	4	4	8	12	16	20	25

13.2.2 Прогноз і інформація про запаси продуктивної вологи в ґрунті

Запаси вологи в ґрунті відіграють значну роль у формуванні урожаїв сільськогосподарських культур. Від величини запасів продуктивної вологи у ґрунті залежать також норми висіву насіння, його заглиблення, засоби обробітку ґрунту, внесення доз добрив або підживлення.

При недостатньому зволоженні ґрунту восени, в період сівби озимих культур на підставі значень запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту приймаються рішення про зменшення площ посівів озимих та збільшення площ під ярими культурами. ЕЕ цього рішення буде визначатись різницею в урожаєх озимих та ярих культур на тих полях, де була проведена заміна.

Величина запасів продуктивної вологи восени також враховується при плануванні снігозатримання, особливо в районах з малою кількістю опадів у холодну пору року. В районах, де восени було достатньо опадів і поля увійшли в зиму добре зволженими, зменшується обсяг робіт по снігозатриманню. Це дає економію у 15 – 200 грн на га.

При доброму зволоженні та глибокому промочуванні ґрунту необхідно проводити азотне підживлення. Наприклад, при звичайному зволоженні в області проводиться підживлення на 300 тис.га. В роки доброго зволоження агрометеорологи рекомендували підживити 450 тис.га. Вартість добрив 50 грн/т, або 15 грн/га. Витрати на внесення добрив становили 1,60 грн/га, витрати на збирання зерна – 44 грн/т.

Рекомендація агрометеорологів дозволила отримати додатково 45 тис.т ячменю, а додатковий чистий прибуток складає більше 1,9 млн. грн.

13.2.3 Прогнози оптимальних термінів сівби

Для кожної природно – кліматичної зони встановлені оптимальні терміни сівби сільськогосподарських культур. Але в кожному конкретному році під впливом погодних умов терміни сівби змінюються. Організації Державного департаменту гідрометеорології щорічно складають прогнози термінів сівби різних культур з врахуванням погодних умов, що складаються у поточному році.

Оцінка ефективності прогнозів термінів сівби виконується шляхом співставлення фактичного недобору врожаю за порушення оптимальних термінів сівби з можливими (розрахованими) недоборами при відхиленні прогнозованих термінів від дійсно оптимальних. Розрахунок виконується за формулою:

$$EE = \frac{(P_{\phi} - P_n)}{100} \cdot US(I - 3) \cdot K_y \quad (13.6)$$

де P_{ϕ} – втрати урожаю за рахунок відхилення термінів сівби у господарстві від оптимальних, %;

P_n – втрати урожаю за рахунок відхилення прогнозованих термінів сівби від дійсно оптимальних, %;

U – середній урожай у поточному році, т/га;

Для визначення P_{ϕ} необхідні дійсні оптимальні терміни сівби у поточному році та статистичні величини динаміки засіяних площ по п'ятиденках. Дійсний оптимальний термін сівби встановлюється у кожному поточному році на дослідній сільськогосподарській станції.

Величина P_n визначає справджуваність прогнозу термінів сівби.

Приклад. Розрахувати ЕЕ прогнозу термінів сівби озимих культур. Оптимальний термін сівби за даними ДС – перша п'ятиденка вересня. Фактично термін сівби тривав з четвертої п'ятиденки серпня по третю п'ятиденку вересня. Середні втрати зерна наведені у табл. 13.3.

Шляхом перемноження відсотків засіяної площі по п'ятиденках на відсотки середніх втрат зерна при відхиленні фактичних термінів від оптимальних розраховуються середні втрати зерна для області (табл. 13.4)

У відповідності з табл. 13.4

$$P_{\phi} = \frac{120 + 182 + 140 + 160 + 170}{100} = 7,62\%$$

Відхилення прогнозованих термінів сівби від дійсно оптимальних становило 5 днів у бік більш ранніх, що викликало втрати врожаю 7 %, (табл. 13.4).

