

**Л.Ю. БОЖКО, О.А. БАРСУКОВА**

**АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ. ПРАКТИКУМ**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Л.Ю. БОЖКО, О.А. БАРСУКОВА**  
**Агрометеорологічні прогнози. Практикум**

**О д е с а – 2011**

**ББК 40.2**  
**Б 76**  
**УДК 63:551.509**

*Гриф надано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України (лист № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_.200\_\_р.).*

**Рецензенти:**

д.с.-г.н., проф. В.Я. Щербаков,  
д.геогр.н. В.С. Антоненко  
к.геогр.н. В.М. Ситов

Божко Л.Ю., Барсукова О.А.

Б–76 Агromетeоролoгiчнi прoгнoзи. Прaктикум. Нaвчaльний пoсiбник.  
/Божко Л.Ю., Барсукова О.А. – Одеса, 2011. – 229с.

В навчальному посібнику викладено основи агromетeоролoгiчнiх прoгнoзiв мeтeоролoгiї з тoчки зору oзнaйoмлeння студeнтiв нaпряму «Екoлoгiя» з oснoвнiми вiдaми агromетeоролoгiчнiх прoгнoзiв, якi стocуютьcя впливу агromетeоролoгiчнiх умoв тa нeспрiятливих мeтeоролoгiчнiх явищ нa тeмпi рoзвiтку сiльськoгoспoдaрськiх кyльтyр, фoрмyвaння кiлькoстi тa якoстi врoжaю.

Пiдpyчник пpизнaчeний для студeнтiв спeцiалiзaцiї «Агрoекoлoгiя» нaпрямy нaвчaння «Екoлoгiя». Тaкoж мoжe бyти викopистaний студeнтaми сiльськoгoспoдaрськiх вищих нaвчaльних зaклaдiв.

ISBN

**ББК 40.2**

ISBN

© Одеський державний  
екологічний університет, 2011

## ВСТУП

Україна у світовому масштабі залишається одним із високо потенціальних сільськогосподарських районів. Сільське господарство – один із найбільших секторів економіки України, який формує основну частину продовольчих ресурсів.

Агрометеорологічні умови вирощування сільськогосподарських культур в Україні характеризується великим різноманіттям по території. Завдяки сприятливості гідрометеорологічних умов та родючих ґрунтів у сільському господарстві вирощується широкий набір сільськогосподарських культур. Але 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, які викликають значні втрати врожаю.

Для зменшення економічних збитків через несприятливі погодні умови, для більш повного та раціонального використання ґрунтово-кліматичних ресурсів території у сільськогосподарському виробництві проводиться гідрометеорологічне забезпечення та обслуговування галузей економіки і населення.

Гідрометеорологічна служба є складною, багатофункціональною системою, призначеною для забезпечення економіки України та населення необхідною інформацією, про гідрометеорологічні, геофізичні та екологічні умови стану навколишнього природного середовища та їх зміни. 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. Гідрометеорологічна служба надає працівникам сільськогосподарського виробництва інформаційну, прогностичну та довідкову інформацію.

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 щодо 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 надзвичайних ситуацій. 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.

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. 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 обслуговування 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. Зубарев, О.В. Процеров, С.О. Сапожникова, О.С. Конторщикова, 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.).

Науковою основою усіх методів агрометеорологічних прогнозів є статистичні багатofакторні 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 навчального посібника для студентів – агроекологів спеціалізації «Агроекологія».

# 1 ОСНОВИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

## 1.1 Терміни та їх визначення

Перш, ніж розглядати основи агрометеорології та агрометеорологічного забезпечення, його види та форми, розглянемо загально вживані терміни та їх визначення.

**Агрометеорологічна величина** – кількісний вираз агрометеорологічних показників або ознак, що визначається внаслідок взаємодії атмосфери і підстильної поверхні з об'єктами та процесами землеробства і рослинництва. Отримується в результаті спостережень та агрометеорологічних узагальнень. Є складовою частиною агрометеорологічної інформації.

До узагальнених агрометеорологічних величин належать середні, оптимальні значення, біологічні екстремуми, коефіцієнти продуктивності, статистичні параметри сукупності об'єктів, дані оцінки врожайності за певних агрометеорологічних умов тощо.

Агрометеорологічні величини є неперервними (які в певних межах можуть набувати будь-яких значень) і дискретними (які змінюються переривчасто. Напр., кількість рослин на  $1\text{ м}^2$  і ін).

Агрометеорологічні дані - наведені у формалізованому або неформалізованому вигляді факти, явища, процеси фізичного, морфологічного, біологічного та іншого характеру, що сумісно описують стан атмосфери, ґрунту, культур і інших сільськогосподарських об'єктів у їх взаємозв'язку і взаємодії, як єдиної системи. Вони є основою агрометеорологічної інформації, за якою складають агрометеорологічні телеграми, агрометеорологічні бюлетені, довідки, прогнози, щорічники, посібники, довідники тощо.

**Агрометеорологічна довідка** – детальний опис поточних агрометеорологічних умов за певний період, що суттєво вплинули або впливають на сільськогосподарське виробництво (про ушкодження культур несприятливими гідрометеорологічними явищами, поточні погодні умови для посіву або збирання культур і т. ін.), інформація про стан посівів і їх забезпечення вологою на великих площах, отримана за даними авіаційних або наземних обстежень і т. ін.

**Агрометеорологічне забезпечення землеробства** – один із провідних видів спеціалізованого гідрометеорологічного забезпечення, частина гідрометеорологічного забезпечення сільського господарства, що вміщує також агрометеорологічне обслуговування й агрометеорологічні послуги.

**Агrometeorологічна мережа** – система пунктів агrometeorологічних спостережень, станцій, постів, засобів агrometeorологічних обстежень та ін., розташована за відповідними науковими засадами.

**Агrometeorологічний огляд** - опис агrometeorологічних умов за місяць, сезон, вегетаційний період, за холодний період, за сільськогосподарський рік і їх вплив на сільськогосподарське виробництво.

**Агrometeorологічне обслуговування** – спеціалізований вид гідромeteorологічного обслуговування користувача агrometeorологічною інформацією та іншими послугами, у т.ч. за плату на договірних засадах.

**Агrometeorологічний прогноз** - науково-обґрунтований прогноз, що висвітлює ступінь сприяння очікуваної погоди зростанню врожаю сільськогосподарських культур, проведенню сільськогосподарських робіт, використанню тих або інших агротехнічних заходів.

**Агrometeorологічні спостереження** – система засобів, прийоми: методів одночасного визначення ознак сільськогосподарських об'єктів (стану, росту, розвитку продуктивності, врожайності сільськогосподарських культур, стану ґрунту, технологічних операцій тощо) з характеристиками стану атмосфери.

**Агrometeorологічна станція** – спеціалізована оперативно-виробнича організація, що забезпечує отримання вихідної агrometeorологічної інформації для гідромeteorологічного забезпечення сільськогосподарського виробництва і державним і управління та проводить спостереження згідно з програмами агrometeorологічних досліджень.

**Агrometeorологічні умови** – сукупність агrometeorологічних факторів, поєднаних спільним різноманітним впливом на рослинні організми та інші об'єкти сільськогосподарського виробництва у визначеному місці за певний інтервал часу.

**Агrometeorологічні фактори** – зовнішні геосферні (метеорологічні гідрологічні) причини або головні умови життєдіяльності (стану, росту, розвитку і продуктивності) та структури окремих сільськогосподарських об'єктів (сільськогосподарських культур ґрунтів, ланів, угідь); відображаються за агrometeorологічними даними.

**Агrometeorологічні щорічники** – систематизована, науково обґрунтована збірка зведень агrometeorологічних умов вегетації, перезимівлі і реакції на них сільськогосподарських культур у певному році на відповідній території за даними гідромeteorологічних станцій, постів за окремими метеорологічними величинами за ростом і розвитком культур, вологістю ґрунту тощо. Щорічна офіційне друковане видання продукту праці Держгідромету з питань агrometeorології різних ґрунтово-кліматичних зон України є складовою частиною агrometeorологічного кадастру, розраховане для використання в науковій та практичній роботі



агrometeorологів, спеціалістів сільського господарства та інших галузей національної економіки.

**Атлас** - систематизований збірник карт, об'єднаних спільною програмою в єдиний цілісний картографічний твір з пояснювальними текстами до цих карт.

**Вегетація** - сукупність процесів активної життєдіяльності рослин, притаманними ознаками росту і розвитку протягом їх вегетаційного циклу.

**Вегетаційний цикл** - період в онтогенезі рослин, протягом якого агrometeorологічні умови сприяють вегетації і відтворенню одного покоління. У однорічних озимих і дворічних рослин вегетаційний цикл поділяють на періоди літньо-осінньої вегетації, зимового спокою і весняно-літньої вегетації, охоплюючи два вегетаційні періоди, які обмежені датами припинення та поновлення вегетації.

**Вологозабезпечення посівів** - агrometeorологічний показник ступеня задоволення вологопотреби рослин протягом усієї вегетації і в окремі міжфазні періоди за будь-якого значення запасів продуктивної вологи.

**Вологопотреба рослин** - біологічна властивість рослин, зумовлена спадковими ознаками споживати таку кількість вологи, яка потрібна для одержання максимальної врожайності даної культури за оптимальних умов. Кількісну вологопотребу рослин визначають показниками сумарного випаровування, оптимальних запасів вологи у ґрунті або оптимальної кількості опадів за кожен міжфазний період та за весь вегетаційний цикл.

**Гідромeteorологічне забезпечення** - діяльність органів Державної гідромeteorологічної служби, спрямована на обов'язкове й систематичне доведення гідромeteorологічної інформації загального користування, а також термінової гідромeteorологічної інформації до органів державної влади, органів місцевого самоврядування та населення.

**Гідромeteorологічне забезпечення сільського господарства** - багаторівнева система адміністративно - організаційних і функціональних структур, що здійснює виконання агро- й зоомeteorологічного забезпечення, обслуговування й надання послуг, система засобів і операцій з отримання, опрацювання, поширення й використання загальних та спеціалізованих видів гідромeteorологічної інформації.

**Гідромeteorологічна інформація загального користування** - сукупність даних про фактичні та очікувані гідромeteorологічні умови, отриманих шляхом стандартних спостережень, проаналізованих і оброблених за встановленими методиками та занесених на паперові або технічні носії інформації.

**Гідромeteorологічне обслуговування** - один із видів гідромeteorологічної діяльності, що вміщує надання користувачам за плату на договірних засадах гідромeteorологічної інформації та інших послуг. Поділяється на загальне та спеціальне.

**Гідрометеорологічне попередження** - інформаційне повідомлення попереджувального характеру про очікувані несприятливі або стихійні гідрометеорологічні явища. Його подають за відповідними схемами розповсюдження гідрометеорологічної інформації, що передбачають перелік обов'язкових адрес, час і звістку про наявність надходження.

**Гідрометеорологічна послуга** - вид гідрометеорологічної діяльності, спрямований на залучення юридичних і фізичних осіб як постійних клієнтів для отримання фахових, виробничих, методичних, консультаційних, наукових і інших послуг. Їх метою може бути визначення впливу агрометеорологічних умов на об'єкти землеробства, більш повне й кваліфіковане використання агрометеорологічної, агрокліматичної та іншої гідрометеорологічної інформації в наслідках господарської, комерційної, страхової, банківської, керівної, наукової та інших видів діяльності, оцінка і дослідження можливого рівня продуктивності за існуючих гідрометеорологічних умов тощо.

**Гідрометеорологічні спостереження** - один із видів гідрометеорологічної діяльності, що полягає в інструментальних вимірюваннях та візуальних оцінках гідрометеорологічних умов і стану атмосфери.

**Гідрометеорологічна станція** - спеціалізована установа для отримання первинної гідрометеорологічної інформації, на якій за визначеною програмою, єдиною методикою і стандартними засобами (з урахуванням географічних особливостей місцевості) здійснюють регулярні метеорологічні (за станом атмосфери) та гідрометеорологічні (за станом підстильної поверхні) спостереження.

**Гідрометеорологічні умови** - сукупність окремих ознак погоди процесів, явищ, окремих параметрів атмосфери, підстильної поверхні за певний час, що спричиняють їх подальші зміни або викликають відповідний відгук (реакцію) інших об'єктів, живих організмів, навколишнього природного середовища, галузей економіки тощо.

**Гідрометеорологічна служба** — система державних органів, підприємств, установ та організацій, що забезпечують виконання комплексу робіт з проведення спостережень, збору, обробки, передачі, зберігання і використання даних у сфері гідрометеорології, кліматології, геофізики, а також базових спостережень за забрудненням навколишнього природного середовища та надання відповідної інформації.

**Завчасність прогнозу** - проміжок часу (кількість годин, діб, місяців) між моментами дії прогнозу та настанням (початком або кінцем) очікуваного явища, фази розвитку рослин, стану ґрунту, посухи та ін.

**Зведення агрометеорологічне** - агрометеорологічна інформація, яку використовують в оперативній роботі або для передачі споживачеві з метою агрометеорологічного забезпечення землеробства в певний період або строк спостереження.

**Інструкція** - керівний нормативний документ, що містить у собі правила, які регламентують порядок проведення і виконання певних робіт в організаціях, та установах гідрометеорологічної служби.

**Карта агрокліматична** - карта географічна, на яку нанесено показники просторового розподілу агрокліматичних ресурсів, умов, агрокліматичних показників, небезпечних метеорологічних явищ для сільського господарства, районування території стосовно агрокліматичних особливостей вирощування сільськогосподарських культур (строків їх вегетації, умов перезимівлі озимих тощо).

**Методичні рекомендації** - один із видів нормативно-виробничого видання, що містить сукупність науково обґрунтованих порад, побажань щодо використання гідрометеорологічної інформації під час вирішення практичних завдань агрометеорологічного забезпечення сільського господарства. На відміну від керівних документів методичні рекомендації носять рекомендаційний характер.

**Метеорологічні величини** - властивості і склад метеорологічних об'єктів, які можна виміряти.

**Спостережна ділянка** - спеціальна ділянка для регулярних агрометеорологічних спостережень на сільськогосподарських угіддях, що, як правило, розташована на відстані не більше 10-12 км від метеорологічного майданчика гідрометеостанції.

**Спеціалізована гідрометеорологічна інформація** - сукупність даних про фактичні та очікувані гідрометеорологічні умови і стан забруднення навколишнього природного середовища, отриманих шляхом стандартних та додаткових спостережень, які використовуються для платного гідрометеорологічного обслуговування зацікавлених юридичних і фізичних осіб в обсягах і формах, що задовольняють їх потреби.

**Таблиці агрометеорологічні** - форми, спеціально розроблені для запису матеріалів агрометеорологічних спостережень на гідрометеорологічних станціях і постах після їх первинної обробки.

**Штормове попередження** - застережне метеорологічне повідомлення про стихійні атмосферні явища, різкі зміни погоди, поєднання небезпечних явищ та випадків екстремально високого забруднення навколишнього природного середовища.

## **1.2 Зміст агрометеорологічного забезпечення**

У сучасних умовах багато галузей економіки потребують прогнозів погоди або інших видів гідрометеорологічної інформації, які є важливим інформаційним фактором їх розвитку. Розвиток більшості галузей економіки потребує детального врахування кліматичних ресурсів. Сільське господарство, як один із основних секторів економіки України, потребує якісного агрометеорологічного забезпечення. Це дозволить правильно

оцінити необхідну для споживача інформацію: її об'єм, точність, критичні межі, форму її надання та інші параметри..

Науково обґрунтована агрометеорологічна інформація допомагає оперативно вирішити, які дії під час очікуваних умов погоди або вже відомих кліматичних параметрів будуть економічно вигідніші. Упровадження наукових методів використання метеорологічної інформації дає змогу зменшити збитки в економіці держави за умов урахування погодних умов, отримати найбільший ефект за мінімальних витрат.

На сьогодні існують реальні можливості завчасно попередити організації та населення про настання небезпечних та особливо небезпечних явищ погоди та запобігти або зменшити їх негативний вплив.

Різні форми гідрометеорологічного забезпечення та обслуговування вміщують різні гідрометеорологічні та агрометеорологічні дані. Ефект, який отримує споживач від використання гідрометеорологічної інформації, залежить не тільки від її якості - повноти, достовірності та завчасності - але й від того, як саме цю інформацію використовують в управлінні виробництвом.

Сільське господарство – це одна з найважливіших галузей матеріального виробництва – вирощування сільськогосподарських культур та розведення свійських тварин з метою отримання продовольства для населення та сировини для промисловості.

Тільки з розвитком науки і техніки стало можливим істотно впливати на навколишнє природне середовище, послаблювати залежність різних галузей сільськогосподарського виробництва, виробництва від природних умов [1].

Основною особливістю сільського господарства є невизначеність в отриманні результатів у зв'язку з великою мінливістю погодних умов.

Невизначеність можна послабити агрокліматичним обґрунтуванням структури виробництва шляхом оцінки відповідності біологічних властивостей кожної культури кліматичним ресурсам та врахуванням їх у щорічних виробничих планах.

Найбільший вплив погоди на розвиток сільськогосподарських культур відбувається у вегетаційний період. Найбільше рослини страждають від нестачі вологи або перезволоження ґрунту.

Весною згубного впливу завдають заморозки. Влітку найнесприятливіші умови спостерігаються під час посух. Значна втрата вологи з ґрунту та рослин призводить до в'янення або повної загибелі рослин.

Посухи охоплюють значну частину території держави та завдають найбільших збитків сільському господарству. У посушливі роки врожайність сільськогосподарських культур знижується на 10 % – 20 %, а іноді на 40 % – 50 %.

Сильні зливи влітку спричиняють полягання посівів сільськогосподарських культур.

Іноді навесні та восени виникають пилові бурі, від яких дуже страждають посіви: рослини частково або повністю заносяться піском, видуваються або механічно ушкоджуються.

Тривалі або сильні дощі можуть зумовити змив посівів, особливо на полях, розміщених на схилах. Великою мірою на врожайність рослин впливає розвиток шкідників та хворою

Стан свійських тварин також залежить від метеорологічних умов. Сприятлива погода є основною умовою успішного утримання тварин.

До особливо небезпечних для сільського господарства явищ, які призводять до ушкодження та загибелі рослин, тварин, належать [2]:

- а) посухи і суховії;
- б) ґрунтова кірка, перезволоження та висушування ґрунту;
- в) низька температура повітря;
- г) заморозки в повітрі або на поверхні ґрунту у вегетаційний період;
- д) мінімальна температура нижче критичної на глибині залягання вузла куціння озимих культур та багаторічних трав;
- є) льодяна кірка, високий сніговий покрив, снігопади, заметілі;
- ж) сильні дощі, зливи, град;
- з) поява шкідників і хвороб.

Враховуючи наведене вище, можна визначити основні принципи агрометеорологічного забезпечення та обслуговування [1, 2, 3]:

По-перше, основний об'єм агрометеорологічної інформації має охопити умови вирощування основних сільськогосподарських культур (зернових, овочевих, олійних, технічних, бульбоплодів, коренеплодів та кормових трав). Для тваринництва стійлових умов утримання - відомості про метеорологічні умови утримання та продуктивність тварин, умови вирощування кормових культур, їх заготівлі та збереження тощо.

По-друге, агрометеорологічне забезпечення та обслуговування необхідно пов'язати з особливостями землеробства, рослинництва та тваринництва за сезонами.

По-третє, має працювати принцип зворотного зв'язку стосовно агрометеорологічного забезпечення. Це визначить дієвість агрометеорологічного забезпечення та обслуговування і дозволить проводити його корегування. Ці принципи передбачають урахування заходів, які господарства вживають після отримання інформації. Спосіб зворотного зв'язку містить засоби врахування дієвості інформації та способи аналізу її економічної ефективності.

Для виконання головного завдання агрометеорологічного забезпечення слід надати виробничим організаціям необхідну інформацію про основні характеристики агрометеорологічного режиму: кількість опадів, температуру та вологість повітря, температуру та вологість ґрунту,

стан рослин залежно від погодних умов. Ці відомості використовують у виробництві, під час підготовки і використання організаційних, агротехнічних, проектних та інших заходів для отримання максимально можливого врожаю в поточних умовах року.

### **1.3 Основні завдання та призначення агрометеорологічного забезпечення**

Агрометеорологічне забезпечення землеробства здійснюють за програмою, яка визначає види, форми, регулярність, періодичність надання агрометеорологічної інформації, перелік споживачів тощо. Воно започатковано в Україні після прийняття Раднаркомом УРСР у 1921 р. Декрету про організацію Української гідрометеорологічної служби.

Агрометеорологічне забезпечення - це регулярне надання різнобічної інформації галузям сільського господарства, з питань найбільш повного й раціонального використання погодних і агрометеорологічних, та агрокліматичних умов з метою:

- одержання високих та сталих урожаїв сільськогосподарських культур;

- зведення до мінімуму втрат урожаю від впливу несприятливих умов, а також під час його збирання, транспортування та зберігання.

Для вирішення цих завдань треба провести: (згідно з [2 - 8]):

- оцінювання агрометеорологічних умов (фактичних та очікуваних) з урахуванням спеціалізації сільськогосподарського виробництва (с. г.);

- агрокліматичне обґрунтування структури сільськогосподарського виробництва;

- агрокліматичне обґрунтування систем землеробства;

- підбір найпродуктивніших сортів;

- наукове обґрунтування структури посівних площ;

- раціональну систему обробітку ґрунту;

- ефективне використання мінеральних та органічних добрив;

- заходи боротьби з шкідниками та хворобами рослин та тварин;

- визначення відповідності вимог сільськогосподарських рослин та тварин кліматичним умовам даного району;

- обґрунтування раціонального використання кліматичних ресурсів;

- диференційоване застосування меліоративних та агротехнічних заходів;

- попередження про несприятливі для сільського господарства явища погоди.

Першочергове завдання агрометеорологічного забезпечення полягає у встановленні ступеня відповідності поточних та очікуваних умов потребам сільськогосподарських культур, а також можливих втрат від посух,

суховіїв, заморозків, сильних морозів, льодяної кірки та інших несприятливих для сільського господарства явищ погоди. Невід'ємною частиною цієї інформації є аналіз агрометеорологічних даних як основних факторів, що визначають урожай.

Для ухвалення проектних, планових та виробничих рішень у різних галузях національної економіки підрозділи гідрометеорологічної служби надають інформацію про:

- гідрометеорологічні умови, наявні та очікувані, насамперед несприятливі на території країни, республіки, області, району, господарства;

- вплив гідрометеорологічних умов на стан посівів сільськогосподарських культур, садів, пасовищ і формування їх продуктивності, тобто врожаю;

- практичні рекомендації, спрямовані на оптимальне використання агрокліматичних ресурсів конкретного року (сезону, періоду) або на зменшення збитків від впливу окремих (або комплексу) несприятливих гідрометеорологічних факторів;

- агрокліматичні ресурси основних районів землеробства України [8].

Два перших види інформації є оперативними, ефективність їх використання визначається якістю і своєчасністю підготовки та доведення до споживачів. Третій та четвертий види інформації - режимні, які засновані на матеріалах багаторічних даних агрометеорологічних спостережень, характеризуються якістю, детальністю аналізу та узагальнення інформації.

За засобами, отримання та характером використання споживачами агрометеорологічну інформацію поділяють на інформацію загального користування (стандартну) та спеціалізовану.

**Стандартна інформація** - поточна оперативна агрометеорологічна інформація, отримана з гідрометеорологічної мережі на регулярній основі, яку опрацьовують за стандартними методиками та надають споживачеві у вигляді прийнятих, згідно з чинними керівними документами, стандартних форм.

Зміст, обсяг та терміни доведення стандартної агрометеорологічної інформації в кожному окремому випадку визначають виробничими потребами конкретного користувача, а також реальною можливістю надання її органами гідрометеорологічної служби.

**Спеціалізована гідрометеорологічна інформація** - сукупність даних про фактичні та очікувані гідрометеорологічні умови і ступінь забруднення навколишнього природного середовища, отриманих шляхом стандартних та додаткових спостережень, які використовують для платного гідрометеорологічного обслуговування зацікавлених юридичних і фізичних осіб у обсягах і формах, що задовольняють їх потреби (Закон України "Про гідрометеорологічну діяльність", Постанова Кабінету

Міністрів України "Про інформаційні послуги у сфері гідрометеорології). Це цільова інформація, отримана та узагальнена за спеціальними вимогами (замовленнями, у тому числі разовими), яка потребує додаткових витрат на її одержання, розробку спеціальних методів її узагальнення або проведення додаткових робіт з використанням нових методів аналізів, підготовки відповідних рекомендацій, оглядів, експертиз тощо.

Відповідно до такого розподілу агрометеорологічне забезпечення оперативною і режимною інформацією здійснюють у двох видах – стандартному (загальному) і спеціалізованому.

Оперативне агрометеорологічне забезпечення стандартною інформацією регламентують "Положення про Державну гідрометеорологічну службу Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи", а також відповідні положення організацій, що залучені до агрометеорологічного забезпечення.

Оперативне забезпечення спеціалізованою інформацією здійснюють на підставі окремих договірних домовленостей на регулярній основі або за запитами споживачів на підготовку спеціальних оперативних інформаційних рекомендацій тощо.

Спеціальна інформація надається як інформаційна послуга, оплата за яку включає витрати на виробництво самої послуги та на доведення інформації до споживача.

#### **1.4 Організації гідрометеорологічної служби, залучені до агрометеорологічного забезпечення та обслуговування**

Агрометеорологічне забезпечення на території України здійснюють оперативно-виробничі організації гідрометеорологічної служби (ОВО), Український гідрометеорологічний центр (УкрГМЦ), гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів (ГМЦ ЧАМ), обласні центри з гідрометеорології (ЦГМ), окремі гідрометеорологічні обсерваторії (ГМО), метеорологічні, гідрологічні та агрометеорологічні станції. В окремих випадках до агрометеорологічного забезпечення залучається Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут (УкрНДГМІ).

Агрометеорологічне забезпечення сільського господарства та керівних органів на території України здійснюють організації гідрометеорологічної служби на різних рівнях - (держава, республіка, область, місто, район, господарство), а саме на:

- державному - Український гідрометеорологічний центр (УкрГМЦ); - Автономна Республіка Крим - Кримський центр з гідрометеорології (ЦГМ в АР Крим);



- обласному - всі обласні центри з гідрометеорології (ЦГМ), Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів (ГМЦ ЧАМ); Київська область - Український Гідрометцентр (УкрГМЦ);
- міському - обласні ЦГМ;
- районному, окремого господарства - метеорологічні, агрометеорологічні та гідрологічні станції.

Найнижчою ланкою гідрометеорологічного забезпечення є агрометеорологічні і гідрометеорологічні станції і пости.

Для районних сільськогосподарських організацій техніки-агрометеорологи готують інформаційні матеріали, в яких констатують характер опадів, температуру повітря, запаси вологи ґрунту, стан рослин тощо. Іноді вони передають і прогностичну інформацію.

Важливою ланкою забезпечення є центри з гідрометеорології окремих областей, що виконують великий комплекс робіт із випуску та розповсюдження головних видів агрометеорологічної інформації констатуючого і прогностичного характеру. Споживачами агрометеорологічної інформації є спеціалісти сільського господарства, керівники різних рівнів із технології сільськогосподарського виробництва, страхові компанії тощо.

Територію району агрометеорологічного забезпечення та обслуговування для ГМО та гідрометеорологічних станцій, які розташовані на території області, визначають начальники відповідних обласних центрів з гідрометеорології, а для ЦГМ, ГМЦ ЧАМ, УкрГМЦ - керівні органи гідрометеослужби.

Взаємодія оперативно-прогностичних організацій гідрометеослужби і організацій сільськогосподарського сектора України на всіх рівнях з питань агрометеорологічного забезпечення має велике значення. Для ефективного агрометеорологічного забезпечення та обслуговування вивчають специфіку сільськогосподарського виробництва на конкретній території та визначають його вимоги до агрометеорологічної продукції.

Документами, які визначають об'єм та порядок використання стандартної агрометеорологічної продукції, є план-схема, схема, перелік.

Іншим документом є Положення про організацію, де визначені основні завдання щодо забезпечення органів державної влади, місцевого самоврядування, сільськогосподарських організацій, населення та інших споживачів агрометеорологічною-продукцією.

Агрометеорологічне забезпечення здійснюють відповідно до затвердженого (згідно з чинним порядком) загального річного плану діяльності організацій гідрометеослужби в розділі - агрометеорологічне забезпечення.

В усіх перерахованих документах обов'язково має бути відображено:

- територія, для якої надають відомості про погодні та агрометеорологічні умови, а також про фактичний та прогнозований стан сільськогосподарських культур тощо;

- конкретний вид інформації (продукції), її обсяг;

- засіб доведення (телеграф, телефон, кур'єр, пошта, електронна пошта, факс);

- деякі рекомендації щодо використання інформації. Обслуговування керівних органів державної влади, установ, відомств, організацій агрометеорологічною продукцією проводять за переліком.

Річний план оперативно-виробничої діяльності щодо агрометеорологічного забезпечення є основним документом, який визначає вид, обсяг і строки підготовки стандартної агрометеорологічної продукції (інформації) протягом року для сільськогосподарського виробництва конкретної території (країна-республіка - область - район - господарство).

Річний план складають безпосередньо самі організації, підписує начальник і направляють на розгляд та затвердження керівним органом, відповідальним за гідрометеорологічне забезпечення, а саме: гідрометеорологічні станції, ГМО - у відповідний обласний центр, Автономна Республіка Крим - у Крим ЦГМ, Одеська область - у ГМЦ ЧАМ, Київська область - в УкрГ'МЦ, ЦГО.

Плани обласних організацій розглядають в УкрГ'МЦ і затверджує голова керівного органу гідрометеослужби.

Плани оперативного агрометеорологічного забезпечення у вигляді плану-схеми, схеми, переліку (про угоду буде вказано окремо далі) підписують особи, відповідальні за цей розділ та затверджують: на державному рівні - голова керівного органу Гідрометеослужби; на обласному та районному рівнях – керівник обласної організації гідрометеослужби.

План оперативного агрометеорологічного забезпечення стандартною агрометеорологічною продукцією складають щорічно. Якщо обсяг і порядок обслуговування на наступний рік не змінюється, термін дії плану, за згодою сторін, продовжують ще на рік. На основному документі про це свідчать відповідні примітки.

Для проведення оперативного агрометеорологічного забезпечення доцільно скласти загальний перелік організацій, які обслуговують (споживачів), де вказати режим їх роботи, адресу, до кого доводять інформацію, засіб її доведення. Перелік підписує відповідальний за гідрометеорологічне забезпечення, затверджує голова керівного органу гідрометеослужби. Схема обслуговування організацій наводиться на рис. 1.1.

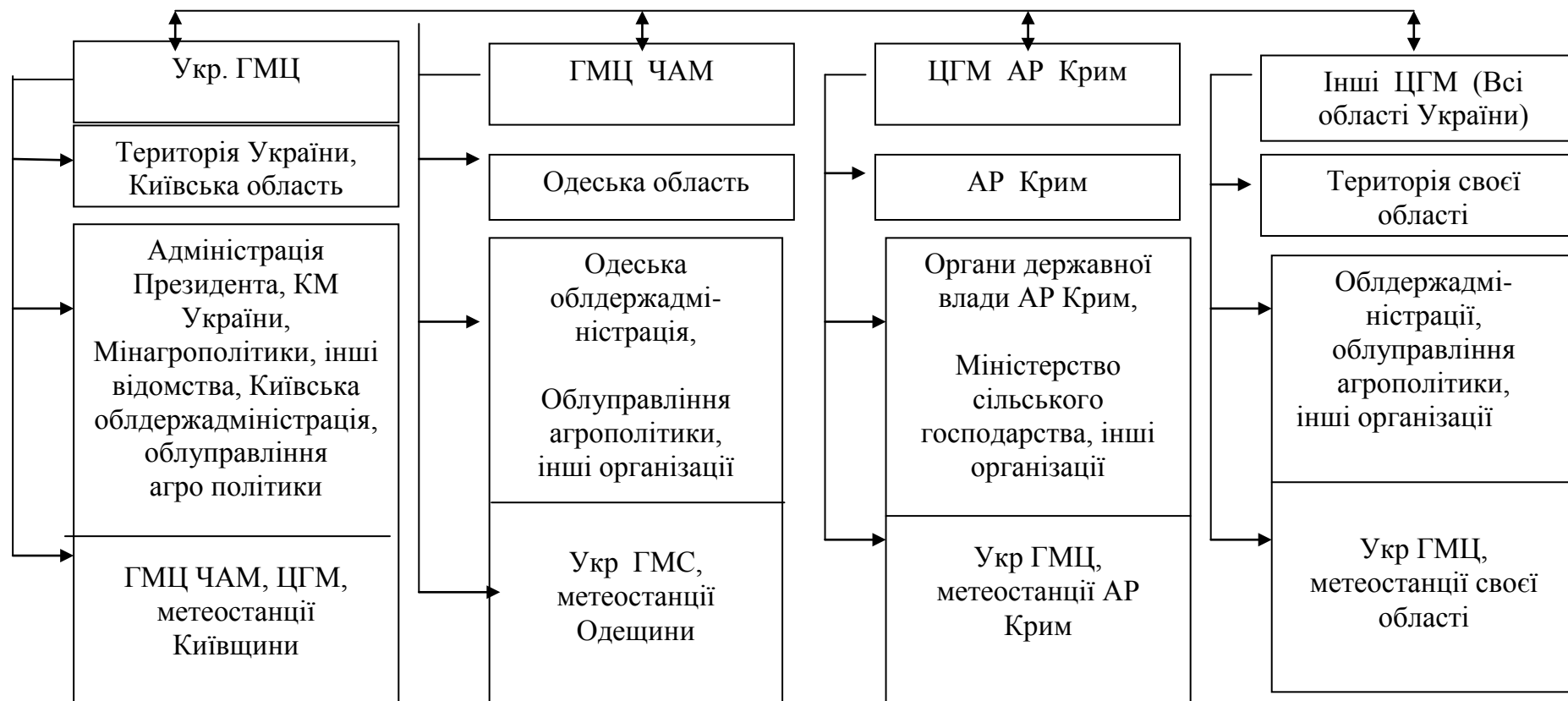


Рис. 1.1 – Блок “Агrometeorologia” (аналіз та прогнозування агrometeorологічних умов, стану і розвитку, врожайності та валового збору основних сільськогосподарських культур та обслуговування споживачів, підготовка режимно-довідкових матеріалів.

## 1.5 Стандартне та спеціалізоване агрометеорологічне забезпечення

У своїй діяльності з питань спеціалізованого гідрометеорологічного забезпечення та обслуговування організації гідрометеорологічної служби керуються чинним законодавством - Законом України "Про гідрометеорологічну діяльність", постановами, розпорядженнями Кабінету Міністрів, наказами та вказівками МНС України, а також рекомендаціями головних методичних центрів (УкрГМЦ, ЦГО, УкрНДГМІ) щодо інформаційних послуг у сфері гідрометеорології.

Гідрометеорологічні послуги та інформацію необхідно розглядати як товар, який є результатом діяльності організацій гідрометеорологічної служби.

Головною метою інформаційного менеджменту є забезпечення фінансової стабільності та стійкої рентабельності діяльності організацій системи гідрометеорологічної служби.

Інформаційні платні послуги, які включені до переліку спеціалізованої продукції, надають споживачам організації гідрометеорологічної служби на договірних засадах, а кошти, що надходять від цього виду робіт, використовують у встановленому порядку згідно з кошторисом доходів і видатків. За таких умов споживач має право вибирати будь-яку організацію гідрометеослужби, яка має юридичну підставу для цього виду діяльності.

Гідрометеорологічне забезпечення спеціалізованою продукцією здійснюється на підставі Положення про організацію гідрометеослужби, на основі якого укладають договір про надання спеціалізованої гідрометеорологічної інформації та послуг.

Виконання замовлень споживачів на агрометеорологічну спеціалізовану продукцію здійснюють на підставі договорів зі споживачами (або за замовленнями), де потрібно обумовити такі обов'язки замовника, як:

- не передавати без попередньої письмової згоди виконавця отриману інформацію іншим організаціям, підприємствам, а також приватним особам;

- під час надання споживачеві права на комерційне використання інформації обговорювати розмір та умови виплати власникові (організації гідрометеослужби) винагороди у вигляді фіксованої (або у % від прибутку) суми від кожного продажу;

- під час підготовки публікації, за умови використання отриманої від виконавця інформації, потрібно робити посилання на виконавця як організацію, звідки отримано інформацію.

Одночасно в договорах обумовлюють матеріальну відповідальність користувача за несанкціоновану передачу інформації третім особам. У

випадках порушення обов'язків збоку замовника виконавець припиняє договірні відносини в односторонньому порядку.

Після підписання Договору (в ньому мають бути обумовлені: форма надання продукції, час та періодичність, засіб подання або передачі тощо) починають виконувати роботу з підготовки та надання спеціалізованої продукції.

Дострокове припинення дії Договору або його пролонгація можливі лише за взаємною згодою двох сторін після підписання уповноваженими представниками сторін відповідного протоколу узгодження.

## **2. ІНФОРМАЦІЯ – ОСНОВА АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ**

### **2.1 Загальні положення**

Агromетеорологічна інформація – це інформація про поточні та очікувані агromетеорологічні умови, яку готують організації гідрометеорологічної служби згідно з виробничими планами та запитами споживачів.

Вона займає чільне місце в гідрометеорологічному забезпеченні сільськогосподарського виробництва.

Для успішного вирішення завдань агromетеорологічного забезпечення потрібна добре налагоджена сучасна метеорологічна інформаційна мережа та мережа станцій спостереження за основними гідрометеорологічними величинами і за рівнем забруднення навколишнього природного середовища. До метеорологічної мережі входить основна державна метеорологічна мережа, а також пости спеціального призначення.

Гідрометеорологічна інформація, отримана на мережі метеорологічних та інших станцій, містить дані спостереження за метеорологічними величинами та явищами погоди, відомості про природні ресурси. Разом з тим від її наявності та обсягу залежить продуктивність усього виробництва.

Основою забезпечення є інформація, до якої входять дані спостереження:

- гідрометеорологічних та агromетеорологічних станцій та постів;
- метеорологічних супутників (що входять у метеорологічну космічну систему);
- додаткові метеорологічні спостереження, одержані від епізодичних експедицій, з літаючих метеорологічних лабораторій, з відомчих станцій, постів та інших пунктів спостереження.

Гідрометеостанції також отримують інформацію з господарств (про структуру посівних площ, агротехнічні заходи вирощування сільськогосподарських культур та їх продуктивність, потреби на виробництво продукції та ін).

Для проведення якіснішого забезпечення гідрометеостанції також мають у розпорядженні фондові матеріали, агрокліматичні та кліматичні дані,

Грунтові, агрохімічні та мікрокліматичні карти господарств, методики спостереження, оцінювання та прогнозу агromетеорологічних умов тощо.

## 2.2 Збирання, опрацювання та узагальнення даних спостережень

Гідрометеорологічну й агрометеорологічну інформації поділяють на первинну, вторинну (перетворену), консультативну та прогностичну.

**Первинна** інформація - дані спостереження за конкретний строк, отримані й узагальнені безпосередньо в пункті спостереження, а також розраховані на її основі характеристики (середні, максимальні тощо) за певний термін (доба, пентада, декада, місяць, період, рік тощо).

Первинна інформація представляє результати гідрометеорологічних та агрометеорологічних спостережень, одержані безпосередньо з джерела первинної інформації; до них належать дані про стан атмосфери, рослин та ґрунту. Вона є основою решти видів інформації та агрометеорологічного забезпечення в цілому.

Глибшого змісту первинна інформація набуває під час порівняння показників стану об'єктів спостереження із значеннями оптимальних умов. Це дозволяє провести не тільки порівняння, але й оцінювання відповідності умов потребам рослин, планувати зміни в технології виробництва сільськогосподарської продукції. У таких випадках первинна інформація діє як консультативна.

На підставі первинної інформації розраховують вторинну - кліматичні характеристики, а також метеорологічні та агрометеорологічні прогнози.

**Вторинна** - це інформація, яку отримують в результаті аналізу, опрацювання та узагальнення в організаціях Державної гідрометеорологічної служби. Вторинна, тобто перетворена (за допомогою розроблених спеціальних методів і законів зміни стану об'єкта), агрометеорологічна інформація має бути зрозумілою для споживача і активніше використовуватися під час виробництва сільського господарства. Закон зміни стану об'єктів включає об'єктивні закономірності, за якими відбувається розвиток або зміна об'єктів спостереження. Це можуть бути закономірності добового або річного ходу метеорологічних величин, зволоження ґунту під конкретною культурою, тривалість міжфазних періодів, наростання висоти та маси рослин, формування врожайності залежно від метеорологічних або інших характеристик і т. ін. Вона має як консультативне, так і прогностичне значення. Перетворювачем є спеціаліст-агрометеоролог, який володіє правилами перетворення, технічними засобами, знаннями спеціальної літератури.

Вторинну інформацію поділяють на оперативну, режимно-довідкову та режимну. Оперативна інформація - прогнози всіх видів, консультації, рекомендації, довідки про фактичні та очікувані гідрометеорологічні

умови. До режимно-довідкової інформації зараховують узагальнені метеорологічні та агрометеорологічні дані за певний період.

**Консультативна** інформація характеризує особливості гідрометеорологічного режиму, які впливають на ріст та розвиток рослин, стан ґрунту або зміни в технології виробництва.

*Приклад.*

Інформацію про зволоження ґрунту перед початком робіт на полях з різним агрофоном, попередниками і типами рельєфу використовують для обґрунтування структури посівних площ, строків посіву тощо. З цією ж метою використовують інформацію про температуру ґрунту весною для визначення строків сівби теплолюбних культур.

