

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

А.М. ПОЛЬОВИЙ, Л.Ю. БОЖКО

**Довгострокові агрометеорологічні
прогнози**

Навчальний посібник

Рекомендовано Міністерством освіти і науки
України як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів, які навчаються
за напрямом “Гідрометеорологія”.

511390-TEMPUS-1-2010-1-SK-TEMPUS-JPCR

**О д е с а
“ТЭС” – 2013**

УДК 63 : 551.509

ББК 40.2

П – 49

Рецензенти:

д.с.-г.н., проф. В.Я. Щербаков,
к.геогр.н. М.І. Кульбіда

Польовий А.М та ін.

П – 61 Довгострокові агрометеорологічні прогнози /Польовий А.М.,
Божко Л.Ю.– Одеса: Вид-во “ТЭС”, 2013. – 293с.

В навчальному посібнику розглянуті всі існуючі методи агрометеорологічних прогнозів, які складаються з завчасністю більше двох місяців. Наведені приклади розрахунків очікуваного стану рослин та їх врожаї.

Навчальний посібник розраховано на студентів, магістрів. Аспірантів за напрямом підготовки „Гідрометеорологія”. Цей посібник може бути також корисним для студентів сільськогосподарських вузів та спеціалістів, що працюють в галузі агрометеорологічного забезпечення сільського господарства.

Видання підготовлено в рамках проекту 511390-TEMPUS-1-2010-1-SK-TEMPUS-JPCR «Система управління для навчальних програм, пов’язаних із вивченням навколишнього середовища».

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

ISBN

ББК 40.2

ISBN

© Одеський державний
екологічний університет, 2013

Передмова

Технічний прогрес і загальне зростання культури землеробства дозволяють повніше використовувати у сільськогосподарському виробництві сприятливі метеорологічні умови та переборювати несприятливі. Із зростанням культури землеробства значення агрометеорологічних прогнозів зростає. Вони використовуються при розробці заходів, що забезпечують підвищення ефективності у боротьбі з несприятливими умовами погоди. В останнє десятиріччя особливо велике значення мають довгострокові агрометеорологічні прогнози в цілому і, особливо, агрометеорологічні прогнози врожаїв та валового збору основних сільськогосподарських культур.

На основі досліджень, проведених у Гідрометеорологічному центрі Росії, Українському гідрометеорологічному центрі та в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті, регіональних гідрометеорологічних центрах та науково-дослідних гідрометеорологічних інститутах на теренах СНГ, були розроблені кількісні методи, які дозволяють складати різні види довгострокових агрометеорологічних прогнозів, що необхідні для працівників сільського господарства.

Методи агрометеорологічних прогнозів розроблені на основі врахування інерційності головних агрометеорологічних факторів, біологічних закономірностей росту і розвитку рослин, характеристики їх фотосинтетичного потенціалу, морфогенетичного аналізу їх продуктивності.

Науковою основою методів агрометеорологічних прогнозів є статистичні багатофакторні залежності та їх рівняння, що дозволяють розраховувати очікувані величини з різною завчасністю. Ці залежності отримані на основі аналізу агрометеорологічних умов, дослідно-польових спостережень агро- та гідрометеорологічних станцій на сільськогосподарських полях, дослідних станціях, держсортоділянках, а також багаторічних матеріалів мережі станцій.

Підручник створено на матеріалах великої кількості публікацій, в яких містяться результати розробки різних методів агрометеорологічних прогнозів для різних природно-кліматичних зон. У підручнику наводиться бібліографічний список використаних джерел.

Автори висловлюють глибоку подяку О.А Барсуковій за підготовку матеріалів для рукопису. А також О.Д. Соколенко за допомогу при редагуванні та доброзичливе відношення.

Вступ

Однією з найважливіших задач сільського господарства України є забезпечення населення країни продуктами рослинництва та тваринництва. Шляхи виконання цієї задачі лежать через інтенсифікацію виробництва сільськогосподарської продукції, значне збільшення врожайності культур та валового збору зерна. Все це можливо здійснити через організацію технологічних процесів, які направлені на всебічне використання матеріалів наукових розробок науково-дослідних гідрометеорологічних установ, дослідних аграрних установ та найновітніших здобутків досвіду хліборобів.

Однак, не зважаючи всі на зусилля хліборобів, врожайність сільськогосподарських культур із року в рік значно коливається, особливо в роки з аномальними погодними умовами.

Агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур характеризуються великою різноманітністю по території як нашої країни, так і країн СНД. Континентальність клімату головних сільськогосподарських районів обумовлює можливість посух, суховіїв, пилових буревіїв, сильних морозів взимку та заморозків пізньої весни та ранньої осені, а також інших несприятливих явищ погоди.

Для отримання високих і сталих врожаїв сільськогосподарських культур велике значення має найбільш повне врахування особливостей природно-кліматичних умов різних регіонів при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Для рішення задач з гідрометеорологічного забезпечення господарств була створена мережа агро - та гідрометеорологічних станцій, які здійснюють паралельні спостереження за метеорологічними умовами та станом сільськогосподарських культур. Пізніше для підвищення якості обслуговування народного господарства була створена гідрометеорологічна служба – Департамент з гідрометеорології при Міністерстві екології і природних ресурсів.

Великий вклад в підвищення якості обслуговування сільського господарства вносять агрометеорологи – вчені, інженери, техніки і спостерігачі. Кадри для Департаменту з гідрометеорології готує Одеський державний екологічний університет.

Особливе значення в обслуговуванні мають агрометеорологічні прогнози, які для ефективного їх використання повинні мати кількісні характеристики. В останні роки агрометеорологічні прогнози в гідрометеорологічному забезпеченні отримали широке розповсюдження. Особливе місце серед них займають прогнози врожаїв сільськогосподарських культур.

Розвиток агрометеорологічного обслуговування почався у 1932 році, коли Г.З. Венцкевичем було складено перший агрометеорологічний

прогноз перезимівлі озимих культур. У 1933 році О.О. Шиголєв склав прогноз строків дозрівання озимого жита, а потім – прогноз строків цвітіння плодкових культур.

У період з 1939 – 1941 рр. створюються методи прогнозів строків настання фаз розвитку та оптимальних термінів сівби озимих культур (О.О. Шиголєв), запасів продуктивної вологи на початок весни (Л.О. Разумова), методи кількісної оцінки умов формування врожаю сільськогосподарських культур (Н.А. Зубарєв) та ін.

Друга половина 40-х та 50-ті роки минулого століття характеризувались стрімким розвитком методів фенологічних прогнозів, методів прогнозів запасів продуктивної вологи на полях з сільськогосподарськими культурами та їх вологозабезпеченості (С.О. Веріго, Л.О. Разумова, С.Б. Мاستинська), методів оцінки та прогнозів умов зростання озимих культур восени (Н.О. Зубарєв, І.М. Петунін, Є.С. Уланова), методів прогнозів умов перезимівлі (І.М. Петунін, А.А. Окушко, В.О. Мойсейчик), оцінки посушливих умов (М.С. Кулик), суховіїв (І.А. Цубербілер), оцінки умов формування врожаїв зернових культур (Н.О. Зубарєв, Г.З. Венцкевич, А.В. Процеров, С.О. Сапожникова, А.С. Конторщикова, Ю.І. Чирков).

Наприкінці 50-их початку 60-тих років вийшли з друку перші фундаментальні роботи з агрометеорологічних прогнозів: "Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий" (1957 р. під ред. В.О. Мойсейчик та М.С. Кулика); монографія "Методи агрометеорологічних прогнозів" (1959 р. Є.С. Уланової); "Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов", 1962 р. під ред. М.С. Кулика).

У 60 -ті роки отримали широкий розвиток дослідження з розробки методів агрометеорологічних прогнозів врожайності основних зернових культур: озимої пшениці (М.С. Кулик, Є.С. Уланова), ярої пшениці (О.В. Процеров, К. Кирилічева, Б.П. Пономарьов), кукурудзи (Ю.І. Чирков), гречки (Н.І. Іванова-Зубкова). Продовжували вдосконалюватись методи прогнозів площі загибелі озимини від несприятливих умов перезимівлі (В.О. Мойсейчик); найсприятливіших режимів зрошення сільськогосподарських угідь (Л.О. Разумова, С.Б. Мостинська, Н.Б. Мещанінова), теплозабезпеченості території (Ф.Ф. Давітая). У подальшому продовжувалось вдосконалення створених методів та розробка нових у різних науково-дослідних установах країн СНД.

У 70 -ті роки удосконалені та розроблені нові методи прогнозів врожаїв озимих культур (Є.С. Уланова, В.П. Дмитренко, І.В. Свісюк, Ш.І. Церцвадзе, Г.Г. Меладзе, Р.С. Мкртчян та ін.). Розроблені нові методи прогнозів врожаїв ярої пшениці, ярого ячменю, вівса (А.М. Польовий, Г.В. Дегтярьова, Н.Н. Жовта, В.П. Дмитренко, Т.І. Мизіна, С.Л. Плучек).

Удосконалюються методи прогнозів стану озимих культур восени (А.Я. Грудєва, Т.А. Максимєнкова) та зрідженості посївів взимку (В.М. Лїчикакі, В.О. Мойсейчик) Розробляються нові методи прогнозів термїнів сївби озимих культур (В.П. Дмитренко, Л.К. Пятовська, І.Г. Грушка та їн.).

В ці роки також починає розвиватись новий напрям розробки агрометеорологічних прогнозїв на підставї фізико-математичного моделювання (О.Д. Сиротєнко, А.М. Польовий, Е.Г. Палагїн, В.О. Мойсейчик).

Методи агрометеорологічних прогнозїв розроблялись і продовжують розроблятись на основї врахування їнерцїйностї головних агрометеорологічних факторїв, біологічних закономірностей росту та розвитку рослин, характеристик їх фотосинтетичного потенцїалу, морфогенетичного аналізу їх продуктивностї.

Науковим підґрунтям методїв агрометеорологічних прогнозїв стали статистичні багатофакторні залежностї та їх рївняння, які дозволяють розраховувати очїкуванї величини з будь-якою завчаснїстю. Цї залежностї отриманї на підставї аналізу агрометеорологічних умов вирощування сїльськогосподарських культур впродовж тривалого часу (не менше 20 – 25 рокїв), а також дослїдних спостережень агро- та гїдрометеорологічних станцїй, дослїдних дїлянок державної сортової мережї і їн.

Всї їснуючі методи агрометеорологічних прогнозїв роздїляються на двї групи: перша – їмїтацїйно-модельна, друга – емпїрико-статистична. Особливо це стосується методїв прогнозїв врожаїв. Перша група методично бїльш правильно та фізично обґрунтовано відображує процес вирощування та формування врожаїв на протязї вегетацїйного перїоду культури та кїнцевий результат цього процесу – врожай. На жаль, через складностї процесїв та чисельность компонент, які впливають на врожай, ця група методїв не отримала поки що великого розвитку. Але на сьогоднїшній день вже внесено багато уточнєнь та виконано велику кїлькїсть доробок їмїтацїйних моделей і вони все ширше застосовуються в практицї агрометеорологічного обслуговування господарств та органїзацїй.

Емпїрико-статистичні методи досить широко використовуються і мають непогану справджуванїсть тому що в них використовуються найважливїші фактори в життї рослин, які дуже часто визначають не тїльки поточнї умови вирощування, але багато в чому ї майбутнє становище рослин.

1 Методи прогнозів запасів продуктивної вологи на початок вегетаційного періоду

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

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

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

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

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

1.1 Прогноз запасів продуктивної вологи на початок вегетаційного періоду за методом Л.О. Разумової

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 [2, 3, 4]. Нестача насичення (ΔW) вологою ґрунту восени визначається як залишок між найменшою вологомісткістю (HB) та запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на дату останнього визначення запасів вологи восени (W):

$$\Delta W = HB - W \quad (1.1)$$

Для розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи на початок весни Л.О. Разумовою отримані статистичні залежності між сумарними змінами запасів вологи за осінньо-зимово-весняний період (y), кількістю опадів, які випали за цей же період (x), та нестачею насичення ґрунту вологою (ΔW). Статистичні залежності встановлені для районів з стійкою зимою і глибоким заляганням ґрунтових вод (1.2) та районів з нестійкою зимою і глибоким заляганням ґрунтових вод (1.3):

$$Y = 0,21x + 0,62\Delta W - 33 \quad (1.2)$$

$$Y = 0,112x + 0,56\Delta W - 20 \quad (1.3)$$

де Y – зміна запасів продуктивної вологи за холодну пору року, мм;
 x – сума опадів за цей же період, мм;
 ΔW – нестача вологи в ґрунті восени, мм (визначається з формули (1.1)).

На Європейській частині країн СНД до зони із стійкою зимою та малим збагаченням ґрунту вологою взимку відносяться південно-східні райони; до зони з нестійкою зимою, де збільшення запасів вологи відбувається за рахунок талих вод під час відлиг, відносяться південні та південно-західні області ЄЧ СНД. В районах, де спостерігаються як стійкі, так і нестійкі зими, розрахунки виконуються за вказаними формулами з врахуванням характеру зими; при стійкій зимі розрахунки виконуються за формулою (1.2), при нестійкій – за формулою (1.3).

У зв'язку з потеплінням клімату (підвищення річної температури на 0,5° С) 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° С восени

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

При складанні прогнозу розрахунки зміни запасів вологи за холодну пору року виконуються за формулами (1.2 – 1.3).

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

Для розрахунків необхідні початкові величини:

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

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

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

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

Розраховані величини:

1 – нестача насичення ґрунту вологою становить (за формулою 1.1):
 $160 \text{ мм} - 83 \text{ мм} = 77 \text{ мм}$;

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

3 – за рівнянням (1.2) розраховується зміна запасів вологи за осінньо-зимово-весняний період. Зміна запасів у нашому випадку становить 44 мм. Таким чином, очікувані на весну запаси вологи розраховуються як сума запасів вологи на останнє визначення восени та зміна запасів за холодну пору року ($83 + 44 = 127 \text{ мм}$), що становить приблизно 78 % від значення НВ.

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

врахунком 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:

$$W_c = 10 \cdot h \cdot d \quad (1.4)$$

де h – середня висота снігу, см;

d – щільність снігу, г/см³;

W_c – запас води в снігу, мм.

Приклад. На ст. Червоноармійськ Харківської області восени 28 жовтня запаси вологи у метровому шарі ґрунту перед замерзанням на зябу становили 98 мм. Найменша вологомісткість (НВ) – 165 мм. Дефіцит насичення у ґрунті буде $165 - 98 = 67$ мм. За даними снігомірної зйомки, проведеної 20 лютого, та за формулою (1.4) розраховується запас води у снігу = 29 мм. З сезонного прогнозу погоди визначається дата переходу температури повітря через 5°C – 24 квітня. Сума опадів від дати складання прогнозу до 24 квітня буде – 21 мм. Загальна сума опадів за холодний період буде $29 \text{ мм} + 21 \text{ мм} = 50 \text{ мм}$. За рівнянням (1.2) визначаються очікувані запаси вологи на весну. Це буде 118 мм.

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

На підставі встановлених Л.О. Разумовою закономірностей були розроблені прогностичні рівняння для розрахунку запасів вологи на весну для Вірменії Р.С. Мкртчяном [3] та для Новосибірської області Є.Г. Рудичевою [4].

1.2 Прогноз запасів вологи в ґрунті по глибині його промочування

Теоретична основа прогнозу запасів продуктивної вологи в ґрунті по глибині його промочування розроблена І.В. Свісюком [6] на підставі закономірностей, встановлених А.А. Роде [7]. І.В. Свісюком розроблено метод для степових районів недостатнього зволоження з глибоким заляганням ґрунтових вод. В цих районах після збирання сільськогосподарських культур в ґрунтовому профілі залишається дуже мало вологи (до 10 – 30 мм в шарі ґрунту 0 – 100 см). Розподіляється вона,

як правило, рівномірно по всьому ґрунтовому профілю. Це пов'язано з особливостями її споживання корінням рослин.

Зволоження ґрунту за рахунок осінньо-зимових опадів відбувається поступово від шару до шару; спочатку зволожується верхній шар, потім, після його насичення до НВ, волога починає проникати в нижній шар, також насичуючи його до рівня НВ. Таке поступове зволоження шарів ґрунту спостерігається впродовж всього осінньо-зимового періоду за рахунок опадів. Поступове зволоження ґрунту невеликими порціями опадів сприяє порівняно рівномірному його промочуванню. Від однієї і тієї ж кількості опадів промочування більше на легких та менше на більш важких ґрунтах. Різні ґрунти мають різний рівень НВ, який з глибиною зменшується під впливом тиску верхніх шарів. На важких ґрунтах це зменшення йде швидше, на легких – повільніше [6, 7]. Крім того, на НВ впливає вміст гумусу та солонцюватість ґрунтів. Збільшення вмісту гумусу збільшує НВ у ґрунтовому профілі і, навпаки, збільшення солонцюватості зменшує НВ. На цих закономірностях, а також на відомостях по НВ у кожному 10-ти сантиметровому шарі, і розроблено метод визначення кількості продуктивної вологи у промоченому шарі ґрунту. Значення НВ, як і інших показників агрогідрологічних властивостей ґрунту, визначаються на кожній з агрометеорологічних станцій.

При визначенні агрогідрологічних властивостей ґрунту НВ вимірюється до глибини 100 см по 10-сантиметрових шарах. Ці дані і використовуються для розрахунку запасів вологи на весну за даними фактичного значення глибини промочування ґрунту (ГПГ), або по тому що прогнозується. Для більшої точності прогнозу перед розрахунками необхідно визначити розміри площ з різними ґрунтами, значення НВ кожного типу ґрунту та розрахувати середньозважене значення НВ для всього району, для якого прогноуються запаси вологи.

Щоб виконувати подальші розрахунки необхідно:

1. Побудувати карту значень НВ з врахуванням змін в залежності від солонцюватості ґрунту та вмісту гумусу для всієї території, яка обслуговується.

2. Виконати групування ґрунтів за значеннями НВ для шару ґрунту 1 – 100 см. При групуванні значення округляти за загальними математичними законами округлення цифр. Розрахунки І.В. Свісюка для території Північного Кавказу показали, що значення НВ кожного 10-сантиметрового шару має добру кореляцію з глибиною залягання шарів.

3. По карті ґрунтів району обслуговування визначаються відсотки площ з різними ґрунтами, потім розраховуються НВ кожного з ґрунтів та середньозважене значення НВ по району. Якщо розрахунки виконуються для окремого господарства, то вони виконуються за тією ж схемою.

4. Підраховуються суми опадів за вересень – березень (x), за вересень – жовтень (y) та знаходиться їх відношення (с).

5. Знаходиться сума негативних температур за зиму (листопад – березень, T).

6. Із щорічників виписується ГПГ за минулий рік та визначається її середнє значення по району (q)

7. Складається прогноз ГПГ у поточному році за рівнянням:

$$ГПГ = 47,31 = 0,00046x - 0,037T - 0,779c = 0,504q \quad (1.5)$$

При розрахунках запасів вологи за значенням ГПГ навесні необхідно враховувати, що на початок визначення ГПГ ще не вся волога встигає проникнути в ґрунт і частина її залишається у ґрунтовому профілі понад НВ. У подальшому ця волога дещо збільшить ГПГ. Якщо ГПГ менше 70 см, то подальшого збільшення вже не буде. Якщо ГПГ навесні більше 70 см, то вона збільшується в середньому на 10 %. Наприклад, при глибині промочування ґрунту 90 см поправка становить 9 см, при ГПГ 120 см – поправка складає 12 см.

За значеннями ГПГ прогноуються запаси вологи під озимими по непарових попередниках та по зябу. Для визначення запасів вологи на полях з озимими культурами, посіяними по пару, ГПГ розраховується за рівнянням:

$$ГПГ^* = 1,21ГПГ + 27 \quad (1.6)$$

де ГПГ* – ГПГ на початок весни на полях з озиминою, посіяною по пару;

ГПГ – глибина промочування на початок весни на озимих по непарових попередниках

В районах, де ГПГ буває менше 100 см, або в роки, коли ГПГ у вологих районах внаслідок несприятливих умов також менше 100 см, та в роки з неглибоким промерзанням ґрунту і слабкою цементацією мерзлого шару ГПГ визначається в залежності від кількості опадів (x) за холодну пору року (листопад – березень). Рівняння зв'язку має вигляд:

$$ГПГ^{**} = 0,35x + 19 \quad (1.7)$$

Для розрахунків ГПГ** використовується табл. 1.1.

Запаси продуктивної вологи навесні зручно розраховувати за рис. 1.1 або табл. 1.2. Табл. 1.2 побудована для діапазону значень НВ від 150 до 160 мм. Якщо значення НВ інші, то таблиця для них розраховується окремо.

Після закінчення розрахунків визначаються відсотки площі з різним значенням запасів продуктивної вологи на весну та складається текст прогнозу.

Таблиця. 1.1 – Очікувана ГПГ в залежності від суми опадів за період з 1 листопада до 31 березня

Кількість опадів, мм	ГПГ, см	Кількість опадів, мм	ГПГ, см
10	22	160	75
20	26	170	78
30	30	180	82
40	33	190	86
50	37	200	89
60	40	210	92
70	44	220	96
80	47	230	99
90	50	240	103
100	54	250	107
110	58	260	110
120	61	270	114
130	64	280	117
140	68	290	120
150	72	300	124

1.3 Оцінка вологозабезпеченості посівів озимої пшениці по непарових попередниках

Для вирішення питання про можливість початку сівби озимих культур по непарових попередниках деякі автори [8, 9] пропонують використовувати необхідний максимум опадів за передпосівний період. Так, П.Г. Кабанов за такий мінімум приймає 50 мм опадів за липень, серпень. І.В. Свісюк пропонує дещо меншу суму опадів – 30 мм за місяць до початку сівби.