Таблиця 13.4 – Посів озимих у поточному році для розрахунку P_{ϕ}

Показник	Серпень			Вересень		
	п'ятиденка			п'ятиденка		
	4	5	6	1	2	3
Динаміка сівби, %	6	14	20	30	20	10
Середні втрати урожаю у % від максимального	20	13	7	0	8	16
Втрати урожаю у порівнянні з оптимальним терміном сівби, %	120	182	140	0	160	160

Середня врожайність озимих зернових становила у поточному році 1,5 т/га, площа засіяна озиминою була 216 тис., а ціна закупівлі тони зерна становила 130 грн. За формулою (13.6) визначається ЕЕ прогнозу термінів сівби озимих культур у цілому по області:

$$EE = \frac{(7,62 - 7,0)}{100} \cdot 1,5 \cdot 216000(130 - 4) \cdot 0,5 = 126,6 \text{ тис.грн.}$$

Важливе значення мають також прогнози дат наступу фаз розвитку сільськогосподарських культур, оцінка агрометеорологічних умов, що склалися у будь-який період їх розвитку, уточнення доз азотних добрив з врахуванням гідрометеорологічних прогнозів. Прогнози умов збирання врожаю та прогнози величини самих врожаїв. ЕЕ цих прогнозів розраховується окремо за тими показниками, які використовуються у (13.1). Особливо цінними є прогнози врожайності сільськогосподарських культур з великою завчасністю. Для України розроблено метод оцінки ЕЕ агрометеорологічних прогнозів урожайності зернових культур І.Г. Грушкою. При наявності прогнозу урожаю розробляється оптимальна структура посівних площ за допомогою цільової функції:

$$D(S) = \max \left[\sum_{i=1}^n Y_i (C_i - 3_i) \cdot S_i \right] \quad (13.7)$$

де D – чистий прибуток з усієї площі вирощування культур;

Y_i – урожай i -тої культури;

C_i, Z_i – відповідно ціна закупівлі та витрати на вирощування та збирання культур.

Величина Z_i залежить від врожайності і зв'язана з нею співвідношенням:

$$Z_i = \frac{Z_i^1}{Y_i} \quad (13.8)$$

де Z_i^1 – витрати на одиницю площі, які залежать від врожайності і визначаються з формули:

$$Z_i = a_i + b_i \cdot Y_i \quad (13.9)$$

Коефіцієнти a_i та b_i у рівнянні (13.9) розраховані І.Г. Грушкою.

Таблиця 13.5– Параметри a_i та b_i рівняння (13.9)

Культура	Перший район		Другий район	
	a_i	b_i	a_i	b_i
Озима пшениця	30,0	5,19	28,8	9,0
Озиме жито	28,0	5,0	28,0	5,0
Яра пшениця	24,0	3,0	24,0	8,07
Ярий ячмінь	20,4	3,28	21,4	8,10
Овес	22,5	3,41	26,5	8,2
Кукурудза	37,9	7,1	40,1	7,5
Горох на зерно	31,0	1,32	36,0	2,22
Просо	27,0	3,62	32,5	3,33

До першого району відносяться області: Миколаївська, Одеська, Херсонська, Запорізька, Донецька. До другого – Лісостепові області України, окрім закарпатських гірських районів.

Бібліографічний список

1. Шульгин И.А. Растение и солнце.– Л.:Гидрометеоиздат. 1973. – 251 с.
- 2.Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. – Л.: Гидрометеоиздат. 1992. – 424 с.
3. Чирков Ю.И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. – Л.: Гидрометеоиздат. 1969. – 251 с.
4. Вериго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага (применительно к запросам сельского хозяйства). – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 317 с.
5. Вериго С.А.. Разумова Л.А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве. – Л.: Гидрометеоиздат. 1982. – 164 с.
6. Вериго С.А. Прогноз изменения запасов влаги в почве по периодам вегетации. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 301 с.
7. Алпатов А.М. Влагодоброходы в природе и их преобразования. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 322 с
8. Роде А.А Основы учения о почвенной влаге. Т.1. – Л.: Гидрометеоиздат, 1965. – 663 с.
9. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 372 с.
10. Зубенко Л.И. Испарение на континентах. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 263 с.
11. Саноян М.Г. Агрометеорологические и агрофизические принципы и методы управления влагообеспеченностью посевов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 296 с.
12. Процоров А.В. Оценка влагообеспеченности яровой пшеницы (овса, ячменя) в период вегетации. – В кн.: Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеоиздат, 1957
13. Процоров А.В., Ярошевский В.А. Краткое руководство к составлению декадных агрометеорологических бюллетеней. – Л.: Гидрометеоиздат. 1954.
14. Константинов А.Р., Астахова Н.И., Левенко А.А. Методы расчета испарения с сельскохозяйственных полей. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 126 с.
15. Шигелев А.А. Руководство для составления фенологических прогнозов (озимая рожь, озимая пшеница, яровая пшеница, плодовые культуры, древесные растения лесных насаждений). – М.: Гидрометеоиздат, 1957. – 195 с.