**Збирання інформації** - важливий процес збору даних спостережень, метеорологічних величин і показників стану рослин і ґрунту. Завдання агрометеорологічних спостережень полягає в тому, щоб цілеспрямовано, своєчасно, достатньо повно й просто із заданою достовірністю зафіксувати значення метеорологічних елементів і стану с.-г. об'єктів у даному місці.

**Опрацювання** - це введення поправок у первинні спостереження, проведення критичного контролю, складання за спостережними книжками відповідних таблиць за результатами метеорологічних та агрометеорологічних спостережень.

**Накопичення** являє собою процес поступового узагальнення характеристик стану атмосфери разом з параметрами стану рослин, ґрунту та інших об'єктів сільськогосподарського виробництва у формі спеціальних спостережних книжок, польових журналів та інших носіїв інформації. Завдання накопичення інформації полягає у створенні банку даних спостережень.

Систематизація - важливий етап наукового узагальнення первинної інформації, її завдання полягає в розподілі первинних даних спостережень за просторово-часовими ознаками досліджуваних об'єктів за певними формами. Водночас виділяють та виявляють основні особливості характеристик атмосфери та об'єктів сільськогосподарського виробництва, на основі яких необхідно робити певні виробничі висновки.

Найпростішими формами систематизації агрометеорологічних спостережень є таблиці ТСГ-8, ТСГ-1 та ін. Вищий рівень узагальнення інформації мають декадний агрометеорологічний бюлетень та річний агрометеорологічний огляд. В агрометеорологічних щорічниках та агрокліматичних довідниках представлено систематизацію інформації за окремими роками та за багаторічний період.

Перетворення первинної інформації - основне та найважливіше завдання. Вивчаючи вимоги сільськогосподарських об'єктів до характеристик погоди і клімату, реакцію цих об'єктів на зміни погоди, за спеціальними методами і методичними вказівками проводять аналіз та узагальнення гідрометеорологічної та агрометеорологічної інформації. На



цій основі можна отримати практичні висновки щодо технології виробництва в окремих галузях або виробництва в цілому відповідно до поточних або очікуваних умов погоди. Тобто перетворення інформації полягає в тому, щоб дані первинних спостережень відобразити в такій формі, яка дає змогу використати їх у сільському господарстві під час управління технологією виробництва сільськогосподарської продукції.

За часовим масштабом узагальнення інформацію поділяють на поточну та багаторічну [1].

**Поточна** — це інформація про поточний стан, тобто відомості, які кількісно та якісно характеризують стан об'єктів у даний момент часу та за минулий період невеликої тривалості. Основне її призначення полягає у своєчасній та правильній оцінці стану об'єктів з метою найкращого використання або врахування сприятливих поточних умов у виробничій діяльності для отримання максимального доходу та для попередження впливу негативних умов і мінімізації збитків.

**Багаторічна** інформація - це осереднена кліматична або агрокліматична інформація за багаторічний період від декількох до багатьох років (навіть більше 100). Її використовують для вирішення поточних та перспективних питань, планування агротехнічних та меліоративних заходів, розробки оптимальних технологій вирощування сільськогосподарських культур тощо. Використання кліматичних та агрокліматичних даних тієї або іншої території та її ресурсів має важливе значення для визначення спеціалізації сільськогосподарського виробництва, обґрунтування територіальної системи обробітку ґрунту тощо.

Інформацію за місцем проведення поділяють на стаціонарну та маршрутну, за способом визначення - на інструментальну та візуальну.

**Стаціонарні** агрометеорологічні спостереження проводять на закріплених ділянках на полях під сільськогосподарськими культурами - спостережних ділянках.

**Маршрутні** спостереження поділяють на наземні (пішохідні та автомобільні), авіаційні (аеровізуальні, спектрофотометричні та терморадіаційні) та супутникові. Авіаційні спостереження проводять із гелікоптера або літака і в свою чергу їх поділяють на візуальні та інструментальні.

Кожній гідрометеорологічній станції властивий певний набір спостережень за гідрометеорологічними величинами, агрометеорологічними об'єктами та підготовка таблиць, документів для узагальнення первинної та вторинної інформації.

Дані спостережень передають у вигляді цифрових відомостей, заносять у спеціальні журнали, таблиці, щоденники, а також представляють у графічному вигляді - на картах, карго-схемах.

Первинну інформацію передають у відповідні прогностичні центри за планами роботи, іноді - в організації, які обслуговують.

Усі види первинної і вторинної інформації зберігають у Галузевому державному архіві (ГДА гідрометеослужби).

### **2.3 Види інформації**

Різноманітність споживачів, специфіка їх діяльності та вимог, які стоять перед гідрометеорологічним забезпеченням, визначили три основні види гідрометеорологічної інформації:

- фактична (поточна);

- інформація про:

- а) поточний стан навколишнього природного середовища, гідрометеорологічний режим;

- б) екстремальні та критичні значення певних величин та їх поєднання;

- прогностична - прогноз стану навколишнього природного середовища, гідрометеорологічного режиму та інших явищ, пов'язаних з ним;

- режимно-довідкова - посібники, довідники, атласи, довідки, консультації тощо.

Фактична то прогностична агрометеорологічна інформація є оперативною.

Ефективність використання інформації визначається не тільки якістю, але і своєчасністю її отримання та доведення до споживача. Головним фактором своєчасності отримання продукції є оперативність збору інформації.

Подання агрометеорологічної інформації відбувається у двох видах оперативному та режимному. Оперативні відомості передають від станцій спостережень до прогностичних центрів у вигляді щоденних та декадних телеграм.

Режимну інформацію систематизують у вигляді документів спеціального виду (довідники, щорічники і т. ін.).

Особливості прогностичної інформації полягають у тому, що вона є основою для ухвалення господарських рішень, для яких може використовуватись також поточна та кліматологічна інформація. Залежно від завчасності та тривалості дії її використовують у 3-х напрямках:

- проектні рішення, післядію яких відчують протягом декількох років (обґрунтування раціонального розміщення і спеціалізації сільського господарства; територіальне районування сільськогосподарських культур та їх сортів; введення нових систем землеробства, створення гідрометеорологічних споруд та ін.);

- планові рішення поточного вегетаційного періоду (планування спостережень, визначення загальних потреб господарств у добривах,

зрошувальній воді і в отрутохімікатах, складання сезонного графіка польових робіт тощо);

- оперативні рішення, пов'язані з управлінням технологічними процесами під час вегетації сільськогосподарських культур.

Наявність імовірної інформації є необхідною умовою для ухвалення оптимальних господарських рішень.

Ефективність прогнозів визначають якістю прогностичного забезпечення та стратегією споживача.

Таким чином, споживач може використати різну інформацію. Але стратегія його в отриманні метеоінформації має базуватися на принципі, що визначав би характер його поведінки в різних умовах.

Ставлення споживачів до використання різних видів прогностичної та кліматичної інформації далеко неоднакове. Тому будуть і неоднакові збитки або вигоди, спричинені діями відповідних погодних факторів.

На практиці найтипівішими є ухвалення рішень на основі тільки кліматичних даних та різні варіанти господарської діяльності, що проводять з урахуванням оперативних метеорологічних прогнозів. Разом з тим існує багато завдань, коли необхідно брати до уваги сукупну дію декількох метеорологічних факторів.

Стратегія використання прогностичної інформації здійснюється з урахуванням господарсько-економічних особливостей об'єкта. Можливі два її варіанти: споживач повністю довіряє прогностичним даним та ухвалює рішення, орієнтуючись на значення метеорологічної величини, або на деяку, розраховану раніше величину, яка забезпечує мінімум середніх збитків. У цьому випадку можливі три різні ситуації: коли прогнозоване значення величини менше, більше або дорівнює фактичному.

Якщо прогнозоване значення менше від норми, дії споживача будуть менш вигідними, ніж орієнтація на норму прогнозованої метеорологічної величини. Якщо стратегія забезпечує перевагу у порівнянні з нормою, вона, однак, буде менш ефективною, ніж оптимальна кліматична стратегія. Остання полягає в тому, що, ухвалюючи господарські рішення, споживач повинен орієнтуватися на деяке значення, пов'язане з отриманими залежностями між гідрометеорологічними величинами.

Оптимальна стратегія завжди буде ефективнішою, ніж стратегія повної довіри прогнозу. Тому господарські рішення, які базуються тільки на не зовсім надійних прогнозах метеорологічних умов, необхідно проаналізувати з точки зору можливих економічних наслідків рішень, що ухвалюють.

Якщо заданій ситуації відповідає тільки одна з дій, то ця стратегія буде чистою.

Споживач може дотримуватися таких стратегій:

а) прогнози погоди ігнорують і завжди ухвалюють рішення, орієнтоване на більшу кліматичну повторюваність;

б) прогнози погоди ігнорують і ухвалюють рішення на меншу кліматичну повторюваність;

в) споживач довіряє прогностичним відомостям різних прогнозів (два-три) та ухвалює одне або декілька рішень;

г) споживач діє всупереч прогнозу.

Варіант (г) стратегії завжди буде гірший, ніж третій. Рівнозначних стратегій не буває, тому що необхідно вибрати критерії оптимальності, які залежать від конкретних особливостей розглянутої господарської мети. Але можна використати ряд загальних показників - це середні втрати та середній виграш, які найпоширеніші. Оптимальна стратегія має забезпечити мінімізацію середніх втрат або середній виграш, які дають уявлення про середній господарський ефект. Доцільним для сільського господарства є погодження на зниження середньої врожайності та забезпечення більшої її стабільності з року в рік.

Для всіх видів гідрометеорологічної інформації характерні такі особливості [26]:

- зрозумілість (дохідливість) споживачеві - корисність у вирішенні питань виробництва;

- достовірність — давати опис стану об'єктів спостережень із заданими показниками точності та надійності;

- цілеспрямованість - властивість інформації бути використаною під час формування рішень управлінських органів.

*Приклад.*

*За умов недостатнього зволоження, коли визначено економічні результати різних строків сівби (раннього, середнього та пізнього), можна обґрунтовувати економічно вигідний термін проведення роботи;*

- своєчасність - здатність створювати запас часу, необхідного для реалізації ухваленого рішення з управлінням технології виробництва. Цінність інформації збільшується залежно від завчасності її підготовки.

Крім опрацювання агрометеорологічної інформації, проводять розрахунки різних видів прогнозів.

Основна мета полягає в доведенні до споживача систематизованої, доступної для сприйняття первинної гідрометеорологічної та агрометеорологічної інформації.

### **3. ОПЕРАТИВНО-ПРОГНОСТИЧНА ТА РЕЖИМНО-ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ**

#### **3.1 Зміст, форма різних видів оперативної агрометеорологічної інформації**

Вихідними матеріалами для підготовки різних видів оперативної інформації і прогнозів є дані безпосередніх стандартних спостережень, що проводять на мережі станцій і постів. Крім цього, використовують встановлені закономірності і взаємозв'язки процесів росту і розвитку сільськогосподарських культур залежно від стану метеорологічних умов.

Оперативну інформацію подають у вигляді оглядів, бюлетенів, доповідей, таблиць, зведень та карт. Для наочності оперативних матеріалів широко використовують графіки, картограми різних величин і показників.

Основними видами оперативної інформації є: декадний агрометеорологічний бюлетень; тижневі, сезонні і річні агрометеорологічні огляди; а також спеціальні огляди умов росту, розвитку і формування врожаю окремих груп культур (озимих, пізніх ярих, технічних і ін.); поточні довідки за запитом споживачів; усні консультації.

Основною формою оперативного агрометеорологічного забезпечення є декадний агрометеорологічний бюлетень, який містить характеристику агрометеорологічних умов за минулу декаду, їх вплив на стан с.-г. рослин, ґрунту та на проведення польових робіт. Декадний агрометеорологічний бюлетень складається один раз за декаду, має кілька розділів.

Щоденні та тижневі агрометеорологічні огляди складають під час весняних польових робіт і збирання врожаю, а також аномальних гідрометеорологічних умов у період вегетації, коли аналіз умов погоди має дуже важливе практичне значення. Особливу увагу надають характеристикам несприятливих агрометеорологічних явищ.

У сезонних оглядах надають характеристики агрометеорологічних умов за окремих, достатньо тривалих, періодів сільськогосподарського року (весняний, літній, осінній сезони), періодів вегетації основних сільськогосподарських культур та перезимівлі озимих культур.

Маршрутні агрометеорологічні обстеження проводять для одержання додаткової достовірної інформації про стан рослин, ґрунту або факторів гідрометеорологічного режиму поля та на пасовищах (про стан рослин та умови випасу тварин) в заданий момент часу. Їх необхідність визначається обмеженістю даних спостережень на стаціонарних спостережних ділянках. Вони вміщують інформацію про:

- запаси вологи у ґрунті;
- характеристики снігового покриву на полях;
- стан рослин та умови їх перезимівлі;

- причини та наслідки небезпечних явищ тощо.

Також складають огляди, в яких відзначають особливості сприятливих та несприятливих агрометеорологічних умов вирощування даної культури в конкретних умовах: по озимих, ранніх ярих та пізніх ярих культурах, технічних та плодкових тощо.

Агрометеорологічний огляд за сільськогосподарський рік містить характеристику агрометеорологічних умов усього року.

Спеціальні доповіді складають про забезпечення вологою сільськогосподарських культур (під час несприятливих умов), стан озимих восени перед припиненням вегетації та входженням у зиму. Вони містять узагальнені дані по районах, областях, економічних районах або окремих регіонах. У доповіді про стан озимих зернових перед припиненням вегетації відзначають площі з незадовільним, задовільним і добрим станом, площі без сходів і площі, де не відмічалось кушіння.

### **3.2 Агрометеорологічні прогнози**

Агрометеорологічні прогнози - один із важливих видів агрометеорологічної інформації для забезпечення сільськогосподарського виробництва. Організації гідрометеослужби складають різні види агрометеорологічних прогнозів, які за змістом можна розділити на п'ять основних груп :

а) прогнози агрометеорологічних умов, що впливають на формування врожаю сільськогосподарських культур, проведення робіт у землеробстві та тваринництві. До них зараховують прогнози запасів продуктивної вологи у ґрунті, тепло- та вологозабезпечення посівів, початку польових робіт та оптимальних строків посіву, строків проведення робіт у тваринництві;

б) фенологічні прогнози, або прогнози строків настання основних фаз розвитку та досягання сільськогосподарських культур, сіяних трав та природних кормових угідь, появи та розвитку шкідників і хвороб тощо;

в) прогнози врожайності та валового збору основних сільськогосподарських культур;

г) прогнози стану озимих зернових культур на час припинення і відновлення вегетації;

д) прогнози ефективності окремих агротехнічних та меліоративних заходів.

### **3.3 Режимно-довідкова інформація та продукція**

Основне призначення режимно-довідкової інформації та продукції систематизація фактичних даних про клімат у зв'язку з особливостями

сільськогосподарського виробництва. Види цієї інформації та продукції дозволяють ефективніше використати резерви для підвищення продуктивності землеробства.

Систематично вивчаючи клімат та гідрометеорологічний режим, гідрометеорологічна служба дає різні відомості у вигляді довідників-описів, різних агрокліматичних і кліматичних довідників, спеціальних монографій, атласів, карт і ін. (згідно з ДСТУ - 35 ІЗ, ДСТУ 3992).

Кліматичні та агрокліматичні дані з урахуванням потреб рослин у факторах навколишнього природного середовища визначають за допомогою агрокліматичних показників, які наведено в різних агрокліматичних та кліматичних довідниках.

Існуючу режимно-довідкову інформацію поділяють на:

- інформацію, що регулярно складають, але не друкують. Вона містить первинні неузгаальнені дані, які формують первинний фонд гідрометеорологічних даних (фонд інформації) у вигляді таблиць, книжок;

- режимно-довідкові видання, що містять узагальнену за рік або за багато років інформацію (агрометеорологічні щорічники, агрокліматичні довідники, матеріали з агрокліматичних ресурсів території, атласи, карти тощо).

Види і терміни підготовки режимно-довідкових матеріалів розрізняються залежно від виду інформації.

Певну категорію запитів народногосподарських організацій з використання гідрометеорологічної інформації задовольняють у вигляді режимно-довідкових видань, які регулярно друкують.

## **4 ПРИНЦИПИ ТА МЕТОДИ ПІДГОТОВКИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ПРОДУКЦІЇ**

Основними формами агрометеорологічної продукції є: бюлетені, огляди, доповіді, рекомендації, оперативні інформації, довідки, довідники, посібники, монографії, атласи тощо.

Агрометеорологічну продукцію, залежно від використаної інформації, розподіляють на оперативну та режимно-довідкову.

### **4.1 Підготовка оперативної агрометеорологічної інформації**

Оперативна інформація - це поточна агрометеорологічна інформація про фактичний стан сільськогосподарських культур (посівів), природної рослинності на пасовищах, ґрунту та метеорологічних умов в реальному масштабі часу. Вона включає певний набір кількісних та якісних характеристик. Цей вид інформації передається каналами зв'язку з мінімальною затримкою після проведення спостережень.

Основними регулярними засобами оперативної інформації є щоденний гідрометеорологічний та декадний агрометеорологічний бюлетені.

Епізодичними є спеціальні довідки, попередження та рекомендації.

*Декадний агрометеорологічний бюлетень.* Агрометеорологічний бюлетень - це періодичне спеціалізоване видання (щоденне, декадне, місячне, сезонне), що містить аналіз і оцінку агрометеорологічних умов - тих, що склалися, і тих, що очікують на конкретній території за добу, тиждень, декаду, місяць, сезон. Наприклад, у декадному бюлетені висвітлюються: основні агрометеорологічні особливості минулої декади на території області (республіки); характеристика погодних умов, дані про метеорологічні фактори, які мають найсуттєвіший вплив на сільськогосподарське виробництво, порівнюючи із середніми багаторічними величинами; оцінка агрометеорологічних умов росту і розвитку основних сільськогосподарських культур; характеристика впливу агрометеорологічних умов на проведення польових сільськогосподарських робіт, інформація про стан рослинності, що росте на пасовищах; кількісні метеорологічні і агрометеорологічні дані. Інформація про агрометеорологічні умови, яких очікують найближчим часом, іноді приводиться у імовірнісному вигляді у порівнянні з кліматичними даними. Агрометеорологічний бюлетень - одна з основних форм забезпечення споживачів агрометеорологічною інформацією.

Агрометеорологічний декадний бюлетень - це основний оперативний інформаційний документ. Уперше був виданий у 1921 р. і з того часу є



головним документом, в якому наведено характеристику агрометеорологічних умов за певний проміжок часу.

Декадний агрометеорологічний бюлетень випускається на перший-третій день наступної декади протягом усього року і складається з трьох розділів:

а) метеорологічні особливості декади;

б) вплив погодних умов на ріст та розвиток сільськогосподарських об'єктів (у зимовий період - на перезимівлю озимих культур, багаторічних трав та садів);

в) особливості проведення агротехнічних заходів.

У розділі а) вміщують дані спостережень на метеорологічному майданчику і для деяких показників - на сільськогосподарських полях, агрометеорологічних постах та постах, що вимірюють опади. Середні декадні величини порівнюють із середніми багаторічними.

Для загальної характеристики накопичення тепла та зволоження території за вегетаційний період у бюлетені вміщують суми середніх добових температур повітря і кількості опадів, які порівнюють із даними за минулий рік і середніми багаторічними показниками. Особливості світлового режиму і умов загартування озимих посівів восени в бюлетені характеризують дані про тривалість годин сонячного сяйва за декаду. Для зимового періоду наводять відомості про глибину промерзання і відтавання ґрунту.

У весняний період надають інформацію про терміни сходження снігового покриву, відтавання ґрунту, терміни настання м'яко-пластичного стану ґрунту та його прогрівання (у порівнянні з середніми багаторічними даними), яка необхідна спеціалістам сільського господарства для проведення польових робіт і посіву сільськогосподарських культур в оптимальні строки.

Наприкінці цього розділу наводять відомості про несприятливі для сільського господарства явища (сильний вітер, пилова буря, зливи, град, заморозки і т. ін.). Відмічають вид явища, його інтенсивність та тривалість.

Аналіз впливу погодних умов на розвиток сільськогосподарських культур, луків і пасовищ подано в розділі б). У цьому розділі вміщують відомості про дати настання фаз розвитку у порівнянні з багаторічними даними; стан рослин на останній день декади; густоту посівів.

Під час складання таблиць розділу б) необхідно вибирати культури, що найбільше розповсюджені в конкретному господарстві. Якщо спостереження проведені на декількох полях з однією і тією ж культурою, вони мають розрізнятися за попередниками, строками посівів, сортом або рельєфом.

Для кожної з провідних сільськогосподарських культур аналізують темпи розвитку, проводять оцінювання їх стану. Якщо оцінка стану рослин

у поточну декаду змінилася у порівнянні з минулою, відмічають головні причини цієї зміни.

Дані про запаси продуктивної вологи в різних шарах фунту наводять у порівнянні з їх середніми багаторічними значеннями. Це дає змогу провести оцінювання умов зволоження і зробити висновки про необхідність змін у технології виробництва сільськогосподарської продукції.

В окремих випадках уміщують дані про характеристики структури врожаю, приріст рослинної маси або бульб картоплі, дані маршрутних спостережень тощо, які можуть представляти практичний для спеціалістів сільського господарства, особливо під час настання несприятливих явищ погоди.

Велику увагу приділяють впливу агрометеорологічних умов на проведення польових сільськогосподарських робіт (розділ в).

Потреби культур у теплі, волозі та елементах живлення обумовлені еволюцією і виявляються в оптимальних значеннях факторів середовища. Якщо комплекс умов знаходиться в оптимумі, то рослини утворюють максимум урожаю. Відхилення будь-якої величини від оптимуму зменшує врожай пропорційно до цього відхилення.

Оцінювання відповідності поточних умов до потреб рослин дає змогу обґрунтувати доцільність посіву даної культури, регулювати тепловий і водний режим ґрунту, норми висіву, глибину загортання насіння, зміну густоти рослин під час вегетації рослин, уточнення доз добрив та інших заходів і прийомів. Якщо спостерігаються надзвичайні умови (що знижують урожайність до 0 – 15 % від максимальної), необхідна зміна системи землеробства. Найбільший ефект можна одержати шляхом регулювання технології вирощування сільськогосподарських культур.

Після аналізу температурного режиму (що визначає темпи розвитку рослин) і вологозабезпечення (що зумовлює умови росту) слід провести комплексний аналіз агрометеорологічних умов для окремих культур із одночасним урахуванням температури повітря та вологості ґрунту.

Для озимих зернових культур під час визначення умов формування врожаю, крім температури повітря та кількості опадів, потрібно враховувати світловий режим та умови загартування рослин, відновлення вегетації тощо.

Особливості світлового режиму та умов загартування озимих характеризують у бюлетені кількістю годин сонячного сяйва за декаду, датами переходу температури повітря через 5°C та 0°C восени.

На ріст, розвиток та продуктивність рослин, крім вказаних основних факторів, впливають і інші. Але вони спостерігаються епізодично, локально тощо. Розглянемо, як можна враховувати деякі з них.

Для визначення впливу суховіїв використовують кількість днів з відносною вологістю повітря, що менше або дорівнює 30 % о 13 год.

Також можна врахувати характеристику умов досягання за допомогою кількості днів з опадами в червні.

Вплив строків сівби враховують за допомогою розрахунку відхилень між середніми та оптимальними датами посіву поточного року.

Під час оцінювання умов припинення вегетації використовують тривалість періоду між датами переходу температури повітря восени через 5°C та 0°C, протягом якого відбувається загартування рослин.

Оцінювання умов формування врожаю озимої пшениці на осушених землях проводять за основними гідрометеорологічними факторами – температурою повітря і кількістю опадів. Крім цього, використовують середні по області дані про рівень залягання ґрунтових вод. Для оцінки умов вирощування озимої пшениці на зрошуваних землях враховують норми та строки поливів, озимого жита - зрідженість посівів (за баловою оцінкою етапу посівів) та кількість днів із суховіями (за О.О. Цубербіллер [80]).

За вказаними показниками можна проводити оцінювання агрометеорологічних умов по декадах. Декадні показники призначені для виявлення ефекту впливу гідрометеорологічних умов на формування врожаю з більшою деталізацією.

У бюлетені наводять динаміку запасів продуктивної вологи ґрунту під основними культурами, оцінювання вологозабезпечення культур як якісне (сприятливі або несприятливі умови), так і кількісне (у відсотках від польової вологоємності, від середньої багаторічної вологості, порівняно з минулим роком).

У тексті огляду не потрібно повторювати те, що наведено в таблицях. Головним чином підкреслюють особливості температурного режиму і режиму опадів. Найбільшу увагу необхідно надати тим показникам, які в даний період року становлять найбільший інтерес для працівників сільського господарства.

Весною це може бути мінімальна температура повітря і поверхні ґрунту, розподіл заморозків по території господарства або району. Під час засух або в посушливі періоди – розподіл кількості опадів, їх характер (наприклад, зливовий), тривалість періоду випадіння та інтенсивність, динаміка зміни відносної вологості повітря тощо. Після тривалого періоду з опадами, особливо великої кількості, необхідно звернути увагу на можливе підвищення температури повітря, збільшення кількості годин сонячного сяйва і т. ін. Якщо очікують різке та значне підвищення температури, надають рекомендації для проведення агротехнічних заходів з метою запобігання утворенню ґрунтової кірки, яка призводить до збільшення випаровування і зменшення вологості верхніх шарів ґрунту. Аномальним явищам, характерним для цієї пори року, також приділяють велику увагу.

Необхідно вказати на особливості і розбіжності агрометеорологічних умов та стану культур, що посіяні на різних агрофонах.

На завершення бюлетеня вміщують таблиці, карти, в яких наводять відомості про метеорологічні параметри, результати відрощування озимих зернових культур, багаторічних сіяних трав та гілок плодкових культур, запаси продуктивної вологи у ґрунті.

Питання про і включення даних у таблиці та їх кількість вирішує начальник Центру з гідрометеорології.

У зимовий період оцінюють умови перезимівлі рослин, надають відомості про висоту снігового покриву і характеристику його залягання, глибину промерзання ґрунту, наявність та товщину льодяної кірки, температуру ґрунту на глибині залягання вузла куціння озимих зернових культур і сіяних багаторічних трав, результати снігомірних зйомок на полях озимих культур, тривалість затягання стійкого снігового покриву, результати відрощування озимих посівів і т. ін.

Картограми. Показують розподіл по території кількості опадів за декаду протягом усього вегетаційного періоду, а у вигляді ізоліній - середню, максимальну і мінімальну температури повітря, залежно від того, яка з них на цю декаду представляє найбільший інтерес.

Під час заморозків слід надавати дані про мінімальну температуру на поверхні ґрунту, а весною додатково і на висоті 2 см; у жарку погоду, коли виникає загроза ушкодження або загибелі рослин від високих температур, - про максимальну температуру. Зимом подають карти висоти снігового покриву на останній день декади, на яких також відображають розподіл мінімальної температури повітря чи ґрунту.

Цілковито необхідними для складання бюлетеня є узагальнені багаторічні метеорологічні й агрометеорологічні матеріали спостереження. Вони вміщені у кліматичних та агрокліматичних довідниках.

Упродовж квітня-жовтня випускають бюлетень "Основні агрометеорологічні особливості тижня". Він надає коротку характеристику температурного режиму і умов зволоження сільськогосподарських культур за тиждень, характеристику несприятливих агрометеорологічних умов і їх тривалості зростаючим підсумком, а також основні висновки про ступінь сприятливості або несприятливості агрометеорологічних умов для проведення робіт у землеробстві та тваринництві; надає характеристику росту, розвитку і формуванню врожаю основних сільськогосподарських культур.

В інформаціях (за минулий місяць) і доповідях "Про гідрометеорологічні умови та їх вплив на діяльність галузей економіки" надають короткі відомості про вплив агрометеорологічних умов на перезимівлю (за результатами відрощування зимуючих культур тощо), ріст, розвиток і формування врожаю сільськогосподарських культур, польові роботи, маршрутні обстеження. Наводять оцінку тепло- та

вологозабезпечення посівів, їх стан. Відмічають площі, де спостерігались несприятливі агрометеорологічні умови, їх інтенсивність та тривалість.

*Агрометеорологічний огляд за сільськогосподарський рік.*

Агрометеорологічний огляд – спеціалізований документ, що містить опис умов погоди, що склалися, стану ґрунту і режиму його зволоження паралельно з особливостями росту, розвитку і формування врожайності основних с.-г. культур, природних або сіяних сінокосів і пасовищ, проведення агрометеорологічних заходів на полях, умов для випасу свійських тварин і проведення зоотехнічних і господарських заходів у тваринництві. Агрометеорологічний огляд описує умови сезону (частини вегетаційного періоду) або увесь рік.

Агрометеорологічний огляд за сільськогосподарський рік складають обласні центри з гідрометеорології та Український Гідрометцентр. Він є однією з основних форм агрометеорологічної інформації, яка включає аналіз та оцінювання агрометеорологічних умов росту і розвитку сільськогосподарських культур протягом вегетаційного періоду .

Для складання агрометеорологічного огляду за сільськогосподарський рік використовують матеріали метеорологічних та агрометеорологічних спостережень (фенологія та запаси вологи у ґрунті) на гідрометеостанціях та постах.

Агрометеорологічний огляд за сільськогосподарський рік вміщує три розділи у вигляді тексту, таблиць, карт.

У першому розділі подають огляд метеорологічних умов сільськогосподарського року, а також теплого (квітень-жовтень) та холодного (листопад попереднього року - березень поточного року) періодів. У цьому розділі доцільно наводити графіки аномалій середньої місячної температури повітря за рік, карти-схеми кількості опадів (у % до норми) за рік, за теплий та холодний періоди року тощо.

Особливо виділяють несприятливі явища, висвітлюють аномалії, проводять порівняння з нормою.

У другому розділі наводять метеорологічну характеристику сезонів року з детальним описом по місяцях. Особливо виділяють небезпечні явища (суховії, сильні морози, пилові бурі, заморозки тощо). Увагу приділяють аналізу поточних умов у порівнянні з багаторічними та минулорічними даними.

Вплив погодних умов на сільськогосподарське виробництво подають у третьому розділі. Наводять аналіз агрометеорологічних умов, що визначали розвиток і стан рослин упродовж вегетаційного періоду. Висвітлюють ступінь тепло- та вологозабезпечення сільськогосподарських культур упродовж вегетації шляхом порівняння з оптимальними та багаторічними умовами.

Висновки вміщують оцінювання відповідності агрометеорологічних умов потребам сільськогосподарських культур упродовж вегетаційного

періоду. Виділяють найбільш сприятливі та несприятливі періоди, що мали позитивний або негативний вплив на врожайність у порівнянні із середніми багаторічними і минулорічними показниками.

Таблиці, карти містять середні та екстремальні значення агрометеорологічних та метеорологічних параметрів по декадах, місяцях, інших періодах. Перелік таблиць та карт, що вміщують у річному агрометеорологічному огляді, визначає кожний ЦГМ окремо.

#### *Оперативна інформація*

Важливе місце в агрометеорологічному забезпеченні займають оперативні інформації за запитом користувачів. Мета такої інформації полягає у спеціалізованому обґрунтуванні оперативних і технологічних рішень, для яких недостатньо загальної інформації про поточний гідрометеорологічний режим. На відміну від агрометеорологічного бюлетеня, у спеціальній інформації і рекомендаціях розглядають не всі агрометеорологічні умови, а тільки ті, які в основному визначають конкретні агрометеорологічні заходи або господарське рішення.

Агрометеорологічну інформацію зазвичай складають під час аномальних явищ погоди. У більшості випадків її готують для характеристики та оцінювання посушливих періодів, пилових бур, пізніх або ранніх заморозків, сильних морозів, утворення льодяних кірок, перезимівлі сільськогосподарських культур, ушкоджень посівів несприятливими явищами погоди, сталу сільськогосподарських культур і запасів продуктивної вологи у ґрунті за результатами наземних або авіаційних обстежень та ін.

*Агрометеорологічні прогнози.* Призначення прогностичної інформації полягає в тому, щоб завбачити особливості майбутнього стану об'єктів сільськогосподарського виробництва залежно від наявних та очікуваних гідрометеорологічних умов для планування необхідних процесів організації і технології виробництва сільськогосподарської продукції, ефективного господарювання в умовах формування та розвитку стабільного аграрного ринку країни.

Агрометеорологічні прогнози - науково обґрунтовані передбачення про можливий стан, динаміку агрометеорологічних факторів і умов у майбутньому та вплив цих умов і факторів на об'єкти сільськогосподарського виробництва. Агрометеорологічні прогнози з певною достовірністю (забезпеченістю) дають змогу правильніше врахувати стан об'єктів сільськогосподарського виробництва під час планування та виробничої діяльності, на хід якої впливають агрометеорологічні умови.

Залежно від потреб організацій, які обслуговуються підрозділами Держгідромету, складають прогнози різних характеристик агрометеорологічного режиму, що мають найважливіше значення для певної виробничої діяльності.

За завчасністю підготовки агрометеорологічні прогнози поділяють на декадні, довгострокові (на 1-2 місяці), сезонні (3 і більше місяців), наддовгострокові (більше 6 місяців) і до посіву культури.

Агрометеорологічні прогнози можна складати для окремого поля, господарства району, області, регіону, держави .

Для складання і випуску агрометеорологічного прогнозу необхідні такі умови:

а) наявність методики прогнозу даного виду зі справджуваністю не менше 70 %;

б) наявність матеріалів спостережень, необхідних за методикою прогнозів, які характеризують стан прогностичної величини на поточний момент і дають уявлення про умови її зміни в майбутньому.

Допустиму відносну помилку розраховують за формулою:

$$P = \left| \frac{O_n - O_\delta}{O_\delta} \right| \cdot 100\% , \quad (4.1)$$

де  $P$  – відносна помилка агрометеорологічного прогнозу, %;

$O_n$  та  $O_\delta$ - відповідно: прогнозована та фактична величини або абсолютна помилка прогнозу;

$$\left| \frac{O_n - O_\delta}{O_\delta} \right| \text{ -- модуль значення } P.$$

Якість агрометеорологічного прогнозу оцінюють за шкалою: справджуваність 91 % і більше - 5 балів; 90 % - 81 % - 4 бали; 80 % - 70 % - 3 бали, менше 70 % - 0 балів.

Допустиму похибку агрометеорологічних прогнозів можна визначити за формулою.

$$\delta = 0,674\sigma = 0,674 \sqrt{\frac{\sum (\chi_I - \bar{\chi})^2}{n - 1}} , \quad (4.2)$$

де  $\chi_I$ , - величина прогностичного параметра;

$\bar{\chi}$  - середнє значення величини прогностичного параметра,

$n$  - число членів ряду, з якого розраховують середнє значення (норма).

Основною формою подання агрометеорологічного прогнозу є коротка пояснювальна текстова частина та табличні матеріали до нього, в яких наводять очікувану прогнозовану величину.

Пояснювальний текст уміщує коротку характеристику:

- оцінювання попередніх погодних умов, їх впливу на формування вологозабезпечення, на стан рослин або врожай культури;
- очікуваних умов,
- оцінювання впливу очікуваних погодних умов на прогнозовану величину (запаси вологи, тривалість періоду вегетації, строки цвітіння садів тощо).

У таблицях уміщують очікувані величини агрометеорологічних умов і їх багаторічних характеристик. Залежно від потреб організації-споживача зміст таблиці може бути наданий за різними формами.

Оскільки агрометеорологічні прогнози мають в основному ймовірнісний характер, вони потребують подальшого уточнення.

Уточнення прогнозу - це зміни раніше випущеного прогнозу, що зумовлені непередбаченими умовами.

Усі прогнози та їх уточнення підлягають перевірці й оцінюванню за величиною їх похибки (помилки).

## **4.2 Режимно-довідкова інформація**

Багаторічні дані представляють велику цінність для виявлення ймовірності метеорологічних і агрометеорологічних явищ, їх застосовують для:

- обґрунтування перспектив розвитку сільськогосподарського виробництва;
- оцінювання можливості і доцільності вирощування нових та традиційних сільськогосподарських культур;
- формування оптимального складу сільськогосподарських культур;
- розрахунку ймовірності отримання певної кількості і якості сільськогосподарської продукції;
- оцінювання сільськогосподарського потенціалу клімату різних територій.

Крім цього, їх широко використовують у оперативній практиці для оцінювання агрометеорологічних умов росту та розвитку сільськогосподарських культур, прогнозуванні та під час вирішення завдань агрокліматичного та агрометеорологічного забезпечення аграрного сектору економіки. Особливо важливе значення вони мають під час аналізу аномальних явищ (посух, заморозків, відставання в настанні фаз розвитку в часі та ін.).

Агрокліматичне районування сприяє задоволенню потреб окремих галузей сільськогосподарського виробництва (садівництва, овочівництва, кормовиробництва, зрошуваного землеробства тощо) агрокліматичною інформацією. Часткове агрокліматичне районування передбачає науково



Таблиця 4.1 – Використання гідрометеорологічної інформації в сільському господарстві

Застосування ГМІ	Господарські рішення	Несприятливі погодні явища			Соціально-економічний ефект
		перелік і критерії	вплив	запобіжні заходи	
1	2	3	4	5	6
<p><b>Фактична</b>  <b>Метеорологічна:</b>                      – температура повітря;                      – вологість ґрунту;                      – температура ґрунту;                      – опади;                      – швидкість вітру;                      – сніговий покрив;                      – атмосферні явища.</p> <p><b>Агromетеорологічна:</b>                      - запаси продуктивної вологи в ґрунті;                      – фенологічні спостереження;                      – несприятливі явища</p> <p><b>Прогностична</b>                      Попередження про небезпечні явища                      Короткострокові</p>	<p>На стадії оперативного управління:                      1. Підготовка до сівби ярих, пересів озимих, зміна структури посівних площ.                      2. Вибір оптимальних строків сівби ярих, норм внесення добрив.                      3. Коректування норм висіву, глибини закладки насіння.                      4. Коректування заходів щодо догляду за насінням.                      5. Визначення строків збирання с/г культур і оцінка умов</p>	<p>Температура повітря <math>-25^{\circ}</math> і нижче.</p> <p>Температура повітря <math>35^{\circ}</math> С і вище</p> <p><b>Заморозки</b> в повітрі і на поверхні ґрунту.</p> <p><b>Вимерзання:</b> при невеликому сніговому покриві і температурі ґрунту на глибині</p>	<p>Пошкодження і загибель плодових культур.                      Зниження продуктивності тварин.</p> <p>Пошкодження с/г культур (в період цвітіння через зерниця та пусте колосся).                      Зниження ваги тварин.</p> <p>Пошкодження овочевих, плодових і технічних культур.</p> <p>Пошкодження і загибель озимих посівів, багаторічних трав,</p>	<p>Підбір морозостійких сортів. Додаткове годування тварин, утеплення приміщень для тварин.                      Організація частішого водопою тварин.</p> <p>Вибір оптимальних строків сівби, захист садів, застосування укриття.</p> <p>Снігонакопичення.</p>	<p>1. Отримання більш високих врожаїв.                      2. Зменшення витрат при збиранні врожаю.                      3. Отримання максимально можливих валових зборів на основі оптимізації структури посівних площ.                      4. Вироблення більш раціональних агротехнічних прийомів для окремих районів країни.                      5. Вживання попереджувальних заходів в</p>

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
<p>середньострокові прогнози. Прогнози запасів продуктивної вологи в ґрунті. Погноз тепло забезпечення. Прогноз перезимівлі. Прогнози врожайності. Гідрологічні прогнози.</p> <p><b>Режимно-довідкова</b> Метеорологічна Агрометеорологічна</p>	<p>збирання культур. 6.Вибір оптимальних строків сівби озимих культур восени. 7.Коректування заходів догляду за озимими культурами восени. 8.Визначення строків початку випасу тварин і урожаю кормів. 9. Уточнення строків і маршрутів перегону тварин.</p> <p><b>На стадії планування</b> 1. Перспективне планування розміщення с/г виробництва. 2.Планування розміщення с/г культур, нових методів</p>	<p>вузла кущіння нижче - 15°C і нижче.</p> <p><b>Випрівання:</b> при високому сніговому покриві, слабкому промерзанні ґрунту, температурі ґрунту на глибині вузла кущіння мінус 5°C і вище.</p> <p><b>Льодова кірка.</b></p> <p><b>Засухи і суховії.</b></p>	<p>кореневої системи плодкових культур.</p> <p>Вуглеводне виснаження, зрідження і загибель рослин.</p> <p>Пошкодження озимих культур і масове травмування тварин на пасовищах. Загроза недогодування.</p> <p>В'янення і загибель рослин. Миттєве зниження врожайності с/г культур, садів, виноградників.</p>	<p>Прийняття заходів що до прискорення сходу снігового покриву.</p> <p>Руйнування льодової кірки. Підвіз кормів на пасовища.</p> <p>Організація зрошення полів.</p>	<p>залежності від умов очікуваної погоди, для запобігання або зменшення можливих збитків. 6.Найбільш раціональне планування поточних робіт.</p> <p>7.Покращення підсумкових економічних показників тваринництва. 8. Оцінка ризику і страхування врожаю.</p>

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
	<p>вирощування та збирання. 3.Планування робіт на вегетаційний період, на період перезимівлі та на період польових робіт, збору врожаю, проведення сівби.</p>	<p><b>Град, зливи зі шквалами.Тривалі сильні дощі.</b></p> <p><b>Пилові і чорні бурі.</b></p>	<p>Полягання зернових культур, пошкодження і загибель від граду с/г культур, садів, виноградників.</p> <p>Замулювання і змив посівів. Проростання зерна у валках.</p> <p>Видування рослин. Занесення рослин пиловидним ґрунтом або піском. Ерозія ґрунту.</p>	<p>Противрадовий захист с/г культур.</p> <p>Рихлення посівів. Пересів.</p> <p>Ґрунтозахисні сівозміни, куліси, лісосмуги.</p>	

обґрунтоване розміщення певних сільськогосподарських культур та їхніх сортів.