Кількість опадів за передпосівний період (x) також використовується для розрахування запасів вологи в шарі 0 – 20 см по непарових попередниках на початок сівби (y). Рівняння для розрахунку:

$$y = -0,0014x + 0,45x - 3,0 \quad (1.8)$$

$$S_y = \pm 3,1 \text{ мм}$$

де x – кількість опадів (мм) за місяць до початку сівби.

Таблиця. 1.2 – Необхідна кількість продуктивної вологи (мм) для промочування різних шарів ґрунту

Найменша вологомiсткiсть шару ґрунту 0-100, см	Шари ґрунту, см					
	0-50	0-60	0-70	0-80	0-90	0-100
150	80,6	95,4	109,7	123,6	137,6	150,0
152	81,3	96,5	111,0	125,1	138,8	152,0
154	82,4	97,6	112,3	126,7	140,6	154,0
156	83,3	98,7	113,6	128,2	142,2	156,0
158	84,2	99,8	115,0	129,8	144,2	158,0
160	85,2	101,0	116,4	131,4	145,9	160,0

Для зручності розрахунків запасів продуктивної вологи на початок передпосiвного перiоду пiдготовлена табл. 1.3.

Метод, запропонований I.B. Свiсюком [9], дає добру справджуванисть навіть у випадках, коли волога на початок передпосiвного мiсяця майже вiдсутня (менше 5 мм у шарі 0 – 20 см), тобто, коли за вiзуальним визначенням ґрунт взагалі сухий.

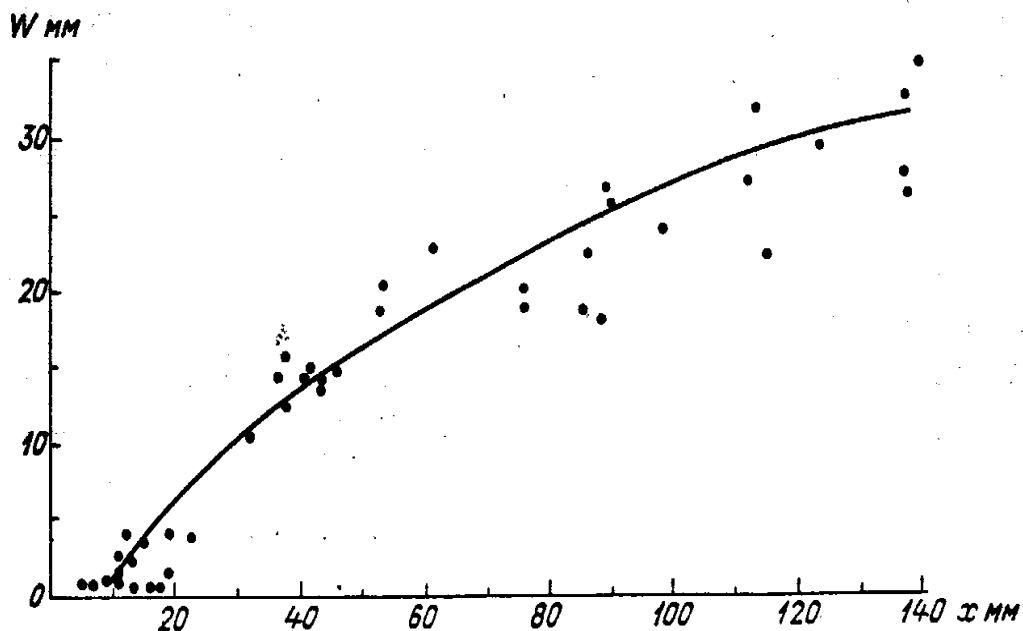


Рис. 1.1 – Залежність запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 20 см на полях, пiдготовлених до сiвби озимої пшениці по непарових попередниках, вiд кiлькостi опадiв за передпосiвний мiсяць.

Таблиця. 1.3 – Оцінка запасів води в шарі ґрунту і сходів в залежності від кількості опадів, які випали в передпосівний місяць на підготовлене під посів озимої пшениці непарове поле

Кількість опадів, мм	Запаси продуктивної води в шарі ґрунту 0-20 см, мм	Оцінка запасів води, бали	Оцінка сходів, бали
10 – 19	0 – 5	1(дуже погані)	0(сходи не з'являються)
20 – 30	6 – 10	2(погані)	2(сходи сильно зріджені)
31 – 65	11 – 20	3(задовільні)	3(сходи слабо зріджені)
66 – 90	21 – 25	4(добрі)	4(сходи добрі)
>90	26 – 35	5(відмінні)	5(сходи відмінні)

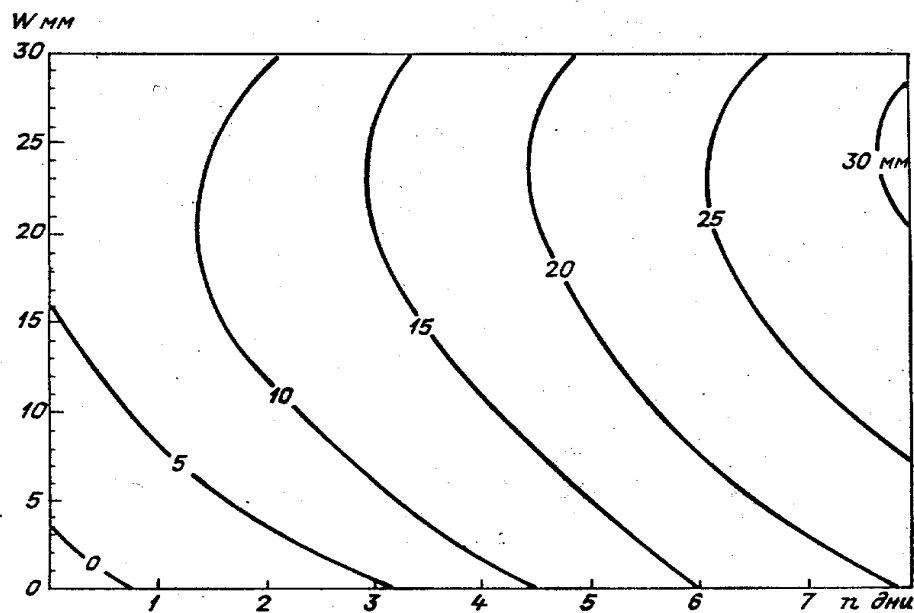


Рис.1.2 – Залежність запасів води (мм) у шарі ґрунту 0 – 20 см у передпосівний період по непарових попередниках озимої пшениці від кількості днів з опадами 5 мм і більше за два передпосівні місяці та запасів води у тому ж шарі за місяць до початку сівби.

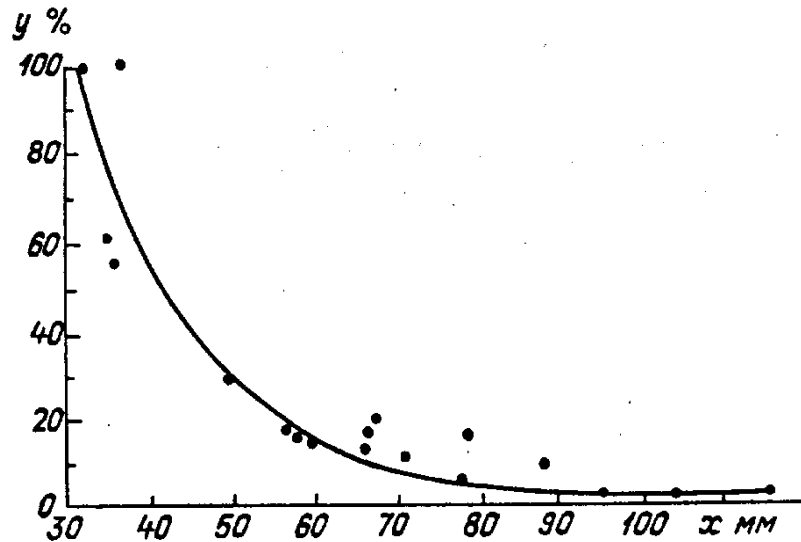


Рис. 1.3 – Зв’язок між кількістю опадів, що випали у передпосівний та післяпосівний місяці (x) та площею поганих та тих, що не зійшли восени, озимих по непарових попередниках

При збільшенні залишкових запасів вологи на початок передпосівного періоду мінімум опадів, який забезпечить задовільні сходи, може бути нижчий ніж 30 мм. Тому розрахунок запасів вологи виконується не тільки за сумою опадів (x), а і за залишковими запасами продуктивної вологи (W_3). Для цього використовуються залежності С.О. Веріго або рівняння, запропоноване І.В.Свісюком:

$$Y = 3,03x - 0,015W_3^2 + 0,72W - 2,4, \quad (1.9)$$

а також рис. 1.2.

І.В. Свісюком також встановлено, що існує тісний зв’язок між величиною площі поганих посівів або тих, що не зійшли, з кількістю опадів за передпосівний та після посівний місяці (рис. 1.3).

В несприятливі за зволоженням передпосівні періоди сівба насіння в сухий ґрунт не проводиться бо це викликає великі втрати.

2 Прогноз термінів початку польових робіт та сівби ранніх ярих культур

Прогноз термінів початку весняних польових робіт має дуже велике значення тому що з ним пов'язана своєчасна підготовка до цих робіт та проведення їх у найкоротші строки. Прогнози термінів початку польових робіт переважно складаються у Північно-Західних районах Росії, Білорусі, Північно-Західних районах України [10, 11, 12, 13].

Польові роботи та сівба ранніх ярих культур не почнуться доти, поки земля на полях не досягне м'якопластичного стану, за якого робота сільськогосподарських машин буде йти безперебійно.

Звільнення полів від снігу, просихання та прогрівання ґрунту навесні залежить від багатьох факторів: висоти снігу на полях наприкінці зими, глибини промерзання ґрунту, температури повітря, швидкості танення снігу, опадів, насиченості ґрунту вологою і т. ін. Розробка методів прогнозів засновувалась на використанні цих факторів. На разі відомо декілька методів, які дозволяють виконувати розрахунки для окремих територій.

Для південних районів ці методи не працюють, оскільки зими тут з дуже частими відлигами та нестійким сніговим покривом. В цих районах необхідно враховувати характер зими, кількість опадів за зиму, глибину промерзання ґрунту та висоту снігу, якщо він зберігається перед самим приходом весни.

2.1 Прогноз початку польових робіт у південних районах

Метод прогнозу для південних районів запропоновано І.В.Свісюком [6]. На основі обробки багаторічних матеріалів спостережень І.В. Свісюк отримав статистичні залежності строків початку польових робіт від сум від'ємних температур повітря за зиму (x_1), сум опадів за період листопад – лютий (x_2), висоти снігу за даними снігозйомки на 10 лютого (x_3), максимальної глибини промерзання ґрунту (x_4).

$$Y = 0,0217x_1 + 0,037x_2 + 0,49x_3 + 0,097x_4 + 26,7 \quad (2.1)$$

$$R = 0,71 + 0,09; \quad S_y = \pm 6 \text{ днів}$$

У рівнянні (2.1) Y – тривалість періоду у днях від 1 лютого до дати початку польових робіт.

За методом І.В. Свісюка прогноз складається 10 лютого та при необхідності уточнюється 1 березня. Розрахунки виконуються як для окремих станцій, так і в цілому для території області. При складанні прогнозу для території області розрахунки виконуються для кожної

станції, потім результати наносяться на карту області і складається текст прогнозу .

При складанні прогнозу початку польових робіт обов'язково надається характеристика щільності орного шару ґрунту, так як ця характеристика визначає характер передпосівної обробки і дозволяє вирішувати цілу низку питань, які пов'язані з проведенням весняних польових робіт.

Дослідження [9] показали, що у південних районах щільність орного шару ґрунту в значній мірі залежить від умов зимівлі: в дуже теплі та вологі зими, коли випадає багато опадів і ґрунт практично не промерзає, верхній його шар дуже ущільнюється. Але такі зими на півдні зустрічаються рідко. Частіше на цій території взимку спостерігається часта зміна погоди. Похолодання змінюються глибокими відлигами з відтаненням та новим промерзанням ґрунту. Так може спостерігатись декілька разів за зиму, що викликає пухкість орного шару ґрунту. Спостерігається прямолінійний зв'язок між зміною щільності ґрунту (Y) та частотою похолодань і відлиг (n):

$$Y = -0,39n + 0,08 \quad (2.2)$$

де n – кількість випадків відтанення та замерзання ґрунту на глибину 10 – 20 см за зиму.

Для зручності використання за рівнянням (2.2) побудована табл. 2.1.

Таблиця. 2.1 – Зміни щільності (г/см^3) шару ґрунту 0 – 20 см в залежності від частоти відтанення і замерзання верхнього (10 – 20 см) шару ґрунту за зиму

Повторність явищ (кількість випадків)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,04	0,00	-0,03	-0,08	-0,11	-0,15	-0,19	-0,23	-0,27	-0,30

Наприклад: у 2001 році прогноз було складено 12 лютого для Запорізької області. За прогнозом початок польових робіт по станціях області буде: Ботієве – 29 – 31 березня, Кирилівка – 24 – 28 березня, Сватове – 19 – 23 березня, Лошкарівка – 13 – 18 березня, Гуляй-Поле – 9 – 12 березня і Мелітополь – 6 – 8 березня. Фактично польові роботи по області почались на півдні 13 – 15 березня, в центрі – 16 – 20 березня, на півночі – 20 – 29 березня. Таким чином, справджуваність прогнозу склала 94 %.

2.2 Прогноз початку польових робіт в районах капілярного насичення ґрунту вологою

В районах Північного та Північно-Західного економічних районів Росії, у Білорусі, Північно-західних районах України (районах капілярного насичення ґрунту вологою) період сніготанення, відмерзання та просихання ґрунтів більш тривалий і складний, ніж у інших районах. Тому прогноз початку польових робіт та строків сівби ранніх ярих культур набуває особливого значення.

Одним з найважливіших факторів, який впливає на строки початку польових робіт, а також на кількість та якість сходів ранніх ярих культур, є запаси [11] було встановлено, що найсприятливіші умови зволоження для початку польових робіт та сівби ранніх ярих культур складаються у дуже короткий відрізок часу (10 – 20 днів), який настає після просихання ґрунту до так званої «фізичної стиглості» (м'якопластичного стану). В цей момент запаси вологи у шарі 0 – 20 см становлять 30 – 50 мм. Ґрунт дуже легко обробляється сільськогосподарськими машинами, а сходи з'являються дружніми, з добре розвиненим корінням.

Крім того, значну роль в настанні строків початку польових робіт та сівби ранніх ярих культур має також глибина промерзання ґрунту та температура повітря і ґрунту. Але ці фактори не можуть бути обмежувачами, так як у більшості районів просихання ґрунту до м'якопластичного стану спостерігається у строки дуже близькі до дат переходу температури повітря через 5 – 7° С.

Розробки А.М. Дерев'янка дозволили отримати метод довгострокового прогнозу просихання ґрунту до м'якопластичного стану для зони нечорноземних ґрунтів. Метод засновано на підставі встановлених закономірностей, що умови залягання снігу і промерзання ґрунту в період першого зниження температури повітря до –10° С і нижче впродовж 10 днів взимку визначають умови відмерзання ґрунту та його просихання навесні.

Дати просихання ґрунту до м'якопластичного стану навесні розраховуються за рівняннями:

$$\text{для супіщаних ґрунтів} \quad - \quad y = -0,95n - 0,74x_1 - 0,06h + 186,71 \quad (2.3)$$

$$\text{для суглинків} \quad - \quad y = -1,12n - 0,14x_1 - 0,09h + 177,17 \quad (2.4)$$

де y – тривалість періоду від кінця першого зимового похолодання, коли температура повітря сягає – 10° С і нижче впродовж 10 днів і більше, до просихання орного шару ґрунту до «фізичної стиглості», дні;

- n – тривалість періоду від стійкого переходу температури повітря через 0°C восени до кінця першого зимового похолодання, дні;
- x_1 – дата встановлення стійкого снігового покриву (кількість днів, починаючи з 1 листопада);
- h_3 – глибина промерзання ґрунту на кінець першого зимового похолодання, см.

Завчасність прогнозу початку польових робіт складає від двох з половиною до шести місяців в залежності від характеру зими. Розрахунки очікуваних строків початку польових робіт дуже добре справджуються у випадках, коли сніговий покрив встановлюється в період від 29 листопада до 31 грудня і тривалість періоду від переходу температури повітря через 0°C восени до кінця першого зимового похолодання знаходиться в межах від 26 до 60 днів. За рівняннями (2.3 та 2.4) побудовано графіки для зручності у використанні (рис.2.1 а, б), на яких по осі абсцис – тривалість періоду у днях від переходу температури повітря через 0°C до кінця першого зниження температури повітря до -10°C і нижче впродовж 10 днів і більше.

Наприклад: Проведемо розрахунок для поля, де переважають суглинки. Температура повітря перейшла через 0°C 30 листопада. Перше зимове похолодання відмічено з 10 по 21 грудня. Таким чином ,тривалість періоду від дати переходу температури повітря через 0°C восени до кінця першого зимового похолодання складає 21 день. Глибина промерзання на 21 грудня становила 15 см. Стійкий сніговий покрив відмічено 25 листопада. За цими даними по рис. 2.1, а (для суглинкових ґрунтів) визначається тривалість періоду від кінця зимового похолодання до просихання ґрунту до м'якопластичного стану. Вона становить 114 днів, якщо рахувати від 21 грудня, то це буде 14 квітня. З врахуванням поправки на глибину промерзання ґрунту (15 см) просихання настане 16 – 17 квітня.

2.3 Метод прогнозу оптимальних строків початку польових робіт і сівби ранніх ярих культур у Білорусі

Територія Білорусі та деяких областей Північного Заходу України також відносяться до районів капілярного насичення ґрунту вологою. Для цих районів розроблено метод прогнозу початку польових робіт Л.К. Пятовською [12]. Дослідження Л.К. Пятовської показали, що оптимальні строки початку польових робіт у Білорусі співпадають з моментом просихання ґрунту до м'якопластичного стану. В різні роки відмічається різний характер ходу весняних процесів. Поряд з середніми значеннями факторів, що характеризують весну відмічаються аномально відмінні значення. Аномальною вважається весна з аномальними строками настання весняних процесів. Поряд з середніми значення факторів, що характеризують весну, відмічаються аномально відмінні значення.

Дати

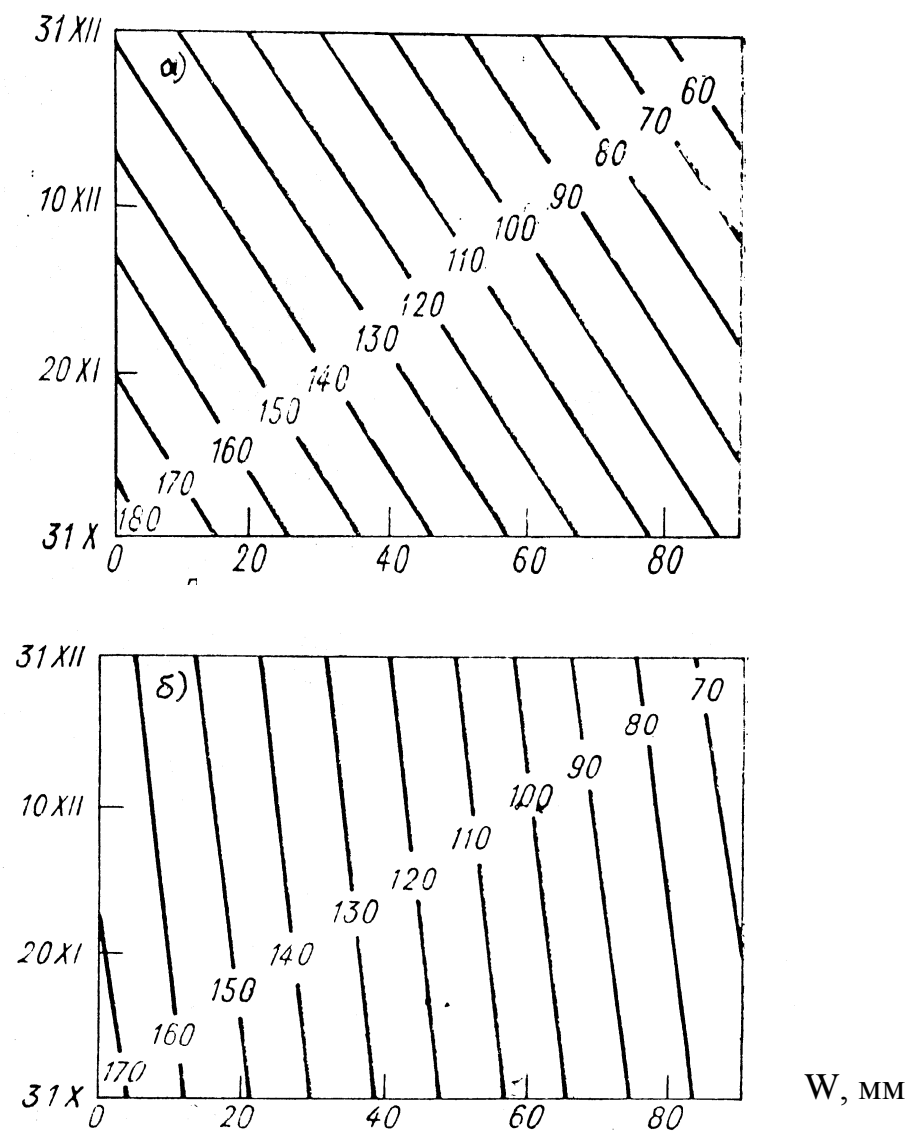


Рис.2.1 – Графік для розрахунку часу просихання орного шару ґрунту до м'якопластичного стану. Північно-Західний економічний район. а – суглинкові, б – супіщані ґрунти.