16. Шиголев А.А. Методика составления фенологических прогнозов. – Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеиздат, 1957.

17. Бабушкин Л.Н. Оценка влияния погоды на скорость развития хлопчатника и других сельскохозяйственных культур и методы прогнозов наступления основных фаз развития их в условиях Узбекистана. //Методические указания ЦИПа. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – Вып.16.

18. Зубарев Н.А. Скорость прорастания семян и сроки появления всходов зерновых культур при различных агрометеорологических условиях. – В. кн.: Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеиздат, 1957.

19. Грушка И.Г., Дмитренко В.П. О расчете ожидаемых сроков сева озимой пшеницы и оценка его эффективности. //Труды УкрНИГМИ, 1969. – Вып.8

20. Дмитренко В.П., Вилькенс А.А. О влиянии агрометеорологических условий весеннего периода на сроки и продолжительность посева ранних яровых зерновых на Украине. //Труды УкрНИИ Госкомгидромета. 1985. – Вып.205. – С. 34 – 37.

21. Шиголев А.А. Руководство для составления фенологических прогнозов (озимая рожь, озимая пшеница, яровая пшеница, плодовые культуры, древесные растения лесных насаждений). – М.: Гидрометеиздат, 1957. – 195 с.

22. Шиголев А.А. Методика составления фенологических прогнозов. – Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеиздат, 1957.

23. Бабушкин Л.Н. Оценка влияния погоды на скорость развития хлопчатника и других сельскохозяйственных культур и методы прогнозов наступления основных фаз развития их в условиях Узбекистана. //Методические указания ЦИПа. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – Вып.16.

24. Грушка И.Г., Дмитренко В.П. О расчете ожидаемых сроков сева озимой пшеницы и оценка его эффективности. //Труды УкрНИГМИ, 1969. – Вып.8

25. Дмитренко В.П., Вилькенс А.А. О влиянии агрометеорологических условий весеннего периода на сроки и продолжительность посева ранних яровых зерновых на Украине. //Труды УкрНИИ Госкомгидромета. 1985. – Вып.205. – С. 34 – 37.

26. Аникеева С.П. К методике прогнозирования фазы цветения яблони в северных и южных областях Узбекской ССР. //Труды САНИИ. 1977. – Вып. 40 (120).

27. Аникеева С.П., Сабина И.Г. Агрометеорологические показатели созревания винограда в Узбекистане. //Труды САНИИ. 1981. – Вып. 88 (169).

28. Краснянская В.П. О прогнозе сроков созревания помидоров на юге Дальнего Востока. // Труды ДВНИИ. 1974. – Вып.48.
29. Меладзе Г.Г. О методике долгосрочного прогноза созревания плодов мандарин и тунга. – Субтропические культуры, 1970. – Вып. 1 (105).
30. Побетова Т.А. Методика прогноза агрометеорологических условий произрастания помидоров.. Сб. методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеиздат, 1957.
31. Дмитренко В.П. Оценка влияния температуры воздуха и осадков на формирование урожая зерновых культур. Методическое пособие. – Л.: Гидрометеиздат, 1976, – 49 с.
32. Божко Л.Е. Влияние агрометеорологических условий на рост, развитие и формирование продуктивности сладкого перца на юге Украины // Автореферат дис....канд. наук, Одесса, 1989. – 19 с.
- 33.Божко Л.Ю., Пыхтина М.А. Влияние температуры воздуха на темпы развития баклажан и сладкого перца // Метеорология, климатология и гидрология. 1982. –Вып.18. –С. 97 – 102.
- 34.Гойса Н.И., Олейник Р.Н., Рогаченко А.Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 230 с.
35. Чирков Ю.И., Конторщикова О.М. Методическое пособие по составлению прогноза агрометеорологических условий и сроков наступления фаз развития кукурузы и сахарной свеклы.– Л.: Гидрометеиздат, 1962.
36. Абдуллаев Х.М. Агрометеорологические показатели темпов развития помидоров в Средней Азии. //Труды САНИИ. 1979. – Вып. 70 (151).
37. Абдуллаев Х.М. Агрометеорологические показатели темпов развития капусты в Средней Азии. //Труды САНИИ. 1980. – Вып. 83 (164).
38. Гольцберг И.А. Климатическая характеристика заморозков и методы борьбы с ними в СССР. // Труды ГГО. 1959. – Вып 17 (79).
39. Руденко А.И. Определение фаз развития сельскохозяйственных растений. Изд. Моск. Общества испытателей природы. – М.: 1950.
40. Максименкова Т.А. Способы расчета и оценки состояния озимых зерновых культур осенью на больших площадях. Метеорология и гидрология, 1976. Вып. 5. – С. 89 – 95.
41. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат. Том 1 и 2. 1984.
42. Конторщикова О.М. Методическое пособие по составлению прогноза средней областной урожайности сахарной свеклы в основной зоне возделывания. – М: Гидрометеиздат, 1970. – 20 с.