Вимоги, що висувають до якості, кількості та своєчасності отримання агрокліматичної інформації, дуже високі. Оцінювання агрокліматичних ресурсів має відображати фактичний їх стан у будь-який момент часу і в певній точці простору, їх можливі зміни.

Для агрометеорологічного забезпечення та обслуговування використовують норми, вміщені в обласних та загальнодержавних агрокліматичних довідниках, посібниках, атласах, рекомендаціях тощо.

Поновлення агрокліматичної нормативної бази дає змогу проводити оновлення узагальнених оцінок сільськогосподарського потенціалу клімату в цілому або окремих його складових із відображенням результатів у картографічній формі. Вона є найбільш наочною.

Для того, щоб вирішувати такі завдання в повному обсязі, складають плани підготовки різних агрокліматичних довідників, посібників та ін.

Використання гідрометеорологічної інформації в сільському господарстві наводиться в табл. 4.1

## 5 АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ЇХ РОЗРАХУНКИ

На ріст та розвиток сільськогосподарських культур впливають фактори навколишнього середовища, які характеризуються такими показниками: сонячна радіація, термічний фактор (температура повітря, ґрунту, рослин), фактор зволоження (опади, запаси продуктивної вологи, вологозабезпеченість, сумарне випаровування, випаровуваність, коефіцієнти зволоження та ін.), пошкодження несприятливими погодними явищами сільськогосподарських культур, пошкодження шкідниками та хворобами та ін.

### 5.1 Промениста енергія.

Головним джерелом енергії майже всіх процесів, які відбуваються на Землі, в атмосфері є промениста енергія Сонця.

Сонячна енергія є головною умовою існування біосфери та одним із найголовніших кліматоутворювальних факторів. У зв'язку з тим, що Земля охоплена суцільною оболонкою атмосфери, сонячне проміння проходить крізь всю товщу атмосфери, яка частково відбиває це проміння, або розсіює його. При відбитті та розсіюванні променів змінюється кількість і якість світла, що приходить на Землю. Промениста енергія Сонця розподіляється на потоки: пряма сонячна радіація, розсіяна, сумарна, відбита сонячна радіація, власне випромінювання Землі та пересічне випромінювання атмосфери.

*Інтенсивність сонячної радіації* – це потік радіації, що надходить в одиницю часу на одиницю поверхні. У міжнародній системі (Si) інтенсивність потоку сонячної радіації виражають у  $\text{Вт}/\text{м}^2$  [ $1 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{хв}) = 698 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ]. Суми радіації виражають у  $\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ,  $\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{д})$  та ін. ( $1 \text{ кал}/\text{см}^2 = 4.19 \cdot 10^4 \text{ Дж}/\text{м}^2$ ).

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* ( $S_0$ ).  $S_0 \approx 1400 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , 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* :

$$S' = S \cdot \sin h. \quad (5.1)$$

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/м<sup>2</sup> на півночі до 290 МДж/м<sup>2</sup> на півдні.

Розсіяна сонячна радіація. Коли сонячне проміння проходить крізь товщу атмосфери, відбувається його послаблення, зумовлене 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 становлять 200 – 215 МДж/м<sup>2</sup>.

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

$$Q = S' + D. \quad (5.2)$$

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<sup>0</sup>С навесні до дати переходу її через 10<sup>0</sup>С восени, подані на карті (рис. 5.1).

Як видно з рис. 5.1, кількість сумарної радіації змінюється за вегетаційний період в значних межах – від 2700 МДж/м<sup>2</sup> на півночі до 3750 МДж/м<sup>2</sup> на півдні.

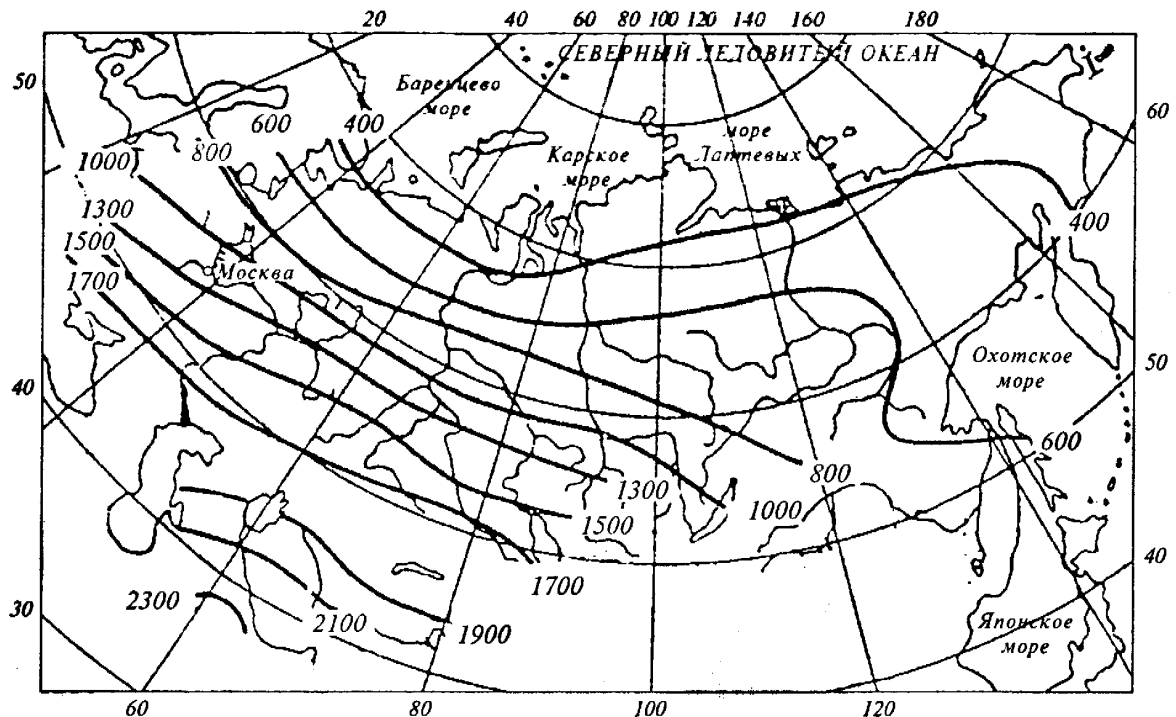


Рис. 5.1 – Розподіл середніх багаторічних сум ФАР за період активної вегетації, МДж/м<sup>2</sup>

*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:

$$A_k = (R_k / Q) 100\% . \quad (5.3)$$

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.

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.

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.

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 :

$$Q_{\text{ФАР}} = 0.43 S' + 0.57D, \quad (5.4)$$

$$Q_{\text{ФАР}} = 0.52 Q. \quad (5.5)$$

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:

$$\eta = \frac{qV \cdot 100}{\sum Q_{\text{ФАР}}}, \quad (5.6)$$

де  $q$  – калорійність рослин, кДж/г;

$V$  – біологічний врожай загальної фітомаси, г/см<sup>2</sup>;

$\sum Q_{\text{ФАР}}$  – сума ФАР за вегетаційний період, Мдж/м<sup>2</sup>

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

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

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.

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.  $\pm 30$  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.

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.

## **5.2 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.

Конвективні і турбулентні потоки тепла зумовлюють 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.

Річний хід температури повітря у різних географічних зонах різний 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 найтеплішого та найхолоднішого місяця).

За величиною середньої багаторічної амплітуди температур і часом настання екстремальної температури виділено чотири типи річного ходу температури повітря (рис. 5.2).

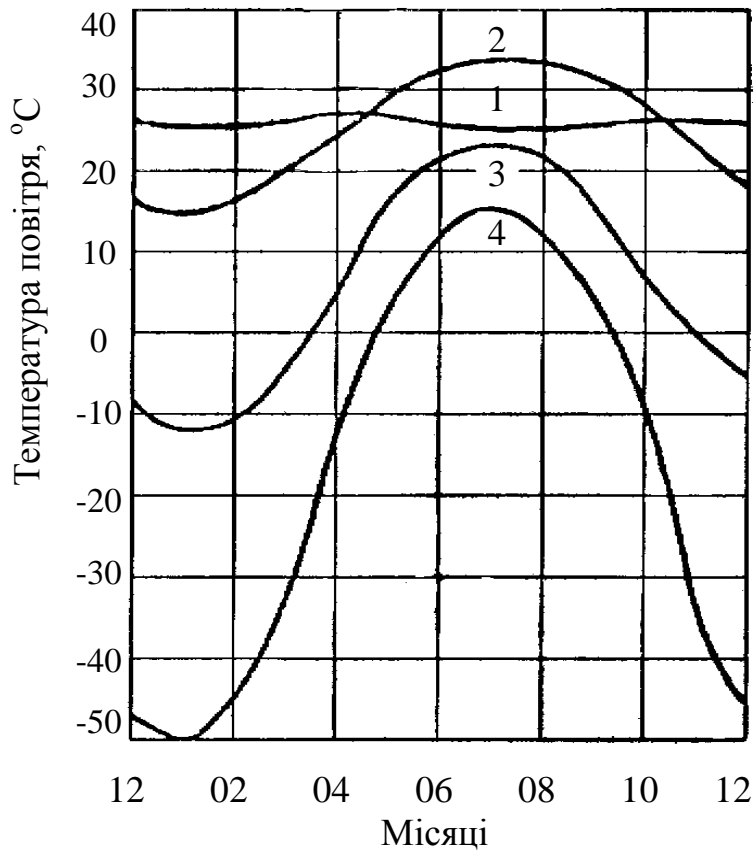


Рис. 5.2 – Типи річного ходу температури повітря: 1 – екваторіальний (Джакарта,  $\varphi = 6^{\circ}$  півд. шир.); 2 – тропічний (Асуан,  $\varphi = 24^{\circ}$  півн. шир.); 3 – помірного поясу (Саратов,  $\varphi = 52^{\circ}$  півн. ш.); 4 – полярний (Верхоянськ,  $\varphi = 67^{\circ}$  півн. ш.).

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):

$$ВГТ = (t_H - t_B) / (Z_B - Z_H), \quad (5.7)$$

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.

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 температурними межами оптимума та мінімуму називається *толерантною зоною*.

Для оцінки температурного режиму використовуються такі температурні характеристики:

- середня за добу температура повітря, визначається як середнє арифметичне з 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 та міжфазний період розвитку рослин. *Міжфазний період* – це відрізок часу у днях між двома якісно новими станами рослин, що настають один за одним впродовж всієї вегетації рослин. *Якісно новий стан рослин, який 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  $+5^{\circ}\text{C}$ , для теплолюбних рослин він становить  $+10 - 15^{\circ}\text{C}$  (кукурудза, рис, виноград, бавовна, деякі овочеві культури). Біологічний мінімум розвитку культур змінюється впродовж вегетації.

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*.

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 яких можливе існування рослинного організму (рис. 5.3).

Точка на осі абсцис, що відповідає найкращим умовам життєдіяльності рослинних організмів, визначає оптимальне значення величини. 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.

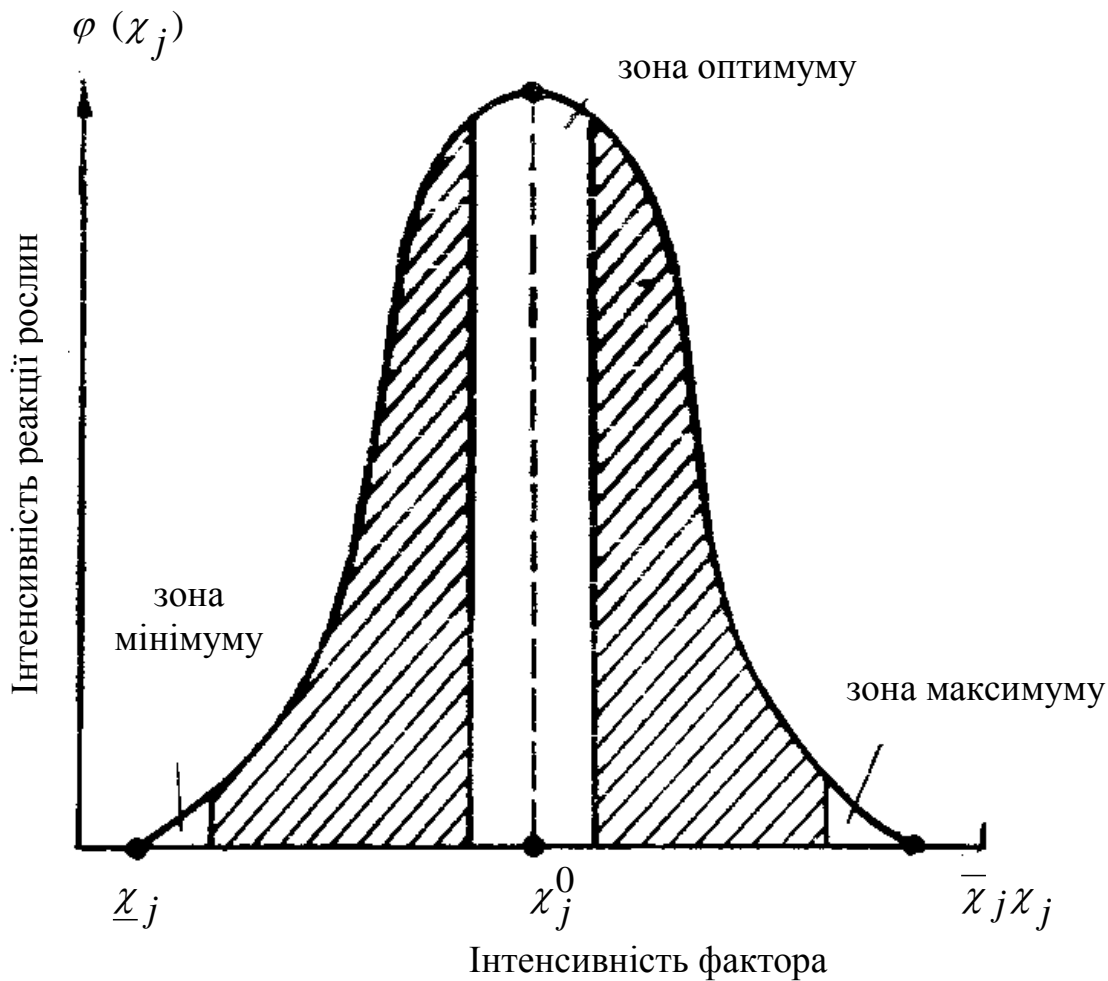


Рис. 5.3 – Схема дії температури повітря на рослини (за К.М.Ситником, А.В.Брайоном, О.В.Городецьким).  $x_j$  – точка мінімуму,  $x_j^0$  – точка оптимуму;  $\bar{x}_j$  – точка максимуму.

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

Різні культури вимагають різної кількості тепла за вегетаційний період (табл. 5.1).

Для оцінки загальних термічних ресурсів території використовується сума активних температур вище  $10^{\circ}\text{C}$ , 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. 5.1).

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

Таблиця 5.1 – Потреба сільськогосподарських культур в теплі (в біологічних сумах температур повітря)

Культура	Скоростиглість сорту	Період	Біологічна сума температур для 55 <sup>0</sup> 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

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 зумовлюється макропроцесами: припливом сонячної радіації, циркуляцією атмосфери та особливостями підстильної поверхні.

*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 вологи.

Денне нагрівання і нічне охолодження ґрунту спричиняють 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*.

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

Нагрівання та охолодження ґрунту залежать здебільшого від його теплофізичних характеристик: теплоємності та теплопровідності. Теплоємність – це кількість тепла, необхідна для підвищення температури ґрунту на  $1^{\circ}\text{C}$ . Теплоємність буває питома та об'ємна. *Питома теплоємність* ( $C_{\text{пит}}$ ) – це та кількість тепла, що необхідна для нагрівання 1 кг ґрунту на  $1^{\circ}\text{C}$ . *Об'ємна теплоємність* ( $C_{\text{об}}$ ) – кількість тепла, необхідна для нагрівання  $1\text{ м}^3$  ґрунту на  $1^{\circ}\text{C}$ . Одиниця вимірювання питомої теплоємності – Дж/(кг·К), об'ємної – Дж/( $\text{м}^3$ ·К).

Теплоємність різних ґрунтів залежить від складу твердої частини ґрунту і кількості повітря і води, що знаходяться у порах. Теплоємність води становить  $4,2 \cdot 10^3$  кДж/( $\text{м}^3$ ·К), а теплоємність повітря –  $1,2$  кДж/( $\text{м}^3$ ·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* ( $\lambda$ ). Коефіцієнт теплопровідності – це кількість тепла в Дж, що проходить за 1 с крізь перетин основи стовпчика ґрунту діаметром

1 м<sup>2</sup> і висотою 1 м. 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.

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:

- незалежно від типу ґрунту період коливань температури з глибиною не змінюється;
- незалежно від типу ґрунту період коливань температури з глибиною не змінюється;
- незалежно від типу ґрунту період коливань температури з глибиною не змінюється;
- 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. 5.4).
- максимальні і мінімальні температури на глибинах настають пізніше.

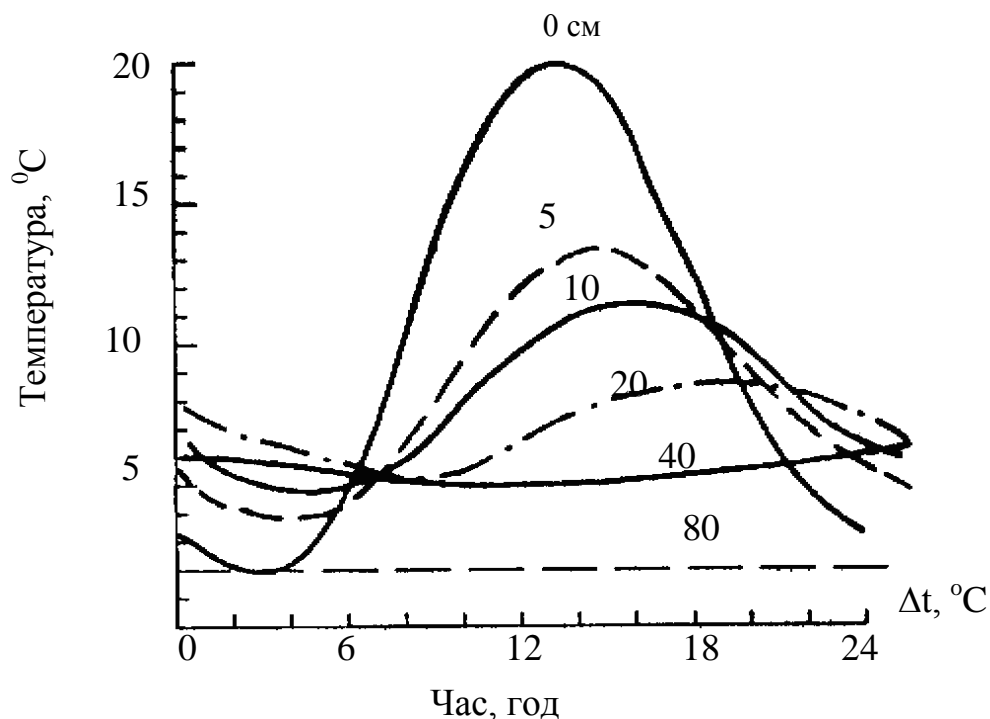


Рис. 5.4 – Добовий хід температури ґрунту на різних глибинах



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

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

Навесні температура ґрунту також є важливим фактором в житті рослин. 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, спричиняє зрідження посівів.

Проростання насіння зернових культур відбувається при температурі 0 – 5 °С; соняшнику, 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.

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'язано розповсюдження шкідників і хвороб. У теплолюбних культур в холодні весни захворювання і пошкодження проростків збільшується.

В холодному ґрунті ( $t \leq 5$  °С) збільшується кількість личинок проволочника. В теплому ґрунті ( $t = 10 - 12$  °С) збільшується кількість бурякового довгоносика, капустної мухи, озимої совки та ін.

### **5.3 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/м<sup>3</sup>) – кількість водяної пари у грамах в 1 м<sup>3</sup> 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 парю* (дефіцит насичення водяної пари) ( $d$ ) – це різниця між пружністю насичення і фактичною пружністю водяної пари; нестача насичення вимірюється у мм, мб, гПа;

- *точка роси* ( $t_d$ , °C) – 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 завдяки турбулентній дифузії.

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 вологоємності має вигляд подвійної хвилі.

Навологість повітря впливає рослинний покрив. Рослини випаровують велику кількість вологи, а також зменшують швидкість вітру і тим самим збільшують вологість повітря приземного шару. В середині посіву найбільші значення відносної вологості спостерігаються біля поверхні ґрунту.

Оскільки рослинний покрив значно впливає на такі величини 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.

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

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

Підвищена вологість повітря влітку зумовлює 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. 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 ( $\leq 30$  %) і малі запаси продуктивної вологи ( $\leq 30$  мм у шарі 1 м) спричиняють 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.

**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 маси води (товщина шару її), яка випаровується за одиницю часу*. Шар води висотою в 1 мм, що випарувалась з площі 1 м<sup>2</sup>, відповідає масі води в 1 кг або в 1 л (1 мм шару води = 10 м<sup>3</sup>/га = 10 т/га).

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

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 зоране поле 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.

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

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.

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

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.

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, яку рослина споживає за даних метеорологічних умов при безперервному 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).

Для вимірювання випаровуваності з поверхні води застосовуються випарники ГГІ – 3000 (площа 0,3 м<sup>2</sup>, глибина 60 см) або будуються випарувальні басейни, площа яких становить 20 м<sup>2</sup>.

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 і випаровуваності використовуються також розрахункові методи – водного балансу, турбулентної дифузії, комплексні методи М.І. Будико – Л.І. Зубенок, С.І. Харченко, Пенмана, Торнтвейта, О.Р. Константинова і ін.

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

## 6 ФЕНОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ

Темпи розвитку сільськогосподарських культур тісно пов'язані з погодними умовами місцевості, де вони вирощуються.

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.

### 6.1 Наукові основи методів фенологічних прогнозів

Настання різних фаз розвитку сільськогосподарських культур залежить від впливу погодних умов на швидкість розвитку рослин.

Багатьма дослідженнями [15-28] встановлено, що швидкість розвитку рослин найчастіше визначається ходом термічного режиму. Слід відрізнити поняття "*ріст рослин*" та "*розвиток рослин*". Ріст рослин – це збільшення маси рослин незалежно від того, за рахунок 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, 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. Ще 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, 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 ( $N$ ):

$$N = \frac{A}{(t - B)}, \quad (6.1)$$

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

$B$  – біологічний нуль, °С ;

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

Таким чином, при складанні прогнозів фаз розвитку сільськогосподарських культур потрібно знати постійні суми температур вище біологічного нуля, 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. Шиголєв запропонував брати температуру 5 °С за біологічний нуль усіх холодостійких рослин помірного клімату.

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

$$D = D_1 + \frac{A}{(t - B)}, \quad (6.2)$$

де  $D$  – очікуваний термін настання наступної фази;

$D_1$  – дата настання попередньої фази розвитку;

$A$  – постійна сума ефективних температур, необхідна для настання фази, °С;

$t$  – очікувана середня температура повітря за міжфазний період, °С;

Якщо визначення термінів настання будь-якої фази розвитку виконується через деякий час після настання попередньої фази, то у такому випадку використовується формула :

$$D = D_1 + \frac{A - \Sigma t}{(t - B)}, \quad (6.3)$$

де  $D_1$  – дата розрахунку фази розвитку;

$\Sigma t$  – 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:

$$\frac{1}{N} = t - \frac{B}{A}, \quad (6.4)$$

де  $1/N$  – середня швидкість розвитку рослин. Інші позначки у формулі ті ж, що у формулі (6.2).

Розрахунок дат початку 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 плодкових культур та винограду.

## 6.2 Прогнози фаз розвитку кукурудзи

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 спричиняють пошкодження цих культур. Тому прогнозування термінів сівби цих культур та настання фаз розвитку з врахуванням умов, що склалися та очікуються, має велике практичне значення.

Метод прогнозу дат настання фаз розвитку кукурудзи розроблено Ю.І. Чирковим [3] і ґрунтується 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 потребують різних сум ефективних температур. 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  $30^\circ \pm 2^\circ \text{C}$ . Тривалість періоду утворення листків у кукурудзи розраховується за рівнянням:

$$n = \frac{30(N + 1)}{C(t - 10)}, \quad (6.5)$$

де  $n$  – тривалість періоду, дні;

$N$  – кількість міжлистових періодів;

$t$  – середня температура періоду, °C;

$C$  – поправковий коефіцієнт, який визначається з табл. 6.1.

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. Для усунення впливу баластних температур Ю.І. Чирковим було розроблено поправковий коефіцієнт  $C$  (табл. 6.1) .

Таблиця 6.1 – Залежність поправкового коефіцієнта (С) від середньої температури повітря ( $t_{\text{сеп}}$ )

$t_{\text{сеп}}^{\circ}\text{C}$	С	$t_{\text{сеп}}^{\circ}\text{C}$	С
20	1.00	24	0.90
21	0.98	25	0.87
22	0.96	26	0.84
23	0.93	27	0.80

**Прогноз дати настання фази викидання волоті.** Суми ефективних температур до дати настання фази викидання волоті розраховані, починаючи з утворення будь-якого листка (табл. 6.2).

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

Таблиця 6.2 – Сума ефективних температур ( $^{\circ}\text{C}$ ), необхідна для настання фази викидання волоті з врахуванням появи листків

Період розвитку	Сорт		
	пізньостиглий	середньопізній	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	–	–

Кількість закладених листків у залежності від сорту визначається з табл. 6.3.

Дату викидання волоті також можна розрахувати за формулою:

$$D = D_1 + \frac{30(\alpha+1)}{c(t-10)}, \quad (6.6)$$

де  $D_1$  – дата визначення кількості листків, які ще не вийшли;  
 $\alpha$  – кількість міжлисточкових періодів. Інші позначки у формулі (6.6) ті ж, що і у формулі (6.5).

Таблиця 6.3 – Кількість листків у сортів кукурудзи різної скоростиглості

Групи сортів та гібридів	Число листків	Найменування сортів і гібридів
Дуже пізні	21	Місцеві грузинські, Арджаметська біла
Пізньюстиглий	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 можна значно збільшити, 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 дати настання фази викидання волоті у кукурудзи.**

Порядок розрахунків:

1. З таблиці 6.4 виписується назва сорту, дати сівби, 3-го листка, дати визначення листків, що не вийшли, та їх кількість, середні багаторічні дати фаз розвитку.

2. Із щорічників виписуються значення температури повітря, прогноз та середнє багаторічне значення температури повітря.

3. Розраховується очікувана дата викидання волоті за формулою 6.5 або 6.6, або по сумах температур (табл. 6.2).

4. Виконується аналіз розрахованих даних і складається текст прогнозу.

*Приклад.* Скласти прогноз настання дати викидання волоті на ст. Гуляй Поле. Сорт – гібрид Вір – 42. На перше липня утворилось 11 листків. У гібрида ВІР – 42 утворюється 18 листків до викидання волоті. Згідно табл. 4.8 сума температур, необхідна для появи волоті становить 240 °С. За синоптичним прогнозом у першій декаді липня очікується середня температура 23 °С, у другій – 21° С, у третій – 20 °С. З врахуванням поправок (табл. 6.1) сума ефективних температур за дев'ять днів першої декади становитиме:

$$0,93 (23 - 10) \times 9 = 109 \text{ °С,}$$

за другу декаду

$$0,98 (21 - 10) \times 10 = 108 \text{ °С,}$$

за третю декаду

$$1,0 (20 - 10) \times 11 = 110 \text{ °С}$$

Всього до кінця липня накопичиться 327 °С, тобто на 87 °С більше, ніж необхідно для настання фази. Для визначення дати накопичення суми температур 240 °С треба розділити різницю на кількість днів у третій декаді липня ( $87 : 11$ ) = 8 днів і відняти їх від кінця липня. Таким чином, масове настання фази викидання волоті відбудеться 23 липня.

*Прогноз дат настання фаз молочної та воскової стиглості кукурудзи.*

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

*Перший метод.* Період викидання волоті – молочна стиглість поділено на два періоди: викидання волоті – поява ниток качана 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:

$$n = 0,6t - 0,15W + 4,4 \quad (6.7)$$

В практичній роботі для визначення періоду викидання волоті – поява ниток користуються графіком (рис. 6.1).

Друга половина періоду – поява ниток – молочна стиглість великою мірою залежить від температури повітря і його тривалість визначається з формули:

$$n = 42,5 - 0,6t \quad (6.8)$$

Таблиця 6.4 – Дані до прогнозу строків викидання волоті кукурудзи  
Варіант 1

станція	сорт	дата посіву	дата появи 3-го листка	дата визначення листків що не вийшли	число листків що не вийшли	очікувана дата викидання волоті	відхилення очікув. дати викид. від сер. багаторіч.	Середні багаторічні дати настання фаз розвитку кукурудзи															
								посів	сходи	викидання воло-ті	молочна стиглість	воскова стиг-лість	повна стиг-лість										
Вознесенське	ВІР-42	24.IV	6.V	10.VI	9			3.V	20.V	23.VII	11.VIII	29.VIII											
Снігірівка		28.IV	8.V	8.VI	10			1.V	18.V	20.VII	10.VIII	28.VIII											
Первомайське		30.IV	10.V	9.VI	10			1.V	19.V	25.VII	15.VIII	29.VIII											
Миколаїв		26.IV	6.V	12.VI	8			1.V	18.V	20.VII	13.VIII	29.VIII											
Аннівка		30.IV	9.V	7.VI	11			2.V	29.V	19.VII	12.VIII	28.VIII											
Братське		1.V	11.V	10.VI	10			3.V	20.V	23.VII	11.VIII	28.VIII											
Зелені Кошари		1.V	11.V	10.VI	10			4.V	21.V	25.VII	20.VIII	31.VIII											
Температура повітря																							
		Фактична				Очікувана по прогнозу					Середні багаторічні												
		IV			V		VI		VII			V			VI			VII			VIII		
		3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Вознесенське		13.7	14.9	13.1	16.9	17.2						15.6	16.4	17.8	18.8	19.8	20.7	21.9	22.0	22.1			
Снігірівка		14.2	15.8	14.9	16.8	17.3						16.2	16.8	18.4	18.2	19.2	21.1	21.8	21.9	22.2			
Первомайське		13.8	15.8	14.7	16.7	17.1						16.0	17.0	17.9	19.0	20.1	21.1	21.9	22.1	22.3			
Миколаїв		13.8	16.0	14.2	16.8	17.2						16.4	17.0	18.0	18.9	21.1	21.3	22.0	22.0	22.3			
Аннівка		13.7	15.0	15.0	17.0	17.3						16.3	17.1	18.5	18.5	20.1	21.5	21.8	21.8	22.1			
Братське		13.8	15.2	15.2	16.9	17.5						16.1	17.1	18.8	18.8	20.1	21.3	21.7	21.9	22.0			
Зелені Кошари		13.6	14.6	14.6	17.1	17.4						16.1	17.0	18.2	18.2	20.0	21.0	21.9	22.0	21.4			
Прогноз погоди: температура повітря у II – III декадах червня вище норми на 2 <sup>0</sup> С, а в липні – біля норми; опади – 120 % норми.																							

продовження таблиці 6.4.

сорт	дата посіву	дата появи 3-го листа	дата визначення листіків що не вийшли	число листків що не вийшли	очікувана дата викидання волоті	відхилення очікув. дати викид. від сер. багаторічної
Вознесенське	14.IV	30.IV				
Снігірівка	18.IV	3.V	1.VI	8		
Первомайське	20.IV	8.V	2.VI	8		
Миколаїв	16.IV	3.V	2.VI	9		
Аннівка	20.IV	28.IV	28.V	9		
Братське	21.IV	30.IV	1.VI	10		
Зелені Кошари	21.IV	6.V	1.VI	11		
Вознесенське	4.V	16.V	20.VI	7		
Снігірівка	8.V	18.V	18.VI	6		
Первомайське	10.V	20.V	19.VI	6		
Миколаїв	6.V	16.V	12.VI	7		
Аннівка	10.V	19.V	17.VI	8		
Братське	11.V	21.V	20.VI	9		
Зелені Кошари	11.V	21.V	20.VI	10		
Вознесенське	20.IV	2.V	6.VI	8		
Снігірівка	24.IV	4.V	2.VI	8		
Первомайське	26.IV	6.V	5.VI	9		
Миколаїв	22.IV	5.V	8.VI	10		
Аннівка	26.IV	7.V	3.VI	8		
Братське	25.IV	7.V	6.VI	7		
Зелені Кошари	25.IV	8.V	6.VI	7		

Таблиця 6.5 – Розрахунок дат настання молочної стиглості кукурудзи

Варіант 1	ст. Любашівка												Варіант 2	ст. Затишся											
Показники	червень			липень			серпень			вересень			травень			червень			серпень			вересень			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Фази розвитку	викидання волоті												викидання волоті												
Дата настання	20.VII												22.VII												
Середньодакдна температура повітря	16.8	20.4	17.0	20.7	19.2	17.0							17.5	21.1	17.6	20.8	17.3	20.1							
Запаси вологи 0 – 50	51												59												
Продовження періоду вик. волоті – поява стовпчиків																									
Продовження періоду поява стовпчиків – молочно стиглість																									
Сума опадів	24	6	15	24	63	7							15	2	28	15	30	9							
Варіант 3	ст. Сербка												Варіант 4	ст. Роздільна											
Показники	червень			липень			серпень			вересень			травень			червень			серпень						
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Фази розвитку	викидання волоті												викидання волоті												
Дата настання	20.VII												22.VII												
Середньодакдна температура повітря	18.3	21.4	17.8	21.2	18.5	21.0							17.9	21.0	17.3	20.8	17.4	20.1							
Запаси вологи 0 – 50	60												61												
Продов. періоду вик. волоті – поява стовп.																									
Продов.періоду поява стовпч. – молоч.стигл.																									
Сума опадів	10	4	64	10	18	10							20	6	73	20	88	26							
Сорт середньостиглий													Прогноз: серпень, вересень – температура повітря і опади у нормі												

Продовження таблиці 6.5

Середні багаторічні дані																			
станції	температура повітря											опади							
	червень			липень			серпень			вересень		червень		липень			серпень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	2	3	1	2	3
Любашівка	17.3	18.0	18.7	19.4	20.0	20.4	20.1	19.6	18.4	16.7	14.7	18	17	16	15	13	12	12	11
Затишшя	17.8	18.9	19.8	20.5	21.0	21.2	21.0	20.4	19.5	17.7	15.7								
Сербка	18.5	19.3	20.3	21.0	21.7	22.2	22.0	21.3	20.1	18.0	15.9	18	18	16	16	15	14	13	13
Роздільна	18.4	19.2	20.3	21.0	21.6	22.1	22.0	21.0	19.8	17.5	15.8								
Фази розвитку																			
	посів		сходи			3 –й лист			викидання волоті			молочна стиглість		воскова стиглість			повна стиглість		
Любашівка	27.IV		13.V			21.V			15.VII			13.VIII		4.IX			15.IX		
Затишшя	23.IV		14.V			21.V			15.VII			17.VIII		28.VIII			4.IX		
Сербка	24.IV		16.V			23.V			17.VII			10.VIII		28.VIII			10.IX		
Роздільна	21.IV		8.V			17.V			8.VII			10.VIII		31.VIII			9.IX		



Зручніше його визначати з графіка (рис.6.2) 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 °С. За даними Ю.І. Чиркова для ранньостиглих сортів ця сума складає 240 °С; середньостиглих – 260 °С, пізніх – 280 °С. При підрахуванні сум обов'язково користуються значеннями поправкового коефіцієнта на температуру повітря.

***Приклад складання прогнозу дати настання молочної стиглості кукурудзи.***

Порядок розрахунків.

1. Із таблиці 6.5 виписуються фактичні дати викидання волоті, запаси вологи у шарі 0 – 50 см на цю дату, середня температура повітря і суми опадів.

2. Розраховується середня температура повітря за період (15 діб) після настання викидання волоті.

3. Розраховується середня температура за період через 2 декади після появи ниток.

4. Розраховується тривалість підперіоду викидання волоті – поява ниток та поява ниток – молочна стиглість.

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

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

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 настати 24 серпня ( $31 - 7 = 24$ ).

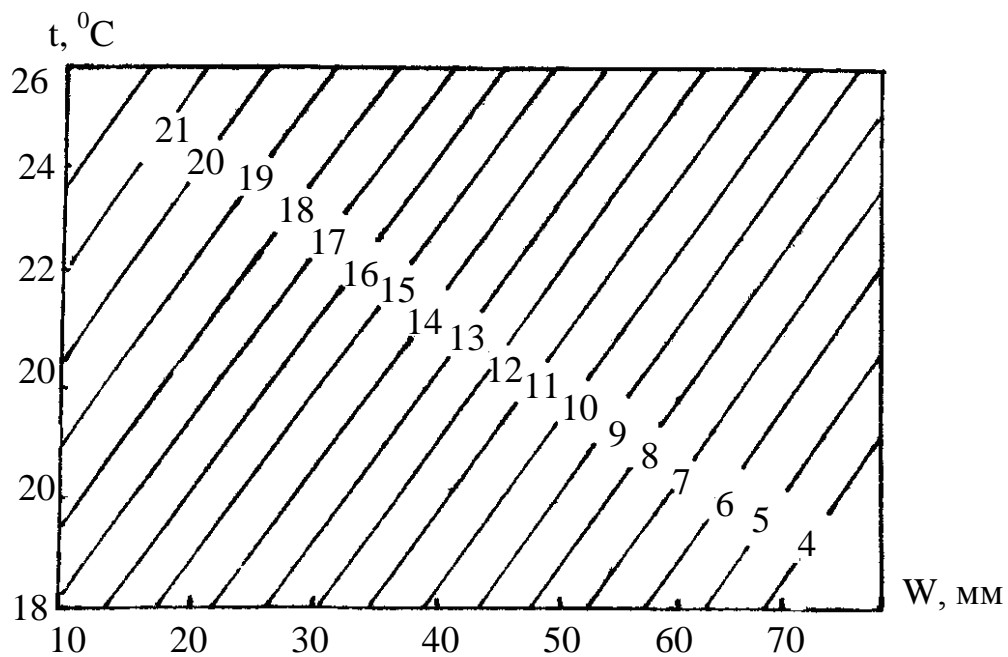


Рис. 6.1 – Залежність тривалості періоду викидання волоті – поява ниток качана кукурудзи від середньої температури та вологості ґрунту

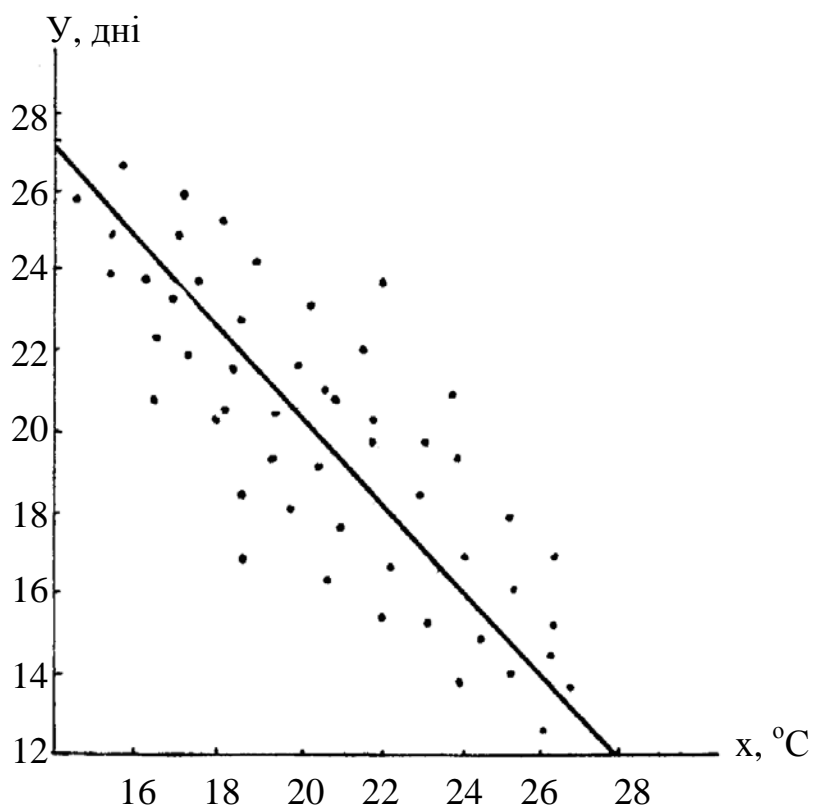


Рис. 6.2 – Залежність періоду поява ниток – молочна стиглість від середньої температури повітря.

*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 рівнянням:

$$n = \frac{\Sigma t_{>10}}{(t - 10) \cdot C}, \quad (6.9)$$

де  $\Sigma t_{>10}$  – 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 температур (табл.6.6).

З прогнозу погоди визначається очікувана середня температура повітря після настання фази викидання волоті і по табл.6.4 визначається необхідна для воскової стиглості сума температур.

Таблиця 6.6 – 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

***Приклад складання прогнозу дати настання воскової стиглості кукурудзи.***

Порядок розрахунків.

1. З таблиці 6.5 виписуються дані: фази розвитку, дати їх настання, середня температура повітря, запаси продуктивної вологи у шарі 0 – 50 см, суми опадів;

2. Визначається з прогнозу середня температура за 30 діб після викидання волоті і сума опадів.