Повторність аномальних весен у Білорусі складає 20 %. Дослідженнями встановлено, що в Білорусі аномальні весни мають деякі характерні особливості. Настання ранньої весни характеризується такими особливостями:

- підвищеним температурним режимом повітря у весняний період, який характеризується ранньою датою початку сніготанення в порівнянні з середньою багаторічною;
- не значною (менше 10 см) висотою снігу на початок танення його або ж повною його відсутністю;
- не великою (менше 50 см) глибиною промерзання ґрунту на початок танення снігу.

В той же час, настання пізньої весни обумовлюється іншими особливостями:

- зниженим температурним режимом у весняний період, який характеризується пізньою датою початку танення снігу;
- значною (більше 60 см) глибиною промерзання ґрунту на початок танення снігу;
- значною (більше 15 см) висотою снігу на початок його танення.

Для характеристики аномальної весни досить одного із перелічених показників.

Л.К. Пятовською встановлено, що термін просихання верхнього шару ґрунту залежить від температури повітря. При чому, в різні весни температура повітря визначається за різні відрізки часу. В аномально ранні весни строк просихання ґрунту (y) до м'якопластичного стану розраховується в залежності від температури повітря за березень місяць (t_3) за рівнянням:

$$y = 87,17 - 1,73t_3 - 0,64t_3^2 \quad (2.5)$$

Для нормальних та пізніх весен Л.К. Пятовською встановлено залежність між датою просихання верхнього шару ґрунту до м'якопластичного стану (y) від середньої за місяць температури квітня (t_4): для легких ґрунтів

$$y = 137,9 - 7,18t_4 + 0,32t_4^2, \quad (2.6)$$

для важких ґрунтів

$$y = 133,08 - 3,97t_4 + 0,07t_4^2 \quad (2.7)$$

Графічно ці залежності представлені на рис. 2.2.

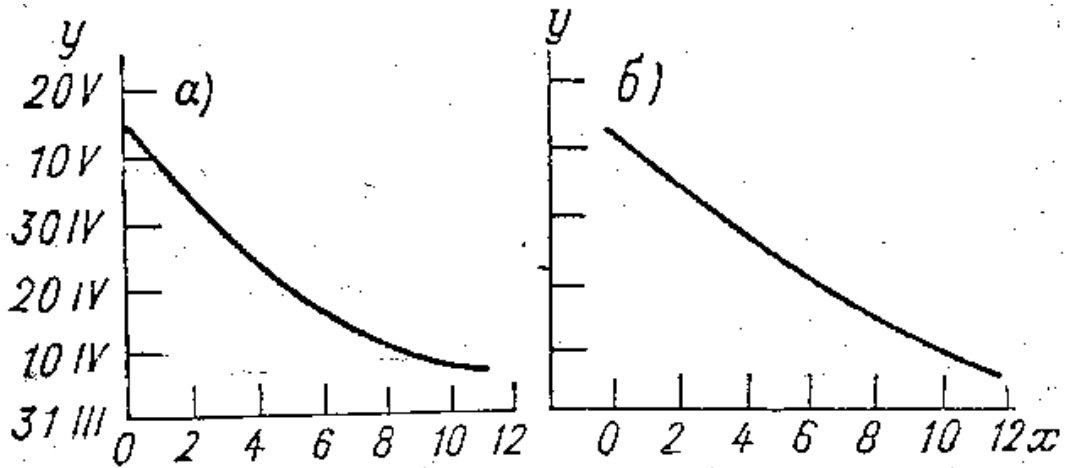


Рис.2.2 – Залежність дати настання (y) першого просихання ґрунту до м'якопластичного стану від середньої температури повітря (x) за квітень (для нормальних та пізніх весен для супіщаних (а) та суглинкових ґрунтів (б)).

Для розрахунків температура повітря визначається з прогнозу погоди. У випадку ненадійності прогнозу погоди початок польових робіт уточнюється за інерційними факторами. Таким фактором для Білорусі є дата відмерзання ґрунту. Встановлена залежність між датою повного відмерзання орного шару ґрунту (n) та датою просихання його до м'якопластичного стану (y). Вона має вигляд:

для легких ґрунтів

$$y = 24,72 + 0,89n \quad (2.8)$$

для важких ґрунтів

$$y = 123,3 - 1,01n + 0,99n^2 \quad (2.9)$$

Наприклад: Розрахувати строки початку польових робіт на полях з суглинковими ґрунтами. Прогноз на квітень надійшов 20 березня. За прогнозом у квітні очікується середня температура 6° С. За рис 2.2 (а) визначаємо дату першого просихання верхнього шару ґрунту – це буде 22 квітня. Аналогічні розрахунки виконуються для усіх станцій території, для якої розраховуються строки початку польових робіт, потім складається карта оптимальних строків.

Сівба ранніх ярих культур у Білорусі починається пізніше початку польових робіт. Найкращі агрометеорологічні умови для сівби

складаються тоді, коли верхній шар ґрунту не тільки досягне м'якопластичного стану а і прогріється до + 5° С. При сівбі ярих культур в оптимальні строки на мінеральних ґрунтах загроза заморозків на рівних полях практично відсутня. Заморозки спостерігаються на півдні Білорусі в 10 роках із 100, на півночі – в 7 роках із 100.

Л.К. Пятовською були встановлені статистичні залежності та розраховані рівняння зв'язку між середньою температурою повітря за квітень (t_4) і датою досягання верхнього шару ґрунту для сівби ранніх ярих культур (y):

для легких ґрунтів

$$y = 136,87 - 5,16t_4 + 0,09t_4^2 \quad (2.10)$$

для важких ґрунтів

$$y = 136,1 - 4,76t_4 + 0,12t_4^2 \quad (2.11)$$

Наприклад: Розрахувати оптимальні терміни сівби ярих культур. З врахуванням прогнозу погоди визначити середню температуру квітня. Вона становить 6° С. За рівнянням (2.11) розраховується значення y , яке відповідає температурі 6° С, і отримується дата досягання верхнього шару ґрунту – це 21 квітня. Вона і буде оптимальним строком сівби ярих культур. Рівняння (2.10 та 2.11) мають добру справджуваність при розрахунках строків сівби в північно-західних областях України.

В Білорусі і північно-західних областях України зростають площі посіву ярих культур на осушених торф'яниках. Слід зазначити, що високі врожаї ярих культур на торф'яниках спостерігаються тільки при дуже ранніх строках сівби. Складність розрахунку на осушених торф'яниках полягає у тому, що сівба повинна початись рано і закінчитись дуже швидко, поки не розтанула так звана «мерзла подошва», яка забезпечує нормальну роботу сільськогосподарської техніки на полях.

Сучасна технологія вирощування ярих зернових культур на осушених торф'яниках передбачає сумісну головну і передпосівну обробку ґрунту і виконання цих робіт восени. На цих полях навесні при відмерзанні торфу на глибину 10 см необхідно відразу ж починати сівбу і закінчити її якомога швидше.

Л.К. Пятовською встановлено залежність, за допомогою якої визначаються оптимальні строки проведення весняної посівної компанії на осушених торф'яниках. Вона має вигляд:

$$y = 86,89 - 2,7t_3 - 0,19t_3^2 \quad (2.12)$$

де t_3 – середня температура повітря за березень;
у – оптимальний строк сівби на осушених торф'яниках.

Наприклад: Розрахувати оптимальні строки проведення польових робіт навесні в районі Дрогичин. Розрахунки виконуються після одержання прогнозу погоди на березень. За прогнозом у березні очікується температура повітря $1,8^\circ \text{C}$. За рівнянням (2.12) визначається дата відтанення торф'яників на 10 см, тобто дата початку сівби. Це буде 22 березня.

3 Метод прогнозу забезпеченості теплом вегетаційного періоду

3.1 Наукове підґрунття методу

Прогноз забезпечення теплом вегетаційного періоду розроблено Ф.Ф.Давітая [14]. Сутність його полягає у прогнозуванні сум температур на вегетаційний період навесні. При цьому вегетаційний період приймається як період від переходу температури повітря через 10° С навесні до переходу її через 10° С восени. Ф.Ф. Давітая встановлено асинхронні зв'язки між строками початку весни і загальною кількістю тепла влітку. За індекс весни прийнята дата переходу температури повітря через 10° С навесні. Чим раніше настає ця дата, тим більша кількість тепла накопичується за вегетаційний період. Кількість тепла виражена через суму температур вище 10° С ($\Sigma t > 10^\circ \text{C}$). Між датою переходу температури повітря через 10° С та кількістю тепла існує тісний зв'язок, який характеризується високими значеннями коефіцієнтів кореляції майже у всіх географічних зонах.

Характер залежності сум температур вище 10° С від початку весняних процесів неоднаковий в різні відрізки вегетаційного періоду. Якщо його розбити на дві частини, відокремивши перші два місяці, то залежність сум температур від дати переходу через 10° С за другий відрізок значно тісніша.

Крім того, Ф.Ф. Давітая також встановлено та науково обґрунтовано залежність тривалості вегетаційного періоду від початку весни. Таким чином, за датою стійкого переходу температури повітря через 10° С навесні є можливість розрахувати:

- очікувану суму температур вище 10° С за вегетаційний період або окремі його частини;
- тривалість вегетаційного періоду.

Дослідження багатьох авторів показали, що якщо за індекс весни прийняти перехід температури повітря через 5° С, а за індекс початку літа перехід температури через 15° С, то існує тісний зв'язок сум температур у межах цих дат з відповідними датами переходу температури повітря.

3.2 Прогноз забезпеченості теплом вегетаційного періоду

Ф.Ф. Давітая розроблена ціла низка рівнянь для розрахунку очікуваних сум температур за вегетаційний період для різних районів. В цілому рівняння має вигляд:

$$\Sigma t > 10^\circ \text{C} = A - aД \quad (3.1)$$

де A – вільний член рівняння,
 a – коефіцієнт при змінній.

В табл. 3.1 наведені значення A та a рівняння (3.1) для різних гідрометеорологічних станцій, розташованих на Європейській частині СНД.

Таблиця. 3.1 – Значення коефіцієнтів A і a рівняння (3.1) для прогнозу $\Sigma t > 10^\circ \text{C}$ за весь вегетаційний період

Станція	Самий ранній місяць переходу температури повітря через 10°C навесні	A	a_1	$\pm\sigma$
1	2	3	4	5
Європейська частина СРСР				
	Квітень			
Мінськ	„	2450	-8,03	220
Рига	„	2940	-18,70	250
Псков	„	2670	-15,50	230
Ленінград	„	2760	-18,25	220
Вологда	„	2280	-11,20	210
Сиктивкар	„	2780	-15,65	220
Кіров	„	2420	-12,15	210
Кострома	„	2560	-13,80	210
Москва	„	2770	-16,21	210
Тула	„	2950	-20,34	220
Орел	„	3070	-24,61	220
Брянськ	„	2690	-14,62	210
Тамбов	„	3140	-20,11	220
Пенза	„	3290	-26,00	230
Казань	„	2960	-18,81	250
Уфа	„	2810	-14,30	230
Оренбург	„	3190	-16,61	200
Чернігів	„	3390	-25,43	220
Київ	„	3270	-23,07	230
Житомир	„	3100	-22,11	220
Тернопіль	„	2910	-16,62	220
Львів	„	3140	-23,75	230
Чернівці	„	3190	-18,65	230
Саратов	„	3530	-23,14	250
Куйбишев	„	2820	-7,20	220
Воронеж	„	3040	-16,62	220

Продовження табл. 3.1.

1	2	3	4	5
Курськ	„	2940	-14,80	220
Краснодар	Березень	4260	-15,65	210
Серафімович	Квітень	3650	-25,61	230
Орджонікідзе	„	3360	-22,44	220
Чернігів	„	3390	-25,43	220
Київ	„	3270	-23,07	230
Житомир	„	3100	-22,11	220
Тернопіль	„	2910	-16,62	220
Львів	„	3140	-23,75	230
Чернівці	„	3190	-18,65	230
Південно-Дністровськ	„	3310	-22,25	240
Умань	„	3270	-23,82	220
Полтава	„	3330	-21,71	240
Харків	„	3300	-22,06	250
Ворошиловград	„	3370	-17,19	220
Дніпропетровськ	„	3540	-18,65	230
Кіровоград	„	3300	-18,16	220
Запоріжжя	„	3630	-22,70	220
Херсон	„	3790	-18,01	240
Одеса	„	3740	-20,45	220
Кишинів	„	3700	-23,68	220

Самий ранній місяць в табл. 3.1 наводиться з метою розрахунку кількості днів від першого числа самого раннього місяця до переходу температури повітря через 10° С навесні в поточному році, тому що в рівнянні (3.1) замість D використовується як раз така кількість днів.

Прогноз забезпеченості теплом складається відразу ж після переходу температури повітря через 10° С навесні поточного року. Дата переходу температури повітря через 10° С визначається за даними середніх за добу, або середніх за декаду температур повітря графічним методом (рис. 3.1), або за формулами:

$$\text{для весни} \quad S = \frac{(10 - a)}{(v - a)} + 5 \quad (3.2)$$

$$\text{для осені} \quad S = \frac{(v - 10)}{(v - a)} + 5$$

де а – температура повітря нижче 10°C ;
 в – температура повітря вище 10°C ;
 d – кількість днів першої декади.

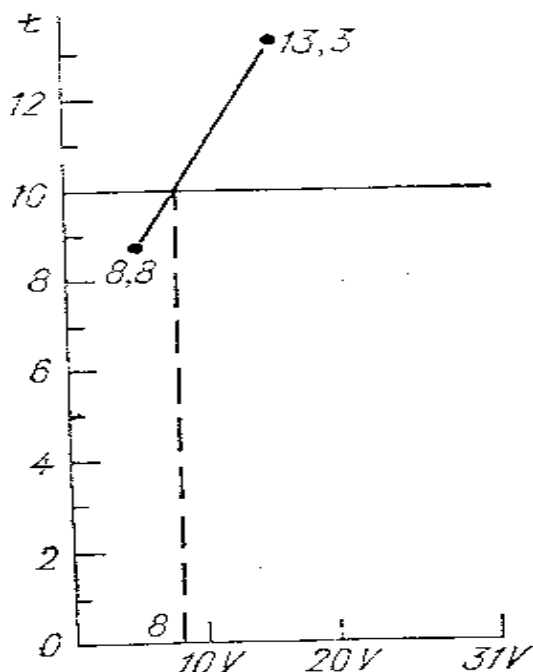


Рис.3.1 – Графічний метод визначення дати переходу температури повітря через 10°C за середніми декадними температурами

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

Ф.Ф. Давітая також були розроблені прогностичні рівняння для розрахунку сум температур на другу половину вегетаційного періоду

(через два місяці після переходу температури повітря через 10° С). Цей прогноз також складається за даними дат переходу температури повітря через 10 °С навесні. Але коефіцієнти в рівнянні (3.1) будуть інші (табл. 3.3).

Таблиця. 3.2 – Прогноз забезпеченості теплом вегетаційного періоду ($\Sigma t > 10^\circ \text{C}$) в 1997 р.

Станція	Дата переходу температури повітря через 10° С навесні	$\Sigma t > 10^\circ \text{C}$		
		Середня багаторічна	Очікувана в 1997р.	Відхилення від середньої багаторічної
Кострома	30.IV	1910	2140	230
Кіров	3.V	1880	2020	140
Москва	25.IV	2140	2360	220
Казань	21.IV	2440	2560	120
Пенза	20.IV	2460	2770	310
Оренбург	14.IV	2690	2960	270

Рівняння типу (3.1) для прогнозу сум температур за весь вегетаційний період або другу його половину (3.2) можна розрахувати для будь-якої станції, яка має ряд спостережень за температурою повітря не менше ніж 50 років. Для цього спочатку за кожний рік визначають дати переходу температури повітря через 10°С навесні і підраховують фактичну суму температур за весь період вегетації та другу його половину. Потім за допомогою методів математичної статистики отримують відповідні рівняння.

Для складання прогнозу необхідно визначити дату переходу температури повітря через 10° С навесні (D). Потім підрахувати кількість днів від першого числа місяця з самим раннім переходом температури повітря через 10° С до дати переходу температури повітря через цю ж температуру в поточному році. Знайти рівняння, яке відповідає станції, для якої ведеться розрахунок, і підставити всі значення в рівняння та виконати розрахунки.

Приклад. Скласти прогноз забезпеченості теплом у Києві у 2000 р. Середня температура повітря за другу декаду квітня складала 8,8° С, а за третю декаду квітня – 13,3° С. Дата переходу температури повітря через 10° С визначена графічним методом (див. рис 3.1). У нашому випадку це буде 18 квітня. Рівняння для розрахунку суми температур буде:

Таблиця. 3.3 – Значення коефіцієнтів A і a у рівнянні (3.1) для прогнозу $\Sigma t > 10^\circ \text{C}$ за другу частину вегетаційного періоду

Станція	Самий ранній місяць переходу температури повітря через 10°C навесні	A	a	$\pm\sigma$
Європейська частина СНД				
Рига	Квітень	2050	-19,58	200
Ленінград	„	1810	-18,60	190
Псков	„	1790	-17,00	200
Кострома	„	1640	-15,50	190
Москва	„	1970	-19,60	200
Казань	„	2100	-22,59	190
Уфа	„	2090	-20,60	200
Пенза	„	2530	-33,40	190
Саратов	„	2450	-22,60	190
Курськ	„	2010	-16,20	200
Київ	„	2330	-24,64	190
Одеса	„	2820	-22,73	190

$$\Sigma t > 10^\circ \text{C} = 3270 - 23,07 D \quad (3.3)$$

Оскільки перехід температури повітря через 10°C у 2000 році спостерігався у квітні, тобто в той місяць, коли спостерігається на ст. Київ сама рання дата переходу температури повітря через 10°C , то у рівняння підставляється кількість днів від 1 квітня до знайденої дати переходу температури повітря у поточному році тобто 18 днів. Таким чином, очікувана сума температур у 2000 році становить:

$$\Sigma t > 10^\circ \text{C} = 3270 - 23,07 \cdot 18 = 2855^\circ \text{C}.$$

Фактична сума температур вище 10°C у 2000 році складала 2690°C .

3.3 Прогноз тривалості вегетаційного періоду

Прогноз тривалості вегетаційного періоду засновано на залежності тривалості періоду від дати переходу температури через 10° С навесні до такої ж дати восени (n) від дати стійкого переходу температури повітря через 10° С навесні (D). Рівняння зв'язку у загальному вигляді:

$$n = A_1 - a_2 D \quad (3.4)$$

Для деяких пунктів України значення коефіцієнтів A_1 та a_2 визначені Ф.Ф. Давітая і Ю.С. Мельником (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Значення коефіцієнтів A_1 та a_2 рівняння (3.4) для прогнозу тривалості вегетаційного періоду з температурою повітря вище 10° С

Станція	Самий ранній місяць переходу температури через 10° С навесні	A_1	a_2	$\pm\sigma$
Чернігів	Квітень	190	-1,14	10
Житомир	"	176	-1,05	9
Харків	"	179	-0,73	10
Умань	"	187	-1,03	10
Полтава	"	179	-0,71	10
Луганськ	"	182	-0,93	11
Кам'янець-Подільськ	"	189	-0,82	9
Чернівці	"	195	-1,17	10
Херсон	"	185	-0,87	10

Приклад. На ст. Херсон у 2000 році стійкий перехід температури повітря через 10° С спостерігався 8 травня. Самий ранній перехід повітря через цю межу спостерігається в Херсоні у квітні. Тому замість D в рівняння (3.4) підставляється значення 38 (тобто 30 днів квітня додати до 8 днів травня). З табл. 3.4. знаходиться рівняння для ст. Херсон і тоді $n = 185 - 0,87 \cdot 38 = 152$ дні. Таким чином, тривалість періоду з температурою повітря вище 10° С у Херсоні у 2000 році становитиме 152 дні.

4 Методи прогнозів перезимівлі озимих культур

4.1 Морфологічна характеристика стану озимих культур восени

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

Здатність озимих культур зберігатись у вегетативному стані восени і не розвивати вегетативних органів є адаптивною ознакою, яка сприяє їх перезимівлі [15, 16, 18, 19, 21, 22, 23, 25–31]. Зменшення інтенсивності зростання наприкінці вегетації призводить до зміни напрямку та інтенсивності процесу обміну речовин, а також накопиченню інгібіторів зростання, що сприяють переходу рослин в стан зимового покою.

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

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

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

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

Восени у підземній частині стебла формується вузол куціння – найважливіший та єдиний орган, що здатний регенерувати нові органи рослини. В ньому накопичуються питомі речовини, головним чином вуглеводи, які визначають стійкість рослин до несприятливих умов зими. Вузол куціння розташовується біля поверхні ґрунту (на глибині 3 – 5 см).

Загибель вузла кущіння викликає загибель всієї рослини. Тому взимку при визначенні стану озимих культур перш за все визначається стан вузла кущіння.

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2 Морозостійкість озимих культур в залежності від агрометеорологічних умов

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

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

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

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

пошкоджуються внаслідок вимокання та випрівання, а також від льодової кірки. У перерослих рослин (з куцистістю більше 6 пагонів у пшениці та 4 пагонів у жита) зимостійкість зменшується внаслідок значного росту та переходу рослин до третього етапу органогенезу, а також у зв'язку з інтенсивним збільшенням конусу наростання в осінній період, що викликає затримку проходження першої стадії загартування рослин. Встановлено [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21], що найбільшу зимостійкість мають рослини, які мають на припинення вегетації до трьох, чотирьох пагонів (у деяких сортів озимої пшениці до 2 – 3 пагонів).

Головними агрометеорологічними факторами, які визначають перезимівлю озимих культур, є: висота снігу, мінімальна температура ґрунту на глибині вузла куциння в різні періоди зими, сума від'ємних температур повітря, глибина промерзання ґрунту, тривалість періоду з висотою снігу більше 30 см, сума опадів за осінній та зимовий періоди та ін. Дослідженнями впливу цих факторів на перезимівлю озимини займалися Ф.М. Куперман [18], В.М. Лічикакі [15], В.О. Мойсейчик [21, 22], І.М. Петунін [23], О.М. Шульгін [24], А.А. Окушко [25] і інші.