43. Конторщикова О.М., Чирков Ю.И. Оценка и прогноз агрометеорологических условий формирования урожая кукурузы и сахарной свеклы. Методические указания. – Л.: Гидрометеиздат. 1964. – 18 с.
44. Конторщикова О.М. Методическое пособие по оценке агрометеорологических условий роста сахарной свеклы в нечерноземной зоне ЕТС. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 11 с.
45. Поляков И.Я., Доронина Г.М., Макарова Л.А. Прогноз фаз динамики популяций лугового мотылька и сигнализации сроков борьбы с ним. (Методические указания). – Л.: ВНИИЗР. 1987. – 39 с.
46. Макарова Л.А. Погода и болезни культурных растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 144 с.
47. Макарова Л.А., Доронина Г.М. Агрометеорологические предикторы прогноза размножения вредителей сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 212 с.
48. Вольвач В.В. Моделирование влияния агрометеорологических условий на развитие колорадского жука. – Л.: Гидрометеиздат. 1987. – 239 с.
49. Максименкова Т.А. Способы расчета и оценки состояния озимых зерновых культур осенью на больших площадях. Метеорология и гидрология, 1976. Вып. 5. – С. 89 – 95.
50. Грудева А.Я. Методическое пособие по прогнозированию состояния озимой пшеницы и озимой ржи ко времени прекращения вегетации в черноземной зоне ЕТС. – М.: Гидрометеиздат, 1974. – 28 с.
51. Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 283 с.
51. Личикаки В.М. Перезимовка озимых культур. –.: Колос., 1974.
52. Куперман Ф.М., Моисейчик В.А. Вызревание озимых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1981, – 214 с.
53. Свисюк И.В. Погода, интенсивная технология и урожайность озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат. 1989. – 226 с.
54. Страшный В.Н. Методическое указание по прогнозированию качества зерна озимой пшеницы. – М.: Гидрометеиздат, 1987. – 14 с.
55. Киндрук Н.О. Методические указания по составлению прогноза формирования урожайных качеств семян озимой пшеницы. Изд. СГИ. Одесса. 1989. – 15 с.
56. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 156 с.
57. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и продуктивность озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат. 1984. – 296 с.
58. Польовий А.М. Методи експериментальних досліджень в агрометеорології. Одеса. “ТЄС”, 2003. – 246 с.

59. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат. 1988. – 318 с.
60. Пасечнюк А.Д. Методика прогноза интенсивности полегания посевов ячменя (в нечерноземной зоне Европейской территории РСФСР). //Труды ИЭМ. 1974.– Вып. 5(49).
61. Пасечнюк А.Д., Гончарова Л.И., Филенко В.А. Влияние метеорологических условий на устойчивость озимой пшеницы к полеганию. //Труды ИЭМ. 1979. – Вып. 12(90).
62. Пасечнюк А.Д. Методические указания по составлению прогноза полегания озимой ржи в нечерноземной зоне России. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. –26с.
63. Пасечнюк А.Д. Погода и полегание зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. -212с.
64. Комаров В.Д. Вопросы теории и расчета снегового половодья небольших равнинных рек. //Труды ЦИП, 1957. – Вып. 50. – С. 6 – 12.
65. Лубнин М.Г. Методическое пособие по оценке и прогнозу агрометеорологических условий в периоды сева и уборки урожая зерновых культур.– Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 53 с.
66. Процеров А.В. Погода и уборка комбайном зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1962.
67. Дмитренко В.П., Вилькенс А.А. О влиянии агрометеорологических условий весеннего периода на сроки и продолжительность посева ранних яровых зерновых на Украине. //Труды УкрНИИ Госкомгидромета. 1985. – Вып.205. – С. 34 – 37.
68. Свисюк И.В. Контроль за ходом изменения влажности зерна озимой пшеницы и ярового ячменя в процессе их созревания. //Метеорология и гидрология. – 1984. – Вып. 7. – С. 96 – 101.
69. Лубнин М.Г., Деревянко А.Н., Пятовская Л.К. и др. Методы прогнозов оптимальных сроков начала полевых работ и сева ранних яровых зерновых культур. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. Т.1.– Л.: Гидрометеиздат, 1962. – С.16 – 29.
70. Лубнин М.Г. Влияние агрометеорологических условий на работу сельскохозяйственных машин и орудий. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 117 с.
71. Давитая Ф.Ф. Теплообеспеченность вегетационного периода и сезонное развитие природы. –Л.: Гидрометеиздат, 1964.-98с.
72. Щерба С.В. Эффективность минеральных удобрений. – М.: Госхимиздат, 1953.
73. Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрения и урожай. – М.: Колос. 1977. – 221 с.
74. Федосеев А.П. Агротехника и погода. – Л.: Гидрометеиздат, 1979.
75. Федосеев А.П. Погода и эффективность удобрений. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 144 с

76. Кулик М.С. Погода и минеральные удобрения. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 138 с.
77. Шостак З.А., Федосеев А.П. Влияние влажности почвы на эффективность летней подкормки азотом зерновых культур. //Труды ИЭМ. 1976. – Вып. 9 (68).
78. Коровин А.И. Роль температуры в минеральном питании растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 281 с.
79. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології. Вид «ТЄС». – Одеса. 2003. – 400 с.
80. Цубербиллер Е.А. Агроклиматическая характеристика суховеев. – Л.: Гидрометеиздат, 1959 с.
81. Зоидзе Е.К. Погода, климат и эффективность труда в земледелии. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 244 с.
82. Методические рекомендации по оценке экономического эффекта от использования гидрометеорологической информации в сельскохозяйственном производстве. – М.: Гидрометеиздат, 1981. – 46 с.
83. Методические указания по проведению оперативных испытаний новых методов агрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. –101 с.

Зміст	Стр.
Вступ	3
1 Основні види та форми гідрометеорологічної інформації	8
1.1 Агromетеорологічні показники та їх розрахунки	10
1.1.1. Промениста енергія	10
1.1.2 Температура повітря і ґрунту	16
1.1.3 Вологість повітря	28
2 Фенологічні прогнози	35
2.1 Наукові основи методів фенологічних прогнозів	35
2.2 Прогнози фаз розвитку пізніх ярих культур	38
2.3 Метод прогнозів фаз розвитку плодкових культур	43
3 Прогнози запасів продуктивної вологи та вологозабезпеченості сільськогосподарських культур	46
4 Прогнози появи шкідників і хвороб сільськогосподарських культур	68
4.1 Прогноз фаз динаміки популяцій лугового метелика та термінів боротьби з ним	68
4.2 Прогноз появи та розвитку колорадського жука	79
4.3. Прогноз строків розвитку колорадського жука для визначення оптимальних строків проведення хімічного обробітку картоплі	82
5 Методи прогнозів перезимівлі озимих культур	85
5.1 Морфологічна характеристика стану озимих культур восени	85
5.2 Морозостійкість озимих культур в залежності від агromетеорологічних умов	87
5.3 Агromетеорологічні умови перезимівлі озимих культур та закономірності їх формування	88
5.4 Вплив попередників на перезимівлю озимої пшениці	84
5.5 Прогноз критичної температури вимерзання озимих культур	96
5.6 Методи довгострокових прогнозів перезимівлі та стану озимих зернових культур навесні	100
5.6.1 Метод прогнозу вимерзання озимих культур	102
5.6.2 Метод прогнозу умов перезимівлі по території України	104
5.6.3 Метод прогнозу загибелі озимих культур від пошкодження льодовою кіркою	110
5.6.4 Методи прогнозу вимерзання озимих культур на великих площах	113
5.6.5 Метод прогнозу випрівання озимих культур	115