3. Розраховуються очікувані  $W_{0-50}$  за цей же період.

4. З табл. 6.6. визначається необхідна сума температур (згідно скоростиглості сорту).

5. Розраховується дата настання воскової стиглості (формула 6.9).
6. Складається текст прогнозу.

*Приклад.* Розрахувати дату настання воскової стиглості кукурудзи середньостиглого сорту. Дата викидання волоті спостерігалась 20 липня, молочної стиглості – 14 серпня. З синоптичного прогнозу погоди очікується середня температура повітря: на третю декаду липня 22 °С, на серпень – 19 °С, на першу декаду вересня 18 °С. З табл. 6.6 визначається сума ефективних температур, яка необхідна для настання воскової стиглості. Для середньостиглих сортів вона становить 400 °С. Розрахунок виконується:

$$(22 - 10) \times 11 + (19 - 10) \times 30 = 402 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Таким чином, воскова стиглість кукурудзи настане 31 серпня.

### 6.3 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. Шиголевим [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. 6.7).

Таблиця 6.7 – Суми ефективних температур (вище 5<sup>0</sup>С) від початку вегетації до цвітіння плодових культур

Культура, сорт	$\Sigma t_{>5} \text{ } ^\circ\text{C}$
Абрикос краснощокый	88
Груша – усі сорти	125 ± 10
Вишні – Володимирська, Людська	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 плодкових культур виконується також за формулою, яку запропонував Л.Н. Бабушкін [17]:

$$n = \frac{\Sigma t_{>5}}{(T - 5)}, \quad (6.10)$$

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

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

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

Слід зауважити, що навесні, коли складається прогноз цвітіння плодкових, в окремі дні середня температура повітря може бути нижче 5 °С. Тому суми ефективних температур у такому випадку визначаються з табл. 6.8.

Таблиця 6.8 – Суми ефективних температур (вище 5 °С) за декаду при різних значеннях середньої декадної температури повітря

Середня декадна $t$ , °С	Десяті частки 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

Допустима помилка прогнозу  $\pm 4$  дні.

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

Для розрахунку імовірності припинення заморозків на дату цвітіння плодів необхідно знати середню багаторічну дату припинення заморозків для даного району та коефіцієнти для різних значень імовірності. Коефіцієнти ( $a$ ) розраховані І.А. Гольцберг [33] (табл. 6.9).

Таблиця 6.9 – 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  $\sigma$ , отримують відхилення у днях від середньої багаторічної дати припинення заморозків навесні відповідно до різної імовірності припинення заморозків. Порівнюючи очікувані дати цвітіння з датами припинення заморозків різної імовірності, визначають імовірність припинення заморозків на цвітіння.

**Приклад складання прогнозу дати настання цвітіння плодів культур.**

Порядок розрахунків.

1. Випишують по всіх станціях дату відновлення вегетації плодів, середню багаторічну дату цвітіння, середню температуру повітря на момент складання прогнозу.

2. Визначається з синоптичного прогнозу очікувана середня температура.

3. Розраховується очікувана дата цвітіння шляхом накопичення сум температур. Для розрахунку використовується табл. 6.8.

4. Розраховується ймовірність припинення заморозків.

5. Аналізуються розрахунки і складається текст прогнозу, в якому обов'язково висвітлюється питання можливості припинення заморозків на дату цвітіння плодів.

*Приклад.*

Розрахувати дату настання цвітіння яблони. Розрахунки виконуються по сумах ефективних температур. Для цвітіння яблуні від переходу середньої за добу температури повітря через  $5^{\circ}\text{C}$  необхідна сума ефективних температур  $185^{\circ}\text{C}$ . Дата переходу середньої за добу температури повітря через  $5^{\circ}\text{C}$  спостерігалась 28 березня. Після накопичення суми ефективної температури повітря очікувана дата цвітіння настане 25.IV. На цю дату імовірність припинення заморозків становитиме 60 %.

#### 6.4 Прогнози дат настання фаз розвитку зернових культур

Оптимальною температурою, за якої тривалість початкових міжфазних періодів ранніх ярих культур буває найменшою, є температура 15 – 20 °С. Зі зменшенням температури швидкість розвитку уповільнюється. У природних умовах перші фази розвитку ярих культур проходять при температурах нижче оптимальних, тому що сівба цих культур проводиться у більшості районів з настанням температури повітря 4 – 7 °С.

Ярі зернові культури (яра пшениця, овес, ячмінь) сіють майже одночасно і початкові фази свого розвитку вони проходять синхронно.

О.О. Шиголєвим встановлено, що від сівби до сходів та від сходів до кущіння ярих культур, як і для озимих, необхідна сума ефективних температур 67 °С. У подальшому розвитку культур ці суми вже значно відрізняються. О.О. Шиголєвим визначені суми ефективних температур по міжфазних періодах усіх зернових культур (табл. 6.10).

Тривалість міжфазних періодів буде різною в залежності від умов розвитку. За умов достатнього зволоження та питомих речовин провідним фактором, який впливає на темпи розвитку і тривалість міжфазних періодів, буде температура повітря. З підвищенням температури до оптимальних значень тривалість міжфазних періодів зменшується. В холодні весни при низьких температурах тривалість міжфазних періодів сівба-сходи та сходи-кущіння збільшується.

Як і для озимих культур, для ярих встановити суми ефективних температур від кущіння до виходу у трубку досить складно, бо швидкість настання цієї фази залежить не тільки від температури повітря, вологості ґрунту, але і від світлових умов. Тому у ярих зернових найчастіше прогноуються дати настання фази колосіння (викидання волоті у вівса), молочної та воскової стиглості.

Від сільськогосподарських організацій надходять запити не тільки про те, наскільки темпи розвитку культур поточного року відрізняються від середніх багаторічних, але й про те, коли та настільки пізніше (раніше) почнеться збирання ярих зернових культур, а також чи співпадуть терміни збирання озимих та ярих культур.

***Приклад розрахунку дати настання фази колосіння (викидання волоті) у зернових культур.***

Порядок розрахунку:

1. Випишується із таблиці 6.11: сорт, дата сівби, дата виходу в трубку, середня багаторічна дата колосіння (викидання волоті) та дата воскової стиглості.
2. З прогнозу визначається очікувана температура та сума опадів.
3. Розраховується за формулами 6.2 або 6.3 очікувана дата (або за сумами температур із табл. 6.10).

4. Порівнюються дати наступу очікуваних фаз розвитку з середніми багаторічними датами та розраховуються відхилення.
5. Розраховується помилка прогнозу.
6. Складається текст прогнозу, в якому дається характеристика агрометеорологічних умов до дати складання прогнозу і очікуваних умов по прогнозу, а також очікувані дати настання фаз розвитку культур.

Таблиця 6.10 – Суми ефективних температур, необхідні для періодів репродуктивного розвитку зернових культур, °С

Міжфазний період	Сума ефективних температур, необхідна для настання фаз розвитку, °С						
	оз. пшениці	оз. жита	ярої пшениці	яр. ячменю	вівса	проса	гречки
Сівба – сходи	67	52	67	67	67	150	75
Сходи – кушіння	67	67	67	67	67	–	–
Сходи – викидання волоті						600	
Сходи-початок цвітіння							275
Відновлення вегетації – вихід у трубку:							
у південно-східних районах	100-150	100-150					
у східних районах	50	50					
Вихід у трубку (викидання волоті)– колосіння	330	183	283-305(р) 330-355(с) 375-400(п)	330	378		
Колосіння – молочна стиглість	230	319	230	–	–	–	–
Колосіння (цвітіння гречки) – воскова стиглість	490	544	490(м)	388	428		470
Молочна стиглість – воскова стиглість	260	225	260(м) 310(т)				
Викидання волоті – повна стиглість						440	

Примітка: р – ранньостиглі сорти, с – середньостиглі сорти, п – пізньостиглі сорти, м – м'які сорти, т – тверді сорти



Таблиця 6.11 – Розрахувати строки настання фаз розвитку ранніх ярівих зернових (яра пшениця, овес, ячмінь)

Станція	Овес (сорт Лоховський)										Запаси продуктивної вологи						прогноз погоди на червень										
	Фактичні дані			Обчис. дані		Середні багаторічні дані					квітень			травень													
	дата сівби	кущі н-ня	вих. в труб.	очікув. дата колос	відхилв ід серед. баг.	сівба	кущі ння	вих. в труб.	колос іння	воск. стигл	1	2	3	1	2	3	температура повітря вище норми на 1 <sup>0</sup> , опади 120 % від норми										
Любашівка	4.IV	4.V	18.V			8.III	15.V	26.V	7.VI	13.VII	98	95	92	66	30	21											
Затишшя	24.III	4.V	14.V			30.III	8.V	18.V	0.VI	8.VII	151	146	145	34	99	105											
Сербка	29.III	3.V	10.V			30.III	11.V	21.V	5.VI	10.VII	119	108	112	99	81	66											
Одеса	1.IV	6.V	13.V			30.III	8.V	18.V	2.VI	10.VII	128	125	125	19	78	87											
Болград	2.IV	8.V	12.V			24.III	16.V	26.V	6.VI	14.VII	119	68	108	67	44	78											
Ізмаїл	29.III	2.V	10.V			22.III	5.V	15.V	1.VI	4.VII	143	151	140	36	128	170											
Температура повітря										Опади																	
Фактичні дані										По прогнозу																	
квітень			травень			червень			липень			квітень			травень			червень			липень						
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Любашівка	6.3	12.6	11.1	16.0	17.3	15.7						77	0	6	12	0	32										
Затишшя	6.8	12.8	11.3	16.2	17.7	15.9						1	1	8	0	0	11										
Сербка	7.1	12.9	11.8	16.5	17.7	16.6						10	14	4	3	0	20										
Одеса	7.3	12.6	11.4	16.1	17.5	15.9						2	4	7	3	7	14										
Болград	7.0	11.9	11.0	15.5	17.5	16.6						3	2	3	4	0	44										
Ізмаїл	7.7	11.4	11.1	14.9	17.1	16.3						3	0	4	6	0	33										
Середні багаторічні дані																											
температура повітря												опади															
квітень			травень			червень			липень			квітень			травень			червень			липень						
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Любашівка	5.3	7.7	9.8	12.9	15.1	15.8	16.7	17.6	18.3	19.6	20.1	20.4	8	10	11	17	19	21	22	22	20	19	18	17			
Затишшя	6.5	8.6	10.8	13.0	14.9	16.5	17.8	18.9	19.8	20.5	21.0	21.2	8	11	15	18	22	23	23	23	20	18	18	19			
Сербка	6.7	8.7	10.9	13.4	15.3	17.0	18.5	19.3	20.3	21.0	21.7	22.2	8	9	9	11	14	18	21	21	18	15	13	12			
Одеса	6.2	8.2	10.2	13.1	15.4	16.8	18.3	19.2	20.3	21.2	22.0	22.5	9	9	10	10	12	12	17	19	17	19	18	17			
Болград	8.0	10.1	12.4	14.2	16.4	17.7	19.0	20.1	21.1	22.0	22.7	23.0	10	11	18	16	18	18	18	19	19	20	20	19			
Ізмаїл	8.7	10.6	13.0	15.2	16.7	18.0	19.3	20.2	21.2	22.1	22.9	23.0	9	9	10	12	14	16	15	15	15	15	17	17			

*Приклад.* Розрахувати дату настання фази воскової стиглості ярої пшениці для ст. Конотоп та Приколотне Харківської області.

Розрахунки виконуються по сумах ефективних температур. Для сорту Лютесценс від колосіння до воскової стиглості необхідна сума ефективних температур 490 °С. Дата колосіння настала на ст. Конотоп 3 червня, на ст. Приколотне – 7 червня. З синоптичного прогнозу погоди визначається очікувана температура повітря у другу та третю декади червня та першу декаду липня. Це буде відповідно 19,5 °С, 21,4 °С та 23,2 °С. По значеннях температури повітря розраховуються дати накопичення суми температур 490 °С на кожній станції. Якщо виконати всі розрахунки, то дата воскової стиглості на ст. Конотоп буде 4 липня, на ст. Приколотне – 8 липня.

Таким же чином розраховуються очікувані дати фаз розвитку ячменю та вівса. Суми ефективних температур по міжфазних періодах визначаються з табл. 6.10.

## 7. МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ЗАПАСІВ ПРОДУКТИВНОЇ ВОЛОГИ ТА ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

### 7.1 Методи прогнозів запасів продуктивної вологи під зерновими культурами

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 ( $\Delta W$ ) запасів продуктивної вологи під озимими і ярими зерновими культурами в залежності від метеорологічних факторів:

$$\Delta W = aW_i + br - ct + d , \quad (7.1)$$

де  $W_1$  – 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 основі 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 (7.1), а числові коефіцієнти наводяться у табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Коефіцієнти  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  рівняння (7.1)

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

Для прискорення розрахунків побудовані графіки (рис. 7.1 а, б, в). На рис. 7.1 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:

$$W_2 = W_n + \Delta y(\pm \Delta t). \quad (7.2)$$

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.

Таблиця 7.2 – Рівняння залежності зміни запасів продуктивної вологи у ґрунті під озимою пшеницею від метеорологічних елементів

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

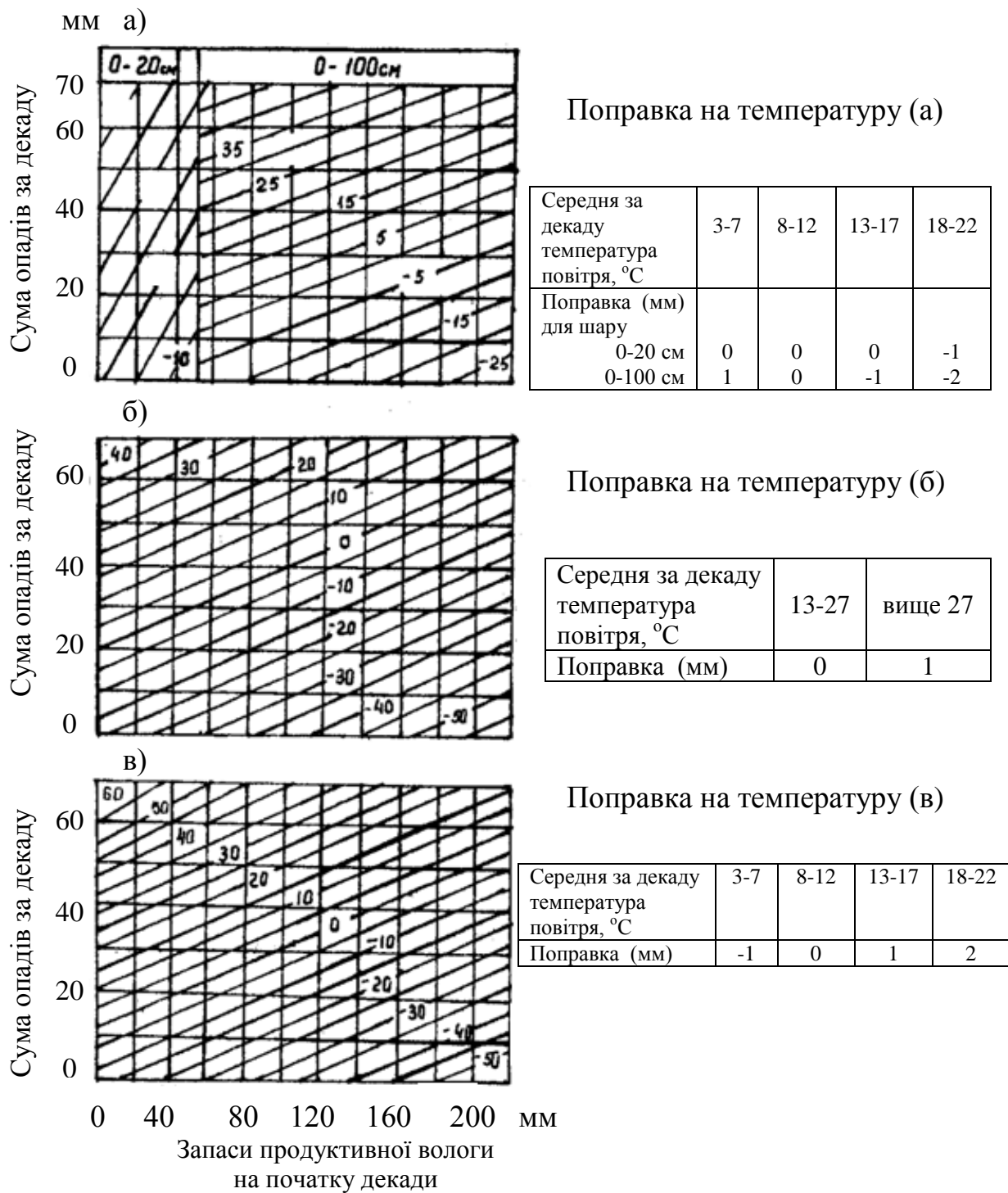
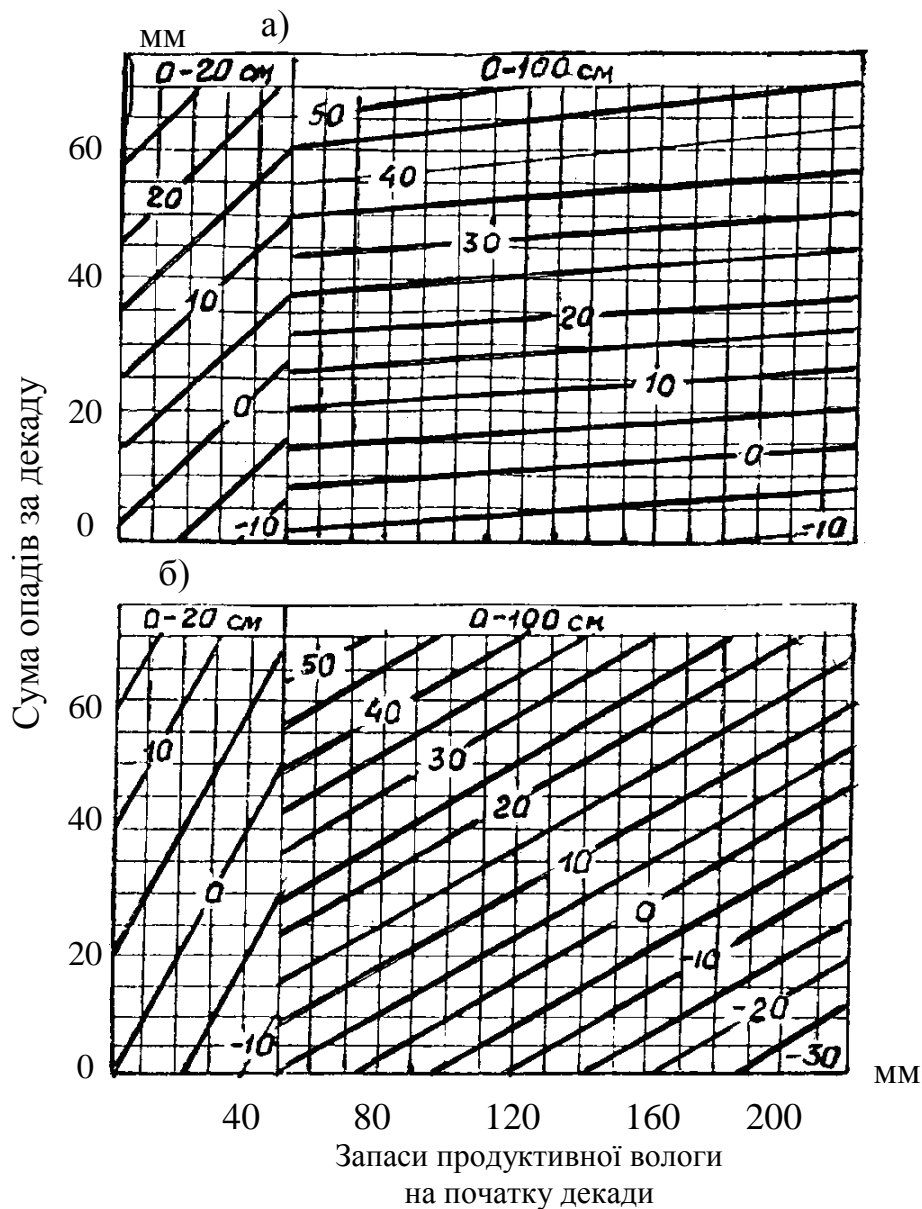


Рис. 7.1 – Зміна запасів продуктивної вологи у зоні чорноземних ґрунтів під ярою пшеницею:  
 а) від сівби до виходу у трубку;  
 б) від виходу у трубку до цвітіння; в) після цвітіння.



Поправка на температуру (а)

Середня за декаду температура повітря, °С	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

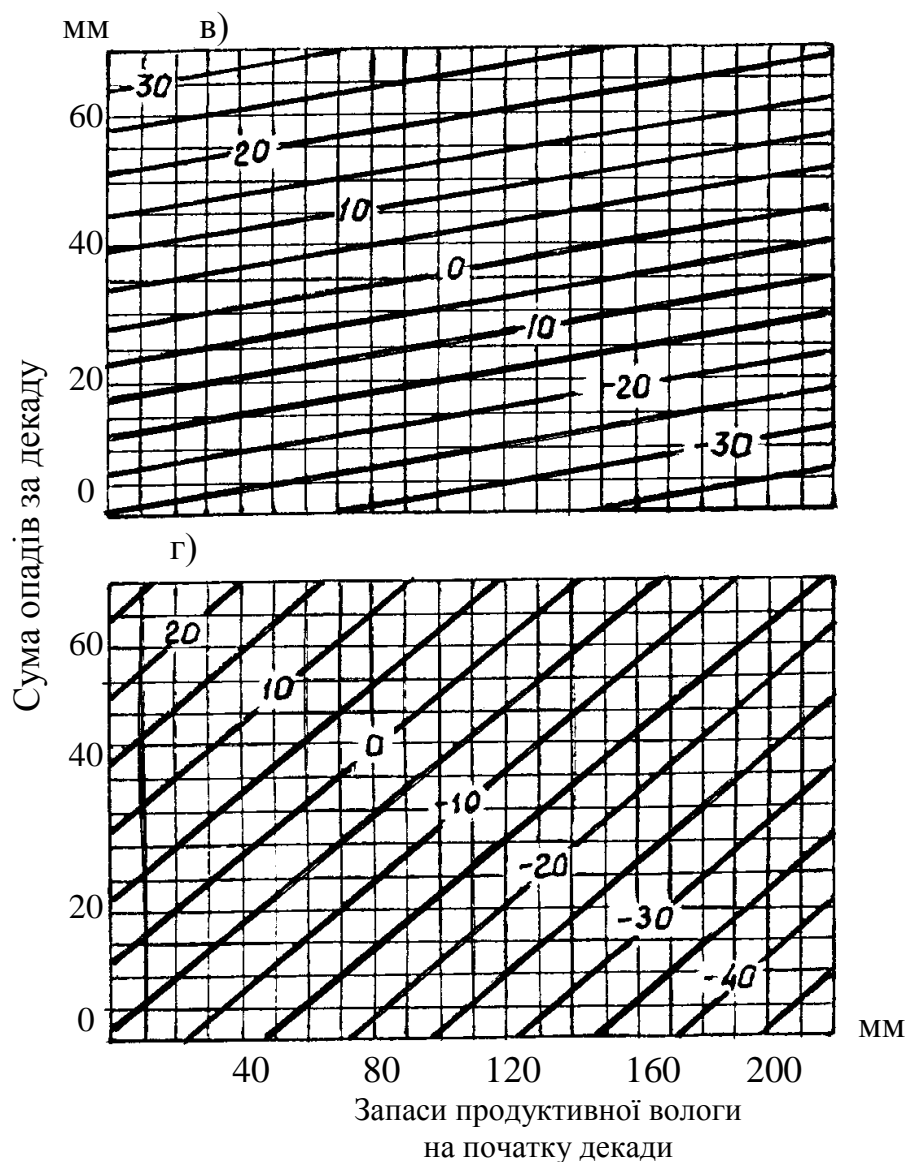
Поправка на температуру (б)

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

Рис. 7.2 (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. 7.2 (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.



Очікувані запаси продуктивної вологи під озимою пшеницею розраховуються за рівняннями табл. 7.2, або графіками С.О. Веріго (рис. 7.2 а, б, в, г).

## **7.2 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.7.3).

За цими рівняннями побудовані графіки (рис. 7.4 а, б, в; 7.5 а, б, в; 7.6 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 (7.1).

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. 7.4).

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

Коефіцієнти в рівнянні 7.1 для кукурудзи визначені Ю.І. Чирковим, для овочевих культур ( баклажани, томати, солодкий перень) Л.Ю. Божко. Коефіцієнти одержані для різних регіонів, різних між фазних періодів різних культур

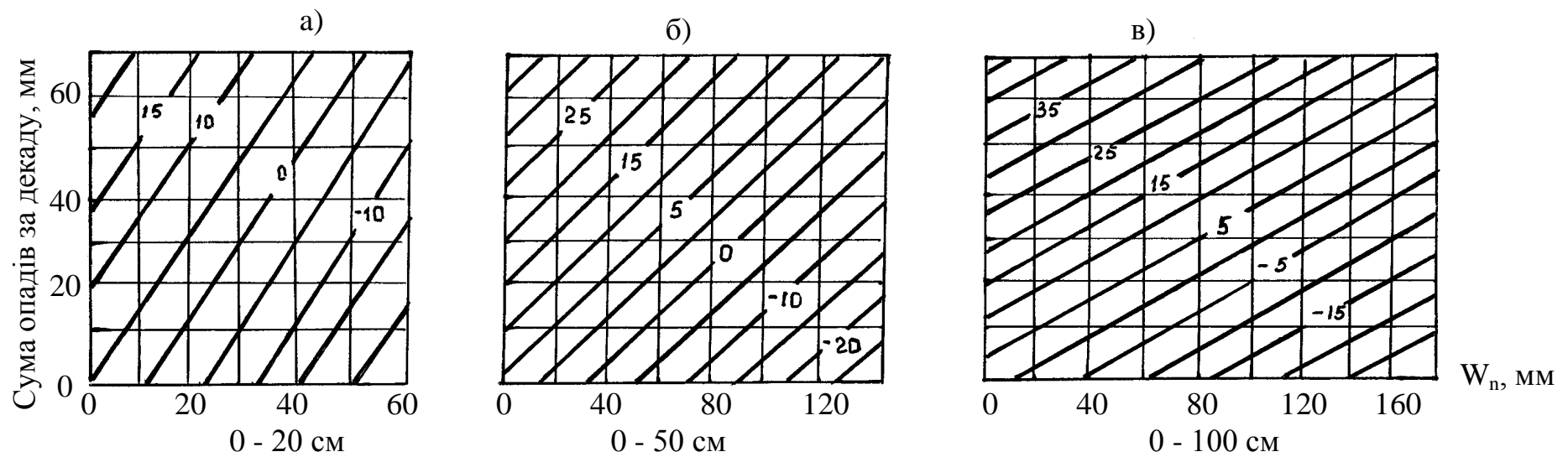
Таблиця 7.3 – Рівняння зміни запасів продуктивної вологи під картоплею та травами

*Чорноземна зона*

Період розвитку	Шар ґрунту, см	Рівняння зв'язку
<i><u>К а р т о п л я</u></i>		
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	$y = -0,94 t + 0,72r - 0,10w + 7,8$
<i><u>Л ю ц е р н я</u></i>		
1. Ранній весняний період (від початку вегетації до встановлення $T + 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	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 укошу (IV–VI декади після переходу температури повітря через $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ )	0-100	$y = -0,6 t + 0,73r - 0,21w + 5,3$
4. Період після другого укошу до кінця вегетації	0-100	$y = -1,1 t + 0,83r - 0,16w + 11,7$

Таблиця 7.4 – Суми температур по міжфазних періодах розвитку картоплі, °С

Фон добрив	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

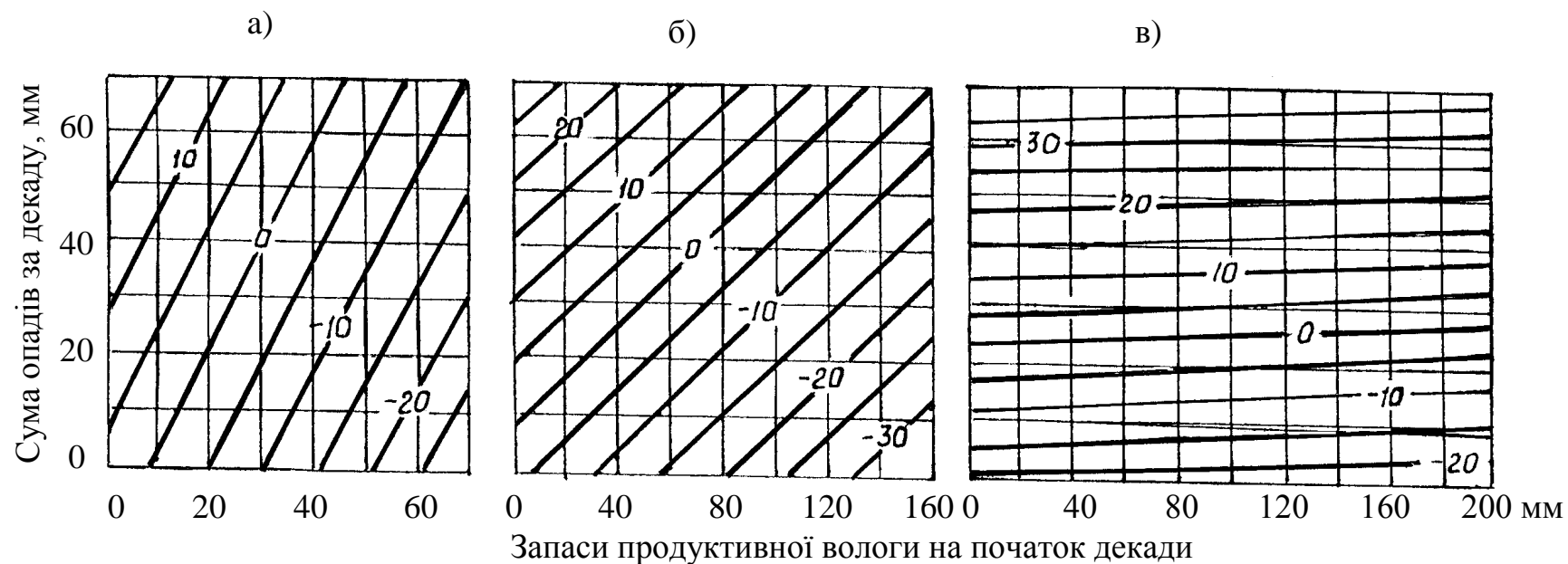
Середня за декаду температура повітря, °С	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Поправка (мм)	9	7	5	4	2	0	-2	-4	-5	-7	-9	-11	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5

Рис. 7.4 – Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період формування сходів:

а – у шарі ґрунту 0 – 20 см;

б – у шарі ґрунту 0 – 50 см;

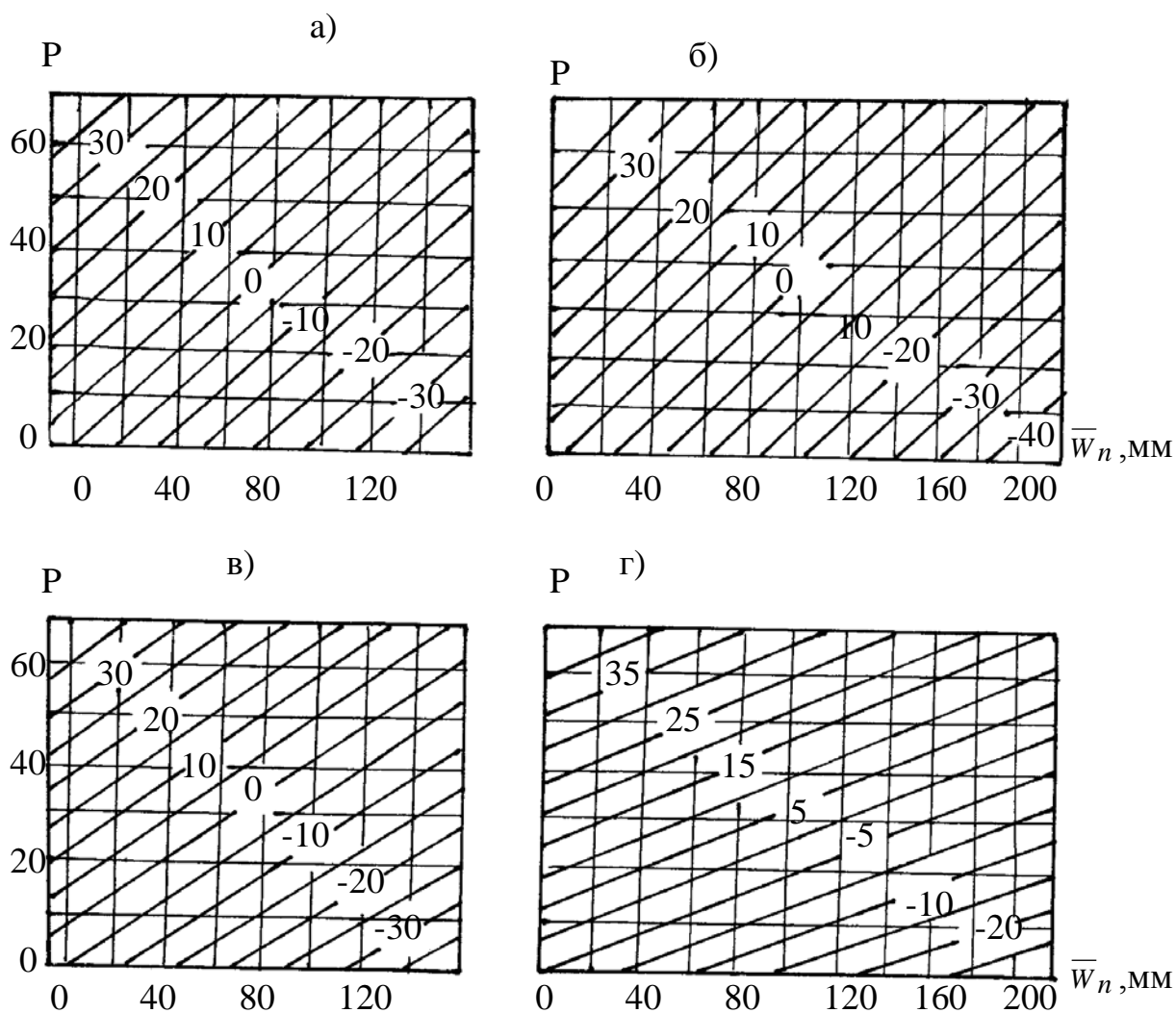
в – у шарі ґрунту 0 – 100 см.



Поправка на температуру

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. 7.4 – Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період формування бокових пагонів (а, б, в – позначки ті ж, що на рис. 7.3).



Поправка на температуру

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

Поправка на температуру

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

Рис. 7.5 – 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.

## Приклад розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи

Для складання прогнозу необхідно підготувати для розрахунків такі відомості:

- фази розвитку та дати їх настання для кожної культури;
- типи ґрунтів та їх механічний склад;
- середні багаторічні значення температури повітря та опадів за розрахунковий період;
- синоптичний прогноз температури повітря та опадів;
- значення запасів продуктивної вологи на початок розрахункового періоду у шарах 0 – 20см, 0 – 50 см, 0 – 100см.

Виконати розрахунки:

- розрахувати очікувану температуру повітря та суми опадів по декадах розрахункового періоду за синоптичним прогнозом;
- визначити коефіцієнти в рівняннях для розрахунків або самі рівняння (з табл. 7.1 – 7.4);
- розрахувати зміну запасів продуктивної вологи за кожну декаду розрахункового періоду за рівняннями або відповідними графіками;
- визначити величину очікуваних запасів продуктивної вологи за кожну декаду за рівнянням (7.2). При цьому величину зміни запасів продуктивної вологи з відповідним знаком додають до значень запасів вологи за попередню декаду.

Слід мати на увазі, що для кожної наступної декади запаси продуктивної вологи розраховані, на попередню декаду, будуть початковими.

### 7.3 Методи прогнозів 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, оскільки тепла у цих районах достатньо.

Оцінкою вологозабезпеченості посівів займалися багато дослідників: О.В. Процеров, О.С. Конторщикова, 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 ( $E_{\phi}$ ) з поля, зайнятого культурою, до сумарного випаровування при оптимальних умовах зволоження ( $E_o$ ):

$$V = \frac{E_{\phi}}{E_o} \cdot 100. \quad (7.3)$$

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

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



$$E_{\phi} = (W_1 + x) - W_2, \quad (7.4)$$

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

$x$  – сума опадів за декаду, мм.

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

$$E_o = K \cdot \Sigma d \quad (7.5)$$

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 коефіцієнта 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 помноженій 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 настання фаз розвитку, фактична та очікувана за прогнозом температура 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:

$$W_2 = (W_1 + x) - E, \quad (7.6)$$

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

$x$  – 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: сівба – вихід у трубку, вихід у трубку – цвітіння, цвітіння – воскова стиглість (рис. 7.6 а, б, в). За цими рисунками одночасно визначаються запаси продуктивної вологи на кінець декади та сумарне випаровування. На рис. 7.6 на осі абсцис - значення температури повітря,  $t$  °С. На осі ординат – сумарне випаровування ( $E_{\phi}$ ), мм; у полі графіка криві, які відповідають сумі запасів вологи на початок декади і опадів за декаду ( $W + x$ ), мм.

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. 7.5).

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 7.5 – Співвідношення відхилень температури повітря та дефіциту насичення повітря від норми

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

Якщо температура повітря очікується близькою до 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 розраховувала оцінку агрометеорологічних умов формування врожаю в залежності від забезпечення рослин вологою (рис. 7.7).

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

**Приклад.** Розрахувати середню по області вологозабезпеченість посівів ярої пшениці.

Порядок розрахунку: Розрахунок забезпечення посівів вологою краще виконувати у робочій таблиці (табл. 7.6).