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

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

4.3 Агрометеорологічні умови перезимівлі озимих культур та закономірності їх формування

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

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

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

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

Сніг на полях залягає дуже нерівномірно. Під впливом вітру на відкритих полях відбувається значне перенесення снігу з одних ділянок поля на інші. Дослідженнями просторової мінливості снігу на полях займалися І.М. Петунін, О.О. Окушко, А.М. Шульгін, В.О. Мойсейчик та ін. Ними встановлено, що нерівномірність розповсюдження снігу тим більша, чим менша середня його висота. Встановлено, що висота снігу 10 см достатня для збереження озимих при сильних морозах і вона буває на всьому полі за середньої висоти снігу 30 см. В.О. Мойсейчик була розрахована ймовірність розподілу снігу на полях з озимими культурами за різної середньої товщини його (табл. 4.1).

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

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

Дослідження Л.О. Разумової показали, що головними факторами, які обумовлюють глибину промерзання ґрунту, є вологість ґрунту, температура повітря, товщина снігу та рівень ґрунтових вод. Чим менше товщина снігу та вища сума негативних температур, тим глибше промерзає ґрунт (рис. 4.1, а, б).

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

Таблиця 4.1 – Розподіл снігу на полях з озимими культурами при різній висоті його за снігозйомкою (% загальної площі поля)

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

Вплив температури повітря при відсутності снігу на температуру ґрунту на глибині вузла кущіння носить лінійний характер (рис.4.2).

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

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

Велика просторова та часова мінливість мінімальної температури ґрунту не дозволяє обмежуватись лише фактичними спостереженнями через малу кількість повторностей. Тому для використання цієї величини в прогнозах та оцінках було розроблено декілька методів розрахунку температури ґрунту на глибині 3 см [14, 21, 23]. Встановлена залежність

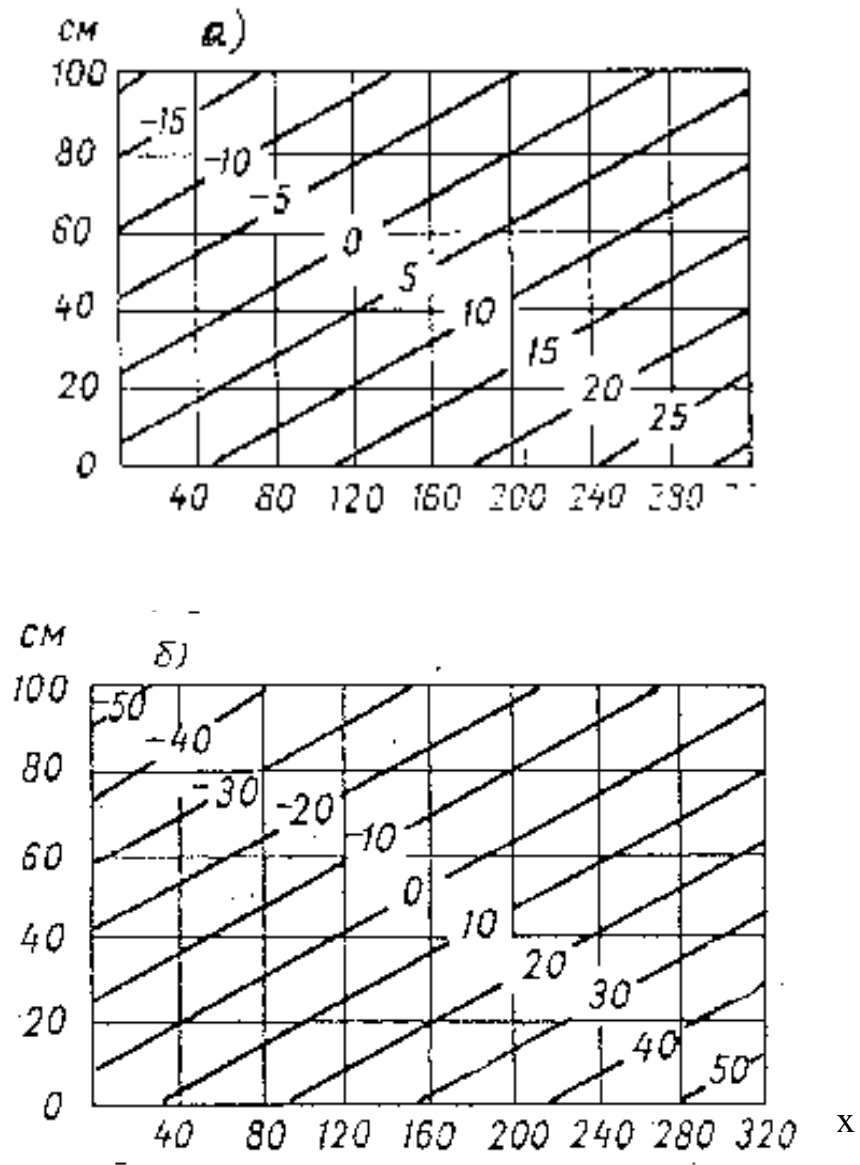


Рис.4.1 – Зміна глибини промерзання ґрунту (x) (см за декаду).
 а – райони з високим стоянням ґрунтових вод;
 б – райони з глибоким стоянням ґрунтових вод на ЄЧ СНД.

мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння від мінімальної температури повітря (T) при різній висоті снігу та різної глибини промерзання ґрунту (H). Рівняння зв'язку – у табл. 4.2 (рис. 4.3).

Для практичного використання рівнянь побудовані графіки (рис. 4.3 а, б).

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

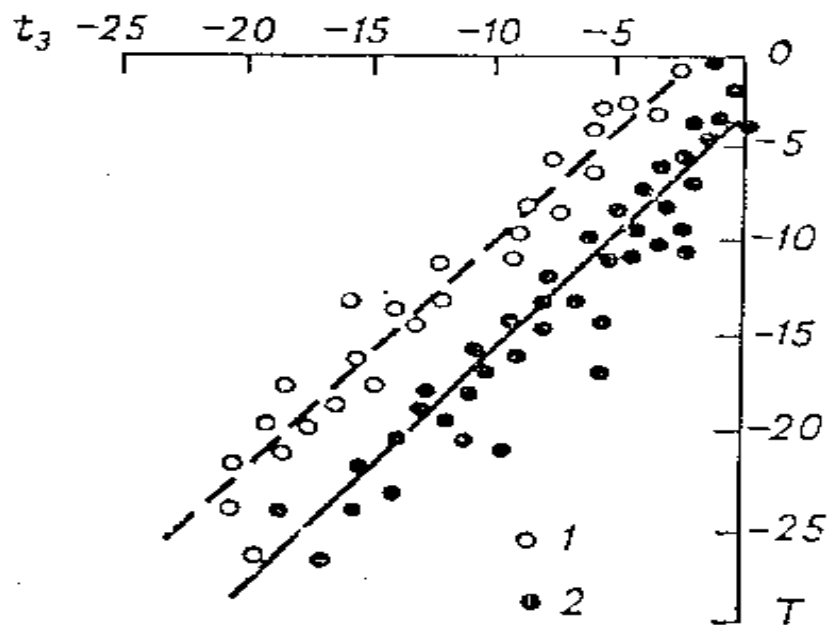


Рис.4.2 – Значення мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см в залежності від мінімальної температури повітря при відсутності снігу, 1 – при підвищенні температури повітря, 2 – при зменшенні.

Таблиця 4.2 – Рівняння зв'язку мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см з мінімальною температурою повітря та глибиною промерзання ґрунту

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

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

$$t = 0,618T - 0,082H + 0,658h^2 - 0,008h + 0,0007P - 0,366 \quad (4.1)$$

для зони нечорноземних земель з добре зволуженим суглинковим ґрунтом:

$$t = 0,274T - 0,052H + 0,444h^2 - 0,009h + 0,004P - 5,960 \quad (4.2)$$

для нечорноземної зони з добре зволуженим супіщаним ґрунтом:

$$t = 0,372T - 0,057H + 0,425h^2 - 0,003h + 0,005P - 2,328 \quad (4.3)$$

для західних районів нечорноземної зони з суглинковим добре зволуженим ґрунтом:

$$t = 0,205T - 0,074H + 0,171h^2 - 0,003h + 0,0004P - 0,965. \quad (4.4)$$

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

За рівняннями (4.1 – 4.4) визначається також товщина снігу, за якої мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння буде близькою до критичної температури вимерзання рослин. Ці рівняння широко використовуються у практиці оперативного обслуговування сільського господарства як для оцінки умов перезимівлі, так і для складання прогнозів площ з загиблими посівами.

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

4.4 Вплив попередників на перезимівлю озимої пшениці

При складанні прогнозу перезимівлі озимої пшениці для якого-небудь конкретного району часто виникає необхідність врахування загального стану озимини не тільки відносно її розвитку за сортами, але і за попередниками [20, 25]. Досліди показали, якщо враховувати попередники, то прогноз площі зрідження посівів буде значно точніший завдяки врахуванню зимостійкості сортів.

Дослідження І.В. Свісюка [27] щодо виявлення закономірностей зрідженості посівів озимої пшениці, посіяної по парових та непарових попередниках, показали, що є тісний зв'язок між зрідженістю посівів та

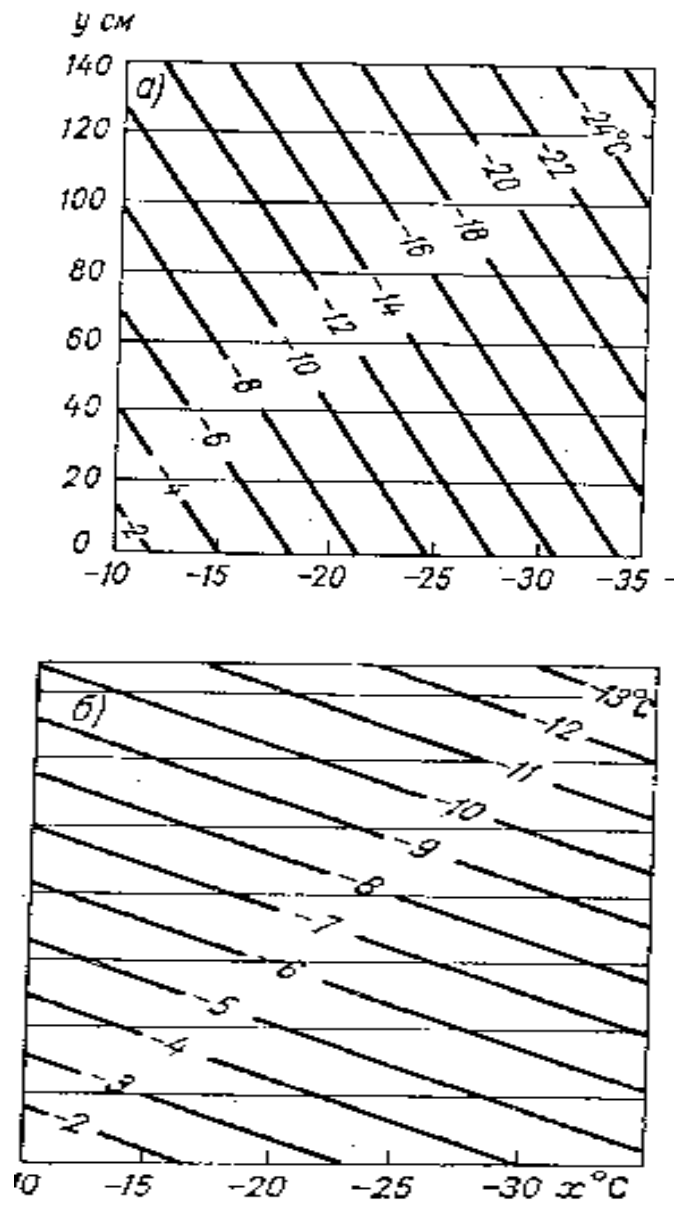


Рис. 4.3 – Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння озимих культур від мінімальної температури повітря (x) та глибини промерзання ґрунту (y).

Таблиця. 4.3 – Відсоток загибелі розкущеної озимої пшениці в залежності від мінімальної температури на глибині залягання вузла кушіння, попередника і морозостійкості сорту

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

мінімальною температурою ґрунту на глибині 3 см при сівбі по парових та непарових попередниках. При сівбі по різних попередниках морозостійкість озимини змінюється. При цьому також враховується міра кущистості посівів (табл. 4.3).

При складанні прогнозу вимерзання озимої пшениці доцільно користуватись одночасно рівняннями, отриманими В.О. Мойсейчик, та даними табл. 4.4. У такому випадку точність прогнозу значно збільшується.

4.5 Прогноз критичної температури вимерзання озимих культур

Критична температура вимерзання – це така температура при якій загибель рослин становить 50 % і більше. Найчастіше значення критичної температури вимерзання визначають за допомогою проморожування зразків у холодильних камерах. Але існує ціла низка методів розрахунку критичної температури [15, 22] вимерзання озимих культур.

Прогноз критичної температури вимерзання за методом І.В. Свісюка. Дослідження І.В. Свісюка показали, що найбільше впливає на загартування рослин восени температура повітря та ґрунту. В листопаді та на початку грудня, у період першої фази загартування, особливо велике значення мають перепади між денною та нічною температурами та мінімальна температура повітря в нічну пору. Наприкінці листопада та в грудні, у період другої фази загартування, важливого значення набуває хід зниження негативної середньої за добу температури. Були встановлені статистичні залежності між переліченими факторами та критичною температурою вимерзання:

$$U = 0,125t - 0,00099\Sigma T - 15,5 \quad (4.5)$$

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

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

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

За цим рівнянням розрахована табл. 4.5.

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

Визначення критичної температури за методом В.М. Лічикакі. В.М. Лічикакі встановлена залежність критичної температури вимерзання озимих культур від сум середніх за добу температур повітря та сум мінімальних температур ґрунту на глибині залягання вузла куштиння. Для

використання цієї залежності в оперативній роботі була розрахована табл. 4.6.

За табл. 4.6 розраховується критична температура вимерзання в першу половину зими, тобто після дати стійкого переходу температури повітря через -10°C . Закінчення періоду проходження другої фази загартування рослин приблизно співпадає з цією датою.

Таблиця 4.5 – Критична температура вимерзання розкущеної озимої пшениці морозостійких сортів в залежності від мінімальної температури повітря за листопад та суми температур за листопад – грудень

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

Результати перевірки цієї методики на великому матеріалі спостережень показали, що визначена за табл. 4.6. критична температура вимерзання забезпечується точністю $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Для того, щоб була можливість розраховувати значення критичної температури не тільки для першої половини зими, а і для всієї зими, В.М. Лічкакі були встановлені статистичні залежності критичної температури вимерзання ($T_{кр}$) від середньої із мінімальних температур ґрунту (t_3) на глибині вузла кушіння за період від переходу її через 0°C восени до дати визначення критичної температури вимерзання (рис. 4.4 а, б). Залежності описані рівняннями:

для сортів середньої морозостійкості:

$$T_{кр} = -14,056 + 1,916t_3^2 + 0,172t_3 \quad (4.6)$$

Таблиця 4.6 – Залежність критичної температури вимерзання від сум середньої за добу температури повітря та суми мінімальної температури на глибині вузла кущіння для сортів озимої пшениці середньої морозостійкості (за В.М. Лічикакі)

Сума середніх температур повітря або ґрунту на глибині вузла кущіння від дати переходу температури повітря через 0° С до зниження її до -10° С	Розрахована критична температура вимерзання (в °С)	
	за сумами температур повітря	за сумами температур ґрунту на глибині вузла кущіння
0	-11,0	-13,5
-5	-12,5	-14,5
-10	-13,5	-15,0
-15	-14,5	-16,0
-20	-15,0	-16,5
-25	-15,5	-17,0
-30	-16,0	-17,0
-35	-16,5	-17,5
-40	-17,0	-17,5
-45	-17,5	-18,0
-50	-18,0	-18,0
-55	-18,0	-18,0
-60	-18,5	-18,5
-65	-18,5	-18,5
-70 и нижче	-19,0	-19,0

для сортів високої морозостійкості:

$$T_{кр} = -13,929 + 2,454t_3^2 + 0,191t_3 \quad (4.7)$$

для сортів слабкої морозостійкості:

$$T_{кр} = -13,8 + 0,164t_3^2 - 1,00t_3 - 0,344t^2 - 0,0289t \quad (4.8)$$

Озиме жито:

$$T_{кр} = -0,14t_3^2 + 2,65t_3 - 14 \quad (4.9)$$

Озимий ячмінь:

$$T_{кр} = -0,488t_3^2 + 3,263t_3 - 9,25 \quad (4.10)$$

За рівняннями (4.6 – 4.8) була розрахована робоча (табл. 4.7) для більшості сортів озимої пшениці.

Таблиця. 4.7 – Залежність критичної температури вимерзання сортів озимої пшениці від середньої з мінімальних температури ґрунту на глибині вузла кущіння

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

В.І. Свісюком встановлено, що для південних районів України та Північного Кавказу краще використовувати рівняння 6 для визначення критичної температури. Для територій більш північних районів, де середня з мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см буває нижче -4° С, критичну температуру зручніше розраховувати за рівнянням (8), але при цьому треба додати до розрахованого значення критичної температури 2° С.

Аналіз матеріалів багаторічних спостережень показав, що за відлиг тривалістю більше 5 днів з позитивними середніми за добу температурами, при відсутності снігу, для відновлення вегетації озимих необхідна сума температур біля 20° С. Сума позитивних температур в 5° С незалежно від

наявності снігу зменшує морозостійкість озимої пшениці у першій половині зими на 1 – 1,5° С, у другій половині зими на 2 – 3° С. Якщо температура повітря після відлиги поступово знижується, то рослини відновлюють морозостійкість. Якщо зниження температури відбувається дуже швидко, то може спостерігатись пошкодження рослин навіть при більш високій температурі, чим до відлиги.

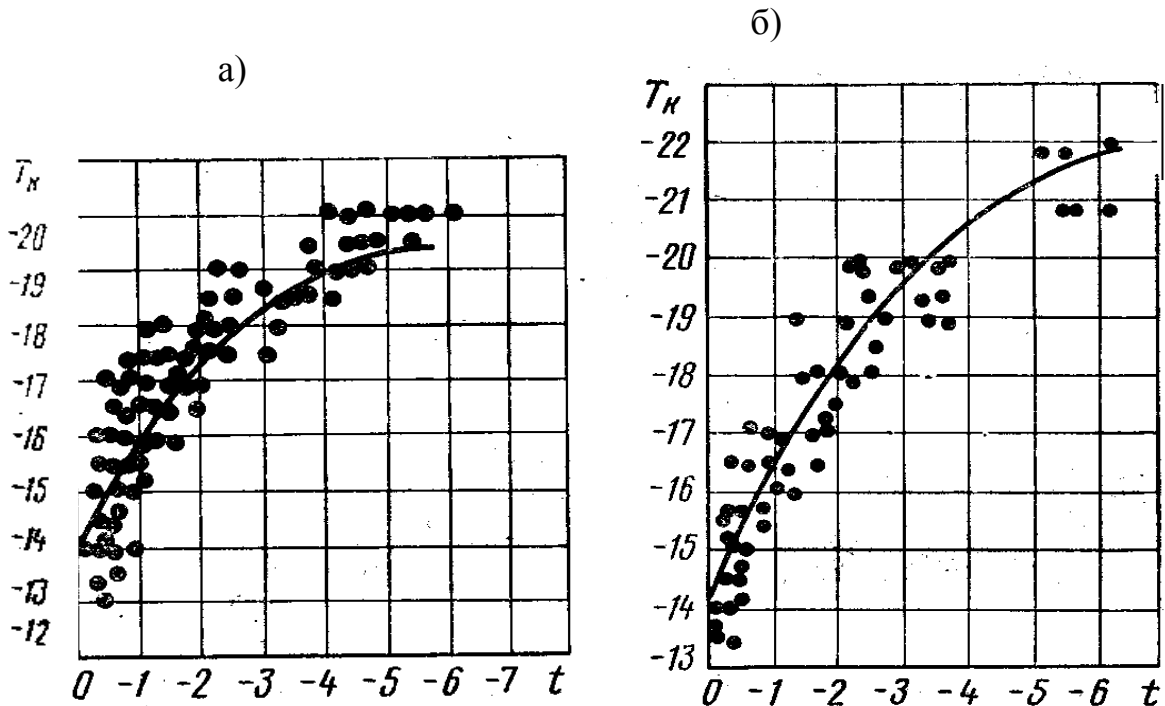


Рис. 4.4 – Залежність критичної температури вимерзання озимої пшениці сортів середньої (а) та високої (б) морозостійкості від середньої з мінімальних температур ґрунту на глибині вузла кушіння.
а – сорти Білоцерківська 198, Миронівська 808; б – сорти Одеська 3, Одеська 16.

Таблиця 4.8 – Поправка на розраховану критичну температуру при відлигах у другій половині зими

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

В.М. Лічкакі було встановлено, що зменшення критичної температури вимерзання залежить від тривалості та величини максимальної температури при відлигах, а також розраховані величини відхилення фактичної критичної температури вимерзання від розрахованої в залежності від середньої із максимальних температур повітря за декаду (табл.4.8).

Із табл. 4.8 видно, що за однієї і тієї ж середньої максимальної температури за декаду на кожен новий чинник впливають відлиги попереднього періоду.

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

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

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

Приклад. Необхідно розрахувати критичну температуру вимерзання озимої пшениці сорту Миронівська 808 у районі ст. Луганськ. Для розрахунків використовуються дані (табл. 4.9). Як видно з табл. 4.9, перехід середньої мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння через 0°C відбувся у третій декаді листопада. Для визначення критичної температури за цю декаду необхідно суму середніх за декаду температур ґрунту на глибині вузла кущіння, вона становить на цю дату – $0,8^{\circ}\text{C}$ (графа 8 табл. 4.9), поділити на кількість декад плюс одиниця, тобто на 2, вона становитиме $-0,2^{\circ}\text{C}$. З табл. 4.9 методом інтерполяції знаходиться відповідна критична температура вимерзання на третю декаду листопада. Вона становить у прикладі $-14,3^{\circ}\text{C}$. Для визначення критичної температури вимерзання у інших декадах розрахунки виконуються аналогічно.