5.6.6 Метод прогнозу випрівання озимих культур на великих площах	117
5.7 Комплексний метод довгострокових прогнозів перезимівлі озимих культур на великих площах	119
5.8 Оцінка агрометеорологічних умов у районах затоплення рослин ранньою весною	123
6 Агрометеорологічні умови формування якості насіння зернових культур	125
6.1 Вплив погодних умов на вміст білка та клейковини в зерні озимої пшениці	125
6.2 Методика розрахунку врожайної якості зерна озимої пшениці	128
6.3 Оцінка агрометеорологічних умов накопичення цукру у коренеплодах цукрових буряків	133
6.4 Прогноз агрометеорологічних умов накопичення цукру в коренеплодах цукрових буряків	137
7. Довгострокові прогнози врожаїв озимих зернових культур	139
7.1 Мінливість врожаїв зернових культур	139
7.2 Довгострокові прогнози врожаїв озимої пшениці	142
7.2.1 Метод прогнозу врожаїв озимої пшениці для території України (метод В.П. Дмитренка)	143
7.2.2 Метод прогнозу врожаїв озимої пшениці у головних районах вирощування	146
7.3 Оцінка агрометеорологічних умов формування продуктивності та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за динамічною моделлю А.М. Польового	152
7.3.1 Наукові основи методу прогнозу	152
7.3.2 Методика складання прогнозу	153
8 Прогноз інтенсивності полягання зернових культур	159
8.1 Прогноз полягання посівів ячменю	161
8.2 Прогноз полягання озимої пшениці	164
9 Оцінка і прогноз агрометеорологічних умов у період сівби та збирання зернових культур	167
9.1 Розрахунок тривалості танення снігу та відтанення верхнього шару ґрунту	167
9.2 Прогноз початку польових робіт з завчасністю 10 – 15 днів	171
9.3 Оцінка агрометеорологічних умов проведення польових робіт	174
9.4 Прогноз агрометеорологічних умов збирання зернових культур	176
9.5 Розрахунок вологості зерна і соломи та проростання	

зерна у валках	178
9.6 Оцінка очікуваних агрометеорологічних умов роботи комбайну	180
9.7 Розрахунок кількості втрат зерна за збирання в несприятливих агрометеорологічних умовах	181
9.8 Розрахунок середніх втрат врожаю по області	182
10 Метод прогнозу забезпеченості теплом вегетаційного періоду	185
10.1 Наукове підґрунтя методу	185
10.2 Прогноз забезпеченості теплом вегетаційного періоду	185
10.3 Прогноз тривалості вегетаційного періоду	189
11 Методи прогнозу оптимальних доз азотного живлення для зернових культур	191
11.1 Встановлення оптимальних доз азотного живлення під ярі зернові культури	193
11.2 Метод прогнозу оптимальних доз весняного живлення озимих культур	194
11.3 Метод прогнозу літнього азотного підживлення зернових культур	195
12 Методи прогнозів оптимальних режимів зрошення зернових культур	198
12.1 Метод прогнозу вологозарядкових поливів озимих культур	198
12.2 Метод прогнозу норм зрошення зернових культур на вегетаційний період	204
12.3 Прогноз оптимальних термінів та норм поливів основних зернових культур	206
13 Оцінка економічної ефективності від використання гідрометеорологічної інформації у сільськогосподарському виробництві	210
13.1 Загальні положення	210
13.2 Рекомендації по розрахунках економічного ефекту при використанні агрометеорологічних прогнозів та довідок	213
13.2.1 Прогноз перезимівлі озимих культур	213
13.2.2 Прогноз і інформація про запаси продуктивної вологи в ґрунті	215
13.2.3 Прогнози оптимальних термінів сівби	216
Бібліографічний список	219

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

БОЖКО ЛЮДМИЛА ЮХИМІВНА

БАРСУКОВА ОЛЕНА АНАТОЛІЇВНА

"АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ"

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір офісний
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

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

Навчальне видання

БОЖКО ЛЮДМИЛА ЮХИМІВНА

БАРСУКОВА ОЛЕНА АНАТОЛІЇВНА

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ

Конспект лекцій

Підписано до друку 30.07.10 р. Формат 60х84/16
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 13,25. Наклад 50 прим.
Замовлення 480

Видавництво та друкарня "ТЕС"
(Свідоцтво ДК № 771) Одеса, Канатна 81/2
Тел.: (0482)42-90-98, (0482)42-89-72

Надруковано з готового оригінал-макета

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