Для складання прогнозу необхідно підготувати для розрахунків такі відомості:

- дату посіву ярої пшениці;

Таблиця 7.6 – Приклад розрахунку вологозабезпеченості ярої пшениці

Середні по області показники	Травень		Червень			Липень			Серпень	
	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
Середня декадна температура повітря, °С	7	10	13	15	18	19	21	23	22	20
Сума опадів за декаду (мм)	10	15	25	8	16	0	5	10	25	20
Запаси вологи у метровому шарі ґрунту (мм)	110	105	110	90	80	50	25	15	22	27
Сума середньодобової нестачі вологи повітря за декаду (мм)	22	25	34	49	60	97	90	105	82	82
Величина випаровування, необхідна для оптимальних умов росту (мм)	13	15	20	29	36	58	54	42	33	33
Сумарне випаровування у поточному році (мм)		20	20	28	26	30	30	20	18	15
Вологозабезпеченість за декаду (%)		133	100	96	72	52	56	48	55	45
Середня вологозабезпеченість за весь минулий період (%)		133	116	110	100	90	85	80	76	72

- середні багаторічні значення температури повітря (°С) та опадів (мм) за розрахунковий період;
- синоптичний прогноз температури повітря та опадів;
- значення запасів продуктивної вологи у шарах 0 – 100см, мм;
- середній дефіцит насичення повітря, мм

Виконати розрахунки:

- очікуваної температури повітря та суми опадів по декадах розрахункового періоду за синоптичним прогнозом;
- суми дефіцитів насичення повітря, мм;
- випаровуваності ( $E_o$ ) ярої пшениці, використовуючи формулу (7.5)
- сумарного випаровування ( $E_\phi$ ) (рис. 7.6);
- вологозабезпеченості ярої пшениці за формулою (7.3);

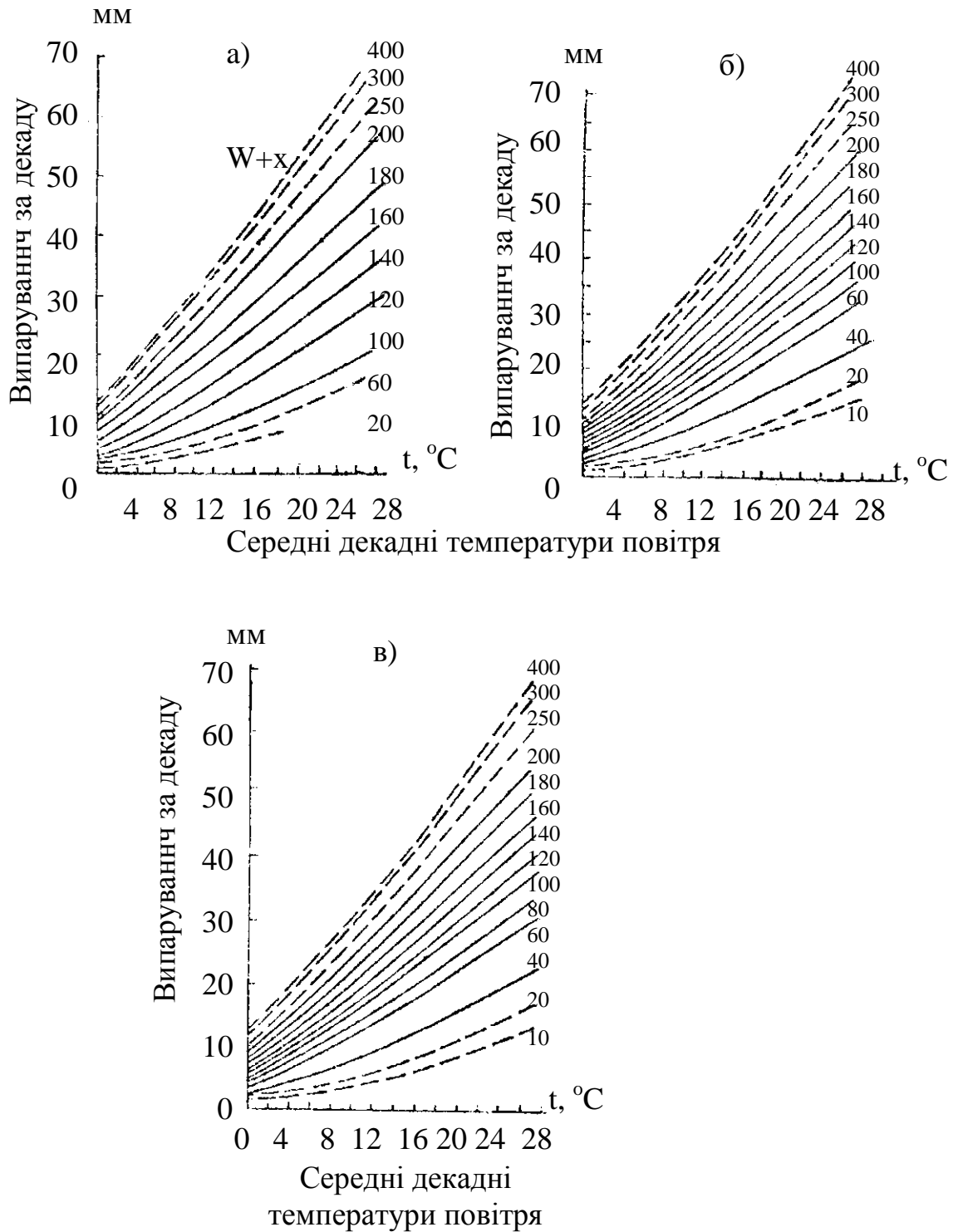


Рис. 7.6 – Сумарне випаровування за декаду ( $E_{\phi}$ ) на полях ярої пшениці в залежності від початкових запасів продуктивної вологи ( $W_1$ ), опадів за декаду ( $x$ ) та середньої температури повітря ( $t$ ):

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

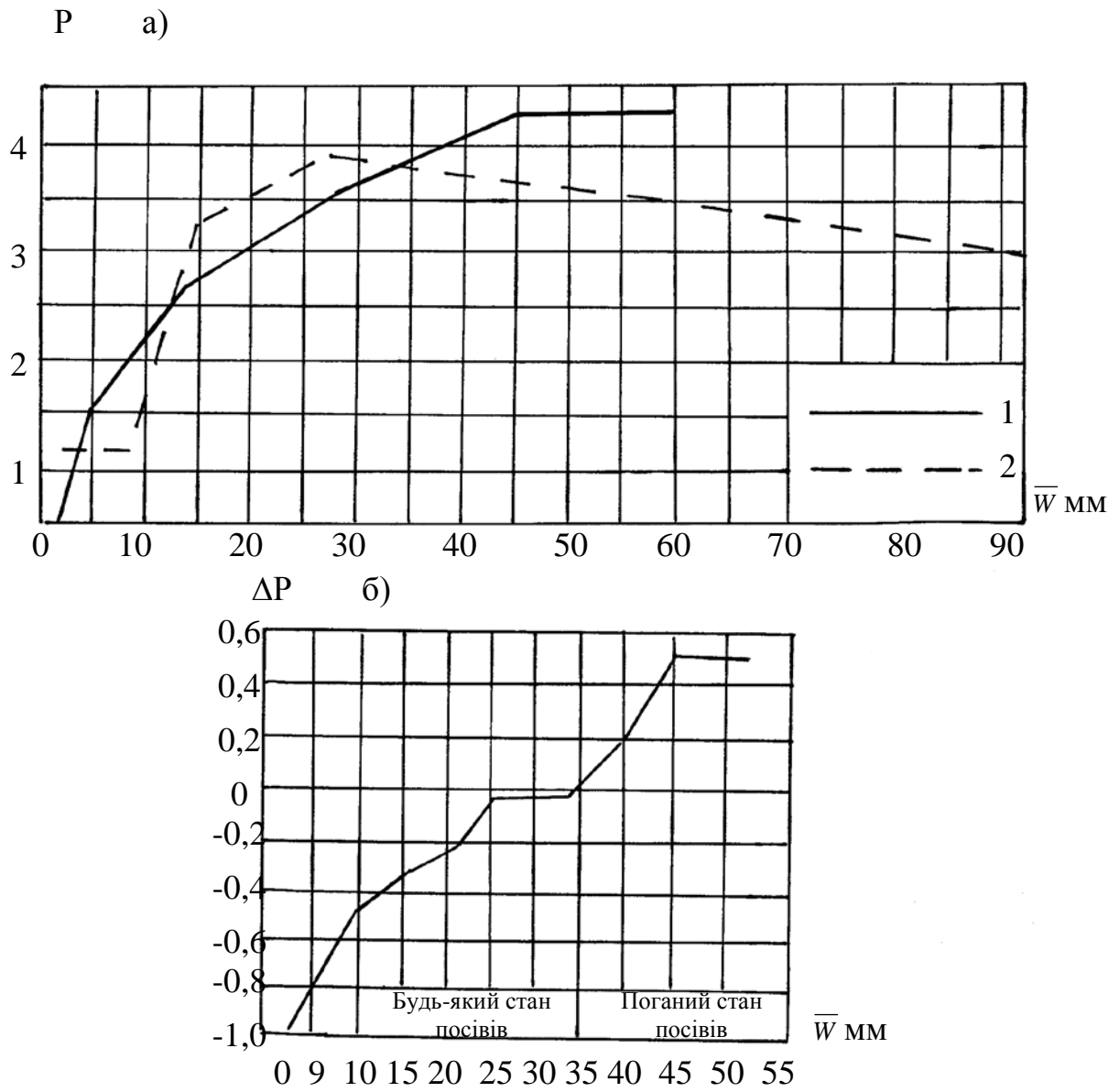


Рис. 7.7 – Відносна оцінка посівів ярої пшениці в залежності від забезпеченості вологою ярої пшениці в зоні:  
 а) недостатнього зволоження,  
 б) в зоні надмірного зволоження

- послідовно середньої вологозабезпеченості на кінець кожної декади до дати складання прогнозу (шляхом підсумування значення вологозабезпеченості за кожну декаду наростаючим підсумком та ділення результатів на число декад);
- середньої вологозабезпеченості за весь вегетаційний період.

*Розрахунок вологозабезпеченості посівів цукрових буряків.* Найбільші посівні площі цукрових буряків розташовані в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. В цих зонах відчувається вплив забезпечення вологою посівів на 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. 7.7).

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 коефіцієнта 0,49 повинно припадати на декаду початку росту коренеплоду. Вона розраховується по сумі ефективних температури вище 5<sup>0</sup>С, що становить 500 °.

Таблиця 7.7 – Коефіцієнти *K* для визначення потреби у воді цукрових буряків

Декада вегетації	K	Декада вегетації	K	Декада вегетації	K	Декада вегетації	K
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
третья	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 за формулою 7.4 або табл. 7.8.

Якщо при розрахунках вологозабезпеченість більше 100 %, то вона береться рівною 100 %, оскільки у зонах недостатнього та нестійкого зволоження короточасне надмірне зволоження не створює несприятливих умов для розвитку цукрових буряків.

Таблиця 7.8 – Сумарне випаровування (мм) за декаду на полях цукрових буряків в залежності від початкових запасів вологи у метровому шарі ґрунту, опадів за декаду та середньої температури повітря в різні періоди вегетації

Середня температура повітря за декаду, °С	Запаси вологи в шарі ґрунту 0-100 см за попередню декаду плюс кількість опадів за декаду, мм										
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
	Період від сівби 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

Продовження таблиці 7.8

Т <sub>сер</sub> за декаду, °С	Запаси вологи в шарі ґрунту 0-100 см за попередню декаду плюс кількість опадів за декаду, мм															
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	
	Період після початку росту коренеплоду															
5	5	6	7	8	9	10	10	11	11	12	13	13	14	15	16	
6	6	7	8	9	10	11	11	12	12	13	14	15	16	16	17	
7	7	8	9	10	11	12	12	13	14	15	15	16	17	18	19	
8	7	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	17	18	19	20	
9	8	10	11	12	13	14	15	15	16	17	18	19	20	21	22	
10	9	10	12	13	14	15	16	17	17	19	20	21	21	22	23	
11	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
12	10	12	14	15	16	17	19	20	21	22	23	23	24	26	27	
13	11	13	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	27	29	
14	12	14	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	30	
15	13	15	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	32	
16	14	16	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	31	32	34	
17	14	17	20	21	22	24	25	26	27	29	30	31	32	34	35	
18	15	18	21	22	24	25	26	27	29	30	31	32	34	35	37	
19	16	19	22	23	25	26	27	29	30	32	33	34	35	37	39	
20	17	20	23	25	26	28	29	30	32	33	34	36	37	39	41	
21	18	21	24	26	27	29	31	32	33	35	36	37	39	41	42	
22	19	22	25	27	28	30	32	33	34	36	37	39	41	43	44	
23	20	23	26	28	30	32	33	34	35	37	39	40	42	44	46	
24	21	24	28	30	31	33	34	36	37	39	40	42	43	46	48	
25	22	25	29	31	32	34	36	37	38	40	42	43	45	47	50	
26	23	26	30	32	34	36	37	38	40	41	43	45	46	49	52	
27	24	28	31	33	35	37	39	40	41	43	44	46	48	51	54	
28	25	29	32	34	36	38	40	41	42	44	46	48	50	52	55	
29	26	30	33	35	37	39	41	42	43	45	48	50	52	54	57	
30	27	31	34	36	39	40	42	43	44	47	49	51	54	56	59	

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

Вологозабезпеченість за весь вегетаційний період – величина прогностична. О.М. Конторщиковою отримані рівняння залежності одержаної вологозабезпеченості за вегетаційний період від вологозабезпеченості за період від посіву до моменту складання прогнозу. Рівняння наведені в таблиці 7.9.



Таблиця 7.9 – Рівняння зв'язку для розрахунку середньої вологозабезпеченості посівів за вегетаційний період цукрових буряків, %

Декада після початку росту коренеплоду	Рівняння зв'язку	Помхибка рівняння ( % )	Коефіцієнт кореляції
Перша	$V = 1,5V_1 - 66$	6	$0,68 + 0,03$
Друга	$V = 1,5V_1 - 61$	6	$0,72 + 0,02$
Третя	$V = 1,4V_1 - 50$	5	$0,76 + 0,02$
Четверта	$V = 1,4V_1 - 45$	5	$0,84 + 0,02$
П'ята	$V = 1,3V_1 - 35$	4	$0,87 + 0,02$
Шоста	$V = 1,3V_1 - 30$	3	$0,90 + 0,01$
Сьома	$V = 1,1V_1 - 12$	3	$0,94 + 0,01$
Восьма	$V = 1,1V_1 - 10$	2	$0,94 + 0,01$
Дев'ята	$V = 1,0V_1 - 2$	2	$0,96 + 0,01$
Десята	$V = 1,0V_1 - 2$	2	$0,96 + 0,01$
Одинадцята	$V = 0,95V_1 + 5$	2	$0,96 + 0,01$

*Примітка.*  $V$  – очікувана середня по області вологозабезпеченість за вегетаційний період, %;  $V_1$  – середня по області вологозабезпеченість посівів за період від сівби до початку росту коренеплоду, %.

Приклад розрахунку вологозабезпеченості цукрових буряків.

Порядок розрахунку. Розрахунки краще виконувати в робочій таблиці (приклад табл. 7.10)

Для складання прогнозу необхідно підготувати для розрахунків такі відомості:

- дата посіву цукрового буряку;
- середні багаторічні значення температури повітря ( $^{\circ}\text{C}$ ) та опадів (мм) за розрахунковий період;
- синоптичний прогноз температури повітря та опадів;
- значення запасів продуктивної вологи у шарах 0 – 100см, мм;
- середній дефіцит насичення повітря, мм

Розрахувати:

- очікувану температуру повітря та суми опадів по декадах розрахункового періоду за синоптичним прогнозом;
- суму дефіцитів насичення повітря, мм;
- випаровуваність ( $E_0$ ) цукрового буряку, використовуючи формулу (7.5)
- сумарне випаровування ( $E_{\phi}$ ) (за даними табл. 7.8);

Таблиця 7.10 – Приклад розрахунку вологозабезпеченості цукрових буряків

Дніпропетровська обл.	Ст. Жовтневе										
	квітень		травень			червень			липень		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1. Фази розвитку		Посів			Початок росту коріння						
2. Дата настання фази розвитку		30.IV			10. VI						
3. Площа посіву, %									19		
4. Густота рослин на 1.VII тис/га									74		
5. Маса коренеплоду на 20.VII, г									70		
6. Середн. тем-ра повітря (t, °C)	7.3	12.3	12.9	17.4	19.9	19.8	22.5	16.5	21.7	19.2	19.3
7. Сума опадів ( $\sum r$ , мм)	6	7	5	15	3	8	18	18	37	14	17
8. Сума дефіцитів ( $\sum d$ , мм)	30	70	69	112	112	77	74	73	80	92	112
9. Запаси продукт. вологи ( $W_{0-100}$ ), мм	148	136									
10. Оптим. випарування ( $E_0$ ), мм											
11. Сумарне випарування ( $E_\phi$ ), мм											
12. Вологозабезп. за дек. (IV), %											
13. Середня вологозаб. ( $V_1$ ) за перехід посівів П.Р.К.											
14. Середня V за весь період вегетації (V)											
15. $\sum t^\circ C$ від посіву до 1 серпня											

Середня по області:  $V_1 =$        $V =$

- вологозабезпеченість цукрового буряку за формулою (7.3);
- послідовно середню вологозабезпеченість на кінець кожної декади до дати складання прогнозу (шляхом підсумування значення вологозабезпеченості за кожну декаду наростаючим підсумком та ділення результатів на число декад);
- середню вологозабезпеченість за весь вегетаційний період, використовуючи (табл. 7.9).

#### **7.4 Методи прогнозів запасів продуктивної вологи на початок вегетаційного періоду.**

Кількість вологи, яка може утримуватись ґрунтом 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 (ПВ)* – найбільша кількість води, що утримується в ґрунті, коли всі пори зайняті водою і водне дзеркало виходить на поверхню ґрунту; 2) *максимальна капілярна вологомісткість (КВ)* – та кількість води, яку може утримувати шар ґрунту 10 см над вільною водяною поверхнею через капілярне підняття; 3) *найменша вологомісткість (НВ)* – 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 всередині ґрунту та проникнення у ґрунт опадів і талих вод у період відлиг. Поповнення ґрунтової вологи у різних ґрунтово-кліматичних зонах різне. Це зумовляє 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 ( $\Delta W$ )

вологою ґрунту восени визначається як залишок між найменшою вологомісткістю (НВ) та запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на дату останнього визначення запасів вологи восени (W):

$$\Delta W = HB - W \quad (7.7)$$

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 ( $\Delta W$ ). Статистичні залежності встановлені для районів з стійкою зимою і глибоким заляганням ґрунтових вод (7.8) та районів з нестійкою зимою і глибоким заляганням ґрунтових вод (7.9):

$$Y = 0,21x + 0,62\Delta W - 33 \quad (7.8)$$

$$Y = 0,112x + 0,56\Delta W - 20 \quad (7.9)$$

де  $Y$  – зміна запасів продуктивної вологи за холодну пору року, мм;  
 $x$  – сума опадів за цей же період, мм;  
 $\Delta W$  – нестача вологи в ґрунті восени, мм (визначається з формули (7.7)).

На Європейській частині країн СНД до зони із стійкою зимою та недостатнім 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 (7.8), при нестійкій – за формулою (7.9).

У зв'язку з потеплінням клімату (підвищення річної температури на  $0,5\text{ }^\circ\text{C}$ ) 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  $5\text{ }^\circ\text{C}$  восени до дати складання прогнозу (січень – лютий), та прогнозованої суми опадів від дати складання прогнозу до дати переходу температури повітря через  $5\text{ }^\circ\text{C}$  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 (7.8, 7.9).

В районах, де взимку відбувається значний перерозподіл снігу на полях через сильні вітри, прогноз запасів вологи на весну складається з врахуванням 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:

$$W_c = 10 \cdot h \cdot d \quad (7.10)$$

де  $h$  – середня висота снігу, см;

$d$  – щільність снігу, г/см<sup>3</sup>;

$W_c$  – 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 величин, 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 основі 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.

**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 у метровому шарі ґрунту становили 83 мм.

Порядок розрахунку:

1 – розраховується нестача насичення ґрунту вологою, вона становить (за формулою 7.8):  $160 \text{ мм} - 83 \text{ мм} = 7 \text{ мм}$ ;

2 – підраховується кількість опадів від дати останнього визначення вологості ґрунту до 1 лютого по матеріалах спостережень за декадними сумами опадів і в нашому випадку вона становить 87 мм.

3 – підраховується сума опадів від першого лютого до дати переходу температури повітря через  $5^\circ \text{C}$  навесні. Вона визначається з синоптичного прогнозу погоди. В нашому випадку дата переходу температури повітря через  $5^\circ \text{C}$  навесні буде 5 квітня. Тобто підраховується сума опадів від 1 лютого до 5 квітня. В нашому випадку вона становить 43 мм.

4 – підраховується загальна сума опадів від дати останнього визначення запасів вологи до дати переходу температури повітря через  $5^\circ \text{C}$  навесні, вона становить 130 мм;

5 – за рівнянням (7.8) 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 плюс зміна запасів за холодну пору року ( $83 + 44 = 127 \text{ мм}$ ), що становить приблизно 78 % від значення *НВ*.

## 8 МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ПОЯВИ ШКІДНИКІВ І ХВОРОБ

### 8.1 Прогноз фаз динаміки популяцій лугового метелика та термінів боротьби з ним

Луговий метелик – один із найбільш небезпечних шкідників овочевих, пропашних культур, багаторічних трав і пасовищ. 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 гусіні (середньої та максимальної), масою тіла лялечок, відсотком лялечок з масою тіла менше 30 мг, кількістю паразитованої і хворої гусіні. Середня кількість цих показників на різних фазах динаміки популяцій лугового метелика у табл. 8.1.

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 створюються при температурі повітря 19 °С. За меншої температури зменшується інтенсивність

накопичення жирових відкладень, збільшується відсоток хворої гусені і частина популяції впадає в діапаузу. Температура повітря 16 °С є екстремальною, при такій температурі розвиток жирової тканини не відбувається і гусінь гине. Високі температури повітря (вище 25 °С) 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 °С, масовий – при 17 – 18 °С. 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 °С. 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 °С та наявності крапельно-рідкої вологи, яка полегшує добування нектару.

Четвертий період – підготовка популяції до зимівлі. Для цього періоду важлива кількість тепла, яка накопичується за період від масового льоту метеликів останньої генерації до припинення живлення гусені, яке спостерігається при стійкому переході температури повітря через 12 °С в сторону її зниження. За суми температур 240 – 380 °С шкідник закінчує розвиток в стадії гусені 5-го віку, яка утворила кокон і сприятливо перезимує. При сумі температур 190 – 220 °С гусінь не встигає утворити кокон, що підвищує імовірність її загибелі. При сумі температур менше 190 °С чисельність шкідника різко зменшується. Таке ж відбувається і при сумі температур вище 420 °С, коли прискорюється виліт метеликів наступного покоління, яка 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. Найбільше впливають погодні умови на фазах піку та спаду чисельності. Несприятливі погодні умови в цей час впродовж двох критичних періодів



спричиняють 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 в міру 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 сума ефективних температур за період від початку масового льоту метеликів останнього покоління до стійкого переходу температури повітря через 12 °С (розрахунки краще виконувати у табл. 8.2). За сукупністю перелічених показників робиться висновок про ймовірні 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. 8.3.

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.

Таблиця 8.1 – Кількісна характеристика стану популяції 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

Таблиця 8.2 – 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, екзмплярів/м <sup>2</sup> – 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°С восени	Те ж
14	Сума ефективних температур за період від масового льоту метеликів до переходу температури повітря через 12°С	Те ж

Таблиця 8.3 – 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 °С 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

**Приклад складання прогнозу фази динаміки популяцій.**

**Порядок розрахунків.**

З метою співставлення різних предикторів прогнозу лугового метелика використовується балова оцінка (табл. 8.4). Показники, що характеризують фактичне розселення та щільність популяції, оцінюються за п'ятибальною шкалою, фізіологічні ознаки і зараженість – за трибальною шкалою (табл. 8.4).

Таблиця 8.4 – Балова оцінка показників стану популяції лугового метелика

Показники	Кількісна характеристика показника	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 <sup>2</sup> , 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

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 спричиняють зменшення чисельності шкідника – зі знаком “-”. Розроблена шкала балової оцінки агрометеорологічних показників розвитку лугового метелика охоплює діапазон від -8 до +8 (табл. 8.5).

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 агрометеорологічних показниках.

Таблиця 8.5 – 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°C, °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

Для цього використовується значення середньої температури та ГТК окремих критичних періодів. Середні значення розраховуються за формулами:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{акт}}{N} \quad , \quad (8.1)$$

$$ГТК = \frac{\sum P \cdot 10}{\sum T_{акт}} \quad , \quad (8.2)$$

де  $\Sigma T_{акт}$  – сума активних температур за період, °С;

$N$  – тривалість періоду, дні;

$\Sigma P$  – сума опадів за період, мм.

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

$$D = \frac{(T - T_1) \cdot 10}{T_2 - T_1}, \quad (8.3)$$

де  $D$  – кількість днів до переходу температури повітря через 12 °С;

$T$  – температура 12 °С;

$T_1$  – середня за декаду температура повітря нижче 12 °С;

$T_2$  – середня за декаду температура повітря вище 12°С.

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

Таблиця 8.6 – 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 визначають 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 °С.

Таблиця 8.7 – 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. 8.7 (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		

Їх значення розраховуються за липень – жовтень поточного року (приклад розрахунку у табл. 8.7. А). Отримані значення оцінюються у балах (табл. 8.7). 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. 8.6). При виконанні слід пам'ятати, що нижня межа оцінки не повинна бути нижче 8, а верхня – більше 34. Тому, якщо одержують значення вищі 34 або нижчі 8, то ставлять 34 і 8.

Уточнення довгострокового прогнозу виконується за таким же принципом.

Для того, щоб визначити розповсюдження та чисельність шкідника гусені першого покоління лугового метелика, розраховується ГТК періоду лялькування і середня температура 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. 8.7 Б). З врахуванням виконаних розрахунків уточнюється довгостроковий прогноз.

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

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

## 8.2 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 завдає значних збитків картоплярам.

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 близько 10 °С. Таким чином, для визначення появи жуків навесні, необхідно визначити дату стійкого переходу температури повітря через 10 °С.

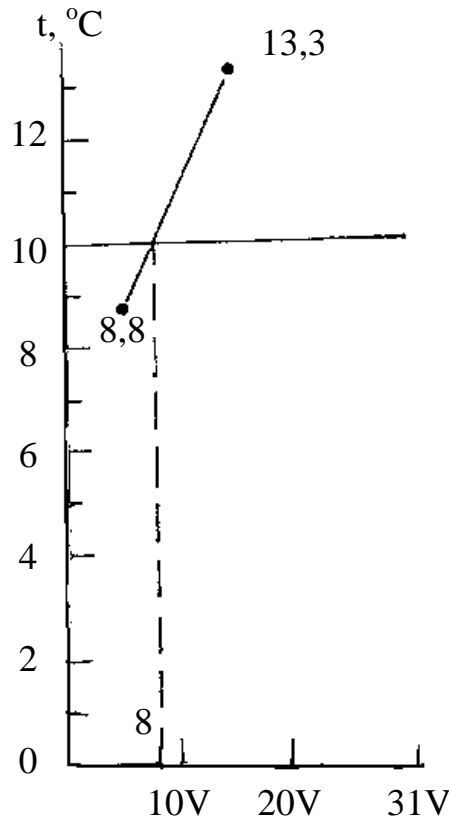


Рис. 8.1 – Графічний метод визначення дати переходу температури повітря через 10° С за середніми декадними температурами

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. 8.1) або за формулами:

для весни

$$S = \frac{(10 - a)}{(e - a)} + 5, \quad (8.4)$$

для осені

$$S = \frac{(e - 10)}{(e - a)} + 5, \quad (8.5)$$

де  $a$  – температура повітря нижче 10 °С;  
 $b$  – температура повітря вище 10 °С;  
 $d$  – кількість днів першої декади.

Визначення дати переходу температури повітря через 10 °С за допомогою графіка виконується так. Вибираються дві декади з середньою температурою нижче 10 °С та вище 10 °С. 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 °С 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 °С 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

$$Y = 94,6 + 0,221t^2 - 8,738t + 4,15h\mathcal{L} \quad , \quad (8.6)$$

де  $y$  – тривалість періоду дозрівання жуків, які перезимували, діб;

$t$  – середня за цей період температура повітря, °С;

$h\mathcal{L}$  – 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.

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 позаяк 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.

Таблиця 8.8 – Статистичні характеристики рівнянь зв'язку вигляду  

$$Y = at^2 - bt + c$$

Фази і періоди розвитку	Коефіцієнти рівнянь зв'язку			R	$\pm S_y$	Температура, °C
	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

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

$$Y = 79,9 - 0,46t - 0,062 \hbar, \quad (8.7)$$

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

### 8.3. 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 °С. Потім визначається тривалість дня ( $n_1$ ) на дату стійкого переходу температури повітря через 10 °С. Потім розраховується тривалість дня через 10 діб після переходу температури повітря через 10 °С ( $n_2$ ). 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 (8.6). Для полегшення розрахунків побудована робоча таблиця (8.9).

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 8.9 – Залежність тривалості дозрівання жуків, які перезимували (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 8.10 – 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. 8.10.

За допомогою табл. 8.10 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. 8.10 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.

## 9 МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ВРОЖАЇВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Відомо дуже багато методів прогнозів врожаїв різних сільськогосподарських культур, розроблених для різних регіонів різними авторами. На території України вирощується великий набір сільськогосподарських культур, але перевага на більшості території віддається озимим культурам, особливо озимій пшениці. Тому розглянемо основні методи прогнозів врожаїв озимої пшениці.

Прогнози врожайності озимих культур є головними агрометеорологічними прогнозами. Вони можуть складатись як для окремих полів, так і для великих територій.

### 9.1 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 [45] на основі моделі у вигляді:

$$y = y_1 (1 - U) f(k) S(T, W, R)_{III-VIII} + \Delta, \quad (9.1)$$

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;

$\Delta$  – помилка розрахунків через невраховані фактори.

В моделі  $y_1$  – відображає щорічне підвищення врожаю культури внаслідок поліпшення культури землеробства і розраховується з формули:

$$y_1 = y_c + At, \quad (9.2)$$

де  $y_c$  – статистичний максимум врожаю з ймовірністю 99,9 % щодо початкового року;

$A$  – середньорічний приріст врожаю;

$t = t_1 - t_c$  – відхилення даного року від реперного  $y_c$ , яке визначається кількістю років у статистичному ряду.



Зрідження посівів  $U$  – це різниця між найбільшою  $N_0$  та фактичною  $N$  густотою рослин, яка визначається кількістю рослин на метр квадратний, віднесеною до найбільшої густоти на одиницю площі:

$$U = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0}, \quad (9.3)$$

де  $\frac{N}{N_0}$  – щільність посіву.

Кущистість визначається з формули:

$$f(k) = 1 - \left( \frac{K - K_0}{K_0} \right)^2, \quad (9.4)$$

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:

$$K_0 = \frac{\sum K_{oi} S_i}{\sum S_i}, \quad (9.5)$$

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 за формулою 9.5 побудована таблиця (табл. 9.1).

Таблиця 9.1 – 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:

$$S(T, W, R)_{III-VIII} = \eta(W) a_3 + \sum \eta_i(T) \eta_i(R) a_i, \quad (9.6)$$

де  $\eta_i(T)$ ,  $\eta_i(R)$ ,  $\eta_i(W)$  – коефіцієнти продуктивності розраховані відносно температури повітря  $T$ , опадів  $R$ , запасів продуктивної вологи  $W$  навесні в  $i$ -ий період розвитку культури відповідно;

$a_3$ ,  $a_i$  – вагові коефіцієнти, які враховують вклад осінньо – зимового періоду ( $a_3$ ) та подальших періодів розвитку ( $a_i$ ) в урожай.

Коефіцієнт продуктивності по температурі розраховується з формули:

$$\eta_i(T) = \frac{y_i(T)}{y_i(T_0)} = \left[ e^{a \left( \frac{T - T_0}{10} \right)^2} \right], \quad (9.7)$$

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:

$$\eta_i(R) = \frac{y_i(R)}{y_i(R_0)} = \left[ \left( 1 + \frac{R - R_0}{R_0 - R_{\min}} \right)^{a_1} \left( 1 - \frac{R - R_0}{R_{\max} - R_0} \right)^{a_2} \right]_i, \quad (9.8)$$

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. 9.2.

Розрахунок коефіцієнтів продуктивності  $\eta_i(T, R)$  для кожного періоду вегетаційного циклу озимої пшениці доцільно вести з допомогою номограм або робочих таблиць.

Вплив вологості ґрунту на формування врожаю озимої пшениці визначається з формули:

Таблиця 9.2 – Параметри розрахунку коефіцієнтів продуктивності по температурі і опадах в період вегетації озимої пшениці

Місяць	T <sub>0</sub> , °C	Параметри до рівняння 5.14		R <sub>0</sub> , мм	R <sub>max</sub> , мм	Параметри до рівняння 5,15		а
		T ≤ T <sub>0</sub>	T > T <sub>0</sub>			a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	
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

Таблиця 9.3 – Коефіцієнти продуктивності озимої пшениці, розраховані за даними запасів вологи метрового шару навесні

Різниця між вимірними 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

$$\eta(W) = \frac{y(W)}{y(W_0)} = 1 - \left( \frac{W - W_0}{W_0} \right)^2, \quad (9.9)$$

де  $\eta(W)$  – числовий коефіцієнт відносного приросту продукції  $y(W)$  при запасах вологи ( $W$ ) навесні до найбільш можливого  $y(W)$  при найбільш сприятливих запасах вологи  $W_0$  після відновлення вегетації.

Для розрахунку коефіцієнтів продуктивності необхідні дані про НВ, а також спостереження за вологістю ґрунту під озимою пшеницею навесні. Визначення виконується за табл. 9.3.

### Порядок виконання розрахунків.

Прогноз складається в період колосіння озимої пшениці. Для складання прогнозу необхідна середня по області інформація відносно сортів, площі посіву, вологозапасів ґрунту на весну, НВ, кушіння весною, найбільш сприятливого кушіння  $K_0$ , зрідженості посівів весною, середнього для області урожаю за 20 і більше років, значення середньої декадної температури повітря, сум опадів за період березень – липень в рік складання прогнозу.

Послідовність розрахунків

1. Підготувати відповідно з моделлю розрахункові дані таб. 9.4
2. Підготувати необхідну метеорологічну та агрометеорологічну інформацію (табл.9.5).
3. Розрахувати середню температуру повітря та суму опадів за період березень – травень, червень, липень.
4. Розрахувати коефіцієнти продуктивності відносно температури повітря, суми опадів (за табл. 9.2). Розрахувати сумарний коефіцієнт продуктивності  $S(R, T, W)$ . Для розрахунку продуктивності щодо вологозапасів на весну, доцільно при цьому використовувати табл. 9.3 в якій в залежності від НВ і різниці між весняними вологозапасами та НВ визначається коефіцієнт продуктивності  $\eta(W)$ . Ваговий коефіцієнт  $\alpha$  щодо вологозапасів дорівнює 0.48. Перемножують одержаний з табл. 9.3  $\eta(W)$  на ваговий коефіцієнт одержують  $\eta(W)_a$ . Сумарний коефіцієнт продуктивності  $S(R, T, W)$  дорівнює сумі  $\eta(W)_a$  та  $\eta(R, T)_{III-VII}$ .
5. Оцінити вплив стану рослин на врожай з допомогою весняної зрідженості посівів, тобто розрахувати 1 – 4 (весняна зрідженість) та визначити в частках одиниці.
6. Розрахувати  $f(k)$ . Для цього визначається різниця між  $k$  та  $k_0$ , з табл. 9.1 визначається  $f(k)$ .

7. Розрахувати щорічний статистичний максимум врожаю озимої пшениці (формула 9.1).

Для розрахунку  $y_c$  статистичного максимуму необхідні відомості про врожай озимої пшениці за 20 – 25 років. Визначення проводиться в такій послідовності:

а) натуральний ряд значень врожаю виписується в зростаючому порядку від першого до останнього номера (1 до 20) незалежності від порядкового номера року;

б) для кожного номеру року розраховується забезпеченість врожаю з формули:

$$P = \frac{m}{n+1} \cdot 100 \quad (9.10)$$

де  $P$  – забезпеченість цього номера врожаю, %;

$m$  – порядковий номер;  $n$  – кількість років.

в) одержані відомості нанести на клітівку ймовірностей (ось – ординат – врожай, ось абсцис – забезпеченість);

г) згідно нанесених точок проводиться пряма лінія до урізу графіка ймовірностей;

д) з цього графіка знімається статистичний максимум згідно забезпеченості 99.9 %.

8. Розрахунок середньорічного приросту врожаю  $A$ . Для цього використовуються дані про врожай за 11 останніх років з приведенного натурального ряду ((табл. 9.6).

Таблиця 9.6 – Розрахунок середньорічного приросту врожаю озимої пшениці

Роки	$y_i$	$y - \bar{y}$	$x_i$	$x_i^2$	$(y - \bar{y}) \cdot x_i$
1971	27,1		1		
1972	22,3		2		
1973	24,2		3		
1974	26,1		4		
1975	23,0		5		
1976	25,0		6		
1977	27,6		7		
1978	24,1		8		
1979	28,0		9		
1980	28,3		10		
1981	28,8		11		
Сума					
Середнє					

де  $Y_i$  – фактичний врожай, ц/га;  $\bar{Y}$  – середній врожай 11 річного ряду, ц/га;  $X_i$  – номер року, але нумерація проводиться так, що середина інтервалу відповідає початку відрахунку (0) і рані роки зі знаком "-", пізніші – зі знаком "+".

Середньорічний приріст розраховується з формули:

$$A = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y}) \cdot X_i}{\sum X_i^2} \quad (9.11)$$

9. Після підготовки вищевказаних показників (табл. 9.4) шляхом їх перемноження розраховується очікуваний врожай, порівнюється з фактичним та оцінюється справджуваність прогнозу.

Таблиця 9.4 – Розрахунок врожаю озимої пшениці

Область	$Y_1$	1-U	f(K)	S(T,R,W)	Очікуваний врожай, ц/га	Фактичний врожай, ц/га	Оцінка прогнозу

**Приклад.** Розрахувати середній по Київській області врожай озимої пшениці. Середні по області запаси продуктивної вологи становлять 178 мм. Оптимальні запаси для розвитку озимої пшениці – 167 мм, різниця між ними становить 11 мм. З додатків визначається коефіцієнт продуктивності, він становить за запасами вологи 1,0. Перемножується його значення на значення альфа, яке дорівнює 0,48, і виходить 0,48.

У період березень-травень температура повітря становила 8,6 °С, сума опадів – 100 мм. З додатків визначаються коефіцієнти продуктивності за температурою та опадами, потім сумарний. У нашому випадку він становить 0,94, а з врахуванням значення альфа = 0,36 сумарний коефіцієнт буде – 0,34. В червні температура була 22,1 °С, сума опадів – 79 мм. Тоді за розрахунками коефіцієнт продуктивності в купі з ваговим коефіцієнтом альфа буде становити 0,02. Розраховується сумарний коефіцієнт за весь період. Він буде:

$$S(T, W, R) = 0,48 + 0,34 + 0,02 + 0,04 = 0,88$$

Різниця між оптимальною і фактичною кущистістю становить –  $K - K_o = 2,8 - 5,0 = -2,2$ . У цьому випадку  $f(K) = 0,81$ . Після розрахунку усіх необхідних величин розраховується очікуваний врожай за моделлю

$$Y = 39,0 \cdot 0,81 \cdot 0,88 = 27,8 \text{ ц/га}$$

Таблиця 9.5 – Прогноз середньообласної врожайності озимої пшениці в Київській області

*I. Вхідна та розрахункова інформація*

Середньо обласні дати настання фаз розвитку озимої пшениці

Фази розвитку	Відновлення вегетації	Вихід в трубку	Колосіння	Площа посіву тис/га	$W_{0-100}$	Зрідженість. %	$K_o$
Дати наст.	25.III	15.V	25.V	380	149	21	2

*II. Розрахунок коефіцієнта продуктивності з урахуванням температури повітря та опадів*

м-ці	III	IV			V			VI			VII		
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Середня обласна температура повітря, °C	8,8	10,8	11,2	8,1	9,6	11,6	16,9	17,8	19,2	20,0	21,3	22,4	23,1
Сума опадів, мм	13	15	16	15	16	17	17	32	18	12	26	17	15
Середня темпер. за березень – травень червень липень, °C													
Сума опадів за березень – травень червень липень, мм													
Запаси продук. вологи, мм відновлення вегетації колосіння	149 101												
Коеф. прод.	$\eta(W)_{III-V}$	$\eta(T,R)_{VI}$		$\eta(T,R)_{VII}$	$\eta(T,R)_{III-V}$		$\eta(T,R)_{VI}$	$\eta(T,R)_{VII}$					
Сума коеф. продукт. $S(T, \cdot R, W)$													
Ваговий коеф. $\alpha$ березень –травень червень липень	0,36 0,09 0,07												

IV. Вхідні дані для розрахунку  $Y_c$  стат. макс.

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

$$P = \frac{m}{n + 1} \cdot 100\%$$

m – номер року

n – число років



## 9.2 Метод прогнозу врожаїв озимої пшениці у основних районах вирощування

Прогноз врожайності озимої пшениці у головних районах вирощування розроблено Є.С. Улановою [40, 41]. Він складається з різною завчасністю: тримісячною – через 10 днів після відновлення вегетації; двомісячною – після виходу у трубку; та місячною - після настання 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 в 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 зумовлюють величину очікуваного врожаю, є густота стебел на один метр квадратний, висота рослин на дату колосіння, запаси продуктивної вологи на декаду весняного обстеження, виходу в 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 [42] пропонує розраховувати за рівнянням

$$y = 0,59W + 0,024m - 2,97, \quad (9.12)$$

де  $W$  – запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 100 см в декаду відновлення вегетації, мм;

$m$  – кількість стебел озимої на  $1 \text{ м}^2$ , стебл./ $\text{м}^2$ ;

У фазу виходу в трубку (з двомісячною завчасністю) врожайність озимої пшениці розраховується за рівнянням

$$y = -12,8 + 0,29W - 10^{-3}W^2 + 0,04m - 10^{-5}m^2 - 0,72t + 0,03t^2, \quad (9.13)$$

де  $y$  – врожайність озимої пшениці, ц/га;

$W$  – середні запаси продуктивної вологи за період від відновлення вегетації до виходу в трубку, мм;

$m$  – кількість стебел на  $1 \text{ м}^2$  в фазу виходу у трубку;

$t$  – середня температура повітря за період від відновлення вегетації до виходу у трубку,  $^{\circ}\text{C}$ .

Для уточнення прогнозу врожаю розрахунки виконуються після настання фази колосіння (з місячною завчасністю) за рівнянням

$$y = -49,67 + 0,32W - 10^{-3}W^2 + 0,04m_k - 2 \cdot 10^{-5}m_k^2 + 0,14h_k + 6 \cdot 10^{-4}h^2 + 0,54n - 4 \cdot 10^{-3}n^2 + 0,06E - 2 \cdot 10^{-4}E^2, \quad (9.14)$$

де  $W$  – запаси продуктивної вологи на дату колосіння, мм;

$m_k$  – кількість колосонесних стебел на дату колосіння;

$h_k$  – висота рослин озимої пшениці на колосіння;

$n$  – тривалість періоду відновлення вегетації – колосіння;

$E$  – сумарне випаровування за цей же час, мм.

Слід зауважити, що в агрометеорології при розрахунках статистичних рівнянь для прогнозів врожайв 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 вищевказаних 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:

$$y = -21,14 + 0,31W - 7 \cdot 10^{-4}W^2 + 0,023m_g - 8 \cdot 10^{-6}m_g^2, \quad (9.15)$$

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 застосовується при запасах продуктивної вологи від 60 до 280 мм та кількості стебел від 100 до 2000 на  $1 \text{ м}^2$  в декаду весняного обстеження.

Очікуваний врожай озимої пшениці з 3-місячною завчасністю можна розрахувати також за результатами авіапостережень за станом посівів навесні та запасами продуктивної вологи. В роки з високими врожаями (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

$$y = -2,8 + 0,13W + 0,12S_5 + 0,3S_3, \quad (9.16)$$

де  $y$  – очікуваний середній по області врожай озимої пшениці, ц/га;

$W$  – середні по області запаси продуктивної вологи метрового шару ґрунту в декаду весняного обстеження, мм;

$S_5$  – 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 в трубку здійснюється перше уточнення прогнозу очікуваного врожаю. Для цього Є.С. Улановою отримані такі рівняння:

для Північного Кавказу, Молдови та більшості областей України

$$y = -35,75 + 0,55W - 0,0017W^2 + 0,03m_T - 9 \cdot 10^{-6} m_T^2, \quad (9.17)$$

для західних і північних областей України

$$y = -11,32 + 0,3W - 8 \cdot 10^{-4} W^2 + 0,014m_T - 4 \cdot 10^{-6} m_T^2, \quad (9.18)$$

де  $y$  – середній по області врожай озимої пшениці, ц/га;

$W$  – середні по області запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту у декаду виходу у трубку, мм;

$m_T$  – середня по області кількість стебел на  $1 \text{ м}^2$  на дату виходу у трубку.