4.6 Методи довгострокових прогнозів перезимівлі та стану озимих зернових культур навесні

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

Таблиця 4.9 – Приклад визначення коефіцієнта морозонебезпечності можливої загибелі озимої пшениці вище середньої морозостійкості за даними гідрометеорологічної станції Луганськ

Місяць	Декада	Температура повітря (в °С)			Середня висота сніжного покриву на озимих посівах (в см)	Товщина притертої льодової кірки (в см)	Мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см (в °С)				Критична температура (в °С)			Коефіцієнт морозонебезпечності	Загибель рослин (в %)	
		середня	Мінімальна	середня з максимальних			середня за декаду	сума середніх мінімальних температур наростаючим підсумком	середня за попередній зимовий період	абсолютний мінімум за декаду	розрахункова	поправка на критичну температуру при відлизі	з помилкою		розрахункова	за даними відрощування
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
XI	1	-2,2	-10,8	-0,9	0	0	-1,3	-1,3	-0,6	-1,6	-15,2	0	-15,2	0,10	0	–
	2	+1,2	-2,8	+2,5	0	0	0	-1,3	-0,4	-0,6	-14,8	0	-14,8	0,04	0	–
	3	-6,7	-21,4	-3,0	6	0	-3,9	-5,2	-1,3	-8,0	-16,8	0	-16,8	0,48	0	–
XII	1	-5,2	-21,9	-2,7	1	2,2	-3,7	-8,9	-1,8	-10,8	-17,7	0	-17,7	0,61	1-20	–
	2	-12,8	-24,8	-9,6	3	3,1	-9,2	-18,1	-3,0	-15,5	-19,6	0	-19,6	0,79	21-40	–
	3	-13,8	-24,6	-9,6	8	2,3	-7,2	-25,3	-3,6	-13,4	-20,3	0	-20,3	0,66	1-20	14
I	1	-23,2	-33,1	-17,8	1122	2,2	-10,7	-36,0	-4,5	-15,9	-21,0	0	-21,0	0,76	21-40	–
	2	-17,9	-34,4	-14,5	17	2,2	-7,3	-43,3	-4,8	-18,8	-21,2	0	-21,2	0,89	41-60	28
	3	-9,3	-18,8	-4,7	21	2,2	-2,5	-45,8	-4,6	-6,6	-21,1	0	-21,1	0,31	0	25
II	1	-12,8	-29,5	-7,9	21	2,2	-4,3	-50,1	-4,6	-12,2	-21,1	0	-21,1	0,58	0	43

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

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

4.6.1 Метод прогнозу вимерзання озимих культур

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

Метод прогнозу розроблено В.О.Мойсейчик. Він заснований на залежностях зрідженості посівів навесні від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см до 20 лютого з врахуванням середньої кущистості рослин на момент осіннього обстеження [20, 21]. Такі залежності розроблені для найбільш поширених сортів Миронівська 808 та Безоста 1 та їх модифікацій.

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

$$\lg Y = 2,660 \lg x - 0,129 \lg K - 1,733 \quad (4.11)$$

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

Для сорту Безоста 1 рівняння має вигляд:

$$\lg Y = 0,269(x - 5) + 0,921 \quad (4.12)$$

За цими рівняннями розрахована табл. 4.10.

В.О. Мойсейчик також визначені температури, при яких необхідно підсівати або пересівати пшеницю (табл. 4.11).

Таблиця 4.10 – Залежність зрідженості озимої пшениці (%) від мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння та розвитку рослин восени

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

Таблиця 4.11 – Значення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння, при якій озима пшениця потребує підсіву (1) або пересіву (2)

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

Для озимого жита дослідження виконані В.А. Шавкуновою [32]. Вона також отримала прогностичні залежності зрідженості посівів озимого жита різних сортів (U) від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см до 20 лютого (t_2), а також від мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння (x) та стану рослин восени (K):

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

$$U = 9,487t_3^2 + 0,374t_3 + 70,181 \quad (4.13)$$

з врахуванням стану посівів восени :

$$U = 9,076t_3 + 0,379t_3^2 - 4,898K + 0,474K^2 + 71,201 \quad (4.14)$$

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

$$U = 9,399t_3 + 0,369t_3^2 + 60,012 \quad (4.15)$$

з врахуванням стану восени :

$$U = 9,001t_3 + 0,365t_3^2 - 5,536K + 0,693K^2 + 66,411 \quad (4.16)$$

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

Для визначення площі зрідження посівів спочатку розраховується температура ґрунту на глибині вузла кущіння (за рівняннями 4.11 – 4.13), за якої зрідженість становитиме 30 або 50 %. Потім за рівняннями (4.1 – 4.3) розраховується товщина снігу, за якої температура ґрунту на глибині 3 см буде мати ці значення. За даними снігозйомки підраховується кількість промірів з цією товщиною снігу, вона і буде відповідати площі, на якій озиму пшеницю або жито необхідно буде підсівати (кількість промірів, що відповідають товщині снігу, при якій зрідженість посівів становить 30 – 50 %) та пересівати (кількість промірів з товщиною снігу, при якій зрідженість посівів буде більше 50 %). Площа з такими посівами визначається у % від всієї площі посіву. Площа з добрим та задовільним станом озимини визначається таким же методом. При цьому слід пам'ятати, що добрими вважаються посіви, якщо зрідженість їх не перевищує 10 %, а задовільними – якщо зрідженість становить від 11 до 30 % площі. Приклад розрахунку наводиться в табл. 4.12.

Як видно з табл. 4.12, найгірші умови перезимівлі склались у третій декаді грудня, коли мінімальна температура повітря становила -30°C , а мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см складала -18°C , при товщині снігу 8 см та глибині промерзання ґрунту 50 см. В цю декаду середня товщина снігу за снігозйомкою була 10 см. З даних табл. 4.1 видно, що при температурі ґрунту на глибині 3 см – 18°C , зрідженість добре розкущених посівів складає 30 %. Така ж температура ґрунту можлива при товщині снігу 5 см. Враховуючи, що в цю декаду кількість промірів з товщиною снігу менше 5 та 8 см, визначаємо, що площа із зрідженістю посівів більше 30 % рослин навесні становитиме 42 % поля (1 + 7 + 15 + 19). Зрідженість більше 50 % рослин буде спостерігатись на площі с товщиною снігу менше 5 см, тобто на 13 % площі поля (1 + 7 + 5). Таким чином, прогноз буде такий: зрідженість посівів більше 50 % рослин очікується на площі 13 %, зрідженість 31 – 50 % рослин очікується на 29 % площі поля (42 – 13). У доброму та задовільному стані посіви будуть лише на 58 % площі поля [100 – (29 + 13)].

Таблиця 4.12 – Прогноз зрідженості посівів пшениці сорту Миронівська 808 на ст. Конотоп, Сумська обл.

Вихідна та очікувана інформація	Грудень			Січень			Лютий	
	1	2	3	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Середня кущистість посівів	3 пагони							
Число стебел на 1м ²	1000							
Мінімальна температура повітря, °С	-20	-16	-30	-25	-18	-30	-25	-20
Мінімальна температура ґрунту на глибині 3см, t ₃ °С	-10	-8	-18	-10	-8	-10	-7	-7
Висота снігового покриву за рейкою, h см	0	1	8	10	10	15	20	20
Середня висота снігу за снігозйомкою, h см	0	2	10	11	12	15	20	25
Кількість промірів з висотою h:								
0 см	100	46	1	1	1	0	0	0
1-3	0	33	7	4	3	2	0	0
4-6	0	17	15	12	9	5	2	1
7-10	0	4	38	37	29	17	9	3
Глибина промерзання ґрунту, см	20	30	50	70	85	100	110	120
Очікувана зрідженість посівів за рівнянням (табл. 4.13)	4	2	30	4	2	4	1	1
Температура ґрунту (°С) і висота снігу (см), при яких пшениця зріджується на 30%	-18	8см						
50%	-19	5						
>50%	нижче	4						
	-19							
Площа (% поля) з зрідженістю посівів на весні								
≤30%		42						
31-50%		29						
>50%		13						

4.6.2 Метод прогнозу умов перезимівлі по території України

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

– західний (Волинська, Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Рівненська, Тернопільська та Чернівецька області) – середня багаторічна загибель озимої пшениці на цій території не перевищує 10 %;

– центральний (Вінницька, Київська, Кіровоградська, Одеська, Сумська, Хмельницька, Черкаська, Чернігівська, Херсонська та західна частина Полтавської області) – середня загибель озимої пшениці не перевищує 20 %;

– східний (Луганська, Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Харківська, Миколаївська та більша частина Полтавської області) – середня загибель озимої пшениці перевищує 20 %.

Метод прогнозу вимерзання озимих культур в Україні та стан їх на момент відновлення вегетації засновується на порівнянні фактичної або розрахованої критичної температури вимерзання озимини з мінімальною температурою ґрунту на глибині вузла кушіння теж фактичною, або прогнозованою.

В.М. Лічкакі була знайдена залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння від середньої температури повітря за добу та висоти снігу (рис. 4.5).

Для прискорення розрахунків температури ґрунту на глибині вузла кушіння зняті з графіка (рис. 4.5) її значення представлені у табл. 4.13.

Якщо відома середня за добу (декаду) температура повітря і висота снігу, то з табл. 4.13 легко визначається мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння.

На території України вирощуються здебільшого сорти, які за доброго стану восени та доброго загартування мають критичну температуру вимерзання: $-22 - -24^{\circ}\text{C}$ – жито; $-20 - -22^{\circ}\text{C}$ – озима пшениця високої морозостійкості; $-19 - -20^{\circ}\text{C}$ пшениця середньої морозостійкості та $-15 - -18^{\circ}\text{C}$ – сорти низької морозостійкості; $-12 - -15^{\circ}\text{C}$ – ячмінь.

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

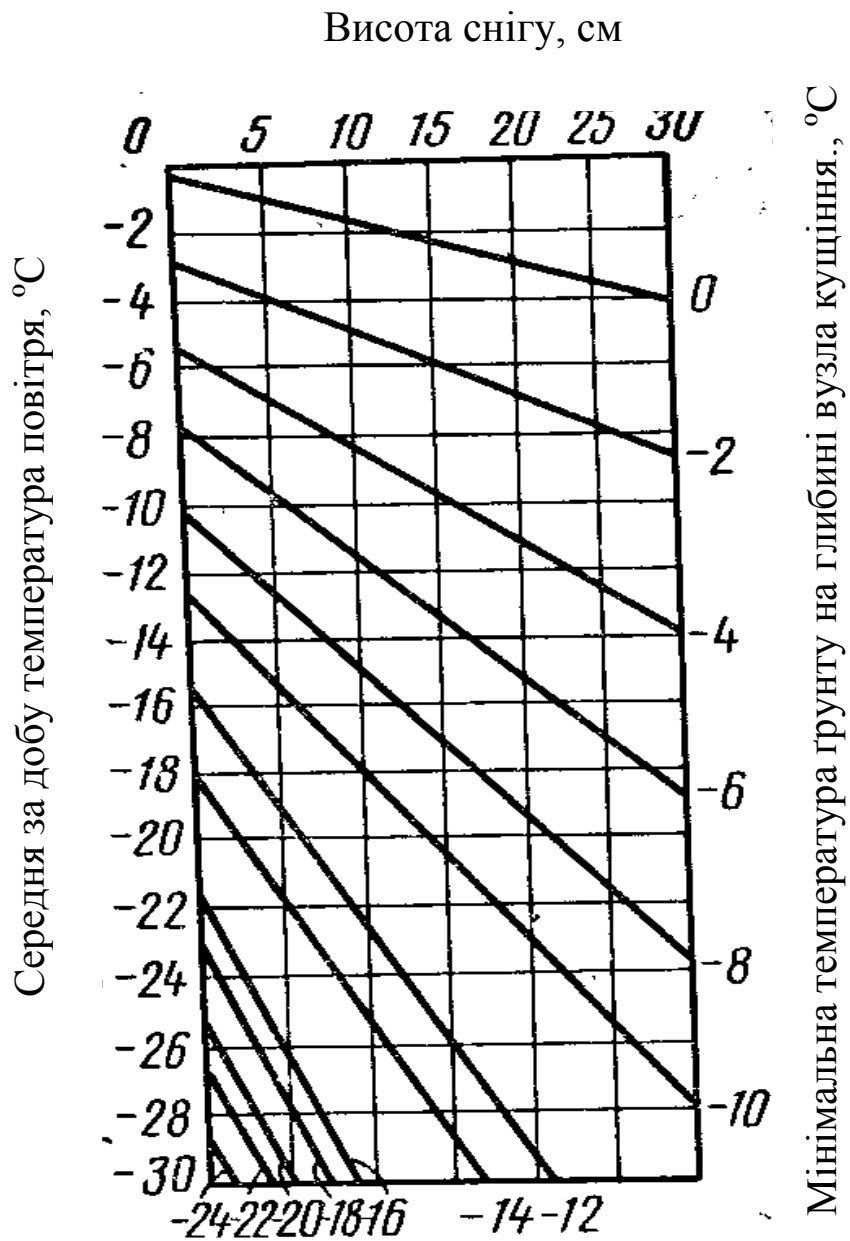


Рис. 4.5 – Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння (3 см) від середньої добової температури повітря і висоти снігу.

Таблиця 4.13 – Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла куціння від середньої за добу температури повітря і висоти снігу

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

Продовження табл. 4.13.

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

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

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

$$K = \frac{T_{\min}}{T_{кр}} \quad (4.17)$$

Були встановлені кількісні зв'язки між коефіцієнтом морозонебезпечності та зрідженістю озимих посівів від вимерзання (табл. 4.14).

Таблиця. 4.14 – Залежність зрідженості U (%) озимих культур до весни від коефіцієнта морозостійкості K .

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

За рівняннями (табл. 4.14) розрахована (табл. 4.15) для визначення площі загибелі озимих культур (%) від вимерзання а також площа можливого пересіву озимої пшениці (табл. 4.16).

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

– щоденні значення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння за увесь зимовий період до дати складання прогнозу (з температурою повітря нижче 0°C);

Таблиця. 4.15 – Коефіцієнт морозонебезпечності K і відповідна йому зрідженість U озимих культур від вимерзання

Коефіцієнт морозонебезпечності K			Зрідженість U % на 1 м^2
Озиме жито	Озима пшениця	Озимий ячмінь	
0,55 – 0,79	0,55 – 0,75	0,45 – 0,68	1 – 20
0,80 – 0,95	0,76 – 0,87	0,69 – 0,79	21 – 40
0,96 – 1,06	0,88 – 0,96	0,80 – 0,88	41 – 60
$\geq 1,07$	$\geq 0,97$	$\geq 0,89$	>60

– середнє значення максимальної температури повітря по декадах за той же період;

– критичну температуру вимерзання зернових культур (фактичну, або розраховану). Методи розрахунку критичної температури наводяться у розділі 4.3.

Приклад: скласти прогноз зрідженості озимої пшениці взимку від вимерзання для ст. Луганськ (табл. 4.9). Із табл. 4.9 видно, що в районі агрометеорологічної станції Луганськ спостерігались найбільш несприятливі умови для перезимівлі озимої пшениці наприкінці січня та у першій та другій декадах лютого. Коефіцієнт морозонебезпечності на другу декаду лютого мав максимальне значення (0,98), що відповідає більше 60 % зрідження посівів навесні.

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

$$S = 0,479K + 158,5 \quad (4.18)$$

Для зручності розрахунків побудована табл. 4.16.

Таблиця 4.16 – Коефіцієнт морозонебезпечності K і відповідна йому площа можливого пересіву S озимої пшениці по району

K	S	K	S
0,51 – 0,60	6 – 10	0,81 – 0,90	29 – 46
0,61 – 0,70	11 – 17	0,91 – 1,0	47 – 76
0,71 – 0,80	18 – 20	>1.0	>76

У наведеному вище прикладі (табл. 4.16) за значення коефіцієнта морозонебезпечності 0,98 площа полів, на яких необхідно пересівати озиму пшеницю, становить біля 70 %.

4.6.3 Метод прогнозу загибелі озимих культур від пошкодження льодовою кіркою

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

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

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

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

За головний показник шкідливості льодової кірки приймається її товщина. Крім того, на пошкодження озимини впливає також тривалість залягання льодової кірки на полях. В.М. Лічикакі на основі обробки багаторічних спостережень побудовано графік залежності загибелі озимих культур від товщини льодової кірки при тривалості її залягання більше чотирьох декад (рис. 4.6), а також розраховані відповідні рівняння (табл. 4.17)

Таблиця 4.17 – Прогностичні залежності зрідженості посівів від середньої товщини льодової кірки

Озима культура	Рівняння зв'язку	Номер рівняння	Помилка рівняння, E_u	Кореляційне відношення, η
Пшениця	$U = 1,8m^2 + 2,8m + 5,4$	(4.19)	± 10	$0,831 \pm 0,043$
Жито	$U = 2,03m^2 + 0,81m + 7,9$	(4.20)	± 10	$0,810 \pm 0,030$

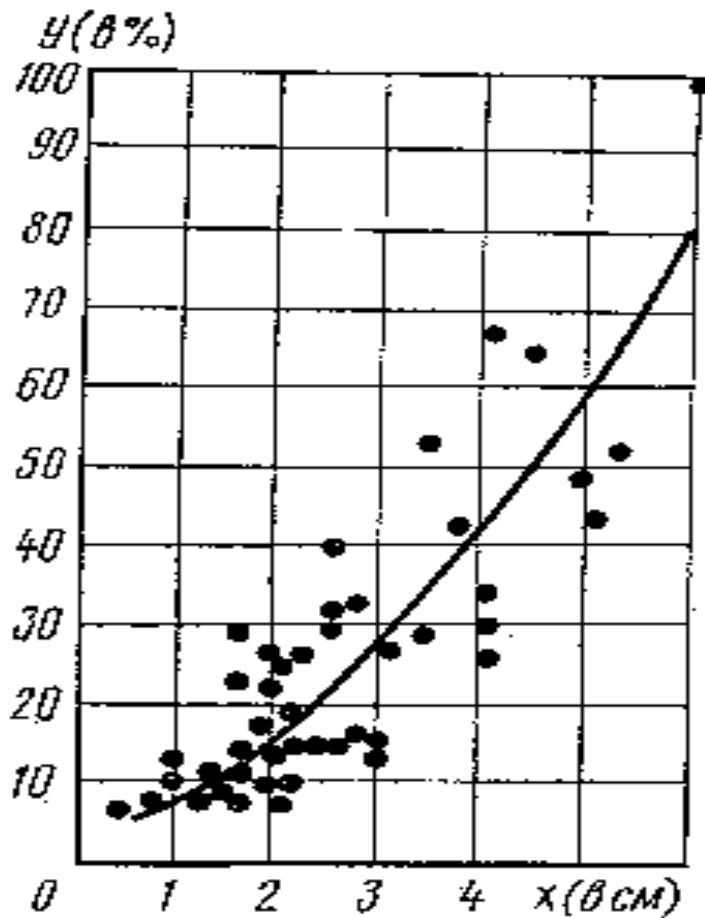


Рис. 4.6 – Залежність загибелі озимої пшениці (Y) від середньої товщини льодової кірки (X) за час її залягання впродовж 4-х і більше декад.

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

В.М. Лічикакі для зручності користування також розрахована таблиця зрідженості посівів озимих навесні від льодової кірки різної товщини (табл. 4.18).

Розрахунок загибелі озимих культур від льодової кірки виконується у такій послідовності: спочатку із матеріалів спостережень виписуються відомості про наявність та товщину льодової кірки. Потім розраховується середня товщина притертої льодової кірки за весь період спостережень поточного року і тільки після цього з табл. 4.18 визначається зрідженість посівів (%).

Приклад. Скласти прогноз зрідженості посівів озимої пшениці по ст. Суми Сумської області. Розрахунки для прогнозу у табл. 4.19.

Таблиця. 4.18 – Залежність зрідженості озимих посівів (U) від середньої товщини притертої льодової кірки (m) (за В.М. Лічикакі)

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

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

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

Таблиця 4.19 – Приклад прогнозу зрідженості озимої пшениці від льодової кірки

Декада	Висота снігового покриву озимих посівів, см	Товщина льодової кірки в останній день декади, см	Сума декадних значень товщини льодової кірки нарощуваним підсумком	Середня товщина кірки за чотири декади, см	Очікувана зрідженість рослин
1	2	3	4	5	6
Листопад					
1	0	0	0	0	0
2	4	0	0	0	0
3	7	0	0	0	0
Грудень					
1	4	0	0	0	0
2	4	0	0	0	0
3	11	3,1	–	–	0
Січень					
1	24	3,5	–	–	0
2	24	4,8	–	–	0
3	20	5,1	16,5	4,1	45 – 54
Лютий					
1	0	4,8	21,3	4,3	45 – 54
2	0	5,4	26,7	4,4	45 – 54

4.6.4 Методи прогнозу вимерзання озимих культур на великих площах

Як і для окремого поля, для великих територій існує тісний зв'язок між площею з загиблими рослинами та середньою по території області або краю, чи регіону мінімальною температурою ґрунту на глибині вузла куцїння до 20 лютого (рис. 4.7)

Аналіз кривих на рис. 4.7 показав, що площі з загиблими посївами (%) швидко збільшуються при зменшенні температури ґрунту на глибині вузла куцїння до -10°C . Для більш точного розрахунку площі загибелі озимих посївів слід розраховувати мінімальну температуру по області не менш як по 10 станціях. За меншої кількості станцій помилка збільшується на 15 %.