Після настання фази колосіння озимої пшениці, коли стає відомим кількість колосоносних 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

$$y = -19,92 + 0,29W_k - 0,0013W_k^2 + 0,045m_k - 3 \cdot 10^{-5} m_k^2 + 0,23h_k - 14 \cdot 10^{-5} h_k^2 - 0,805K + 0,057K^2, \quad (9.19)$$

для посушливих років було отримано рівняння, яке враховує опади у травні та червні або опади від колосіння до воскової стиглості,

$$y = -19,13 + 0,32W_{\text{e}} - 8 \cdot 10^{-4}W_{\text{e}}^2 + 0,002m_{\text{e}} - 6 \cdot 10^{-6}m_{\text{e}}^2 - 0,06\sum O_{\text{v}} + 9 \cdot 10^{-4}\sum O_{\text{v}}^2 + 0,02\sum O_{\text{vi}} + 7 \cdot 10^{-5}\sum O_{\text{vi}}^2, \quad (9.20)$$

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, мм;

$m_{\text{e}}$  – середня кількість стебел навесні;

$\sum O_{\text{v}}$  – сума опадів у травні, мм;

$\sum O_{\text{vi}}$  – сума опадів у червні, мм.

Підтвердження величини очікуваного врожаю середнього по області також розраховується за рівнянням:

$$y = -26,72 + 0,031W + 0,016m_k + 0,12h + 1,76K, \quad (9.21)$$

де  $W$  – запаси продуктивної вологи середні по області, мм;

$m_k$  – середня кількість колосоносних стебел на колосіння, стебл./м<sup>2</sup>;

$K$  – середня кількість розвинених колосків у колосі, шт.;

$h$  – висота рослин на колосіння.

При складанні прогнозу в 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.

Прогнози складаються тричі: з тримісячною, двомісячною та місячною завчасністю. (Розрахункові матеріали видаються викладачем кожному студентові особисто).

а – з тримісячною завчасністю:

1. Виписати в робочу таблицю необхідну інформацію з усіх станцій території;
2. Розрахувати майбутній урожай згідно відповідних рівнянь (9.16).
3. Проаналізувати метеорологічну та агрометеорологічну інформацію і скласти текст прогнозу.

б – з двомісячною завчасністю:

1. Виписати із щорічників по станціях фази розвитку озимої пшениці до виходу в трубку включно;
2. Виписати дані про запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту від відновлення вегетації до виходу в трубку та густотою рослин або кількість стебел на метр квадрат.
3. Розрахувати очікуваний врожай для окремих станцій, використовуючи рівняння (9.18).

в – з завчасністю I місяць:

1. Виписати із щорічників дати відновлення вегетації, колосіння, запаси вологи на дату весняне обстеження, кількість колосоносних стебел, висоту рослин.
2. Розрахувати тривалість періоду відновлення вегетації – колосіння та сумарне випаровування за цей же час.
3. Використовуючи рівняння (9.20), розрахувати майбутній урожай для кожної станції, проаналізувати наслідки і скласти текст.

**Приклад.** Скласти довгостроковий прогноз середнього по області врожаю озимої пшениці з двомісячною завчасністю.

Вихід в трубку по Луганській області спостерігався в південних районах 10 квітня, у північних – 18 квітня. В період від відновлення вегетації до виходу в трубку середня температура повітря була 8 °С, сума опадів – 15 мм. Стан озимої пшениці на вихід в трубку був добрий. Середня кількість стебел становила 850 штук на квадратний метр. Середні запаси продуктивної вологи становили 110 мм. За відповідним рівнянням розраховується середній по області врожай озимої пшениці

$$Y = -365,75 + 0,55 \cdot 110 - 0,0017 \cdot 110^2 + \\ + 0,03 \cdot 850 - 0,000009 \cdot 850^2 = 27,9 \text{ ц/га}$$

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 в 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 колосоносних 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

$$Y = -19,92 + 0,29 \cdot 61 - 0,0013 \cdot 61^2 + 0,045 \cdot 464 - 0,00003 \cdot 464^2 + \\ + 0,23 \cdot 70 - 0,00014 \cdot 70^2 - 0,805 \cdot 16 + 0,057 \cdot 16^2 = 24,5 \text{ ц/га}$$

Таким чином, очікуваний врожай озимої пшениці становить 27,95 ц/га. Фактичний врожай був 22,3 ц/га. Похибка розрахунків становить 2,2 ц/га, при можливій – 3 ц/га.

### **9.3 Прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за динамічною моделлю А.М. Польового**

Розробка теорії фотосинтетичної продуктивності посівів стимулювала інтенсивний розвиток робіт з моделювання 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) [44, 77, 79]. 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.

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 урожаю сільськогосподарських культур.

#### *Динамічна модель формування урожаю 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 такі:

– ріст та розвиток рослин визначається генотипом і чинниками зовнішнього середовища;

– моделюється ріст рослин (накопичення сухої біомаси) шляхом розподілу продуктів фотосинтезу з урахуванням необхідності в асимілятах для росту надземної і підземної частин рослин;

– моделюються радіаційний, тепловий і водний режими системи «грунт – рослина – атмосфера»;

– моделюється природне старіння рослин та при стресових умовах, перетік асимілятів з листя, стебел, коренів у репродуктивні органи;

– моделюється вплив агрометеорологічних умов за основні міжфазні періоди рослин на формування врожаю, втрати урожаю за рахунок посухи та інших несприятливих агрометеорологічних умов.

Розглядається, що рослина складається з чотирьох функціонально пов'язаних узагальнених органів: листя –  $l$ , стебла –  $s$ , коріння –  $r$ , репродуктивні органи (колосся озимої пшениці та ярого ячменю, качани у кукурудзи, боби у гороху, кошика у соняшника, коренеплоди у цукрових буряків) –  $p$ . У колосі розглядається формування зерна –  $g$ . Загальна суха біомаса рослин  $M$  складається з суми біомаси окремих органів:  $m_l, m_s, m_r, m_p$ .

Динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських культур складається з п'яти блоків (рис. 9.1):

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 – радіаційного та водно-теплого режимів посівів; другий – функцій впливу температури повітря та вологозабезпеченості посівів на фотосинтез; третій – 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 – онтогенетичних кривих фотосинтезу та дихання; другий – фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси; третій – динаміки біомаси органів рослини; четвертий – площі листової поверхні.

### ***Блок вхідної агрометеорологічної інформації***

Передбачається використання стандартної декадної агрометеорологічної інформації: температура повітря; дефіцит насичення повітря; кількість





Рис. 9.1 – Блок-схема динамічної моделі формування врожайності озимої пшениці

опадів; кількість годин сонячного сяйва; запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-20 та 0-100 см; рівень ґрунтових вод; термін та норма вегетаційного поливу (при зрошуванні); характеристик агрофізичного та агрохімічного стану ґрунту, водного режиму ґрунтів.

### **Блок початкових даних та шкали часу**

Виконуємо розрахунки початкових характеристик рослинного покриву (розмірів біомаси окремих органів рослин – листя, стебел, коренів, репродуктивних органів та площі асимілюючої поверхні); задаються початкові значення оцінок екстремальних умов. Проводиться розрахунок часової шкали та суми ефективних температур. Модель має дві шкали часу: 1) декади від початку вегетації культури; 2) суми ефективних температур, що накопичуються від початку вегетації.

Сума ефективних температур розраховується з врахуванням середньої за декаду температури повітря, біологічного нуля сільськогосподарської культури та тривалості декад вегетації

$$\sum_{п.в.ег.}^{в.ст.} t_{эф.} = (t_{дек.} - t_{б.н.}) n_{дек.} \quad (9.22)$$

де  $\sum_{п.в.ег.}^{в.ст.} t_{эф.}$  – сума ефективних температур, °С;

$t_{дек.}$  – середня за декаду температура повітря, °С;

$t_{б.н.}$  – біологічний нуль культури, °С;

$n_{дек.}$  – кількість днів в розрахунковій декаді вегетації, дні.

Розраховується тривалість світлого періоду доби. Розрахунок схилення Сонця виконується за допомогою виразу

$$\delta = \left\{ -23,4 \cos \left[ \frac{23,1428(t_0 + q_i + 10)}{365} \right] \right\} \cdot 0,017453, \quad (9.23)$$

де  $\delta$  – схилення Сонця;

$t_0$  – кількість днів від 1-го січня до дати початку вегетації озимої пшениці (сходів інших культур);

$q_i$  – кількість днів від дати початку вегетації озимої пшениці (сходів інших культур) наростаючим підсумком.

Час заходу Сонця знаходиться як

$$\tau_3 = 12 + 3,8197 \arccos \left( -\frac{A}{B} \right), \quad (9.24)$$

де  $\tau_3$  – час заходу Сонця;

$A$  та  $B$  – проміжні астрономічні характеристики, що визначаються за допомогою виразів

$$A = \sin(0,017453\varphi)\sin\delta, \quad (9.25)$$

$$B = \cos(0,017453\varphi)\cos\delta, \quad (9.26)$$

де  $\varphi$  – широта пункту, для якого ведеться розрахунок.

Час сходу Сонця та тривалість світлої частини доби розраховується за співвідношеннями

$$\tau_{cx} = 24 - \tau_3, \quad (9.27)$$

$$\tau_{дн} = \tau_3 - \tau_в, \quad (9.28)$$

де  $\tau_{cx}$  – час сходу Сонця;

$\tau_{дн}$  – тривалість світлої частини доби.

### ***Блок чинників навколишнього середовища***

#### *Підблок радіаційного та водно-теплого режимів посіву*

Для розрахунку сумарної сонячної радіації, що надходить на верхню межу рослинного покриву сільськогосподарської культури, використовується формула С.І. Сівкова [78]:

$$Q_0^j = 12,66(SS^j)^{1,31} + 315(A^j + B^j)^{2,1}, \quad (9.29)$$

де  $Q_0$  – інтенсивність сумарної сонячної радіації над верхньою межею рослинного покриву;

$SS$  – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва;

$j$  – порядковий номер розрахункової декади.

Інтенсивність сумарної сонячної радіації, що надходить на поверхню листя всередині рослинного покриву, визначимо за співвідношенням

$$Q_L = Q_0 a_Q (1 - a_{LS}), \quad (9.30)$$

де  $Q_L$  – інтенсивність сумарної сонячної радіації на поверхні листя всередині рослинного покриву;

$a_Q$  – функція пропускання сумарної радіації рослинним покривом;

$a_{LS}$  – альbedo рослинного покриву.

Функцію пропускання сумарної радіації знайдемо за формулою Тоомінга і Росса:

$$a_Q = (1 - c_2) \exp\left(-\frac{k_S^L L}{\sinh \theta}\right) + c_2 \exp\left(-c_3 \frac{k_S^L L}{\sinh \theta}\right), \quad (9.31)$$

де  $c_2$  – емпірична постійна, що характеризує частку розсіяної радіації в потоці сумарної радіації;

$c_3$  – емпірична стала, що характеризує інтенсивність розсіювання фітоелементами;

$k_S^L$  – емпірична стала, що характеризує вплив геометричної структури рослинного покриву на пропускання сонячної радіації.

$L$  – відносна площа листя;

$h_\theta$  – висота Сонця.

Альbedo рослинного покриву визначимо за формулою Ю.К. Росса:

$$\alpha_{LS} = \alpha_{Lh_\theta} + (\alpha_S - \alpha_{Lh_\theta}) \exp[-L(1 + ctgh\theta / \pi)], \quad (9.32)$$

де

$$\alpha_{Lh_\Theta} = \frac{0,4084}{1 + 1,1832 \sin h_\Theta}. \quad (9.33)$$

Розрахунок інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ФАР) виконаємо за співвідношенням

$$I_{\Phi AP} = \frac{(a_{\Phi AP} \cdot Q_L)}{t_{\text{дн}}}, \quad (9.34)$$

де  $a_{\Phi AP}$  - коефіцієнт переходу від сумарної сонячної радіації до ФАР.

Кількість опадів, які досягли поверхні ґрунту, знаходиться як

$$P_s = P_0 - P_L, \quad (9.35)$$

де  $P_0$  – кількість опадів, що випали;

$P_L$  – кількість опадів, перехоплених рослинним покривом, яка залежить від розмірів листової поверхні.

$$P_L = 0,2 \cdot L. \quad (9.36)$$

Випаровуваність з посівів сільськогосподарської культури визначимо за рівнянням С.І. Харченко:

$$E_{\text{пот}} = 16,7(a_{\text{хар}} \cdot Q_0 - n_{\text{дек}} \cdot b_{\text{хар}}), \quad (9.37)$$

де  $E_{\text{пот}}$  – випаровуваність посівів;

$a_{\text{хар}}$  і  $b_{\text{хар}}$  – параметри рівняння С.І. Харченко для конкретної сільськогосподарської культури.

Сумарне випаровування посівів визначимо за рівнянням

$$E_{\text{act}} = \frac{2W + P_s + P_{\text{зр.}}}{1 + \frac{2W_{\text{НВ}}}{\beta_x E_{\text{пот}}}}, \quad (9.38)$$

де  $E_{\text{act}}$  – сумарне випаровування посіву, мм;

$P_{\text{зр.}}$  – норма вегетаційного поливу, м<sup>3</sup>/га;

$P_s$  – сума опадів за декаду, мм;

$W_{\text{НВ}}$  – найменша вологомісткість в метровому шарі ґрунту, мм;

$\beta_x$  – параметр, який відображає особливості часового ходу випаровування в залежності від фази розвитку та біологічних особливостей культури;

$W$  – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, мм.

Рівень ґрунтових вод визначається за рівнянням

$$H_{\text{gr.w.}}^{j+1} = H_{\text{gr.w.}}^j + \Delta H_{\text{gr.w.}}^j, \quad (9.39)$$

$$\Delta H_{\text{gr.w.}} = \frac{I_w}{k_w} \cdot 10, \quad (9.40)$$

або

$$\Delta H_{\text{gr.w.}} = -\frac{V_p}{k_w} \cdot 10, \quad (9.41)$$

де величини  $I_w$  і  $V_p$  визначаються як

$$I_w = W_n + P_0 - E_{\text{пот}} - W_{\text{НВ}}, \quad (9.42)$$

$$0 \leq W_{\text{FC}} - (W_n + P_0 - ET_{\text{act}}) \geq V_p \leq V_{\text{max}}, \quad (9.43)$$

де  $H_{\text{gr.w.}}$  – рівень ґрунтових вод;

$I_w$  – інфільтрація;

$V_p$  – розрахункова величина підживлення в зону аерації із ґрунтових вод;

$W_n$  – початкова вологість ґрунту;

$ET_{\text{act}}$  – сумарне випаровування;

$V_{max}$  – максимально можливе підживлення;

$k_w$  – коефіцієнт водовіддачі.

Для розрахунку запасів продуктивної вологи скористаємось рівнянням водного балансу

$$W^{j+1} = W^j + P_S^j + P_{зр.}^j - E_{act}^j - I_w^j + \Psi \quad (9.44)$$

Величина гідротермічного показника Г.Т. Селянинова (ГТК) розраховується щодакдно при середній температурі повітря за декаду вище 10° С за співвідношенням

$$ГТК = \frac{P_s}{(0,1t_{дек}n_{дек})} \quad (9.45)$$

*Підблок функцій впливу температури повітря та вологозабезпеченості посівів на фотосинтез*

Поглинання і відновлення двоокису вуглецю при підвищенні температури прискорюються, поки не буде досягнутий деякий оптимальний рівень, який зберігається в досить широкому діапазоні температур. Залежність нетто-газообміну від температури визначається різницею між швидкостями фотосинтетичного засвоєння CO<sub>2</sub> і процесів дихання при тій же температурі. Підвищення температури повітря до зони оптимуму посилює нетто-фотосинтез, потім – гальмує цей процес. Ці області визначаються трьома основними точками: нижньою межею (температурним мінімумом) нетто-фотосинтезу, температурним оптимумом і верхньою межею (температурним максимумом) – нетто-фотосинтезу.

Функція впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу так звана "температурна крива фотосинтезу" визначається як

$$\Psi_{\Phi} = \begin{cases} 13,7 \sin(0,0774x_2) & \text{при } t < t_{opt1}^{\Phi} \\ 1 & \text{при } t_{opt1}^{\Phi} \leq t_n \leq t_{opt2}^{\Phi} \\ 1,1323 \cos(1,5705x_3) - 0,1323 & \text{при } t > t_{opt2}^{\Phi} \end{cases} \quad (9.46)$$

$$x_2 = (t_n - t_o^{\Phi}) / (t_{opt1}^{\Phi} - t_n) \quad (9.47)$$

$$x_3 = (t_n - t_{opt2}^{\Phi}) / (t_{max}^{\Phi} - t_{opt2}^{\Phi}) \quad (9.48)$$

де  $\psi_{\Phi}$  – температурна крива фотосинтезу;

$t_n$  – температура повітря;

$t_o^{\Phi}$ ,  $t_{opt1}^{\Phi}$ ,  $t_{opt2}^{\Phi}$ ,  $t_{max}^{\Phi}$  – відповідно початкова, нижня межа і верхня межа оптимальної і максимальна температура процесу фотосинтезу.

Величини  $t_{opt1}^{\Phi}$  і  $t_{opt2}^{\Phi}$  є функціями біологічного часу. У загальному вигляді вони описуються рівняннями

$$t_{opt1}^{\Phi} = B_{01} + B_1 x_4 + B_2 x_4^2 + B_3 x_4^3, \quad (9.49)$$

$$t_{opt2}^{\Phi} = B_{02} + B_4 x_4 + B_5 x_4^2 + B_6 x_4^3, \quad (9.50)$$

$$x_4 = \sum t / \sum t_{cm}. \quad (9.51)$$

Як правило, високий рівень поглинання  $CO_2$  підтримується тільки при хорошому водопостачанні; вже при невеликому дефіциті води він починає знижуватися, а при подальшій втраті вологи зрештою повністю припиняється.

Врахування впливу вологозабезпеченості на процес фотосинтезу проводиться двома способами – через функцію впливу вологості ґрунту

$$\gamma_{\Phi} = \begin{cases} 2,187x_5 - 1,163x_5^2 & \text{при } W < W_{opt1} \\ 1 & \text{при } W_{opt1} \leq W \leq W_{opt2} \\ -0,654 + 3,824x_6 - 2,633x_6^2 + 0,467x_6^3 & \text{при } W > W_{opt2} \end{cases} \quad (9.52)$$

$$x_5 = W / W_{opt1} \quad (9.53)$$

$$x_6 = W / W_{opt2} \quad (9.54)$$

та через відношення сумарного випаровування до випаровуваності:

$$e_{\Phi} = \frac{E_{ast}}{E_{pot}} t, \quad (9.55)$$

де  $\gamma_{\Phi}$  – функція впливу вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу;

$W$  – запаси продуктивної вологи у ґрунті;

$W_{opt1}$  і  $W_{opt2}$  – нижня та верхня межа оптимальних значень запасів продуктивної вологи в ґрунті;  
 $e_{\phi}$  – відносна вологозабезпеченість.

Розрахунок узагальненої функції впливу вологозабезпеченості на фотосинтез  $FW$  виконується за формулою

$$FW = (\gamma_{\phi} \cdot e_{\phi})^{0,5}. \quad (9.56)$$

Аналогічно визначимо узагальнену функцію впливу термічного режиму та вологозабезпеченості  $FTW1$  на фотосинтез:

$$FTW1 = (\psi_{\phi} \cdot FW)^{0,5}. \quad (9.57)$$

Введемо корекцію до цієї функції на рівень температури повітря в поєднанні з вологозабезпеченістю:

$$FTW2 = \begin{cases} FTW1[1 + (1 - \Psi_{\phi})(1 - FW)] & \text{при } t_n < t_{opt1} \\ FTW1 & \text{при } t_{opt1} \leq t_n \leq t_{opt2} \\ FTW1[1 - (1 - \Psi_{\phi})(1 - FW)] & \text{при } t_n > t_{opt2} \end{cases}. \quad (9.58)$$

Функція  $FTW2$  нормована і змінюється від 0 до 1.

*Підблок комплексу оцінок умов формування врожайності в окремі міжфазні періоди, при посушливих явищах та інших несприятливих агрометеорологічних умовах.*

Кількісна оцінка агрометеорологічних умов формування врожаю зернових колосових розглядається в три періоди:

1) декада до виходу в трубку, декада виходу в трубку і наступна декада після виходу в трубку для озимої пшениці (сходи – вихід в трубку для ярого ячменю);

2) період вихід в трубку – колосіння;

3) період колосіння – воскова стиглість.

Оптимальні умови формування елементів продуктивності в період третя декада квітня – перша декада травня будуть спостерігатись при температурі повітря 12 °С. При зниженні температури або при її підвищенні умови погіршуються.

Запропонована формула дозволяє розрахувати очікувану кількість зерен в колосі за допомогою середньої температури повітря за період від кушіння до декади після виходу в трубку



$$n_g = 0,96 \cdot n_g^{\max} \cdot 10^{-0,70 \left( \frac{t_1 - 12}{10} \right)^2}, \quad (9.59)$$

де  $n_g$  – очікувана кількість зерен в колосі;

$n_g^{\max}$  – максимальна кількість зерен, що формується при в сприятливому рівні температури за період;

$t_1$  – середня температура повітря за період від кушіння до декаду після виходу в трубку, °С.

Оцінка впливу агрометеорологічних умов за цей період на формування врожаю виконується по відношенню розрахованої кількості зерен до їх оптимальної величини:

$$cvt_1 = \frac{n_g}{n_g^{\max}}, \quad (9.60)$$

де  $cvt_1$  – оцінка агрометеорологічних умов за період від декади сходів і до декади після виходу в трубку.

В другий (вихід в трубку – колосіння) та третій (колосіння – воскова стиглість) періоди враховується вплив тривалості цих міжфазних періодів на формування врожаю.

Розраховується тривалість кожного з цих періодів за виразами:

$$n_{1-2} = \frac{\sum t_{1-2}}{t_2 - t_{б.н.}} \quad (9.61)$$

$$n_{2-3} = \frac{\sum t_{2-3}}{t_3 - t_{б.н.}} \quad (9.62)$$

де  $n_{1-2}$  і  $n_{2-3}$  – відповідно тривалість періодів вихід в трубку – колосіння і колосіння – воскова стиглість, дні;

$t_2$  і  $t_3$  – відповідно середня температура повітря за ці ж періоди, °С;

$t_{б.н.}$  – біологічний нуль, °С.

Розрахункова величина тривалості періодів вихід в трубку – колосіння  $n_{1-2}$  і колосіння – воскова стиглість  $n_{2-3}$  порівнюється з оптимальними величинами тривалості цих періодів  $n_{1-2}^{opt}$ ,  $n_{2-3}^{opt}$ .

$$vn_{1-2} = n_{1-2} / n_{1-2}^{opt}, \quad (9.63)$$

$$vn_{2-3} = n_{2-3} / n_{2-3}^{opt}, \quad (9.64)$$

де  $vn_{1-2}$  і  $vn_{2-3}$  – відповідно відношення тривалості цих періодів до їх оптимальних величин;

Режим вологозабезпеченості оцінюється по кількості опадів на одну добу періодів  $P_{1-2}^S$ ,  $P_{2-3}^S$  в порівнянні з оптимальною їх кількістю  $P_{1-2}^{S(opt)}$ ,  $P_{2-3}^{S(opt)}$ .

$$vp_{1-2} = \frac{P_{1-2}^S}{n_{1-2}} / \frac{P_{1-2}^{S(opt)}}{n_{1-2}^{opt}}, \quad (9.65)$$

$$vp_{2-3} = \frac{P_{2-3}^S}{n_{2-3}} / \frac{P_{2-3}^{S(opt)}}{n_{2-3}^{opt}}, \quad (9.66)$$

де  $vp_{1-2}$  і  $vp_{2-3}$  – відповідно відношення кількості опадів на одну добу в період вихід в трубку – колосіння і колосіння – воскова стиглість до їх оптимальної кількості;

Підсумкові оцінки впливу тривалості періодів вихід в трубку – колосіння і колосіння – воскова стиглість знаходяться як

$$cvn_{1-2} = vn_{1-2} \cdot vp_{1-2} \quad (9.67)$$

та

$$cvn_{2-3} = vn_{2-3} \cdot vp_{2-3}, \quad (9.68)$$

де  $cvn_{1-2}$  і  $cvn_{2-3}$  – підсумкові оцінки розглянутих періодів відповідно.

Аналогічно оцінюється вплив агрометеорологічних умов та тривалості основних міжфазних періодів кукурудзи, гороху, соняшнику, цукрового буряку на формування врожаю цих сільськогосподарських культур.

При цьому розглядаються такі міжфазні періоди:

– для кукурудзи: сходи – 9-й лист, 9-й лист – викидання волоті, викидання волоті – повна стиглість;

– для гороху: сходи – утворення суцвіть, утворення суцвіть – цвітіння, цвітіння – початок досягання, цвітіння – досягання;

– для соняшнику: сходи – утворення суцвіть, утворення суцвіть – цвітіння, цвітіння – досягання насіння;

– для цукрового буряку: сходи – 5-й справжній листок, 5-й справжній листок – початок росту коренеплоду, початок росту коренеплоду – збирання.

Врахування посушливих умов проводиться за декади вегетації шляхом поєднання двох методів оцінки посушливих явищ – методу М.С. Кулика та методу О.О. Цубербіллер, які нами були адаптовані

стосовно кожної ґрунтово-кліматичної зони України. Проводиться оцінка умов зволоження орного шару ґрунту, суми опадів і дефіциту насичення повітря. Зниження оцінки умов формування врожаю за рахунок посушливих умов знаходиться за співвідношенням вигляду [78]

$$C_{\text{посуха}} = \begin{cases} n_1 & \text{при } W_{\text{орн.}} < W_{\text{crit1}} \quad \text{і} \quad d_n > d_{\text{crit1}} \\ n_2 & \text{при } W_{\text{орн.}} < W_{\text{crit2}} \quad \text{і} \quad r < r_{\text{crit1}} \quad \text{і} \quad d_n > d_{\text{crit2}}, \\ n_3 & \text{при } W_{\text{орн.}} < W_{\text{crit2}} \quad \text{і} \quad r < r_{\text{crit1}} \quad \text{і} \quad d_n > d_{\text{crit2}} \end{cases}, \quad (9.69)$$

де  $W_{\text{орн.}}$  – запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту;

$W_{\text{crit1}}$  і  $W_{\text{crit2}}$  – критичні рівні запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту, які характеризують настання ґрунтової посухи;

$d_n$  – дефіцит насичення повітря;

$d_{\text{crit1}}$  і  $d_{\text{crit2}}$  – критичні рівні дефіциту насичення повітря, котрі характеризують настання повітряної посухи;

$r$  – сума опадів;

$r_{\text{crit1}}$  – критичні значення суми опадів, які характеризують настання посухи.

Розробка критеріїв проводилась з врахуванням особливостей ґрунтово-кліматичних районів України.

Оцінка впливу посухи і суховіїв на зниження врожаю проводиться послідовно протягом кожної декади вегетації. При цьому, починаючи з другої декади вегетації, оцінка виконується послідовно декількома кроками, які відображають наростання посушливості шляхом врахування співвідношень вологозапасів орного та метрового шарів ґрунту, кількості опадів за декаду та середнього за декаду дефіциту насичення повітря.

Для озимої пшениці, ярого ячменю, кукурудзи та гороху оцінка посушливих явищ та їх впливу на формування врожаю проводиться протягом всієї вегетації, для соняшнику та цукрового буряку ця оцінка виконується впродовж перших чотирьох декад вегетації.

При несприятливих агрометеорологічних умовах спостерігається таке явище як полягання посівів зернових колосових культур. Методи оцінки агрометеорологічних умов полягання зернових розроблені О.Д. Пасечнюком [59] для міжфазних періодів: вихід в трубку – цвітіння, цвітіння – воскова стиглість для озимих культур, а також кушіння – колосіння та колосіння – воскова стиглість для ярих культур. Як методичну основу для оцінки агрометеорологічних умов було взято дискримінантний аналіз. Міра полягання посівів визначається через відношення (у відсотках) площі полягання посівів до всієї площі поля.

Посіви вважаються полеглими, якщо на 10 % всієї площі поля вони полягли.

Стійкість озимої пшениці до полягання тісно пов'язана з температурою повітря і кількістю опадів, особливо зливових. Тому для оцінки агрометеорологічних умов формування стійкості до полягання озимої пшениці використовувались тільки ці показники.

Комплексна оцінка втрати врожаю за рахунок полягання проводиться за співвідношенням характеристик густоти стояння рослин до кількості опадів та величини гідротермічного коефіцієнта:

$$C_{\text{поляг.}} = \begin{cases} m_1 \text{ при } G_{\text{crit1}} > G > G_{\text{crit2}} \text{ і } ГТК < ГТК_{\text{crit1}} \text{ і } \bar{r} > \bar{r}_{\text{crit1}} \\ m_2 \text{ при } G_{\text{crit1}} > G > G_{\text{crit2}} \text{ і } ГТК_{\text{crit2}} > ГТК > ГТК_{\text{crit1}} \text{ і } \bar{r} > \bar{r}_{\text{crit1}} \\ m_3 \text{ при } G_{\text{crit1}} > G > G_{\text{crit2}} \text{ і } ГТК_{\text{crit3}} < ГТК > ГТК_{\text{crit2}} \text{ і } \bar{r} > \bar{r}_{\text{crit2}} \end{cases} \quad (9.70)$$

де  $G$  – густина стояння рослин;

$G_{\text{crit1}}, G_{\text{crit2}}$  – критичні значення густоти стояння рослин, при яких можливе полягання посівів;

$ГТК$  – гідротермічний коефіцієнт Селянинова;

$ГТК_{\text{crit1}}, ГТК_{\text{crit2}}, ГТК_{\text{crit3}}$  – критичні значення  $ГТК$ , при котрих спостерігаються різні рівні втрат врожаю за рахунок полягання;

$\bar{r}$  – сума опадів за одну добу періоду;

$\bar{r}_{\text{crit1}}, \bar{r}_{\text{crit2}}$  – критичні величини добових сум опадів, що призводять до втрати врожаю за рахунок полягання.

Виникнення та розвиток "стікання" зерна зумовлене значним підвищенням активності гідролітичних ферментів як в період наливу (достигання) зерна, так і при досягненні ними повної стиглості, при зволоженні від опадів або сильними, довготривалими росами та туманами. При цьому утворюються водорозчинні осмотично активні речовини, які збільшують надходження води в зерно з його зволоженої поверхні і тим самим ще більше посилюють подальший гідролітичний розпад запасних поживних речовин, які витікають із зерна або витрачаються на дихання. При цьому біомаса сухої речовини, що формує зернівку, зменшується і утворюється щупле зерно.

Результати досліджень І.В. Свисюка показують, що явище "стікання" зерна важко відділити від тих явищ, які його супроводжують. Це, по-перше, полягання хлібів, звідси збільшення вологості травостою і погіршення умов обміну речовин в рослині. По-друге, відбувається вимивання рухомих форм азоту із ґрунту сильними опадами до і після наливу зерна, особливо на не удобрюваних полях з непаровими попередниками. В верхніх шарах ґрунту в період формування і наливу

зерна спостерігались тільки сліди такого азоту, а його нестача в рослинах призводить до формування дрібного зерна.

Оцінка «стікання» зерна проводиться за співвідношенням характеристик дефіциту насичення повітря і суми опадів в період наливу зерна з врахуванням результатів досліджень

$$C_{cmmi} = \begin{cases} p_1 & \text{при } \bar{R}_{crit1} > \bar{r} \\ p_2 & \text{при } \bar{R}_{crit2} > \bar{r} > \bar{R}_{crit1} \quad i \quad d_n > D_{crit1} \\ p_3 & \text{при } \bar{R}_{crit3} > \bar{r} > \bar{R}_{crit2} \quad i \quad d_n > D_{crit1} \end{cases} \quad (9.71)$$

де  $\bar{R}_{crit1}, \bar{R}_{crit2}, \bar{R}_{crit3}$  – критичні значення суми опадів в період наливу зерна, які визначають різні рівні втрати врожаю за рахунок «стікання»;

$D_{crit1}$  – критичне значення дефіциту насичення повітря, що призводить до «стікання» зерна.

### **Біологічний блок**

*Підблок онтогенетичних кривих фотосинтезу та дихання.*

Фотосинтетична здатність і активність дихання – величини хоч і характерні для кожного виду рослин, але не постійні. Газообмін однієї і тієї ж рослини змінюється в процесі індивідуального розвитку і в зв'язку з сезонними і навіть добовими коливаннями активності.

Зміни інтенсивності фотосинтезу і дихання органів в залежності від фізіологічного віку рослини описуються онтогенетичними кривими фотосинтезу та дихання. Так, онтогенетична крива фотосинтезу листя має вигляд

$$\alpha_{\Phi} = \begin{cases} \exp\left\{-\alpha_{\Phi}^0 \left[\frac{\sum t - \sum t_{\Phi_1}}{10}\right]^2\right\} & \text{при } \sum t < \sum t_{\Phi_1} \\ 1 & \text{при } \sum t_{\Phi_2} \geq \sum t \geq \sum t_{\Phi_1} \\ 1,063 - 1,826x_1 + 0,705x_1^2 & \text{при } \sum t > \sum t_{\Phi_2} \end{cases} \quad (9.72)$$

$$x_1 = \frac{\sum t - \sum t_{\Phi_2}}{\sum t_{cr.} - \sum t_{\Phi_2}}, \quad (9.73)$$

де  $\alpha_{\Phi}^0$  – початкове значення онтогенетичної кривої фотосинтезу;

$\sum t$  – сума ефективних температур;

- $\sum t_{\phi_1}$  – перша сума ефективних температур, при накопиченні якої починається період максимальної інтенсивності фотосинтезу;
- $\sum t_{\phi_2}$  – друга сума ефективних температур, при накопиченні якої закінчується період максимальної інтенсивності фотосинтезу;
- $\sum t_{cm}$  – сума ефективних температур за період від відновлення вегетації до досягання.

Аналогічним рівнянням описується і онтогенетична крива дихання  $\alpha_R$ , для якої задаються відповідні параметри. Вони характеризують початкове значення онтогенетичної кривої дихання  $\alpha_R^0$ , першу суму ефективних температур, за накопичення якої починається період з максимальною інтенсивністю дихання  $\sum t_{R_1}$ , другу суму ефективних температур, за накопичення якої закінчується період максимальної інтенсивності дихання  $\sum t_{R_2}$

*Підблок фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси.*

На  $\text{CO}_2$ -газообмін впливає цілий ряд зовнішніх чинників. Будучи фотохімічним процесом, фотосинтез безпосередньо залежить від умов освітлення.

Для оцінки залежності інтенсивності фотосинтезу від щільності світлового потоку існує багато різноманітних формул, але найчастіше фотосинтез листя описують формулою Монсі і Саєкі

$$\Phi_o^j = (\Phi_{\max} \cdot a_{\phi} \cdot I_{\Phi AP}) / (\Phi_{\max} + a_{\phi} \cdot I_{\Phi AP}), \quad (9.74)$$

де  $\Phi_o^j$  – інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- і вологозабезпеченості в реальних умовах освітленості, мг  $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$ ;

$\Phi_{\max}$  – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні і нормальній концентрації  $\text{CO}_2$ , мг  $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$ ;

$\alpha_{\phi}$  – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу, мг  $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год}^{-1})/(\text{кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1})$ ;

$I_{\Phi AP}$  – інтенсивність фотосинтетично-активної радіації (ФАР) всередині посіву, кал/ $(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$ ;

$j$  – номер кроку розрахункового періоду.

Для кількісного опису залежності фотосинтезу не тільки від щільності потоку ФАР, але і від вмісту  $\text{CO}_2$  в атмосфері розглядають величину  $\Phi_{\max}$  як функцію концентрації  $\text{CO}_2$

$$\Phi_{\max} = \tau_c \cdot C_o, \quad (9.75)$$

де  $\tau_c$  – початковий нахил вуглецевої кривої фотосинтезу;

$C_o$  – концентрація  $CO_2$  в атмосфері.

У онтогенезі фотосинтетична активність листя визначається його віком і напруженістю водно-теплового режиму.

Для розрахунку фотосинтезу в онтогенезі в реальних умовах середовища, відмінних від біологічно оптимальних, використовується вираз

$$\Phi_{\tau}^j = \alpha_{\Phi}^j \Phi_o^j \cdot FTW2, \quad (9.76)$$

де  $\Phi_{\tau}$  – інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах середовища, мг  $CO_2$ /(дм<sup>2</sup>·год);

$\alpha_{\Phi}$  – онтогенетична крива фотосинтезу;

$FTW2$  – узагальнена функція впливу факторів зовнішнього середовища.

Сумарний фотосинтез посіву за світлий час доби можна розраховувати за формулою

$$\Phi^j = 0,68 \Phi_{\tau}^j \cdot L^j \tau_{дн} \cdot 0,1, \quad (9.77)$$

де  $\Phi$  – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, г/(м<sup>2</sup>·д);

$L$  – площа листової поверхні, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;

$\tau_{дн}$  – тривалість світлого часу доби, г.

На відміну від процесу фотосинтезу здатність до дихального газообміну мають всі органи рослини. При більш детальному розгляді функцію дихання можна розділити на дві частини: 1) дихання, пов'язане з підтримкою структур органів рослини; 2) дихання, пов'язане з пересуванням речовин, з фотосинтезом і створенням нових структурних одиниць (білків, ліпідів, клітинних стінок і т.д.).

#### *Підблок динаміки біомаси органів рослини.*

Для опису динаміки росту сухої біомаси окремих органів А.М. Польовим запропонована така система рівнянь, в якій використовується поняття про двокомпонентне дихання та вводиться поняття про біомасу, названу А.М. Польовим *функціонуючою біомасою*, в складі якої є компоненти, що здійснюють і регулюють обмін речовин

$$\frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} = \frac{\beta_i^j \Phi^j}{1 + c_{Gi}} - \frac{(\alpha_{Ri}^j c_{mi} \varphi_R^j + \mathcal{G}_i^j) \tilde{m}_i^j}{1 + c_{Gi}},$$

$$\frac{\Delta m_p^j}{\Delta t} = \frac{\beta_p^j \Phi^j}{1 + c_{Gi}} - \frac{\left( \alpha_{Rp}^j c_{mp} \varphi_R^j \tilde{m}_p - \sum_i^{l,s,r} \mathcal{G}_i^j \tilde{m}_i^j \right)}{1 + c_{Gp}}, \quad (9.78)$$

$$\frac{\Delta m_g^j}{\Delta t} = \frac{\Delta m_{g_{\max}}^j}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta \tilde{m}_p^j / \Delta t}{k_g + \Delta \tilde{m}_p^j / \Delta t}, \quad (9.79)$$

де  $\frac{\Delta m_i^j}{\Delta t}$  – приріст біомаси  $i$ -го вегетативного (репродуктивного) органа;  
 $\tilde{m}_i^j$  – функціонуюча біомаса  $i$ -го вегетативного (репродуктивного) органа;  
 $\Delta m_g^j / \Delta t$  – приріст сухої біомаси зерна;  
 $\Delta m_{g_{\max}}^j / \Delta t$  – максимально можлива в реальних умовах швидкість приросту сухої біомаси зерна;  
 $\beta_i^j$  – ростова функція вегетативного періоду;  
 $\vartheta_i$  – ростова функція репродуктивного періоду;  
 $C_G$  – коефіцієнт дихання росту;  
 $\alpha_R$  – онтогенетична крива дихання;  
 $C_m$  – коефіцієнт дихання підтримки;  
 $\varphi_R$  – температурна крива дихання;  
 $k_g$  - константа Міхаеліса-Ментен;  
 $i$  – органи :  $l$  – листя;  $s$  – стебла;  $r$  – корені;  $p$  – колосся.

Кількість функціонуючої біомаси оцінюється згідно з роботами А.М. Польового на основі використання універсального закону старіння біологічних систем. Для періоду активного росту рослини вся біомаса є функціонуючою, отже приріст загальної і функціонуючої біомаси однаковий

$$\frac{\Delta \tilde{m}_j}{\Delta t} = \frac{\Delta m_j}{\Delta t} \geq 0. \quad (9.80)$$

При виникненні стресових умов або при старінні рослин, коли кількість загальної біомаси знижується внаслідок переваги процесів розпаду над процесами синтезу, зміна кількості функціонуючої біомаси знаходиться за виразом

$$\frac{\Delta \tilde{m}_j}{\Delta t} = - \left( \frac{\Delta m_j}{\Delta t} \frac{1}{k_s} \right), \quad (9.81)$$

де  $k_s$  – параметр, що характеризує частку життєдіяльних структур в загальній біомасі органа.



*Підблок площі листкової поверхні.*

Ріст площі листя посіву визначається при позитивному прирості біомаси листя за формулою:

$$L^{j+1} = L^j + \Delta m_l \frac{1}{d_L}, \quad (9.82)$$

де  $d_L$  – питома поверхнева площа листя, г/м<sup>2</sup>.

При від'ємному прирості біомаси листя для опису росту асимілюючої поверхні використовується таке співвідношення:

$$L^{j+1} = L^j - \Delta m_l \frac{1}{d_L} \cdot \frac{1}{k_c}, \quad (9.83)$$

де  $k_c$  – параметр, що характеризує критичну величину зменшення живої біомаси листя, при якій починається її відмирання.

### **Блок врожайності**

Урожай зерна знаходиться з врахуванням впливу несприятливих агрометеорологічних умов:

$$M_{\text{зерн.}} = 0,1 m_g (C_{\text{посух.}} \cdot C_{\text{поляг.}} \cdot C_{\text{стік.}})^{0,333}. \quad (9.84)$$

Рівняння (9.22) – (9.81) описують вплив агрометеорологічних умов на формування врожаю сільськогосподарської культури.

### **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:

$\varphi$  – географічна широта центра області, для якої виконується 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:

$m_l^o$ ,  $m_s^o$ ,  $m_r^o$  – початкова маса листя, стебел, коренів на дату відновлення вегетації (сходів) одного пагона (рослини) за даними табл. 9.6;

Таблиця 9.6 – 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 <sup>2</sup> /пагін)×10
		$m_l^o$	$m_s^o$	$m_r^o$	
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

$LL^o$  – початкова площа листя одного пагона (рослини) за даними табл. 9.8;

$G_s$  – кількість стебел на дату відновлення вегетації;

$WO(0)$  – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на початок розрахунків (відновлення вегетації, сходи), мм.

#### *Середня багаторічна агрометеорологічна інформація*

До складу цієї групи входять середні по області дані:

– середньобагаторічні 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);

$M1$  – дата відновлення вегетації (сходів)– дата місяця, коли настала фаза;

$M2$  – 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  $\text{inf}(55)$ ;

$usl2$  – 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  $\text{inf}(55)$  плюс  $\text{inf}(48)$ ;

$usl3$  – 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;

$ts$  – середня за декаду температура повітря, °С;

$ss$  – середня за декаду (на один день) кількість годин сонячного сяйва;

$os$  – сума опадів за декаду, мм;

$pnor$  – 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 щодавно 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*

До складу цієї групи входять середні по області дані:

– середньобагаторічні 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;

$np$  – 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);

$M1$  – 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  $\text{inf}(55)$ ;

$\text{usl2}$  – 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  $\text{inf}(55)$  плюс  $\text{inf}(48)$ ;

$\text{usl3}$  – умовна величина, яка за декади періоду колосіння – воскова стиглість дорівнює 1,0, а в інші декади дорівнює 0.

$\text{usl4}$  – 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;

$ts$  – середня за декаду температура повітря, °С;

$ss$  – середня за декаду (на один день) кількість годин сонячного сяйва;

$os$  – сума опадів за декаду, мм;

$\text{rpor}$  – норма вегетаційного поливу за декаду, мм;

$\text{dww}$  – середній за декаду дефіцит насичення повітря, мб;

$\text{hgr}$  – 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 щодекадно 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.

Приклад складання прогнозу врожайності озимої пшениці

Розглянемо приклад складання прогнозу врожайності озимої пшениці в Запорізькій області в 1998 році на 20 травня. Підготуємо вхідну агрометеорологічну інформацію для виконання розрахунків (табл. 9.4–9.6). Робочий масив "ozimaj5.dat" для середніх багаторічних значень створюється в табл. (для кожної області цей файл уже створений і знаходиться в директорії "Середньобагаторічні дані"). Файл "ozimaj5.dat" з директорії "Середньобагаторічні дані" копіюється в директорію "Поточні дані".

Внесемо у файл "ozimaj5.dat", що знаходиться в директорії "Поточні дані", на основі даних табл. 9.6 і 9.7 необхідні дані. Перший прогноз складається нами в третій декаді травня. Тому в табл. 9.6 до другої декади травня включно вводяться дані поточного року, а решта даних з третьої декади травня і далі – середньобагаторічні. У зв'язку з цим у файл "ozimaj5.dat" вводяться тільки дані по другу декаду травня включно, інші дані залишаються незмінними.

Після цього курсор ставиться на файл "ozimaj5.exe" і виконується розрахунок. Результати розрахунків наведені в табл. 9.6.

Таблиця 9.7 – Опис Запорізької області

№ п/п	Показники			
	умовна позначка	найменування	числове значення	розмірність
1.	$\varphi$	географічна широта центра області	47,30	град. з дес.
2.	KRN	код регіону	3	
3.	KRNZ	код регіону для оцінки посухи	3	
4.	$W_{HB}$	найменша вологомісткість у метровому шарі ґрунту	182	мм
5.	$U_{min}$	мінімальна середньообласна врожайність за період з 1986 р.	19	ц/га
6.	$U_{max}$	максимальна середньообласна врожайність за період з 1986 р.	42	ц/га

Таблиця 9.9 – Середня багаторічна агрометеорологічна інформація по Запорізькій області (частина II)

№ п/п	Показники		Місяць																	
	умовне позначення	розмір- ність	березень			квітень			травень			червень			липень			серпень		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	nn(dv)	д			6	10	10	10	10	10	11	10	10	9						
2	usl1	ум.вел.			0	0	0	1	1	1	0	0	0	0						
3	usl2	ум.вел.			0	0	0	0	1	1	1	0	0	0						
4	usl3	ум.вел.			0	0	0	0	0	0	0	1	1	1						
5	usl4	ум.вел.			0	0	0	0	0	0	0	1	1	1						
6	W <sub>p0</sub>	мм			35	30	28	25	22	16	14	13	10	9						
7	W <sub>m0</sub>	мм			130	125	120	115	110	98	80	64	56	46						
8	T <sub>s</sub>	°C			2,9	5,6	8,6	11,5	14,1	16,0	17,4	18,7	19,8	20,9						
9	S <sub>s</sub>	год			5,2	5,8	6,3	7,2	7,7	8,3	9,2	9,6	10,0	10,4						
10	O <sub>s</sub>	мм			10,0	11,0	10,0	13,0	12,0	18,0	19,0	15,0	20,0	18,0						
11	P <sub>nor</sub>	мм			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
12	D <sub>ww</sub>	мб			2	2	4	6	8	8	9	10	10	11						
13	H <sub>gr</sub>	м			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10						

Таблиця 9.10 – Поточна агрометеорологічна інформація по Запорізькій області за 1998 рік (частина II)

№ п/п	Показники		Місяць																	
	умовне позначення	розмір- ність	березень			квітень			травень			червень			липень			серпень		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	nn (dv)	д				9	10	10	10	10	11	10	10	9						
2	usl1	ум.вел.				1	1	0	0	0	0	0	0	0						
3	usl2	ум.вел.				1	1	1	1	1	0	0	0	0						
4	usl3	ум.вел.				0	0	0	0	1	1	1	1	1						
5	usl4	ум.вел.				0	0	0	0	0	1	1	1	1						
6	W <sub>p0</sub>	мм				26	24	38	30	18	14	13	10	9						
7	W <sub>m0</sub>	мм				189	133	157	146	109	80	64	56	46						
8	Ts	°C				11,5	12,0	11,3	16,4	15,5	17,4	18,7	19,8	20,9						
9	Ss	год				7,0	4,2	8,0	8,0	6,5	9,2	9,6	10,0	10,4						
10	Os	мм				0	14,4	19,4	15,0	15,7	19,0	15,0	20,0	18,0						
11	Pnor	мм				0	0	0	0	0	0	0	0	0						
12	Dww	мб				5	5	5	7	8	9	10	10	11						
13	Hgr	м				10	10	10	10	10	10	10	10	10						



Таблиця 9.8 – Характеристика початкового стану посівів у Запорізькій області в 1998 році

№ п/п	Показники			
	умовна позначка	найменування	числове значення	розмірність
1.	$m_l^0$	початкова маса листя	0,010	г/пагін
2.	$m_s^0$	початкова маса стебел	0,0067	г/пагін
3.	$m_r^0$	початкова маса коренів	0,010	г/пагін
4.	$LL^0$	початкова площа листя	0,0002	м <sup>2</sup> /пагін
5.	Gs	кількість стебел на дату відновлення вегетації	813	шт.
6.	W0(0)	запаси вологи у метровому шарі грунту на початок відновлення вегетації	189	мм

Таблиця 9.11 – Середня багаторічна агрометеорологічна інформація по Запорізькій області (частина I)

№ п/п	Показники		
	Умовна позначка	найменування	числове значення
1.	фаза розвитку	дата відновлення вегетації	26.III
2.	фаза розвитку	дата виходу в трубку	20.IV
3.	фаза розвитку	дата колосіння	27.V
4.	фаза розвитку	дата цвітіння	2.VI
5.	фаза розвитку	дата воскової стиглості	30.VI
6.	N	кількість розрахункових декад	10
7.	$t_0$	кількість днів від 1 січня до дати відновлення вегетації	84
8.	N1	дата місяця, коли настало відновлення вегетації	26
9.	N2	порядковий номер місяця, коли настала дата відновлення вегетації	3

Таблиця 9.12 – Поточна агрометеорологічна інформація по Запорізькій області за 1998 рік (частина I)

№ п/п	Показники		
	умовна позначка	найменування	числове значення
1.	фаза розвитку	дата відновлення вегетації	2.IV
2.	фаза розвитку	дата виходу в трубку	
3.	фаза розвитку	дата колосіння	
4.	фаза розвитку	дата цвітіння	
5.	фаза розвитку	дата воскової стиглості	
6.	N	кількість розрахункових декад	9
7.	$t_0$	кількість днів від 1 січня до дати відновлення вегетації	92
8.	N1	дата місяця, коли настало відновлення вегетації	2
9.	N2	порядковий номер місяця, коли настала дата відновлення вегетації	4

## **10 АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ВРОЖАЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ 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, потребує 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.

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, виконані В.М. Страшним [82].

### **10.1 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 близько 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 колосоносних стебел на квадратний метр більше 900 штук. Із зменшенням густоти посівів на кожні 100 штук колосоносних 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 вміст білка та клейковини в зерні збільшується відповідно до 15 та 30 %.

Враховуючи все вищевикладене, В.М. Страшний [78] 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 (У) в зерні розраховується після настання фази масового колосіння за рівнянням

$$Y = 4,45 + 0,19A - 0,002W + 0,11d - 0,002N + 0,38t \quad . \quad (10.1)$$

Клейковини:

$$Y = 0,67 + 0,37A - 0,017W + 0,65d - 0,004N + 0,86t \quad , \quad (10.2)$$

- де  $A$  – середня амплітуда температури повітря за період від відновлення вегетації до стійкого переходу через  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $W$  – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту (мм) на дату стійкого переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $d$  – середній дефіцит насичення повітря за період від стійкого переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$  до дати колосіння, мб;  
 $N$  – кількість колосоносних стебел на  $\text{м}^2$  у фазу колосіння, стебл./ $\text{м}^2$ ;  
 $t$  – середня температура повітря за період від колосіння до воскової стиглості,  $^{\circ}\text{C}$ .

Рівняння застосовуються у межах змін середніх по області значень:  $A$  – від 6 до  $12^{\circ}\text{C}$ ;  $W$  – від 110 до 240 мм;  $d$  – від 5 до 14 мб;  $N$  – від 350 до 900 колосоносних стебел;  $t$  – від 16 до  $23^{\circ}\text{C}$ .

Розрахунок очікуваної якості зерна виконується після визначення кількості колосоносних стебел на дату масового колосіння. Для виконання розрахунків по області використовуються спостереження не менше 6 – 8 станцій. Приклад розрахунку наводиться у табл. 10.1.

#### **Приклад розрахунку.**

Розрахувати вміст білку та клейковини в зерні озимої пшениці сорту Миронівська 808 в Одеській області. Дані для розрахунків викладач видає кожному студенту індивідуально.

Порядок виконання розрахунків:

- вписати в робочу таблицю: дати настання фаз розвитку озимої пшениці по 6 – 8 станціях області, починаючи з відновлення вегетації;
- вписати декадні значення температури повітря по кожній станції;
- знайти дату переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$ ;
- розрахувати тривалість періоду від відновлення вегетації до переходу температури повітря через  $10^{\circ}\text{C}$ ;
- визначити суму максимальних температур повітря за період від відновлення вегетації до переходу температури через  $10^{\circ}\text{C}$ ;
- визначити суму мінімальних температур повітря за цей же період;
- знайти різницю між цими двома сумами;
- визначити амплітуду повітря (амплітуда 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 °С);
- визначити середні за період запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту (для розрахунків використовують запаси продуктивної вологи за декаду найближчу до дати стійкого переходу температури повітря через 10 °С);
  - розрахувати дату настання фази колосіння за сумами ефективних температур;
  - знайти тривалість періоду від дати стійкого переходу температури повітря через 10 °С до дати колосіння;
  - визначити середній дефіцит насичення повітря;
  - визначити дату настання воскової стиглості;
  - розрахувати тривалість періоду колосіння-воскова стиглість;
  - розрахувати середню температуру повітря за цей період;
  - виписати кількість колосоносних стебел;
  - розрахувати всі параметри середні по області.
  - знайти за рівнянням (10.1) вміст білка в зерні, за рівнянням (10.2) – вміст клейковини;
  - розрахувати виправданість прогнозу за рівнянням (10.3);
  - скласти текст прогнозу.

**Приклад.** Розрахувати очікуваний вміст білка та клейковини в зерні озимої пшениці у Київській області. Розрахунки наведені в табл. 10.1. Після визначення середніх по області запасів продуктивної вологи, середньої амплітуди температур, дефіциту вологи, кількості колосоносних стебел та середньої температури повітря вони підставляються в рівняння (10.1) для визначення вмісту білка та в рівняння (10.2) для визначення вмісту клейковини:

$$Y = 4,45 + 0,19 \cdot 8,7 - 0,002 \cdot 143W + 0,11 \cdot 7,0 - 0,002 \cdot 808 + 0,38 \cdot 18,6 = 12 \%$$

Таким чином очікуваний вміст білка в зерні буде 12 %. Таким же методом розраховується вміст клейковини. Фактичний вміст білка становив 11,6 %.

Після надходження фактичних даних про вміст білка та клейковини розраховується справджуваність прогнозу за формулою:

$$S_y = \frac{100 - (Y_p - Y_\phi)}{Y_\phi} \cdot 100, \quad (10.3)$$

де  $Y_p$  – очікуваний вміст білка або клейковини, %;

$Y_\phi$  – фактичний вміст білка або клейковини, %.

Таблиця 10.1 – Приклад розрахунку даних для складання прогнозу вмісту білка та клейковини в зерні озимої пшениці сорту "Миронівська 808" по Одеській області

Метеорологічна станція, пост	Період від відновлення вегетації до стійкого переходу температури повітря через 10 °С							
	початок періоду	кінець періоду	тривалість періоду, дні	сума максимальн. температур, °С	сума мінімальн. температур, °С	різниця сум макс. та мінім. температур, °С	середня амплітуда температури повітря, °С	запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Любашівка	31.03	30.04	30	286	18	268	8,9	119
Затишшя	31.03	30.04	30	265	-1	266	8,9	120
Сербка	04.04	30.04	26	244	35	209	8,0	180
Роздільна	04.04	30.04	26	239	23	216	8,3	211
Одеса	31.03	30.04	30	297	15	282	9,4	127
Сарата	04.04	01.05	27	258	18	240	8,9	152
Болград	31.03	01.05	31	314	29	285	9,2	166
Базарянка	02.04	30.04	28	289	47	242	8,6	156
Тузли	18.03	29.04	42	397	39	358	8,5	94
Ізмаїл	04.04	29.04	25	258	48	210	8,4	103
Сума								
Середнє								

Продовження табл. 10.1

Метеорологічна станція, пост	Період від стійкого переходу температури повітря через 10 °С до масового колосіння				Період від колосіння до воскової стиглості				
	дата масового колосіння	тривалість періоду, дні	сума дефіцитів насичення повітря, мб	середній дефіцит насичення повітря, мб	кількість колосонних стебел на 1 м <sup>2</sup>	дата воскової стиглості	тривалість періоду, дні	сума температур, °С	середня температура повітря, °С
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Любашівка	12.06	43	256	6,0	620	20.07	38	699	18,4
Затишшя	18.06	49	286	5,8	1607	28.07	40	768	19,2
Сербка	14.06	45	332	7,4	539	20.07	36	665	18,5
Роздільна	18.06	49	334	6,8	791	22.07	34	665	19,6
Одеса	10.06	41	284	6,9	686	18.07	38	691	18,2
Сарата	14.06	44	387	8,8	544	18.07	34	629	18,5
Болград	08.06	38	284	7,5	952	22.07	44	790	18,0
Базарянка	10.06	41	319	7,8	462	18.07	38	702	18,5
Тузли	14.06	46	252	5,5	546	12.07	28	512	18,3
Ізмаїл	04.06	36	272	7,6	1337	12.07	38	729	19,2
Сума									
Середнє									



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, тому через кожні 4-5 років ці залежності необхідно уточнювати.

## 10.2 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 розроблена в Одеському селекційно-генетичному інституті М.О. Кіндруком [70].

*Під врожайними властивостями зерна у насінництві розуміють здатність 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 перебиває 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 побудові 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 кількість днів з відносною вологістю повітря 50 % і нижче та 80 % і вище (табл.10.2).

Кожен 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 фактора 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 зменшеними – менше 95 балів (табл.10.3).

Таблиця 10.2 – 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	знижений, 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 температу-рою 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 температу-рою 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 температу-рою 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. 10.2.

1	2	3	4	5
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

Таблиця 10.3 – 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

**Приклад.**

*Порядок виконання розрахунків.* 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 (причому у цьому періоді враховується період збирання хліба до 10 днів);

2) по матеріалах метеорологічних спостережень розрахувати середні значення для кожного міжфазного періоду: середньої температури повітря, кількості днів з температурою вище 25 °С (у табл. 10.2 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 відносною вологістю 50 % і нижче (графа “мінімальна відносна вологість”), кількості днів з відносною вологістю повітря 80 % і вище (графа “максимальна відносна вологість повітря”).

3) отримані значення елементів заносяться у робочу таблицю і потім визначається оцінка кожного елемента в балах за кожен міжфазний період. Після оцінки всіх елементів бали підсумовуються та визначається їх сума. Ця сума і буде критерієм оцінки агрометеорологічних умов формування врожайних властивостей зерна.

**Приклад.** У період колосіння – молочна стиглість середня температура повітря становила 16,7 °С (записи в робочій таблиці). Їй відповідає оцінка врожайності у 7 балів. Кількість днів з температурою повітря вище 25 °С становила 2 дні – їй відповідає оцінка 9 балів. Днів з температурою нижче 10 та 5 °С не було – оцінка 10 балів. Опади склали 40 мм – оцінка 5 балів. Середня відносна вологість була 55 % – оцінка 5 балів. Кількість днів з відносною вологістю повітря 50 % і нижче становила 5 – оцінка 7 балів. Загальна сума балів за період колосіння – молочна стиглість становить 38. Так само оцінюються усі елементи періоду молочна – воскова стиглість. У нашому випадку за цей період набирається теж 38 балів. І за період від воскової до повної стиглості сумарна оцінка – 26 балів. За три періоди сумарна оцінка становить 102 бали, тобто зерно буде з середніми врожайними властивостями.

Для оперативної оцінки агрометеорологічних умов автор методу розробив номограму (рис. 10.1). Отримані показники відкладаються на номограмі, де відразу буде чітко просліджуватись, за яким графіком йде формування врожайних властивостей насіння. Так, попередній приклад з температурою повітря в період колосіння – молочна стиглість 16,7° С попадає у поле високих врожайних властивостей зерна.

За цим методом прогноз врожайних властивостей зерна можна складати 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.

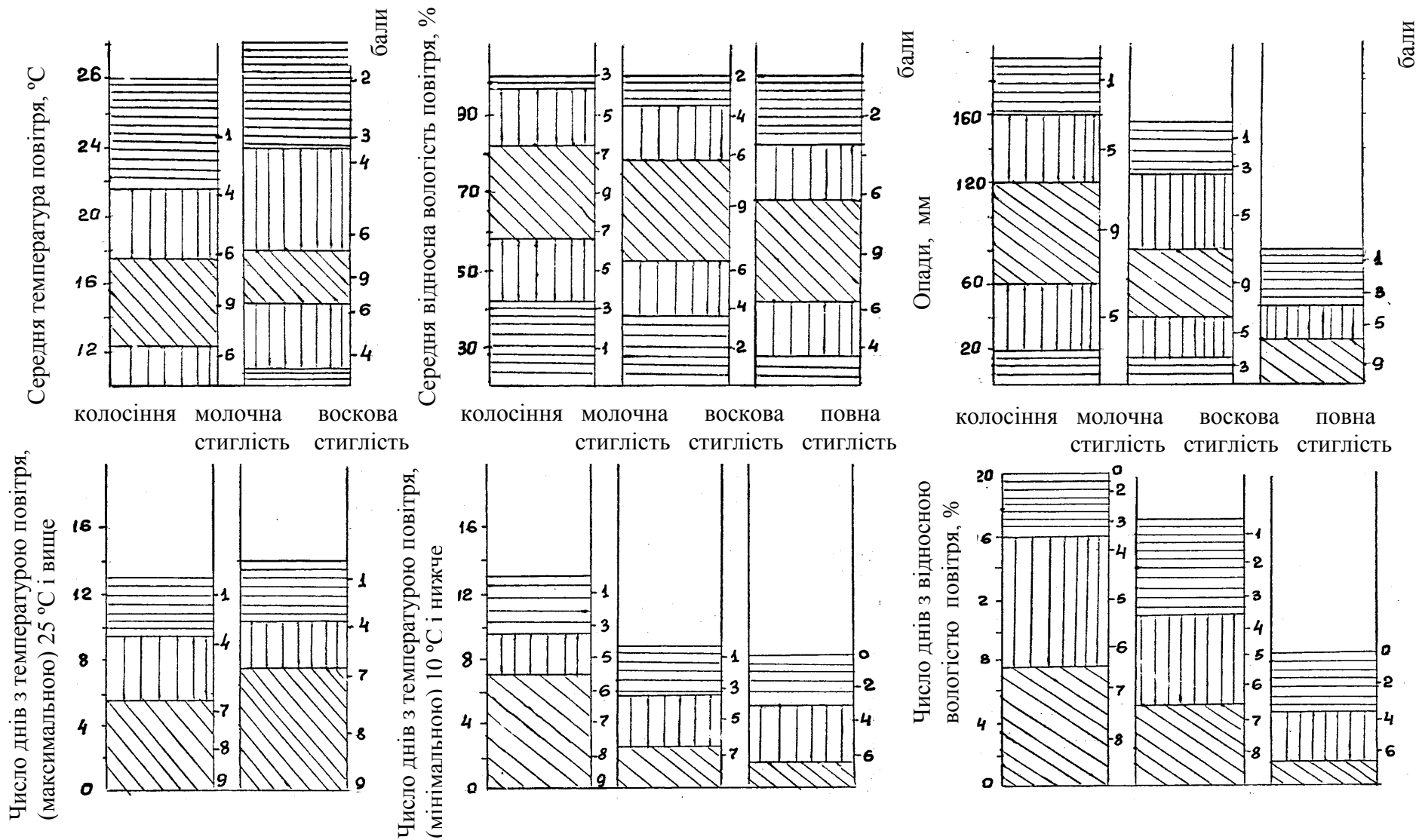

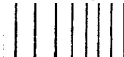
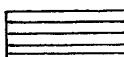


Рис. 10.1 – Номограма оперативної оцінки агрометеорологічних умов для прогнозу врожайних властивостей зерна озимої пшениці .  – підвищений     – середній     – знижений

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).

Ймовірність формування знижених врожайних властивостей спостерігається у більше ніж 20 % років.

До зони стійкого насінництва відноситься лівобережний Лісостеп (Сумська, Полтавська та Харківська області) та райони північного та центрального Степу, що межують з цими областями, центральна частина Криму та вузькі смуги біля Чорного та Азовського морів. Низьковрожайні властивості зерна тут спостерігаються не більше як у 17 – 25 % років.

Південно-східні райони північного та центрального Степу (Дніпропетровська, Донецька, Луганська, Запорізька області), Південний Степ, за винятком 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 на 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 передгірні райони Карпат). Низькі врожайні властивості зерна тут формуються раз на 2-3 роки.

### **10.3 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 [54] було встановлено, що вміст цукру у коренеплодах тим більший, чим довше 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 вирощуванні 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 ясною теплою погодою при недостатньому зволоженні ґрунту. Надмірне зволоження спричиняє 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 60 мм 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 [54].

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 коефіцієнта кореляції

$$\begin{aligned} Y &= 0,23S + 14 \\ r &= 0,72 + 0,03 \end{aligned} \quad (10.4)$$

Величина надходження сонячної радіації розраховується за формулою С.І. Сівкова.

Але слід відзначити, що не в усіх природно-кліматичних зонах залежність накопичення цукру від приходу сонячної радіації характеризується високим значенням коефіцієнта 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. Конторщикова визначила 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. 10.2 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/см<sup>2</sup>;
- задовільні, вміст цукру становить 16 %, вологозабезпеченість 7 – 100 %, сума прямої радіації від 10,5 до 12,5 ккал/см<sup>2</sup>;
- погані умови, вміст цукру менше 15 %, вологозабезпеченість оптимальна, пряма сонячна радіація менше 11,5 ккал/см<sup>2</sup>.

Для чорноземних областей Росії показники вологозабезпеченості та прямої сонячної радіації будуть дещо нижчі (див. рис. 10.2, а).

У Південно-Західному економічному районі оцінку умов накопичення цукру краще виконувати не за показниками вологозабезпеченості, а за значеннями запасів продуктивної вологи. Встановлено (рис. 10.3), що

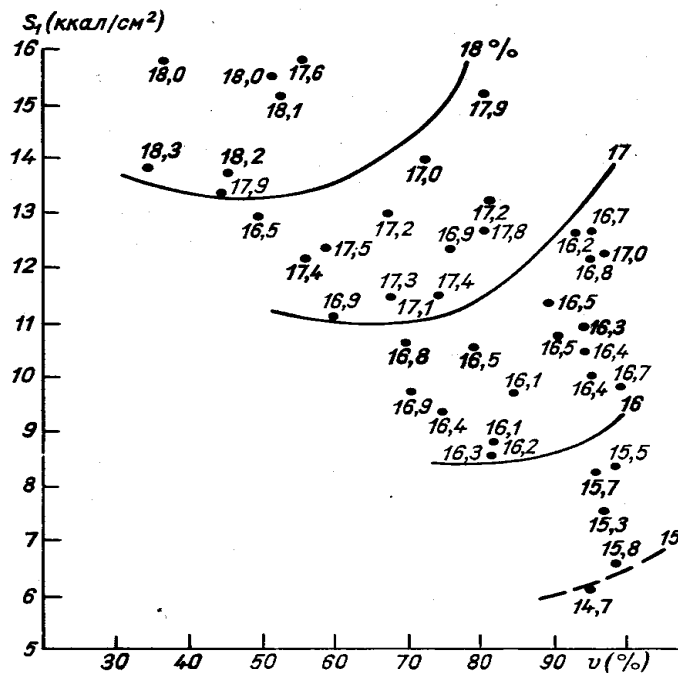


Рис. 10.2 – а) Залежність накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації від прямої сонячної радіації ( $S_1$ ) і вологозабезпеченості посівів ( $v$ ) за період інтенсивного накопичення цукру для центральної чорноземної зони (в середньому по області).



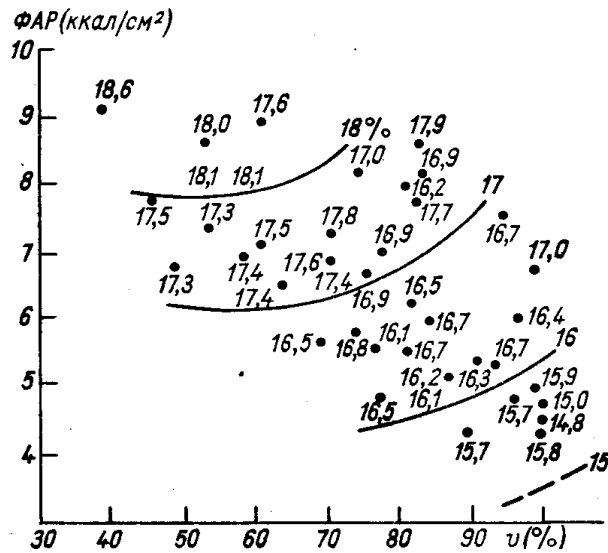


Рис10.2. – б) Залежність накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації від суми фотосинтетично-активної радіації (ФАР) і вологозабезпеченості посівів ( $v$ ) за період інтенсивного накопичення цукру для центральної чорноземної зони (в середньому по області).

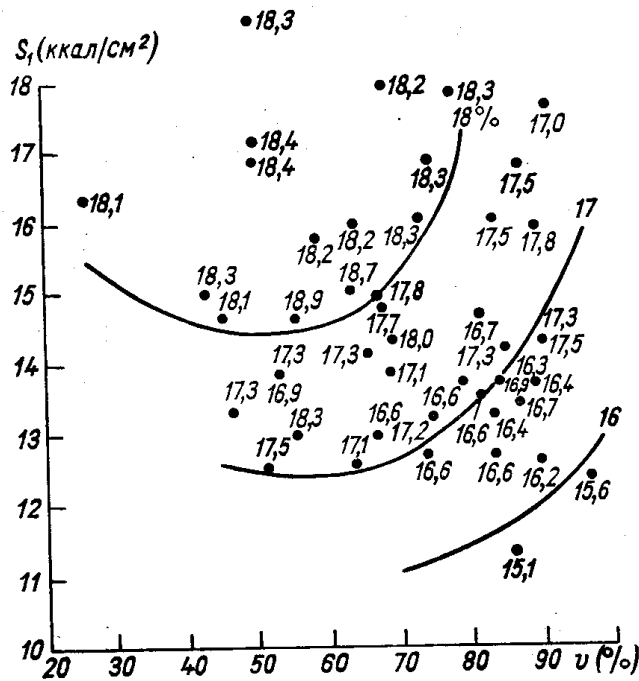


Рис.10.2 – в) Залежність накопичення цукру в цукрових буряків до кінця вегетації від прямої сонячної радіації ( $S_1$ ) і середньої вологозабезпеченості посівів ( $v$ ) за період інтенсивного накопичення цукру для лівобережної частини України (в середньому по області).

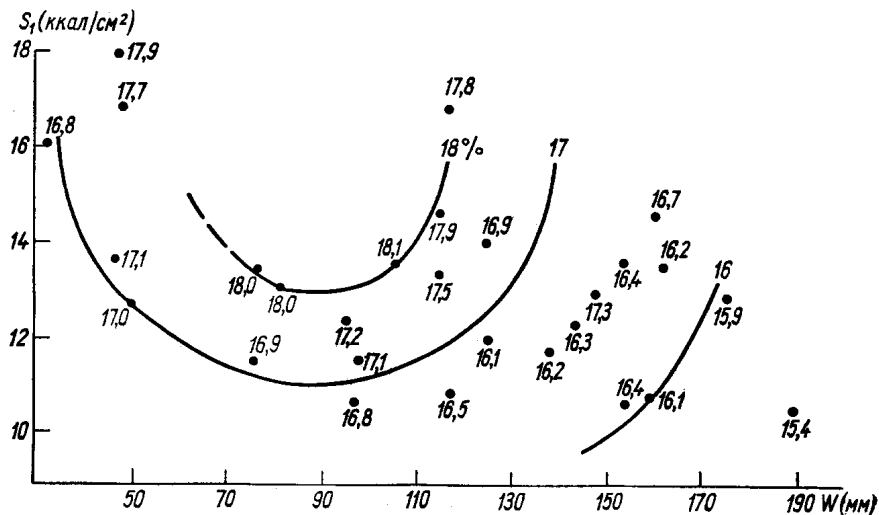


Рис. 10.3 – Залежність накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації від прямої сонячної радіації ( $S_1$ ) і запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 100 см ( $W$ ) за період інтенсивного накопичення цукру для західних областей України (в середньому по області).

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/см<sup>2</sup>. Добрі умови складаються при запасах вологи не менше 40 та не більше 130 мм і сумі радіації вище 11 ккал/см<sup>2</sup>. Незадовільні умови для накопичення цукру складаються при запасах вологи більше 170 мм і сумі прямої радіації менше 10 ккал/см<sup>2</sup>.

Одержані О.М. Конторщикою залежності (рис. 10.2, 10.3) 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

$$S = 0,08t - 65 \quad (10.5)$$

де  $S$  – очікувана сума прямої радіації, за період з 1 серпня по 20 вересня, ккал/см<sup>2</sup>;

$t$  – сума активних температур повітря за той же період, °С.

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 [72] для Південно-Західного району запропонована формула для розрахунку сум прямої сонячної радіації

$$S = 0,018t - 0,003x - 1,20 \quad , \quad (10.6)$$

для Донецько-Придніпровського району :

$$S = 0,014t - 0,006x + 3,510 \quad , \quad (10.7)$$

де  $t$  – сума активних температур, °С;

$x$  – сумарне випаровування, мм за період з 20 липня по 20 вересня, мм.

Сумарне випаровування розраховується за спрощеним рівнянням водного балансу

$$E = (W_n + r) - W_k \quad , \quad (10.8)$$

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.

### **Порядок розрахунків.**

1. Для всіх станцій області із агрометеорологічних щорічників виписують дані про:

- середньодекадну та середньобагаторічну температуру повітря, °С;
- фактичні суми опадів, середньо багаторічні, мм;
- запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 100 см, мм;
- середній дефіцит вологості повітря, мб;

2. Розраховують:

- з прогнозу погоди визначаються очікувана температура повітря та сума опадів за період з 20 червня по 20 вересня;
- очікувані запаси продуктивної вологи за прогнозований період;
- суму активних температур за прогнозований період;
- сумарне випарування за спрощеним рівнянням водного балансу;
- суму прямої сонячної радіації за період з 20 червня по 20 вересня;
- вологозабезпеченість посівів з першого серпня ( $V$ ) до початку збирання;

Таблиця 10.3 – Приклад розрахунку вологозабезпеченості посівів і накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації

Показники	Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Середня декадна температура повітря, °С														
в поточному році	10,3	14,7	15,2	16,8	19,3	19,2	17,4	18,4	–	–	–	–	–	–
за нормою	9,2	12,7	14,4	15,8	17,2	18,1	19,1	20,3	20,8	21,0	20,4	19,1	16,8	14,5
за прогнозом	–	–	–	–	–	–	–	–	19	18	20	18	14	13
Сума температур за прогнозом	–	–	–	–	–	–	–	–	209	389	589	787	927	1057
Сума опадів, мм у поточному році за прогнозом (х)	29	19	28	13	2	13	77	6	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	18	17	16	15	15	15
Сума середньо добового дефіциту вологості повітря, Мб	52	85	69	92	117	90	60	57	–	–	–	–	–	–
Мм	38	60	52	69	88	68	45	43	–	–	–	–	–	–
Коефіцієнт для визначення потреби цукрових буряків у волозі	0,22	0,26	0,31	0,39	0,49	0,65	0,72	0,80	–	–	–	–	–	–
Сумарне випарування, мм фактичне	22	36	36	32	32	32	34	22	–	–	–	–	–	–
прогнозоване (Е)	–	–	–	–	–	–	–	–	33	31	30	27	23	18
Потреба цукрових буряків у	8	16	16	27	43	44	32	34	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. 10.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
волозі														
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 100 см за період, мм														
минулий	–	175	167	148	118	99	142	118	–	–	–	–	–	–
прогнозований	–	–	–	–	–	–	–	–	103	90	80	71	62	67
Вологозабезпеченість посівів за декаду, %	100	100	100	100	75	73	100	94	–	–	–	–	–	–
Сума процентів вологозабезпеченості наростаючим підсумком		200	300	400	475	548	648	742	–	–	–	–	–	–
Середня вологозабезпеченість (в % посівів за минулий період вегетації)		100	100	100	95	91	92	92	–	–	–	–	–	–

Приклад. Прогноз складається після 1 серпня. Розрахунки очікуваного вмісту цукру краще виконувати у робочій таблиці (табл.10.3).

З прогнозу погоди визначаються: очікувана температура повітря та сума опадів. З даних спостережень виписуються у робочу таблицю значення запасів продуктивної вологи до дати складання прогнозу. Потім розраховуються очікувані запаси продуктивної вологи на прогнозований період по залежностях О.М. Конторщиковаї. Розраховуються суми активних температур, вона становить 1057 °С. Сумарне випаровування розраховується за спрощеним рівнянням водного балансу (10.8) – воно становить 147 мм. Потім за формулою (10.7) розраховується сума прямої сонячної радіації – 17,4 ккал/см<sup>2</sup>. Для визначення очікуваного вмісту цукру необхідно також знати вологозабезпеченість посівів з першого серпня (V) до початку збирання буряків. Вона розраховується за даними середньої вологозабезпеченості на дату складання прогнозу(V<sub>1</sub>) за формулою:

$$V = 1,4V_1 - 45 \quad (10.9)$$

Вологозабезпеченість на дату складання прогнозу становила 92 %. Тоді  $V = 1,4 \cdot 92 - 45 = 84\%$ . Середня вологозабезпеченість за прогнозований період буде  $92 + 84 / 2 = 88\%$ . Далі з рис. 10.3 визначається очікуваний по області вміст цукру у коренеплодах – він становить 17,6 %.

## 11 ПРОГНОЗ ІНТЕНСИВНОСТІ ПОЛЯГАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Полягання посівів зернових культур призводить до великих втрат врожаю, бо воно спричиняє 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 нахилиється 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 – слабке 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 великою мірою 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 коефіцієнта 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, густоти 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<sup>2</sup>, а у ярого ячменю – 700, то рослини не полягають або полягають слабо. Збільшення густоти посівів збільшує імовірність полягання. Значно полягають посіви при густоті більше 1300 стебел на м<sup>2</sup> (табл. 11.1).

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 11.1 – Імовірність полягання посівів за різної густоти стеблостою у фазу виходу в трубку

Кількість стебел на 1м <sup>2</sup>	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 на те, 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, густиною 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. Пасечнюк розробив два прогнози полягання зернових культур – прогноз полягання посівів ячменю та прогноз полягання озимої пшениці.

### 11.1 Прогноз полягання посівів ячменю

Міра полягання посівів ячменю перед збиранням залежить від стійкості рослин до полягання та від наявності метеорологічних явищ, які спричиняють полягання.

Спостерігається чіткий зв'язок інтенсивності полягання зі стійкістю стеблостою. А стійкість стеблостою попри все інше визначається висотою стеблостою.

По густоті стеблостою складається ймовірнісний прогноз полягання посівів ячменю на супіщаних ґрунтах. На суглинках інтенсивність полягання прогнозується по густоті 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 м<sup>2</sup>), то полягання не буде або буде дуже слабке і подальші умови розвитку рослин його не збільшать.

2. Імовірність полягання загущених посівів (більше 1300 стебел на 1 м<sup>2</sup>) складає 86 %, тому слід чекати сильного полягання рослин.

Інтенсивність полягання ячменю на полях з густотою від 700 до 1300 стебел на 1 м<sup>2</sup> прогнозується за значеннями запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 50 см через декаду після настання фази виходу в трубку (рис. 11.1).

Якщо запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту через декаду після настання фази виходу в трубку становлять менше 60 мм, то ймовірність полягання дуже мала (на рис. 11.1 точка попала в сектор 1), тому необхідності у прогнозі нема. При запасах вологи більше 100 – 110 мм існує дуже велика ймовірність 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 ймовірність полягання (сектор 2 та 3 на рис. 11.2). У випадках, коли ймовірності 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  $q$ мовірність полягання майже відсутня. У випадках, коли на рис. 11.2 чітко виділити градацію  $q$ мовірності полягання не можливо, прогноз складається за величинами двох суміжних градацій.

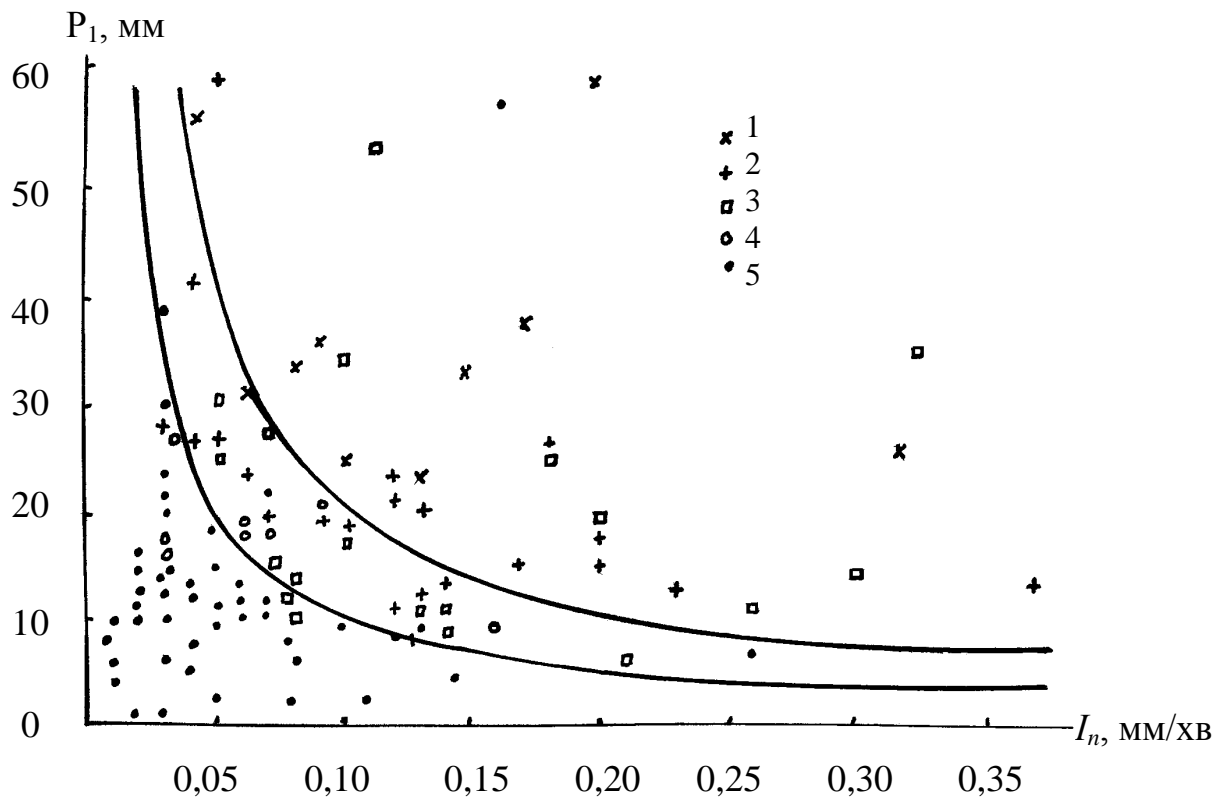


Рис. 11.1 – Залежність інтенсивності полягання ячменю від кількості опадів за один дощ і середньої інтенсивності їх випадання: 1, 2, 3, 4, 5 – інтенсивність у балах

Слід зазначити, що при розрахунках справджуванності 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 ймовірності 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 ймовірності 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.