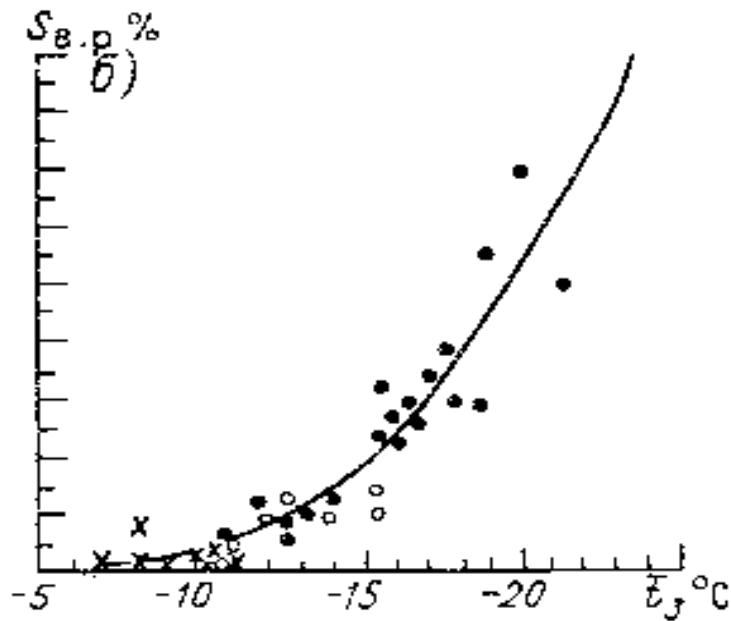
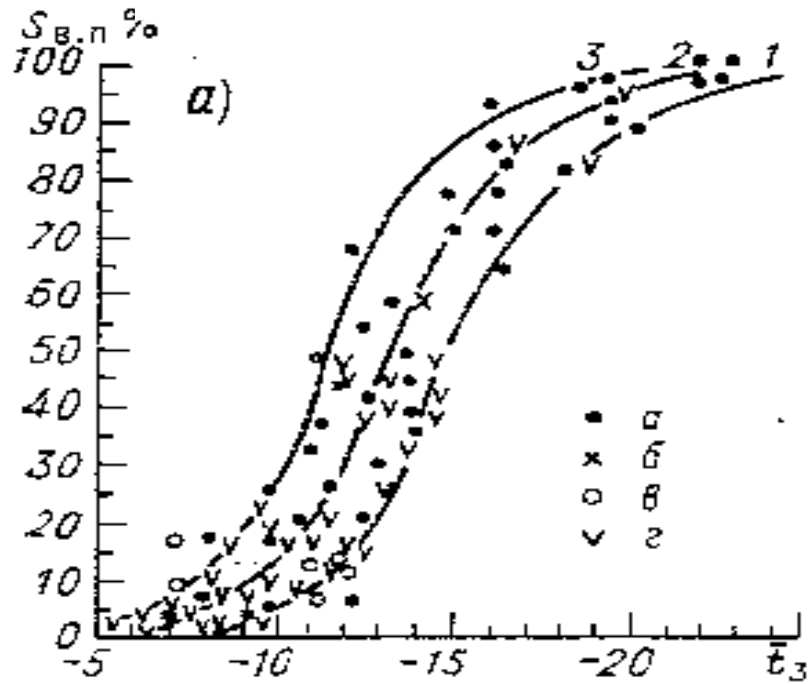


Рис. 4.7 –Залежність площі з загиблими посівами ($S_{в}$) озимих культур (%) від середньої по області мінімальної температури ґрунту (t_3) до 20 лютого; а) посіви озимої пшениці; б) посіви озимого жита.

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

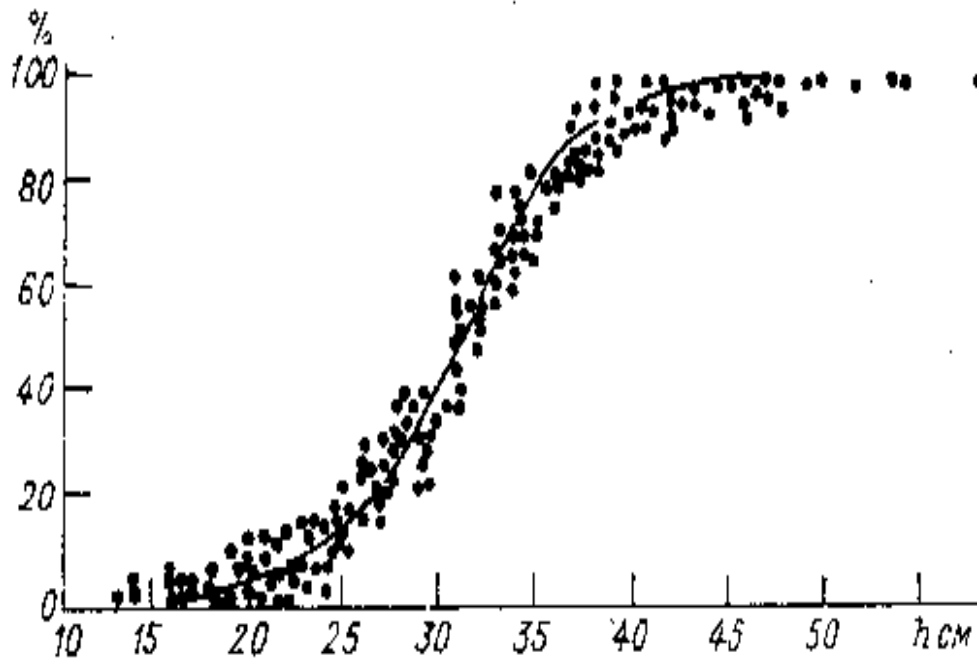


Рис. 4.8 –Зміна площі % () з товщиною снігу більше 30 см при різній його середній товщині за снігозйомкою.

Очікувана площа загибелі посівів озимих культур від вимерзання підраховується окремо для озимого жита та для озимої пшениці, потім підсумовується. Розміри очікуваної площі загибелі озимого жита розраховуються за рівнянням В.А. Шавкунової [32]:

$$S_m = 0,313(t_3 + 5)^2 + 1,336(t_3 + 5) + 2,238 \quad (4.21)$$

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

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

Розміри площ з загиблими посівами озимої пшениці визначаються за допомогою рис. 4.7 (а) у відповідності з сортами та станом посівів перед припиненням вегетації. Загальна площа загиблих посівів визначається як сума площ окремо визначених для озимого жита та озимої пшениці різного стану восени та різної морозостійкості. Оскільки точність розрахунків для озимої пшениці складає $\pm 5\%$, озимого жита – $\pm 10\%$, то в прогнозі вказуються можливі межі розмірів площ з загиблими посівами.

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

4.6.5 Метод прогнозу загибелі рослин за результатами відрощування

Цей метод застосовується для уточнення головного прогнозу, який розглянутий вище.

Однією з характеристик стану озимини в різні періоди зими є результати відрощування зразків рослин 25 грудня, 25 січня та 23 лютого. Результати відрощування зразків завжди показують, що зрідженість посівів на кінець зими та початок весни збільшується. Це пояснюється тим, що пошкоджені рослини не витримують тривалої зимівлі, сильно виснажуються та ранньою весною зовсім гинуть за різких коливань температури повітря, перезволоження та багаторазового замерзання і відмерзання ґрунту.

Для характеристики стану озимих посівів в цілому по території області добрим чинником є відсоток зразків рослин (по відношенню до загальної їх кількості по території) із зрідженістю посівів більше 10 %.

Враховуючи добру кореляційну залежність між зрідженістю посівів при відрощуванні зразків рослин, що взяті 23 лютого та навесні на ділянках спостереження, В.О. Мойсейчик знайшла прогностичні залежності між площею з загиблими посівами навесні та результатами відрощування зразків рослин.

Залежності між площею з загиблими посівами (%) озимих культур по території окремих областей (S_B) та відсотком площ з підвищеною зрідженістю за результатами відрощування на 23 лютого (x) розроблені окремо для полів з доброю та поганою вологозабезпеченістю посівів восени:

для випадків з поганою вологозабезпеченістю:

$$S_g = 0,82x + 18,68 \quad (4.22)$$

з доброю вологозабезпеченістю:

$$S_g = 1,12x - 1,36 \quad (4.23)$$

Ці рівняння дозволяють розраховувати площу з загиблими посівами у відсотках від загальної площі посівів озимих культур в цілому по території області, краю чи економічного району. Розрахунки мають добру справджуваність у випадку використання спостережень більше 10 станцій, що рівномірно розташовані по території.

Прогноз площ вимерзання озимих культур складається за зиму двічі: перший – 22 – 25 лютого, другий – 15 – 20 березня. Перший прогноз – головний, другий – його уточнення. Прогноз уточнюється у випадках,

якщо різниця між очікуваними розмірами площ за основним прогнозом та уточнюючим перевищує 5 %. Обидва прогнози складаються з короткого тексту, таблиці з очікуваним навесні станом озимини та карти, на якій вказуються райони загибелі посівів та причини загибелі.

Приклад розрахунку очікуваних площ з різним станом озимих культур навесні наводиться в табл. 4.20.

Очікувані площі з поганим станом озимої пшениці визначаються за рис. 4.7 (а), а озимого жита – 4.8 (б). Обов'язково враховується розмір площі з поганим станом восени. Якщо райони з поганим станом посівів восени не співпадають з районами поганої перезимівлі, то очікувана площа озимих поганих посівів навесні визначається як сума площ з поганим станом восени та очікуваної площі з загибеллю посівів взимку. В дуже теплі зими, коли посіви взимку, особливо на півдні, продовжують зростання і розвиток, то із отриманої площі з поганим станом віднімається площа, на якій стан посівів покращився. В такі роки для підвищення справджуваності прогнозу виконують додаткове авіаційне обстеження посівів.

У тому ж випадку, коли площі з поганим станом восени та взимку співпадають, очікувана площа з поганим станом посівів навесні визначається як сума площ з поганим станом восени та площ, на яких озимі загинули взимку. Останні розраховуються тільки з врахуванням площ посівів у доброму та задовільному стані.

4.6.6 Метод прогнозу випрівання озимих культур

Дослідження В.О. Мойсейчик показали, що випрівання озимих культур спостерігаються за високого снігового покриву, малої глибини промерзання ґрунту, тривалого залягання снігового покриву на полях та мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння у межах від -5°C до $+5^{\circ}\text{C}$ [21].

Температура ґрунту на глибині вузла кущіння за товщини снігу більше 30 см та глибини промерзання ґрунту менше 50 см має дуже малу добову амплітуду та зовсім мало змінюється з часом. Тому період з снігом більше 30 см при глибині промерзання ґрунту менше 50 см розглядається як період проходження першої та другої фаз випрівання рослин. Третя фаза у польових умовах протікає в період танення снігу. Вона відбувається тільки за умови наявності перших двох фаз [31].

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

$$n = 17,54 - 1,128h \quad (4.24)$$

Таблиця 4.20 – Розрахунок очікуваної площі з різним станом озимих культур навесні (прогноз складається 21 лютого, уточнюється – 15 березня)

Територія	Загальна площа озимих на зерно, зелений корм і випас, тис. га на 25 грудня	Площа посіву								
		озиме жито		озимий ячмінь		Миронівська 808	Безоста 1	Інші сорти	Всього	
		тис. га	%	тис. га	%	тис. га			тис. га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Липецька	475,0	76,9	16,0	0	0	318,4	0	79,7	398,1	84,0

Територія	Площа озимих посівів на 20 листопада											
	добрих і відмінних				задовільних				поганих (втому числі і тих, що не зійшли)			
	жито		пшениця		жито		пшениця		жито		Пшениця	
	Тис. Га	%	тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%	Тис. га	%	тис. га	%
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Липецька	69,2	90	370,2	93	7,7	10	27,9	7	0	0	0	0

Територія	Середнє значення по області (району)				Кількість проб із зрідженістю більше 10 % рослин 23 лютого у озимих		
	мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння		зрідженість посівів до 23 лютого		Жита	Пшениці	Загальна (%)
			жита	пшениці			
	23		24	25	26	27	28
Липецька	-12,0		7	8	12,5	20	18,8

Продовження табл. 4.20.

1	2		3		4		5		6		7	
Територія	Очікуваний стан озимих посівів навесні											
	озимого жита						озимої пшениці					
	добрих і задовільних			поганих			добрих і задовільних			поганих		
	тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%	Тис. га	%	Тис. га	%
	29	30	31	32	33	34	35	36				
Липецька основний прогноз (21.02)	69,2	90	7,7	10	338,3	85	59,8	15				
уточнення (15.03)	72,0	94	4,9	6	313,3	78,8	84,8	21,2				

Територія	Очікуваний стан озимих посівів навесні						Площа поганих посівів (%) за період
	добрих і задовільних		Поганих				
			найбільш можлива площа		можливі границі		
	тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%	максимум-мінімум
Липецька основний прогноз (21.02)	407,5	85,8	67,5	14,2	25-110		86,0-0,3
уточнення (15.03)	385,7	81,2	89,3	18,8	55-120		86,0-0,3

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

$$P = 123n - 5,4 \quad (4.25)$$

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

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

$$U = 59,07 + 6,82t_3 + 0,22t_3^2 - 5,14K + 0,40K^2 \quad (4.26)$$

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

$$U = 7,039t_3 + 0,093t_3^2 - 27,514K + 4,796K^2 + 93,106 \quad (4.27)$$

Для зручності роботи була розрахована табл. 4.21.

При розрахунках випрівання необхідно знати не тільки зрідженість посівів, але і кількість стебел, які збереглися, тому що найчастіше врожайність культур зменшується внаслідок загибелі осінніх більш продуктивних стебел. Розрахунок кількості стебел, що збереглися, виконується за рівнянням (4.25) і починається в наступну декаду після встановлення на полі снігу висотою 30 см і більше.

Площа поля, на якій буде спостерігатись пошкодження або загибелі рослин та стебел внаслідок випрівання, прогнозується аналогічно площі вимерзання або по залежності площі (y % загальної площі) з снігом більше 30 см від середньої висоти снігу за снігозйомкою (рис. 4.8).

Таблиця 4.21 – Залежність зрідженості (%) озимого жита при випріванні від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см та кущистості посівів восени (К)

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

Приклад складання прогнозу випрівання озимих культур у табл. 4.22.

Як видно з табл. 4.22 зрідженість посівів озимої пшениці внаслідок випрівання становитиме 52 % на 100 % поля. В середньому збережеться 66 % стебел. Тому навесні посіви будуть у поганому стані і їх треба пересівати.

4.6.7 Метод прогнозу випрівання озимих культур на великих площах

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

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

$$S_g = 6,32t_3 + 0,29t_3^2 + 0,11n + 0,07n^2 + 30,93 \quad (4.28)$$

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

n – тривалість періоду з висотою снігу більше 30 см.

Для жита така залежність розраховану В.А. Шавкуною:

$$S_{ж} = 0,157t_3 + 0,090t_3^2 + 0,516S_{сл.р.} - 0,05S_{сл.р.}^2 - 3,381 \quad (4.29)$$

де t_3 – те ж, що і в (4.26),

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

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

Розрахунок площ з загиблими рослинами виконується 20 – 22 лютого, коли період із снігом більше 30 см ще не закінчився. Тому загальна його тривалість спочатку розраховується за окремими станціями, а потім розраховується її середнє значення по території. Тривалість періоду із снігом більше 30 см розраховується за рівнянням (4.24), або за рис. 4.9.

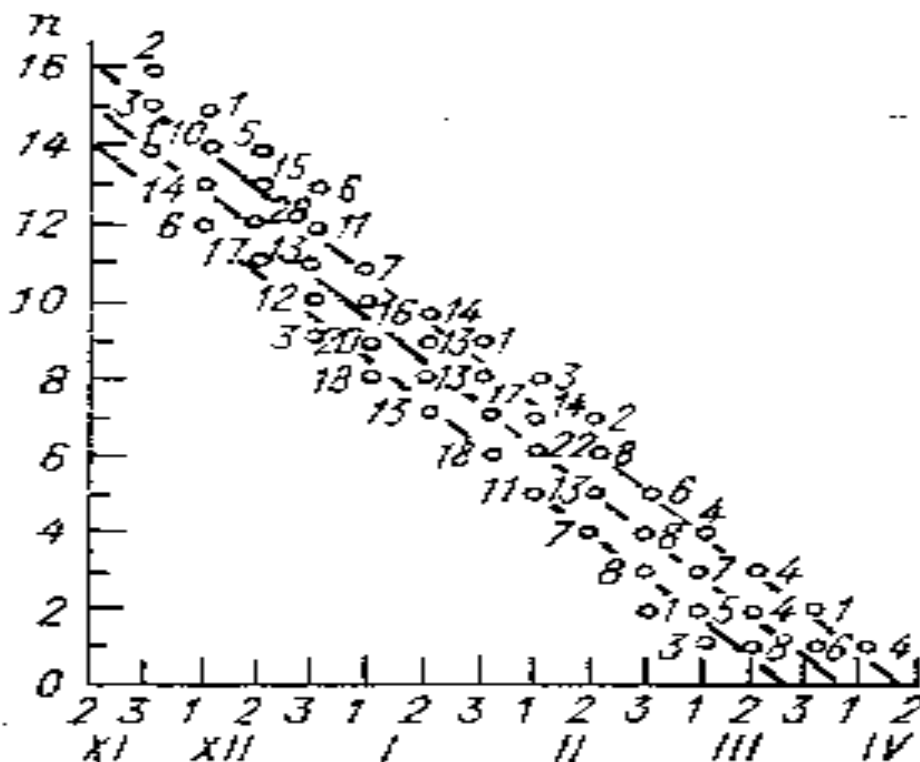


Рис. 4.9 – Залежність між тривалістю періоду з снігом більше 30 см та терміном його встановлення на полях

Прогноз площі з загиблими від випрівання посівами озимих культур розраховують за рівнянням (4.28) в роки з дуже високим снігом (максимальна висота за зиму більше 50 см) та тривалим його заляганням (більше 10 декад), коли становиться зрозумілим, що буде спостерігатись не тільки випрівання посівів, а і вимокання. В усі інші роки краще користуватись рівнянням (4.29) або рис. 4.9.

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

При складанні довгострокових прогнозів перезимівлі рослин необхідно враховувати головні елементи агрометеорологічних умов перезимівлі впродовж всього зимового періоду. Тоді не буде ускладнень при визначенні причин загибелі рослин.

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

для центральних областей

$$S_B = 0,51x + 3,04 \quad (4.30)$$

для північно-східних областей Росії

$$S_B = 0,271x + 5,6 \quad (4.31)$$

Приклад складання прогнозу випрівання озимих культур. Прогноз випрівання озимих культур складається двічі. Перший за допомогою розрахунків очікуваної зрідженості посівів та площі, на якій вона буде спостерігатись на конкретних полях, складається з великою завчасністю (в наступну декаду після встановлення снігу висотою більше 30 см). Уточнення прогнозу складається 22 лютого.

Необхідні чинники для складання прогнозу:

- дата встановлення снігу висотою 30 см і більше середня по області
- 3-я декада грудня;
- загальна посівна площа озимих на зерно на 20.XI – 591 тис.га;
- площа озимого жита – 157 тис.га (27 %); озимої пшениці – 434 тис.га (73 %);
- площа озимих восени до 20 листопада: хороших та задовільних – 552 тис.га (97 %); поганих – 39 тис.га (7 %);
- середня глибина промерзання ґрунту в першу декаду з снігом більше 30 см – 35см;

Розраховується:

- 1 – очікувана тривалість періоду з снігом більше 30 см в декадах. У нашому випадку це буде 11 декад;
- 2 – середнє значення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння – $-3,3^\circ \text{C}$;
- 3 – середня висота снігу на 20 лютого – 55 см;
- 4 – середня товщина льодової кірки – 1,4 см;
- 5 – очікуваний стан озимих навесні: хороші та задовільні посіви 534,8 тис.га (90,5%); погані посіви – 90,8 тис.га (15,4 %). Таким чином, загибель озимих культур становить в цілому від 60 до 120 тис.га.

Таблиця 4.22 – Прогноз стану озимої пшениці Миронівська 808 навесні. Куцистість К = 3, кількість стебел на один кв. метр 1000 штук.

Фактичні та очікувані значення елементів	Жовтень		Листопад			Грудень			Січень		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Мінімальна температура повітря, °С	-6,2	-5,7	-5,8	-15,6	-16,2	-10,8	-21,0	-14,0	-28,0	-37,0	-35,0
Мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см	0,1	1,0	0,0	-2,0	-2,0	0,0	-1,0	0,0	-1,0	-1,0	-1,0
Середня висота снігу за снігозйомку				8	15	13	35	42	48	50	60
Кількість промірів більше 30 см	0	0	0	0	0	0	80	98	100	100	100
Глибина промерзання ґрунту	0	0	4	14	20	19	17	15	14	15	17
Очікувана кількість декад з снігом вище 30 см	(за рівнянням 4.23)										
	0	0	0	0	0	0	12	11	10	9	8
Очікувана зрідженість посівів навесні	(за рівнянням 4.23)										
	0	0	0	0	0	0	47	53	47	47	47
Очікувана середня по полю зрідженість, %							38	52	52	52	52
Очікувана кількість збережених стебел (%)	100	100	100	100	100	100	58	64	69	74	80

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

4.7 Комплексний метод довгострокових прогнозів перезимівлі озимих культур на великих площах

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

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

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

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

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

Площа розповсюдження льодової кірки залежить від її середньої товщини. За чинник, який характеризує вплив льодової кірки на рослини, в прогностичному рівнянні застосовується середня товщина льодової кірки (рис. 4.10)

Стан озимих посівів після припинення вегетації оцінюється двома чинниками: площею з поганим станом посівів за наслідками авіаційного або маршрутного наземного обстеження (S_0) і середньою кущистістю посівів по області К. Площа з поганим станом восени визначається

вологозабезпеченістю посівів, особливо посіяних по непарових попередниках.

Куцистість озимих після припинення вегетації є побічним показником міри підготовленості рослин до зимівлі. Добре розвинені посіви мають більш високу зимостійкість, ніж слабкі або перерослі. Середня по області куцистість рослин характеризує забезпеченість рослин восени теплом та вологою, а також терміни сівби і розміри площ по чорних парах.

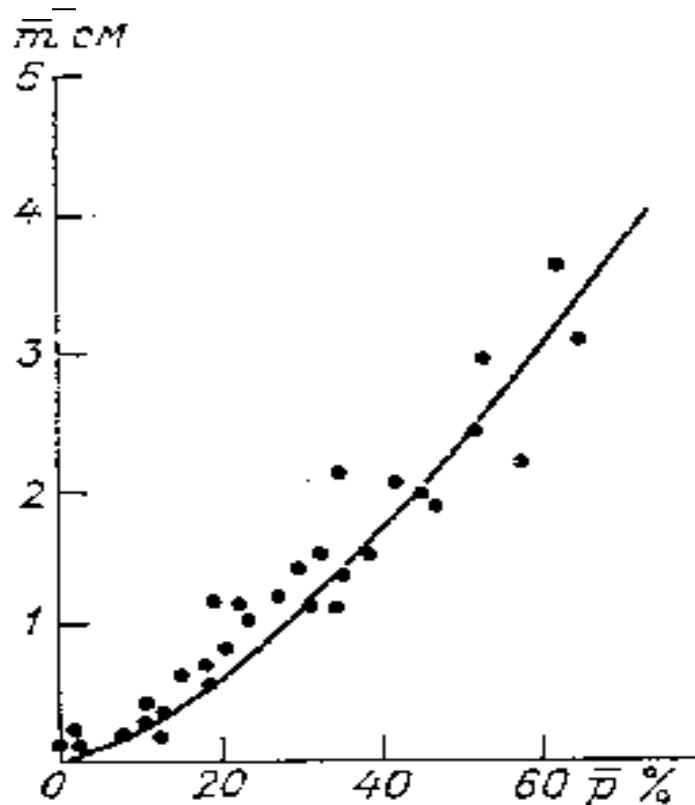


Рис. 4.10 – Зв'язок між середньою по області товщиною льодової кірки (m) та площею її розповсюдження на полях з озимими культурами (p).

В.О. Мойсейчик розрахувала прогностичні рівняння окремо для різних ґрунтово-кліматичних зон з врахуванням районованих сортів у цих зонах [25].

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

$$S_e = 0,989S_o - 0,691K - 0,189K^2 + 0,270t_3 + 0,196t_3^2 + 4,865m - 0,34 \quad (4.32)$$

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

S_o – площа з поганим станом посівів восени;

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

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

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

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

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

Для розрахунків очікуваної площі з загиблими посівами озимих культур в цілому внаслідок сильних та довготривалих морозів (коли середня по області мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння становить -15°C та нижче) і притертої льодової кірки використовується рівняння (4.33)

$$S_g = 0,11S_o - 0,132K - 0,59K^2 - 3,10t + 0,02t^2 + 5,45m - \\ - 0,07S_n + 0,002S_{n^2} - 14,50 \quad (4.33)$$

В цьому рівнянні також враховуються розміри площ з посівами озимої пшениці (у % від загальної посівної площі озимих) через те, що вона має меншу зимостійкість, ніж озиме жито (S_n). Інші позначки в рівнянні ті ж, що і у (4.32).

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

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

$$S_{в.п.} = 1,017S_o - 1,060t + 5,34m - 3,689 \quad (4.34)$$

У цьому рівнянні значення складових ті ж, що і у (4.32 та 4.33). Площа з поганим станом жита розраховується за рівнянням (4.27).

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

$$S_g = 0,643S_0 - 3,388K + 0,62K^2 + 0,262t_3 + 0,087t_3^2 + 0,613m + \\ + 0,150S_n - 0,002S_n^2 + 8,36 \quad (4.35)$$

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

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

Агрометеорологічні прогнози перезимівлі озимих культур комплексним методом складаються в роки, коли декілька несприятливих явищ впливають на перезимівлю озимих культур одночасно. Крім того, слід пам'ятати, що в південних районах взимку можливе відновлення вегетації і покращання стану озимих посівів. Тому площа з поганим станом посівів восени перед складанням прогнозу повинна бути уточнена.

4.8 Метод прогнозу випрівання багаторічних сіяних трав

Багаторічні сіяні трави внаслідок тривалого перебування під товстим шаром снігу випривають. Найчастіше це спостерігається у північних та північно-східних областях нечорноземної зони Росії. Інколи – у північних та північно-західних районах України (дуже рідко). Досить рідко явище випрівання сіяних трав спостерігається у центральних чорноземних областях.

Дослідженнями Г.І. Страшної встановлено, що площа пошкодження та загибелі багаторічних сіяних трав внаслідок випрівання в значній мірі залежить від середньої по області суми мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см до 20 лютого, середньої по області мінімальної температури ґрунту за зиму, середньої глибини промерзання ґрунту та кількості декад з товщиною снігу 20 см і більше (рис. 4.11).

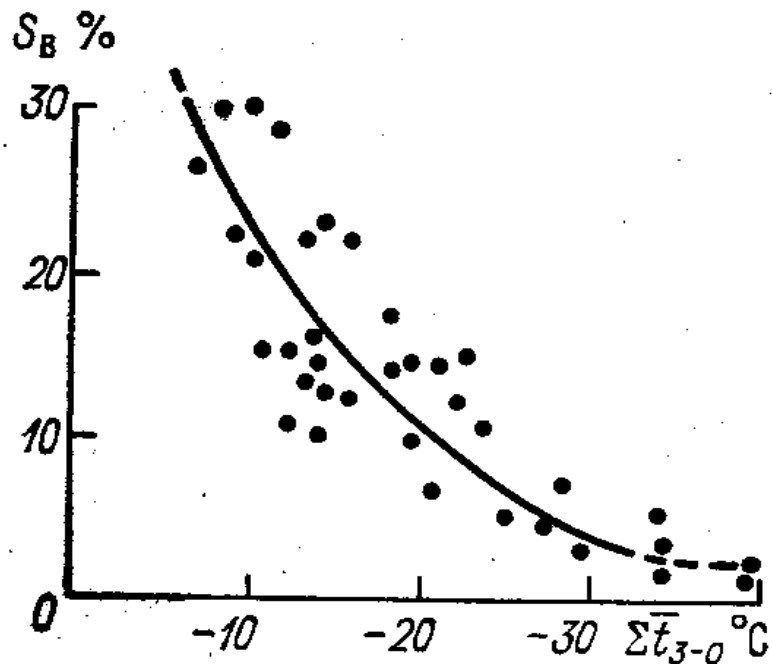


Рис. 4.11 – Залежність площі з загиблими травами (S_B) від середньої по області суми мінімальних за зимові декади температур ґрунту (Σt_3) на глибині 3 см на полях з озимими культурами до 20 лютого при випріванні посівів.

В цілому очікувані по області площі з поганим станом трав (S_B) навесні внаслідок випрівання розраховуються також за рівнянням:

$$S_B = 0,024\Sigma t_3 + 1,781\Sigma t_3^2 + 38,62 = 0,79; \quad (4.36)$$

$$P_{S_B} = 7\%; \quad n = 34$$

де t_3 – середня по області сума мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см за зимові декади до 20 лютого, °С;

Межі застосування рівняння: за сумою температур від -5 до -35 °С за абсолютного мінімуму температури ґрунту до 20 лютого вище -7 °С та товщини снігу 20 см і більше і тривалості його залягання більше 5 декад.

Відомо, що при несприятливих умовах найбільше пошкоджується конюшина. Г.І. Страшною розроблена шкала оцінок умов перезимівлі конюшини в теплі багатосніжні зими (табл. 4.23).

І.І. Яшкіна [35] пропонує очікувану зрідженість конюшини першого року життя (Y) розраховувати за рівнянням:

$$Y = 9,47t + 5,22K + 84,9 \quad (4.37)$$

де t_3 – середня мінімальна температура ґрунту на глибині залягання

K – коефіцієнт кущистості рослин після припинення вегетації.

Таблиця 4.23 – Оцінка умов перезимівлі конюшини при випріванні в центральних областях ЄЧ СНД

Сума мінімальних за зимові декади температур ґрунту на глибині 3 см, °С	Тривалість залягання снігового покриву висотою ≥ 20 см, декади	Зрідженість посівів, %	Умови
-40 і нижче	<5	5 – 10	Добрі
-30...-10	6 – 11	11 – 39	Задовільні
Вище -10	12 – 15	40 – 60	Погані

Прогноз стану сіяних трав на весну складається 20 – 25 лютого. Він може уточнюватись. Для уточнення площ загибелі трав використовуються відомості про відрощування зразків. Відрощування зразків для уточнення прогнозу виконується не менше ніж на 8 станціях. При уточненні використовується рівняння:

$$S_g = 1,08x + 3,10 \quad (4.38)$$

де x – процент зразків із зрідженістю рослин в них більше 20 % за даними лютневого відрощування.

Прогнози перезимівлі надаються споживачам у вигляді короткого тексту, в якому наводиться характеристика особливостей агрометеорологічних умов зимівлі посівів. Звертається увага на умови, що склалися після 20 лютого до 15 березня. До тексту надається таблиця з розрахунками.

4.9 Оцінка агрометеорологічних умов у районах затоплення рослин ранньою весною

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

Встановлено, що затоплення рослин водою восени та взимку менш небезпечне, ніж навесні, коли рослини ослаблені вийшли з зимового покою. При затопленні рослин на неповну їх висоту (верхня частина знаходиться над водою) зрідженість посівів буде менше, та вона значно

зростає при повному затопленні рослин, а також із збільшенням тривалості періоду застою води та підвищенням її температури.

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

$$U = 3,50n + 5,20t_v - 22,62 \quad (4.39)$$

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

За рівнянням (4.39) розраховується зрідженість посівів з першого дня затоплення. Якщо фактичні спостереження за затопленням відсутні, то початок періоду затоплення (y) розраховується за датою стійкого переходу температури повітря через 0° С навесні (x) за рівнянням:

$$U = 0,97x + 5,5 \quad (4.40)$$

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

$$U = 0,88x + 10,4 \quad (4.41)$$

Рівняння використовується, якщо глибина промерзання ґрунту становить не менше 30 см і не більше 80 см. При підрахунках в рівняннях (4.40 та 4.41) підставляється кількість днів від першого січня.

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

$$T_g = 0,80T - 0,24 \quad (4.42)$$

де T – середня температура повітря за період затоплення рослин, °С.

Крім зазначених вище факторів, на кількість загиблих від вимокання рослин також впливають міра зволоження ґрунту восени перед початком зими та кількість опадів за зиму. За поганого зволоження ґрунту восени та малої кількості опадів взимку талі води швидко проникають в нижні шари ґрунту і застою води не спостерігається. Встановлено, що вимокання посівів практично не спостерігається, якщо за зиму випало менше 230 мм опадів. Тому кількісна оцінка агрометеорологічних умов, що викликають пошкодження від вимокання, виконується лише у тому випадку, коли з 1 вересня до переходу температури повітря через 0° С навесні випало більше 230 мм опадів.

Площа з загиблими від вимокання рослинами (S_B) розраховується за даними зрідженості посівів(u) від вимокання за рівнянням:

$$S_B = 0,37u + 0,04 \quad (4.43)$$

Таким чином, за даними метеорологічних елементів визначається не тільки зрідженість посівів, а і площа із цією зрідженістю. Повна загибель від вимокання явище досить рідкісне. Але врожайність посівів, пошкоджених від вимокання, значно менше врожайності здорових рослин.

4.10 Прогноз площ озимих культур різної зрідженості в Україні

Повторність років з несприятливими умовами перезимівлі в різних регіонах України становить 5 – 10 %. В такі роки зменшення врожаю становить від 0,5 до 1 т/га. Тому прогнози зрідженості посівів дають змогу господарствам завчасно підготуватись до підсіву та пересіву озимих культур. У попередніх розділах розглядалися методи прогнозів загибелі озимих культур від різних причин.

В Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті (УкрНДГМІ) запропоновано метод прогнозу весняної зрідженості посівів озимих культур та розрахунок її розподілу по території, що дозволяє за півтора-два місяці до відновлення вегетації визначити очікувану середню зрідженість посівів по області або району, розрахувати частку полів в області з найменшою, середньою та найбільшою зрідженістю, підготувати рекомендації про площі підсіву та пересіву озимих культур.

Для складання прогнозу використовуються відомості про куцистість культур та зрідженість посівів, восени визначених за допомогою аеровізуального обстеження.

4.10.1 Метод прогнозу весняної зрідженості посівів озимих культур на великих площах в Україні

Головними показниками стану озимих культур після відновлення вегетації навесні є фази розвитку рослин та зрідженість посівів. Фази розвитку рослин навесні майже не відрізняються від фаз розвитку культур восени перед припиненням вегетації. Стан культур перед припиненням вегетації визначається за допомогою авіаобстежень.

Зрідженість посівів внаслідок впливу несприятливих умов під час перезимівлі змінюється дуже в широких межах. Тому й виникає необхідність у завчасних її розрахунках. А.А. Бердник та В.П. Дмитренко [37] запропонували метод прогнозу зрідженості посівів взимку в

залежності від зрідженості посівів восени (I_0) та від впливу на рослини температури ґрунту на глибині вузла кущіння.

Модель очікуваної навесні зрідженості на території області має вигляд:

$$I_6 = I_0 + \Phi(p) \quad (4.44)$$

де $\Phi(p)$ – зміна зрідженості за зиму внаслідок впливу несприятливих умов.

В рівнянні I_0 – це зрідженість посівів восени за півтори-два тижні до припинення вегетації. А функція $\Phi(p)$ – характеризує роль мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння взимку. Вона розраховується за формулою:

$$\Phi(p) = 0,33t_3 + 3,54t_3^2 + 16,40 \quad (4.45)$$

де t – середня по області абсолютна мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см, °С.

Точність розрахунків весняної зрідженості залежить від достовірності значень осінньої зрідженості, мінімальної температури ґрунту та кущистості рослин. Крім того, також необхідна інформація про загальні площі посіву озимих культур.

Отримання достовірних даних про зрідженість посівів восени та кущистість рослин можливе тільки при дотриманні обстеження необхідного мінімуму полів, що встановлюється в залежності від площі посіву. Для цього використовується табл. 4.24.

Таблиця. 4.24 – Необхідний мінімум обстеження полів в окремій області при аеровізуальних обстеженнях на території України

Зона	Середня площа поля	Площа посіву в цьому році, тис. га						
		101-200	201-300	301-400	401-500	501-600	601-700	>700
Лісна і передгірна	50-100	85	145	200	260	315	375	430
Лісостепова	80-130	60	105	145	185	225	265	305
Степова	100-150	55	95	125	170	210	250	280

Необхідна кількість пунктів спостережень для отримання середньої по області абсолютної мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння (3 см) визначається в залежності від розмірів території області або району. В.О. Мойсейчик встановлено, що для території розмірами до

40000 км² мінімальна кількість пунктів спостережень за температурою ґрунту з помилкою в 0,5 та 1,0° С відповідно складає 9.

Очікувана навесні зрідженість посівів визначається за допомогою запропонованої моделі (4.42). Для прискорення розрахунків авторами методу запропонована табл. 4.25.

Таблиця 4.25 – Зміни зрідженості за зиму $\Phi(\rho)$ в залежності від абсолютної мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння

Температура ґрунту, °С	1	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9
$\Phi(\rho)$ %	21	16	13	10	8	6	5	5	6	7	9
Температура ґрунту, °С	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17	-18	-19	-20
$\Phi(\rho)$ %	11	14	18	22	27	33	39	47	54	63	70

Прогноз складається у другій половині лютого, необхідні для розрахунків матеріали спостережень для складання прогнозу заносяться в робочу табл. 4.26.

Таблиця 4.26 – Початкові дані для розрахунку очікуваної весняної зрідженості озимих зернових культур на 2000-2001 рр.

Область	Площа області, тис. га	Посівна площа тис. га	Необхідне число обстежених полів	Фаза розвитку, кущистість осіння	Зрідженість осіння, %	Необхідна кількість спостережень для визначення середньої температури ґрунту	Абсолютна мінімальна температура ґрунту, °С
Дніпропетровська	31,9	588,4	210	Кушіння 2 пагони	13	9	-15,0

Для виконання розрахунків необхідно:

- 1) Розміри території області (в тис. км²);
- 2) розміри посівної площі озимих культур (тис.га), що виписуються в обласному управлінні сільського господарства;

3) дані про осіннє зрідження та кущистість озимих культур отримують з аеровізуального обстеження полів, яке проводиться за півтора-два тижні до припинення вегетації. Після аеровізуального обстеження середні по області показники стану посівів (кущистість K_0 та зрідженість I_0) розраховуються за формулами:

$$K_0 = \frac{\sum_i n_i K_i}{\sum_i n_i} \quad (4.46)$$

$$I_0 = \frac{\sum_i n_i I_i}{\sum_i n_i} \quad (4.47)$$

де n – кількість полів зі зрідженістю I_j або кущистістю K_j ;
 n_j – загальна кількість обстежених полів.

Необхідна кількість пунктів для визначення середньої із мінімальних температур ґрунту визначається за допомогою табл. 4.23. Всі визначені величини підставляються у формулу 4.44 та розраховується очікувана зрідженість посівів за зиму. Загальна зрідженість посіву навесні визначається шляхом підсумку осінньої зрідженості та зрідженості за зиму.

Приклад. Розрахувати зрідженість посівів озимих культур навесні у Дніпропетровській області. Площа області 31,9 тис.км²., площа посіву озимих 588,4 тис.га. Зрідженість посівів восени $I_0=13$ %, фаза розвитку озимих – кущіння, 2 пагони. Визначається кількість необхідних для обстеження полів за даними табл. 19, вона становить – 210. Розраховується середня із мінімальних температур ґрунту на глибині вузла кущіння, вона становить у нашому прикладі -15 °С. Визначена за формулою (4.47) зрідженість за зиму буде 33 % ($\Phi(p) = 0,33 \times (-15) + 3,54 \times (-15) + 16,40 = 33$ %). Зрідженість посівів навесні становитиме 46 %, тобто 13 % + 33 %.

4.10.2 Метод розрахунку площі озимих культур з різною зрідженістю

Середнє значення зрідженості посівів озимих культур навесні не завжди дає справжню уяву про стан озимини. Для визначення площ підсіву та пересіву середніх значень зрідженості замало тому, що за середньої зрідженості посівів 20 – 30 % на території області зустрічаються поля зі

зрідженістю від 10 до 50 %. Повну уяву про стан посівів отримують тільки за допомогою відомостей про розподіл площ з різною зрідженістю.

А.А Бердником розроблено метод розрахунку площ з різною мірою зрідженості за середньою її величиною. Метод оснований на закономірностях зміни весняної зрідженості з визначенням вибірки полів. Ці закономірності відображуються за допомогою системи імперичних кривих розподілу, яку можна виразити через математичну модель:

$$P_i = \frac{100}{1 - I_i^a e^{\epsilon I_i}} \quad (4.48)$$

де $j = 1, 2, \dots, 10$ – порядковий номер інтервалів розрахунку, що відповідає зрідженості більше 0, більше 10, 20, 30, ..., 90 %;

P_i - сумарна доля полів зі зрідженістю, що більше I , %;

I_j – середня в інтервалі j зрідженість в частках одиниці;

$I_j =$ від 0,05 до 0,95;

a та ϵ – параметри моделі, які мають тісний зв'язок з середньою по області зрідженістю навесні (I_B) та розраховуються за формулами:

$$a = 1,29 + 0,95I_B - 0,24 \sin(13,64I_B + 1,42) \quad (4.49)$$

$$\epsilon = 32,01 e^{-5,57I_B} \quad (4.50)$$

Весняна зрідженість I_B у формулах (4.49 та 4.50) представлена у частках одиниці.

Площа посівів озимих культур S_i зі зрідженістю, що більша I , розраховується за формулою:

$$S_i = 0,01 P_i S \quad (4.51)$$

де P_i – величина, розрахована за моделлю (4,48), %;

S – площа посівів озимих зернових культур в області, тис.га.

Якщо у формулу (4.51) ввести розраховані для всіх інтервалів значення P_i , то отримаємо розподіл площ озимих культур з різною зрідженістю.

Невідомим параметром при розрахунках за формулами (4.49) та (4.50) буде весняна зрідженість посівів (I_B). Тому розподіл площ з різною зрідженістю (%) визначається за розрахованим значенням весняної зрідженості за формулою (4.43). Також для цієї мети розрахована табл. 4.27.