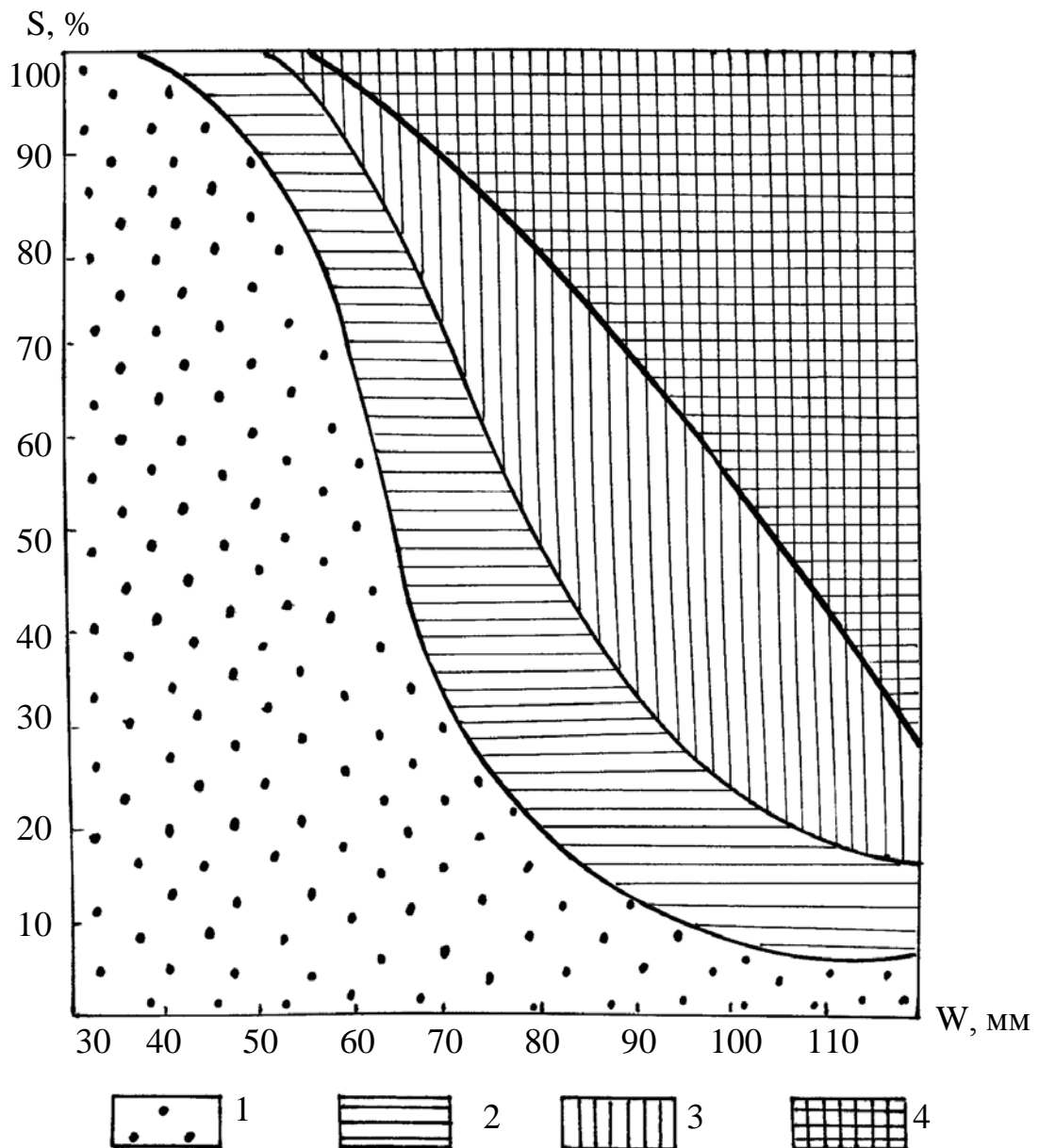


Рис. 11.2 – Імовірність полягання ярого ячменю в залежності від запасів продуктивної вологи (W) у шарі ґрунту 0 – 50 см через декаду після настання фази виходу в трубку

Метод розроблено для посівів з густиною сходів від 300 до 650 рослин на 1 м<sup>2</sup>. 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 в трубку, запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту через декаду після настання фази виходу у трубку. Розраховується ймовірність полягання.

Прогноз складається після настання дати виходу ячменю у трубку. Для визначення середньої температури за період від виходу в трубку до колосіння фаза колосіння розраховується за сумами ефективних температур, яка для ячменю становить 330 °С. Очікувана температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

## 11.2 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 густоті посіву у фазу виходу в трубку. Якщо густина менше 600 стебел на м<sup>2</sup>, то посіви практично не полягають або полягають слабо. Із збільшенням густоти стеблостою збільшується ймовірність полягання озимої пшениці та його інтенсивність. При густоті посівів 1300 стебел на 1 м<sup>2</sup> посіви сильно полягають у більшості випадків. При густоті посівів від 600 до 1300 стебел на 1 м<sup>2</sup> прогноз полягання складається по середній за добу температурі повітря (табл. 11.2) за період від виходу в трубку до цвітіння. Складання прогнозу полягання за температурою повітря починається з розрахунку дати настання фази колосіння, яка розраховується за сумами ефективних температур від дати виходу в 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. 11.2 визначається ймовірність полягання озимої пшениці. Якщо переваги не має ні одна градація, то у такому випадку об'єднуються дві суміжні градації.

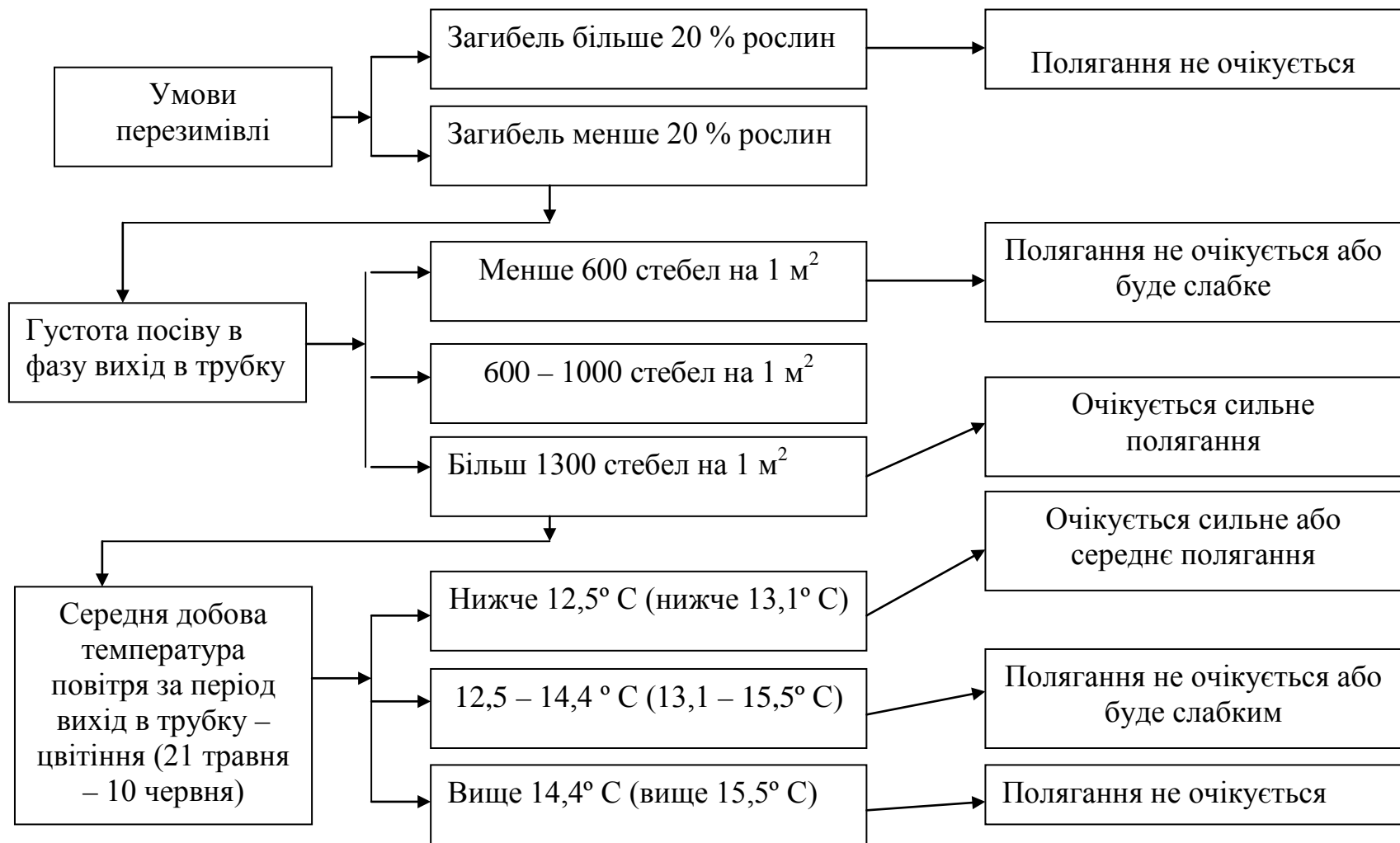


Рис. 11.3 – Схема складання прогнозу полягання озимої пшениці

Таблиця 11.2 – 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 в трубку до цвітіння триває приблизно місяць (третя декада травня та дві декади червня). Тому за критичний період береться 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. 11.3. Прогноз полягання складається наприкінці травня – початку червня, після отримання прогнозу погоди на червень. За сезонним прогнозом погоди складати прогноз полягання не рекомендується, оскільки це зменшує його надійність.

#### Техніка складання прогнозу полягання зернових культур

##### І. Складання оцінки агрометеорологічних умов полягання зернових культур

###### 1. Виписати із табл.11.3:

- дати настання виходу в трубку, цвітіння зернових культур;
- середні за декаду, максимальні та мінімальні температури повітря;
- зимове зрідження озимих;
- суми опадів за декаду;
- запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 50 см;
- висоту і густоту стеблистою на дату виходу в трубку.

###### 2. Розрахувати:

- дати настання фаз колосіння та воскової стиглості за накопиченням сум ефективних температур.

Від виходу в трубку до колосіння необхідна сума ефективних температур

для ярого ячменю – 330 °С;

озимої пшениці – 312 °С;

ярої пшениці – 350 °С.

– дата настання цвітіння розраховується шляхом додавання середньої багаторічної тривалості періоду колосіння – цвітіння до дати колосіння (для ярого ячменю та ярої пшениці 8 днів, озимої пшениці – 5 днів).

3. Розрахувати середню температуру повітря за період вихід в трубку – колосіння, колосіння – цвітіння та середні амплітуди температур.

4. Розрахувати імовірність полягання

а) озимої пшениці за даними табл. 11.2;

б) ярого ячменю (рис. 11.2) за запасами продуктивної вологи через декаду після виходу в трубку;

в) за даними табл. 11.3 розрахувати ймовірність полягання ярого ячменю;

г) розрахувати % зменшення врожаю зернових культур за датами настання полягання та його інтенсивністю;

д) скласти схему прогнозу полягання і текст прогнозу.

**Приклад:** Розрахувати ймовірність полягання озимої пшениці. Сорт Миронівська 808.

Дата виходу в трубку 4 травня.

Очікувана температура у травні: I дек.– 13,4<sup>0</sup>С; II дек. – 15,4<sup>0</sup>С; III дек.– 16,8<sup>0</sup>С; у червні: I дек.– 18,0<sup>0</sup>С.

Густота посівів на дату виходу в трубку – 820 стеб/м<sup>2</sup>.

Зимові пошкодження посівів – 15%.

1. Розраховується:

- Очікувана дата колосіння набором сум ефективних температур 312<sup>0</sup>С.

$$(13,4^0 - 5^0) \times 6 + (15,4 - 5) \times 10 + (16,8 - 5) \times 11 + (17,2^0 - 5) \times 3 = 313^0\text{С}$$

Дата колосіння – 3 червня.

- Дата цвітіння – 3.VI + 8 дн = 11 червня.
- Очікувана середня температура за період вихід у трубку-цвітіння

$$(13,4^0 + 15,4^0 + 16,8^0) : 3 = 15,2^0\text{С}$$

- З табл. 11.2 визначається міра полягання:

Таблиця 11.3 – Прогноз полягання посівів

Показники	квітень	травень			червень			липень
	3	1	2	3	1	2	3	
1. Дати настання фаз: вихід в трубку ярого ячменю озимої пшениці	10.05 4.05							
2. Густота посівів: ярого ячменю стеб./м <sup>2</sup> озимої пшениці стеб./м <sup>2</sup>	520 820							
3. Висота (см): ярого ячменю озимої пшениці	72 82							
4. Зрідження пшениці взимку, %	15							
5. Дата колосіння ярого ячменю озимої пшениці								
6. Дата цвітіння ярого ячменю стеб./м <sup>2</sup> озимої пшениці стеб./м <sup>2</sup>								
7. Середня за декаду температура повітря, °С	3.8	7.6	11.2	13.4	15.6	18.2	18.8	19.4
8. Середня максимальна температура повітря, °С	7.0	11.0	14.0	16.0	18.0	20.0	21.0	22.0
9. Середня мінімальна температура повітря, °С	1.0	3.0	5.0	6.0	7.0	8.0	8.0	9.0
10. Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 50 см, мм	90	88	82	92	96	90	92	
11. Сума опадів, мм	18	16	14	32	41	28	32	62
12. Сума максимальних температур								
13. Сума мінімальних температур								
14. Амплітуда температури повітря	-							



відсутнє полягання – 77%  
слабке – 17%  
середнє – 3%  
сильне – 3%.

У тексті прогнозу вказується загальний відсоток очікуваного полягання від 3 до 20%.

## 12 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 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.

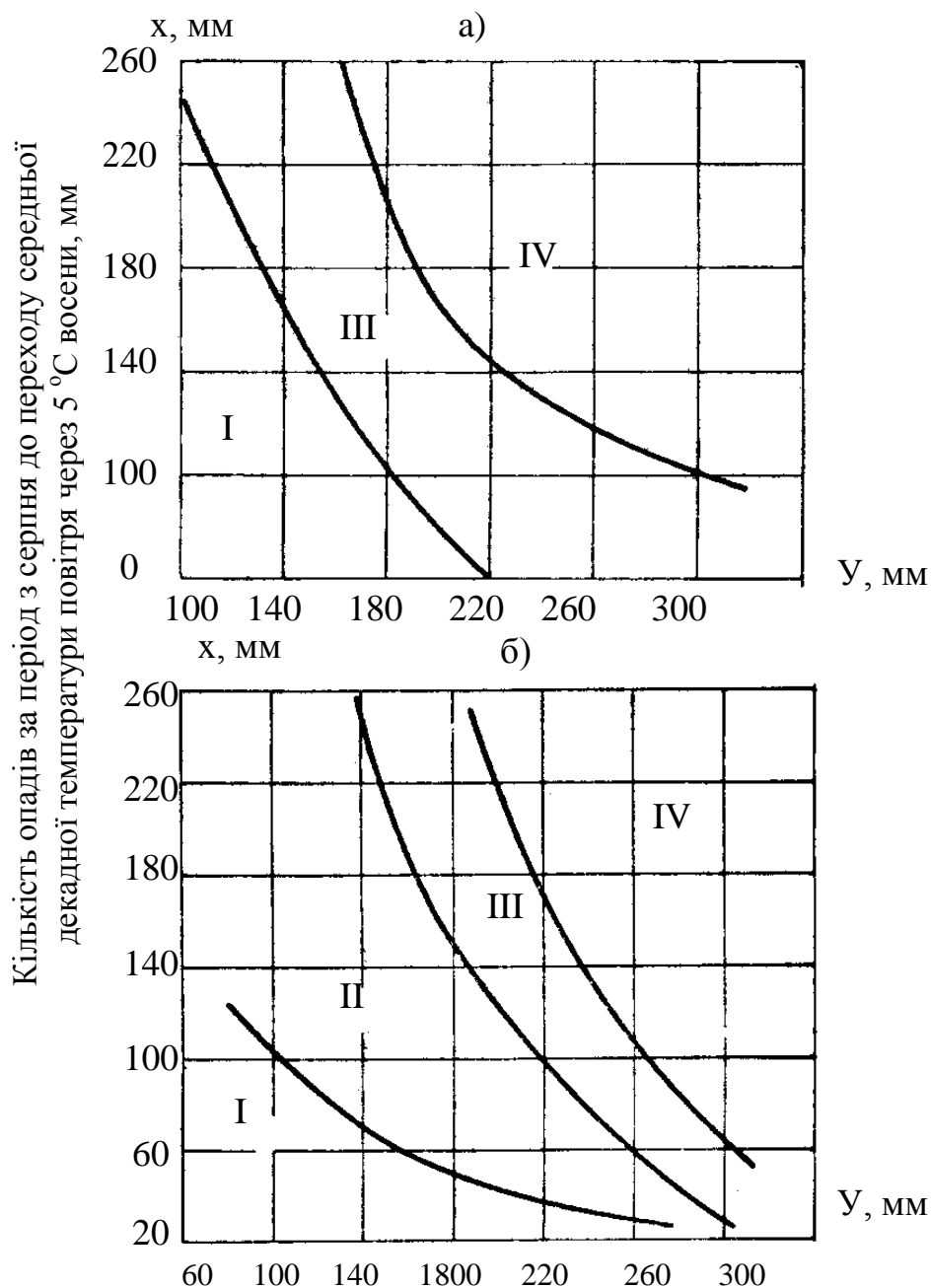
Оскільки період початку польових робіт на Європейській частині СНД в різних районах різний, то період врахування опадів за холодну пору року теж неоднаковий.

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. Федосєєв та З.А. Шостак побудували графіки залежності величин поправок на норми азотних добрив для різних регіонів Європейської частини СНД для ярих зернових культур (рис. 12.1 а, б) та озимих культур (рис. 12.2 а; 12.3 а, б, в, г). На рис 12.1 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 ( $x$ ) та від дати переходу температури повітря через 5 °С восени до переходу її через 5 °С навесні ( $y$ ). По рис. 12.2 та 12.3 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.



Кількість опадів за період з середньою декадною температурою повітря через 5 °С восени до переходу через 5 °С навесні, мм

Рис. 12.1 – Поправки до встановлених доз азотних добрив (по фону  $R_{40-80}K_{40-80}$ ) 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. 12.1 – 12.3 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 – вище норми на 40 – 60 %.

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.

### **12.1 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 наступної 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. 12.1), 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 158 мм 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. 12.1), а по горизонтальній – друга сума опадів (278 мм) Точка перетину цих значень опадів попадає в четверту зону. Це свідчить 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. 12.2 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.

## **12.2 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,

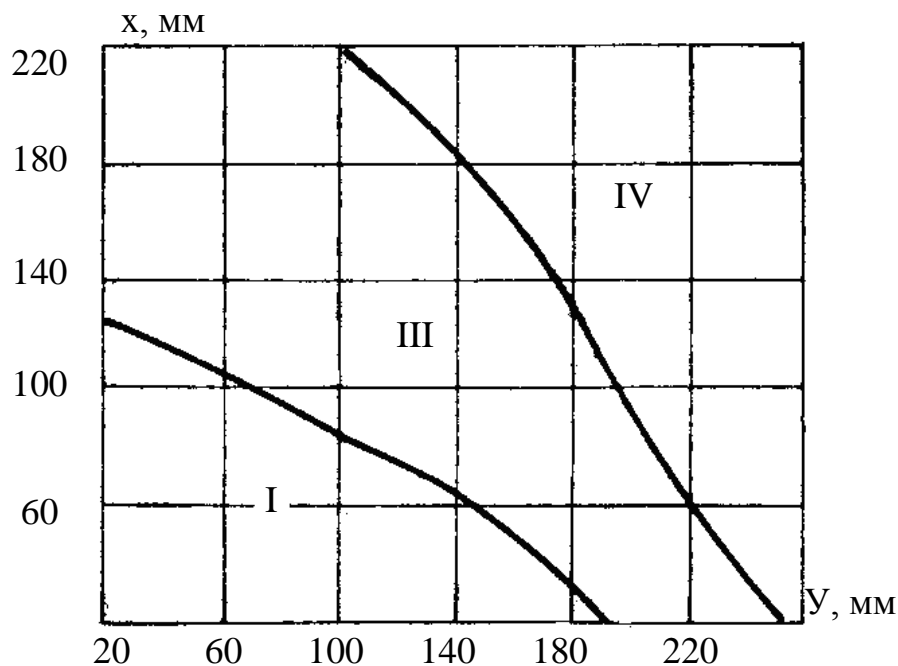


Рис. 12.2 – Поправки до встановлених норм весняного азотного живлення озимих культур в залежності від кількості опадів за осінньо-зимовий період. Посушлива зона Південного сходу Росії.

з прогнозу виключаються. Для Нечорноземної зони Європейської частини СНД прогноз складається з використанням рис. 12.2 (а). Для Чорноземної зони використовується рис. 12.3 (а, б, в, г).

*Приклад.* За даними станції Красноград (чорноземна зона) на рис. 12.2 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.

### 12.3 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 величини запасів продуктивної вологи верхніх шарів ґрунту та тривалості періоду без дощів після внесення азотних добрив.

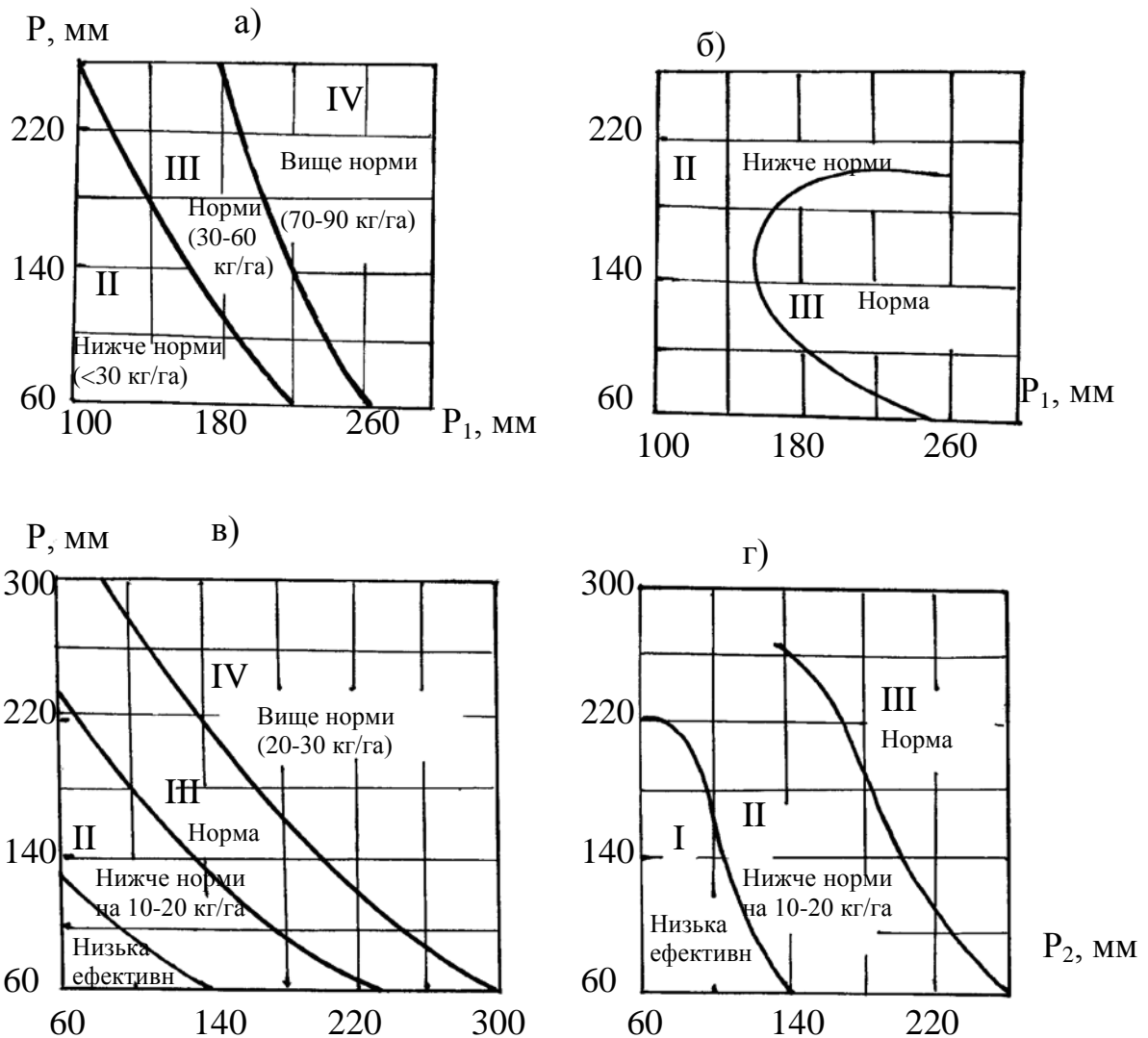


Рис. 12.3 – Поправки до встановлених доз весняного підживлення азотом озимих зернових культур:

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;

P – опади з серпня до 5 °С восени, мм;

P<sub>1</sub> – опади за період від 5 °С восени до 5 °С навесні, мм;

P<sub>2</sub> – опади за період від 5 °С восени до січня включно, мм;

З.А. Шостак [77] запропонувала рівняння залежності прибавки протеїну ( $\Delta\Pi$ ) від вологості ґрунту при літньому підживленні зернових культур:

$$\Delta\Pi = 0,058x - 5 \cdot 10^{-6} x^3 - 0,55 \quad , \quad (12.1)$$
$$R = 0,760, \quad S_{\Pi} = 0,6\%$$

де  $x$  – вологість ґрунту в шарі 0 – 20 см під час підживлення (у % НВ).

Ефективність літнього азотного підживлення забезпечена за оптимальних умов зволоження при кількості колосоносних стебел більше 300 на  $1\text{м}^2$ . 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 щодо 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  $1\text{ м}^2$  становить більше 360.

За даними академіка Д.М. Прянишникова врахування впливу дози добрив менше 10 кг/га не забезпечується 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 похибку прогнозу при внесенні невеликих та помірних доз добрив прийнято  $\pm 10$  кг/га; при підвищених дозах (більше 60 кг/га) допустима похибка становить  $\pm 15$  кг/га. Можливі відхилення в оптимізованих за рекомендаціями дозах від фактичних в межах  $\pm 10 - 15$  кг/га вважаються допустимими.



## 13 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

### 13.1 Загальні положення

Сільськогосподарське виробництво значною мірою 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 методику розрахунків. Тому Е.І. Монокровичем та О.П. Федесєєвим [81, 82] були розроблені єдині рекомендації для визначення економічного ефекту від використання гідрометеорологічної інформації. Вони запропонували економічний ефект (ЕЕ) розраховувати як різницю у величинах чистого прибутку, який одержано господарство в результаті здійснення виробничих заходів з врахуванням 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 варіанта, 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 береться як базисний.

Головним критерієм ефективності використання ГМІ є одержання 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 застосуванні 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 визначається середньої величини від результатів неодноразового використання. Для визначення потенційного ЕЕ прогнозів застосовуються економіко-статистичні моделі, структура яких відображає три головні фактори, що впливають на величину ЕЕ:

- 1 – масштаб виробництва та його чутливість до зміни ГМІ;
- 2 – природна мінливість прогнозованого фактора або повторність прогнозованого явища;
- 3 – якість прогнозів – їх справджуваність 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 сумарними витратами від вдалих прогнозів та сумарними витратами від невдалих прогнозів.

Надійною оцінкою фактичного ЕЕ агрометеорологічних прогнозів та рекомендацій є метод польового досліду 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:

$$EE = K_y S (\Delta UЦ - З) \quad , \quad (13.1)$$

де  $S$  – площа, на якій урожай підвищився, га;

$\Delta U$  – прибавка урожаю завдяки будь-якому заходу, вжитому з використанням прогнозу або рекомендаціями 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 одержаному економічному ефекті (зазвичай  $K_y = 0,2 - 0,5$  в залежності від вкладу частки інформації);

При відсутності даних польових досліджень або про враховані втрати  $EE$  від застосування ГМІ може розраховуватись *розрахунково-нормативним методом*. Нормативи являють собою середні характеристики втрат при відхиленні 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, держсортодільниць.

Якщо для оцінки  $EE$  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. Експертні оцінки виконуються шляхом опитування та анкетування. Отримані дані обробляються статистичними методами. В загальному випадку сумарний ефект визначається з формули:

$$EE = \sum_{i=1}^m (EE_1 + EE_2 + \dots + EE_m) + EE_n, \quad (13.2)$$

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 непрямыми методами.

Агрометеорологічні прогнози та рекомендації вміщують характеристику умов, що очікуються на великих площах, і не враховують місцеві особливості. Тому у формулу по розрахунку  $EE$  запропоновано вводити поправковий коефіцієнт, який відображує міру справджуваності ( $K_{оп}$ ) прогнозу (табл. 13.1)

Таблиця 13.1 –  $K_{оп}$  для врахування економічного ефекту на справджуваність агрометеорологічних прогнозів та рекомендацій

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 економічна ефективність оцінюється гідрометеорологічна інформація (ГМІ):

– синоптичні, гідрологічні прогнози, попередження про небезпечні явища та особливо небезпечні явища, всі види агрометеорологічних прогнозів, рекомендацій, довідок. Оцінка виконується методом польового дослідження 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 щодо розрахунків 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

$$EE = (S - \bar{S})\Delta Y(C - Z)K_y K_{on} \quad , \quad (13.3)$$

де  $\Delta Y$  – різниця в урожаях ярої культури через різні терміни сівби, т/га;

$C$  – ціна закупівлі однієї тони зерна ярої культури, грн;

$Z$  – витрати на збирання однієї тони зерна (за середніми значеннями  $Z = 400$  грн/т);

$S$  – розрахована площа пересіву у поточному році.

Точність розрахунків за формулою (13.3) залежить здебільшого від правильності оцінки  $\Delta Y$ . 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 становлять 200 – 300 грн/га. Умови економічної доцільності пересіву записуються:

$$Y_o C_o < Y_y C_y - Z_n \quad , \quad (13.4)$$

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

$$EE = (\bar{S} - S)(I_c - I_z) K_y K_{on} \quad , \quad (13.5)$$

де  $S$  – 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
Білорусь	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 та 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 основі величин 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 урожаях 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 зволоженими, зменшується обсяг робіт по снігозатриманню. Це дає економію у 15 – 200 грн 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 становить 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 з 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 через порушення оптимальних термінів сівби з можливими (розрахованими) недоборами при відхиленні прогнозованих термінів від дійсно оптимальних. Розрахунок виконується за формулою

$$EE = \frac{(P_{\phi} - P_n)}{100} \cdot US(C - 3) \cdot K_y, \quad (13.6)$$

де  $P_{\phi}$  – 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  $P_{\phi}$  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  $EE$  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)

$U$  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 спричинило втрати врожаю 7 %, (табл.13.4).

Таблиця 13.4 – Посів озимих у поточному році для розрахунку  $P_{\phi}$

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./га, 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 настання фаз розвитку сільськогосподарських культур, оцінки 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 метод оцінки ЕЕ агрометеорологічних прогнозів урожайності зернових культур розробив 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  $i$  пов'язана з нею співвідношенням

$$Z_i = \frac{Z_i^1}{Y_i} \quad , \quad (13.8)$$

де  $Z_i^1$  – витрати на одиницю площі, які залежать від врожайності  $i$  визначаються з формули

$$Z_i = \alpha_i + \beta_i \cdot Y_i \quad . \quad (13.9)$$

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. Алпатьев А.М. Влагообороты 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. Зубенок 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. Процеров 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. Процеров 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. ШигOLEV 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.: Гидрометеоздат, 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.: Гидрометеоздат, 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.: Гидрометеоздат, 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.: Гидрометеоздат, 1957. – 195 с.

22. Шиголев А.А. Методика составления фенологических прогнозов. – Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеоздат, 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.: Гидрометеоздат, 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. “ТЭС”, 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.: Гидрометеоздат, 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.: Гидрометеоздат, 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.: Гидрометеоздат, 1959 с.
81. Зоидзе Е.К. Погода, климат и эффективность труда в земледелии. – Л.: Гидрометеоздат, 1987. – 244 с.
82. Методические рекомендации по оценке экономического эффекта от использования гидрометеорологической информации в сельскохозяйственном производстве. – М.: Гидрометеоздат, 1981. – 46 с.
83. Методические указания по проведению оперативных испытаний новых методов агрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоздат, 1977. –101 с.

## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

### Агрометеорологічна (і):

- величина 6
- довідка 6
- мережа 7
- огляд 7, 36
- станція 8
- фактори 8
- щорічники 8
- бюлетені:
  - декадні 31
  - обслуговування 7
  - прогнози 29
  - фенологічні 29, 61

Агрометеорологічне забезпечення 6, 10-12, 15

Атлас 8

Альbedo 46

Балова оцінка 177

Білок 169-175

Буряк цукровий 101-106

Вегетація 8

Вегетаційний цикл 8

Випрівання 41

Випаровування 58,96

Випаровуваність 59, 96

Висота рослин 190

Вологість

повітря 56

грунту 58

Волого місткість:

повна 106

найменша 106

капілярна 106

Вологозабезпеченість 95, 101, 188

Волоть 65

Врожайні властивості 175



Гідрометеорологічна (е)  
забезпечення 8  
попередження 9  
послуга 9  
станція 9  
служба 9

Гусінь 110-126

Густота стеблостою 191

Дати настання:

фаз розвитку 61-81

Дози живлення 200-206

Живлення 200

Завчасність прогнозу 10

Зведення агрометеорологічне 10

Зернові культури:

озимі 82, 127, 194

ярі 82, 191

Запаси вологи 82-94, 107

Зрідженість 191

Економічна ефективність 207

Європейська частина 193

Інструкція 10

Інформації:

гідрометеорологічна 8

агрометеорологічна 21, 40

стандартна 14

спеціалізована гідрометеорологічна 14

первинна 21

вторинна 21

консультативна 22

збирання 23

поточна 24

багаторічна 24

стаціонарні 24

маршрутні 24  
фактична 25  
режимно-довідкова 25, 29, 39  
оперативна 37

Картопля 88  
Картограми 35  
Карта агрокліматична 10  
Клейковина 169-175  
Коефіцієнт  
корисної дії ФАР 47  
транспірації 59

Колорадський жук 121  
Коренеплід 180  
Картопля 88  
Кукурудза 64

Лялечка 110 – 126

Методичні рекомендації 10  
Метеорологічні величини 10

Методи прогнозів:

запасів вологи 82  
вологозабезпеченості 95-106  
появи шкідників і хвороб 110-126  
врожаїв сільськогосподарських культур 127-168  
оптимальних доз азотного живлення 200-206  
дат настання фаз розвитку 61-81

Метелик луговий 110-121

Міжфазний період 50

Накопичення 23  
цукру 180-188

Обслуговування  
агрометеорологічне 7  
гідрометеорологічне 8,

Плодові культури 75

Популяція 110-126

Потік тепла 48

Прогноз  
агрометеорологічний 7, 37

Пшениця:  
озима 78, 127-168, 194  
яра 78, 83, 97

Радіація сонячна 44  
пряма 44, 181  
розсіяна 45  
сумарна 45

Ріст рослин 61  
Розвиток рослин 61

Спостережна ділянка 10  
Спеціалізована гідрометеорологічна інформація 10  
Сума температур:  
біологічних 51  
кліматичних 50  
активних 51  
ефективних 51

Спостереження  
агрометеорологічні 8

Сумарне випаровування 59, 185  
Таблиці агрометеорологічні 10

Температура  
грунту 54  
повітря 48

Умови  
агрометеорологічні 8  
гідрометеорологічні 9

Штормове попередження 10

Явища 12  
Ярий ячмінь 189-194  
Якість 175

Зміст	Стр.
ВСТУП.....	3
1 ОСНОВИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА.....	6
1.1 Терміни та їх визначення.....	6
1.2 Зміст агрометеорологічного забезпечення.....	10
1.3 Основні завдання та призначення агрометеорологічного забезпечення.....	13
1.4 Організації гідрометеорологічної служби, залучені до агрометеорологічного забезпечення та обслуговування.....	15
1.5 Стандартне та спеціалізоване агрометеорологічне забезпечення.....	17
2. ІНФОРМАЦІЯ – ОСНОВА АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ.....	21
2.1 Загальні положення.....	21
2.2 Збирання, опрацювання та узагальнення даних спостережень.....	22
2.3 Види інформації.....	25
3. ОПЕРАТИВНО-ПРОГНОСТИЧНА ТА РЕЖИМНО-ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ.....	28
3.1 Зміст, форма різних видів оперативної агрометеорологічної інформації.....	28
3.2 Агрометеорологічні прогнози.....	29
3.3 Режимно-довідкова інформація та продукція.....	29
4 ПРИНЦИПИ ТА МЕТОДИ ПІДГОТОВКИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ПРОДУКЦІЇ.....	31
4.1 Підготовка оперативної агрометеорологічної інформації... ..	31
4.2 Режимно-довідкова інформація .....	39
5 АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ЇХ РОЗРАХУНКИ... ..	44
5.1 Промениста енергія.....	44
5.2 Температура повітря і ґрунту.....	48
5.3 Вологість повітря.....	56
6 ФЕНОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ.....	61
6.1 Наукові основи методів фенологічних прогнозів.....	61
6.2 Прогнози фаз розвитку кукурудзи .....	64
6.3 Метод прогнозів фаз розвитку плодкових культур.....	75
6.4 Прогнози дат настання фаз розвитку зернових культур....	78
7. МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ЗАПАСІВ ПРОДУКТИВНОЇ ВОЛОГИ ТА ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ	

КУЛЬТУР.....	82
7.1 Методи прогнозів запасів продуктивної вологи під зерновими культурами.....	82
7.2 Метод прогнозу запасів продуктивної вологи під картоплею.	88
7.3 Методи прогнозів вологозабезпеченості посівів сільськогосподарських культур.....	95
7.4 Методи прогнозів запасів продуктивної вологи на початок вегетаційного періоду. ....	106
8 МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ПОЯВИ ШКІДНИКІВ І ХВОРОБ.....	110
8.1 Прогноз фаз динаміки популяцій лугового метелика та термінів боротьби з ним.....	110
8.2 Прогноз появи та розвитку колорадського жука.....	121
8.3. Прогноз строків розвитку колорадського жука для визначення оптимальних строків проведення хімічного обробітку картоплі.....	124
9 МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ВРОЖАЇВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР .....	127
9.1 Метод прогнозу врожаїв озимої пшениці для території України (метод В.П. Дмитренка).....	127
9.2 Метод прогнозу врожаїв озимої пшениці у головних районах вирощування.....	134
9.3 Прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за динамічною моделлю А.М. Польового.....	139
10 АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ВРОЖАЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР.....	169
10.1 Вплив погодних умов на вміст білка та клейковини в зерні озимої пшениці .....	175
10.2 Методика розрахунку врожайної якості зерна озимої пшениці .....	181
10.3 Оцінка агрометеорологічних умов накопичення цукру у коренеплодах цукрових буряків .....	189
11 ПРОГНОЗ ІНТЕНСИВНОСТІ ПОЛЯГАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР .....	191
11.1 Прогноз полягання посівів ячменю.....	194
11.2 Прогноз полягання озимої пшениці.....	200
12 МЕТОДИ ПРОГНОЗУ ОПТИМАЛЬНИХ ДОЗ АЗОТНОГО ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	202
12.1 Встановлення оптимальних доз азотного живлення під ярі зернові культури.....	202
12.2 Метод прогнозу оптимальних доз весняного живлення озимих культур.....	203
12.3 Метод прогнозу літнього азотного підживлення зернових культур.....	205

13	ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ.....	207
13.1	Загальні положення.....	207
13.2	Рекомендації по розрахунках економічного ефекту при використанні агрометеорологічних прогнозів та довідок.....	210
13.2.1	Прогноз перезимівлі озимих культур.....	210
13.2.2	Прогноз і інформація про запаси продуктивної вологи в ґрунті.....	212
13.2.3	Прогнози оптимальних термінів сівби.....	213
	Бібліографічний список.....	216
	Предметний покажчик .....	222

# **НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**

**з дисципліни**

**"АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ. ПРАКТИКУМ"**

Укладачі: к.г.н., доц. Божко Л.Ю.,  
к.г.н. , доц. Барсукова О.А.

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

---