Таблиця 4.27 – Сумарна доля (%) полів з зрідженістю, більше *I*, за середньої весняної зрідженості

Середня весіння зрідженість, %	Зрідженість <i>I</i> , %									
	>0	>10	>20	>30	>40	>50	>60	>70	>80	>90
10	100	43	6	1	0	0	0	0	0	0
12	100	54	10	1	0	0	0	0	0	0
14	100	64	16	3	0	0	0	0	0	0
16	100	73	24	5	1	0	0	0	0	0
18	100	79	34	8	1	0	0	0	0	0
20	100	83	43	13	3	1	0	0	0	0
22	100	87	51	19	6	2	0	0	0	0
24	100	89	58	25	9	3	1	0	0	0
26	100	90	64	32	12	4	2	1	0	0
28	100	91	68	38	17	7	3	1	0	0
30	100	92	71	43	22	9	4	2	1	0
32	100	92	74	48	26	13	6	3	1	1
34	100	92	75	52	30	16	8	4	2	1
36	100	92	76	55	34	20	11	6	3	2
38	100	92	77	58	38	24	14	8	5	3
40	100	92	78	60	42	27	17	11	6	4
42	100	92	79	62	45	31	21	13	9	5
44	100	92	80	65	49	35	24	16	11	7
46	100	92	81	67	52	39	28	19	14	9
48	100	93	82	69	55	42	31	23	16	12
50	100	93	84	72	59	46	35	26	19	14
52	100	94	85	74	62	50	39	30	22	17
54	100	95	87	77	65	53	42	33	26	20
56	100	96	89	79	68	57	46	36	29	22
58	100	96	90	81	71	60	49	40	32	25
60	100	97	91	83	73	63	52	43	34	27
62	100	97	92	85	76	65	55	45	37	30
64	100	98	93	86	78	68	57	48	39	32
66	100	98	94	87	79	70	60	50	42	34
68	100	98	94	88	80	71	61	52	44	36
70	100	98	95	89	81	72	63	54	45	38

Таблиця 4.28 – Розподіл площ посівів озимих культур з різною зрідженістю у Дніпропетровській області

Область	Фенологічний склад (пагони)	Очікувана середня весняна зрідженість, %	Зрідженість, %									
			≥0	>10	>20	>30	>40	>50	>60	>70	>80	>90
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Дніпропетр овська	Неоднорідний (3-й листок - початок кущіння)	46	Частина площі посівів									
			100	92	81	67	52	39	29	19	14	9
			Площа посівів, тис. га									
			588	541	477	394	306	230	171	112	82	53

Приклад. Розрахувати розподіл площ з різним станом озимини навесні по Дніпропетровській області. У попередньому прикладі зрідженість посівів навесні по Дніпропетровській області становитиме 46 %. За допомогою табл. 4.24 розраховується відповідний цьому значенню зрідженості розподіл площ з різною мірою зрідженості (%) та складається відповідна табл. 4.25.

Після розрахунків процентів площ з різною зрідженістю розраховуються площі у га за формулою (4.51). Так, зрідженість більше 50 % склала по області 39 %, тоді

$$S \text{ більше } 50 \% = 0,01 \cdot 39 \cdot 588,4 = 230 \text{ тис.га}$$

Такі ж розрахунки виконуються для інших градацій зрідженості. Розрахований розподіл площ з різною зрідженістю використовується для складання рекомендацій щодо підсіву та пересіву озимих культур, а також може бути врахований при складанні прогнозів очікуваних врожаїв цих культур.

5. Довгострокові прогнози врожаїв озимих зернових культур

5.1 Мінливість врожаїв зернових культур

Ефективне управління сільськогосподарським виробництвом неможливе без прогнозування ходу чинників, від яких залежить його діяльність. Прогнозування фаз розвитку сільськогосподарських культур, оцінка їх стану, очікуваний врожай, вологозабезпеченість культур, пошкодження несприятливими метеорологічними умовами та ін. дає можливість створити науково обґрунтовану базу для планування і забезпечує маневрування управління розвитком сільськогосподарського виробництва.

У сільськогосподарському виробництві найбільш впливовими на розвиток та врожай культур є метеорологічні умови. Вони в значній мірі обумовлюють продуктивність усіх сільськогосподарських культур, у тому числі і зернових.

Ярі зернові культури за величиною посівних площ на території СНД посідають перше місце. Це – яра пшениця, ярий ячмінь, овес, кукурудза, гречка, просо, рис та ін. 90 % посівної площі ярих культур розташовано у Поволжі, на Південному Уралі, в Західному Сибіру, Казахстані, на Україні та Молдові, а також в нечорноземних областях Росії. Найбільше поширені посіви ранніх ярих культур у районах з родючими чорноземними та каштановими ґрунтами, але з різко континентальним кліматом, з великою повторністю посух та суховіїв.

Недостатнє та нестійке зволоження є головною причиною значних коливань врожайності щорічно. Вивченню динаміки врожаїв, виявленню основних агрометеорологічних факторів і показників стану рослин, а також створенню методів прогнозів врожайності ярих культур присвячені роботи І.В. Свісюка, В.П. Дмитренка, А.М. Польового, М.І. Гойси В.М. Пасова, М.С. Кулика, К.В. Кирилічевої, А.В. Процорова та багатьох інших авторів [27, 37, 38, 46, 47, 48, 50].

Дослідженнями встановлено, що продуктивність зернових культур коливається синхронно з коливаннями агрометеорологічних умов вирощування.

В основних районах вирощування врожайність зернових культур має тенденцію (тренд) до зростання з часом, але темпи зростання різні у різних культур та в різних регіонах. На фоні загального зростання врожайності спостерігаються її щорічні коливання як у бік зростання, так і у бік зменшення.

Причинами, що обумовлюють зростання врожайності з часом є підвищення культури землеробства, виведення нових сортів та ін. Рівень культури землеробства залежить від цілого ряду факторів: особливостей системи землеробства, засобів обробки ґрунту, міри використання добрив,

засобів боротьби з шкідниками та хворобами, відповідності сортів агрокліматичним ресурсам території, енергозабезпеченості виробництва та меліорації клімату. Перелічені фактори визначають загальний рівень врожайності, тобто формують тренд. Щорічні відхилення врожайності від тренду обумовлюються погодними умовами кожного конкретного року.

Таким чином, велика кількість факторів, що впливають на врожай, поділяються на два великих класи: 1 – фактори, що обумовлюють рівень культури землеробства; 2 – метеорологічні фактори.

Врахувати міру впливу культури землеробства на величину врожаю досить складно. Передбачається, що вплив рівня культури землеробства викликає плавну мінливість врожайів, та що ця мінливість підлягає цілком визначеному закону. Це дозволяє апроксимувати зміну врожайності з часом будь-якою формою залежності (пряма, парабола і ін.). Питання вибору виду кривої тренду досліджувались в роботах А. Маннеля, В.М. Обухова, В.М. Пасова, І.В. Свісюка та ін. [61, 72, 78].

Ці дослідження дозволяють дійти до висновку, що зміна врожайності за рахунок не метеорологічних факторів у першому наближенні може бути представлена у вигляді прямої або параболи другого порядку [45].

Зміна метеорологічної складової врожайності знаходиться у тісному зв'язку зі зміною метеорологічних факторів. Таким чином, динаміку врожайності тої чи іншої культури можна розглядати як наслідок зміни культури землеробства, на фоні якого відбуваються випадкові відхилення, обумовлені особливостями погоди у різних кліматичних зонах.

У такому випадку загальна дисперсія врожайності σ^2 розглядається як сума двох складових: перша характеризує вклад динаміки культури землеробства σ_a^2 , а друга – мінливість погоди σ_m^2 .

$$\sigma^2 = \sigma_a^2 + \sigma_m^2 \quad (5.1)$$

$$\sigma_m^2 = \sigma^2 - \sigma_a^2 \quad (5.2)$$

Розрахунок величини σ^2 виконується за формулою:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1} \quad (5.3)$$

$$\sigma_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad (5.4)$$

$$\sigma_m^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1} \quad (5.5)$$

де y_i – це врожайність конкретного року;

\bar{y} – середня багаторічна врожайність;

\hat{y}_i – динамічна середня величина (врожайність по тренду у конкретному році);

n – кількість років.

Для оцінки мінливості врожайності використовується значення коефіцієнту варіації C_{σ} ;

$$C_{\sigma} = \sigma / \bar{y} \quad (5.6)$$

Мінливість, що обумовлена погодою (C_m), визначається через σ_m :

$$C_m = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (5.7)$$

Значення $C_{\sigma,m}$ по території дає можливість провести дослідження мінливості врожайності по території, визначити райони однотипної для вирощування культур погоди, визначити специфіку погоди окремих районів, а також визначити райони сприятливих та несприятливих умов для вирощування культур як у багаторічному розрізі, так і в окремі роки. При цьому важливого значення набувають питання прогнозу величин врожайності культур. Оскільки знання очікуваного врожаю дає змогу виділити зони економічно вигідних посівних площ під будь-якою культурою і навпаки, цінність прогнозів зростає із зростанням їх завчасності

В сучасному прогнозуванні врожаїв виділяється два шляхи: перший – це екстраполяція тих тенденцій, що складаються в динаміці врожайності у попередній рік. При цьому умовно приймається, що рівень врожайності з часом змінюється за цілком визначеним законом. Другий шлях – це розрахунок тенденції зміни рівня врожайності і врахування динаміки

факторів, від яких залежить врожайність. У цьому випадку є можливість отримати багатофакторні залежності, які дозволяють розраховувати очікувану величину врожайності у кожному конкретному році досліджуваного ряду.

Прогнози врожаїв сільськогосподарських культур можуть передбачати оцінку очікуваного врожаю в окремих господарствах, в середньому по області, краю, економічному району.

При розробці методів прогнозів врожаїв сільськогосподарських культур автори повинні враховувати дві проблеми: 1 – завчасність прогнозу; 2 – точність прогнозу.

Для збільшення терміну завчасності прогнозу використовуються значення інерційних факторів та методики складання прогнозів до початку сівби.

Для збільшення точності і надійності прогнозів використовуються спостереження за станом посівів впродовж вегетаційного періоду. В останній час зростає необхідність агрокліматичних прогнозів, які дали б змогу оцінити імовірність отримання врожаїв вище чи нижче визначених рівнів впродовж тривалого періоду (більше 10 років). Такі прогнози будуть корисні для складання планів виробництва зерна.

5.2 Довгострокові прогнози врожаїв озимої пшениці

Озимі культури займають друге місце за розміром посівних площ. При цьому озима пшениця серед озимих посідає перше місце. Головні посівні площі озимини знаходяться у районах з родючими чорноземними ґрунтами, багатими речовинами харчування. Світла та тепла також достатньо для повного досягання хлібів. Але тут спостерігаються значні зміни врожайності щорічно, причинами яких є недостатнє та нестійке зволоження ґрунтів. Тому прогнози врожайності озимини мають велике значення.

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

5.2.1 Метод прогнозу врожаїв озимої пшениці для території України (метод В.П. Дмитренка)

Прогноз врожаю озимої пшениці за методом В.П.Дмитренка складається після відновлення вегетації (березень, квітень) та в період колосіння (травень, червень). Метод прогнозу розроблено В.П. Дмитренком [45] на основі моделі у вигляді:

$$y = y_1 (1 - U) f(k) S(T, W, R)_{III-VIII} + \Delta \quad (5.8)$$

де y – очікуваний врожай озимої пшениці, ц/га;

y_1 – щорічний статистичний максимум врожаю, ц/га;

U – показник зрідження посівів;

$f(k)$ – функція кущистості;

$S(T, W, R)$ – сумарний коефіцієнт продуктивності, розрахований за гідрометеорологічними показниками весняно – літнього періоду;

Δ – помилка розрахунків через невраховані фактори.

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

$$y_1 = y_c + At \quad (5.9)$$

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 рядку.

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

$$U = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0} \quad (5.10)$$

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

Кущистість визначається з формули:

$$f(k) = 1 - \left(\frac{K - K_0}{K_0} \right)^2 \quad (5.11)$$

де K – фактична кущистість навесні після відновлення вегетації;

K_0 – найбільша кущистість рослин навесні для даної території.

В зв'язку з тим, що сортовий набір посівів неоднаковий, необхідно також визначати середню вагову найбільшу кущистість:

$$K_0 = \frac{\sum K_{oi} S_i}{\sum S_i} \quad (5.12)$$

де K_{oi} – найбільша весняна кущистість даного сорту;

S_i – площа його посівів у відсотках або гектарах.

Найбільша кущистість різних сортів озимої пшениці спостерігається в межах 2,9 (Аврора) до 5,0 (Миронівська 808). Для спрощення розрахунків побудована таблиця (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – 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:

$$S(T, W, R)_{III-VIII} = \eta(W) a_3 + \sum \eta_i(T) \eta_i(R) a_i \quad (5.13)$$

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

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

Коефіцієнт продуктивності по температурі розраховується з формули:

$$\eta_i(T) = \frac{y_i(T)}{y_i(T_0)} = \left[e^{a \left(\frac{T - T_0}{10} \right)^2} \right] \quad (5.14)$$

де $\eta_i(T)$ – числовий відносний вираз приросту продукції при температурі T_k до найбільш можливого $y_i(T_0)$ при оптимальній температурі T_0 .

Вплив опадів на формування врожаю озимої пшениці визначається з формули:

$$\eta_i(R) = \frac{y_i(R)}{y_i(R_0)} = \left[\left(1 + \frac{R - R_0}{R_0 - R_{\min}} \right)^{a_1} \left(1 - \frac{R - R_0}{R_{\max} - R_0} \right)^{a_2} \right]_i \quad (5.15)$$

де $\eta_i(R)$ – числовий відносний вираз приросту продукції $y_i(R)$ в i -тий період вегетації при сумі опадів R до найбільш можливого $\eta_i(R_0)$ при найбільш сприятливій сумі опадів R_0 ;

R_{\min} , R_{\max} – відповідно найменша та найбільша сума опадів в кожному період вегетаційного циклу;

a_1 , a_2 – параметри.

Для розрахунку коефіцієнтів продуктивності щодо температури повітря та опадів відповідні дані наведені у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Параметри розрахунку коефіцієнтів продуктивності по температурі і опадах в період вегетації озимої пшениці

Місяць	T_0 , °C	Параметри до рівня 5.14		R_0 , мм	R_{\max} , мм	Параметри до рівня 5.15		а
		$T \leq T_0$	$T > T_0$			a_1	a_2	
VII – VIII	18	-1	-2	130	526	1/3	1	0.07
IX – X	13	-1	-2	170	411	1/3	1/2	0.07
XI	5	-1	-2	120	243	1/2	1/2	0.05
XII – II	-0.5	-1	-2	160	552	1/2	1	0.29
III – V	8	-1	-2	170	709	1/3	1	0.36
VI	17	-1	-2	17	224	0	2	0.09
VII	22	-1	-2	10	224	0	2	0.07

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:

$$\eta(W) = \frac{y(W)}{y(W_0)} = 1 - \left(\frac{W - W_0}{W_0} \right)^2 \quad (5.16)$$

де $\eta (W)$ – числовий коефіцієнт відносного приросту продукції у (W) при запасах вологи (W) навесні до найбільш можливого у (W) при найбільш сприятливих 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. 5.3.

Таблиця 5.3 – 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

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 отримується 0,48.

У період березень-травень температура повітря становила $8,6^{\circ}\text{C}$, 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

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

5.2.2 Метод прогнозу врожаїв озимої пшениці у головних 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 наступу фази колосіння.

Є.С. Улановою розроблені кількісні прогностичні залежності врожаїв озимої пшениці від головних інерційних факторів: густоти рослин, запасів продуктивної вологи у різні періоди розвитку та таких агрометеорологічних показників як середня температура повітря після виходу у трубку, висота рослин на різні фази розвитку, суми опадів також за різні періоди розвитку озимої пшениці. Ці прогностичні залежності дозволяють розраховувати очікуваний врожай з різною завчасністю без використання синоптичного прогнозу погоди, який майже завжди зменшує справджуваність розрахованих величин.

Головними факторами, що обумовлюють величину очікуваного врожаю, є густота стебел на один метр квадратний, висота рослин на дату колосіння, запаси продуктивної вологи на декаду весняного обстеження, виходу у трубку та колосіння, тривалість періодів від відновлення вегетації до виходу у трубку та від виходу у трубку до колосіння, кількість колосків у колосі.

Прогноз врожаю озимої пшениці для окремих полів

З тримісячною завчасністю очікуваний врожай Є.С. Уланова [42] пропонує розраховувати за рівнянням:

$$y = 0,59W + 0,024m - 2,97 \quad (5.17)$$

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

m – кількість стебел озимої на 1 м².

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

$$y = -12,8 + 0,29W - 10^{-3}W^2 + 0,04m - 10^{-5}m^2 - 0,72t + 0,03t^2 \quad (5.18)$$

де y – врожайність озимої пшениці, ц/га;

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

m – кількість стебел на 1 м² в фазу виходу у трубку;

t – середня температура повітря за період від відновлення вегетації до виходу у трубку, °С.

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

$$y = -49,67 + 0,32W - 10^{-3}W^2 + 0,04m_k - 2 \cdot 10^{-5}m_k^2 + 0,14h_k + 6 \cdot 10^{-4}h^2 + 0,54n - 4 \cdot 10^{-3}n^2 + 0,06E - 2 \cdot 10^{-4}E^2 \quad (5.19)$$

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

m_k – кількість колосоносних стебел на дату колосіння;

h_k – висота рослин озимої пшениці на колосіння;

n – тривалість періоду відновлення вегетації – колосіння;

E – сумарне випарування за цей же час, мм.

Слід зауважити, що в агрометеорології при розрахунках статистичних рівнянь для прогнозів врожаїв досить важко визначити в рівняннях зовсім незалежні один від одного фактори.

Це виникає через те, що головні фактори, які впливають на урожай, залежать від великого комплексу агрометеорологічних умов.

5.2.3 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:

$$y = -21,14 + 0,31W - 7 \cdot 10^{-4}W^2 + 0,023m_{\text{в}} - 8 \cdot 10^{-6}m_{\text{в}}^2 \quad (5.20)$$

Для центральних чорноземних областей, Середнього та Нижнього Поволжя:

$$y = -21,12 + 0,33W - 8 \cdot 10^{-4}W^2 + 0,023m_{\text{в}} - 8 \cdot 10^{-6}m_{\text{в}}^2 \quad (5.21)$$

де W – середні по області запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту в декаду весняного обстеження посівів;

$m_{\text{в}}$ – середня по області кількість стебел озимої пшениці в декаду весняного обстеження.

Рівняння застосовуються при запасах продуктивної вологи від 60 до 280 мм та кількості стебел від 100 до 2000 на 1 м² в декаду весняного обстеження.

Очікуваний врожай озимої пшениці з 3-и місячною завчасністю можна розрахувати також за результатами авіапостережень за станом посівів навесні та запасами продуктивної вологи. В роки з високими врожайми (більше 30 ц/га) більш ніж на 70 % площі переважають посіви озимої пшениці в хорошому та відмінному стані; в роки з низькими врожайми – 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

$$y = -2,8 + 0,13W + 0,12S_5 + 0,3S_3 \quad (5.22)$$

для центральних чорноземних областей, Середнього та Нижнього Поволжя

$$y = -4,39 + 0,07W + 0,18S_5 + 0,12S_3 \quad (5.23)$$

де y – очікуваний середній по області врожай озимої пшениці;

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

S_5 – відсоток поля у хорошому та відмінному стані озимої пшениці навесні;

S_3 – відсоток поля у задовільному стані озимої пшениці на той же час.

З двомісячною завчасністю у фазу виходу у трубку здійснюється перше уточнення прогнозу очікуваного врожаю. Для цього Є.С. Улановою отримані такі рівняння:

для Північного Кавказу, Молдови та більшості областей України

$$y = -35,75 + 0,55W - 0,0017W^2 + 0,03m_T - 9 \cdot 10^{-6} m_T^2 \quad (5.24)$$

для західних і північних областей України

$$y = -11,32 + 0,3W - 8 \cdot 10^{-4} W^2 + 0,014m_T - 4 \cdot 10^{-6} m_T^2 \quad (5.25)$$

для центральних чорноземних областей середнього та Нижнього Поволжя

$$y = -13,0 + 0,2W - 4 \cdot 10^{-4} W^2 + 0,024m_T - 7 \cdot 10^{-6} m_T^2 \quad (5.26)$$

де y – середній по області врожай озимої пшениці;

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

m_T – середня по області кількість стебел на 1 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

$$y = -19,92 + 0,29W_k - 0,0013W_k^2 + 0,045m_k - 3 \cdot 10^{-5} m_k^2 + 0,23h_k - 14 \cdot 10^{-5} h_k^2 - 0,805K + 0,057K^2 \quad (5.27)$$

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

$$y = -19,13 + 0,32W_g - 8 \cdot 10^{-4} W_g^2 + 0,002m_g - 6 \cdot 10^{-6} m_g^2 - 0,06 \sum O_v + 9 \cdot 10^{-4} \sum O_v^2 + 0,02 \sum O_{vi} + 7 \cdot 10^{-5} \sum O_{vi}^2 \quad (5.28)$$

де W – запаси продуктивної вологи в декаду масового колосіння;

m_k – кількість колосоносних стебел;

h_k – середня висота рослин;

K – кількість колосків у колосі;

W – середні по області запаси продуктивної вологи навесні;

m_b – середня кількість стебел навесні;

$\sum O_v$ – сума опадів у травні;

ΣO_{vi} – сума опадів у червні.

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

$$y = -26,72 + 0,031W + 0,016m_k + 0,12h + 1,76K \quad (5.29)$$

де W – запаси продуктивної вологи середні по області;

m_k – середня кількість колосоносних стебел на колосіння;

K – середня кількість розвинених колосків у колосі;

h – висота рослин на колосіння.

При складанні прогнозу у фазу колосіння з використанням рівняння також необхідно враховувати прогноз температури повітря і опадів. За сумами температур розраховується дата настання воскової стиглості, а потім – суми опадів за міжфазний період від колосіння до молочної стиглості.

Викладений вище метод прогнозу врожайності озимої пшениці різної завчасності розроблено переважно для сортів Безоста –1, Миронівська 80.

Якщо по території області або краю більш ніж 50 % площі озимини займають інші сорти озимої пшениці (Одеська 51, Миронівська ювілейна, Кавказ), то очікувану врожайність необхідно збільшити на 2 – 4 ц/га за середніх та сприятливих умов.

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

Вихід у трубку по Луганській області спостерігався в південних районах 10 квітня, у північних – 18 квітня. В період від відновлення вегетації до виходу у трубку середня температура повітря була 8° С, сума опадів – 15 мм. Стан озимої пшениці на вихід у 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 у трубку до колосіння температура повітря становила 14° С, сума опадів – 69 мм. Середні запаси продуктивної

вологи у метровому шарі ґрунту в декаду масового колосіння становили 61 мм, а кількість 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

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

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

5.3 Оцінка агрометеорологічних умов формування продуктивності та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за динамічною моделлю А.М. Польового

5.3.1 Наукові основи методу прогнозу

Розробка теорії фотосинтетичної продуктивності посівів стимулювала інтенсивний розвиток робіт по моделюванню продукційного процесу рослин, серед яких особливий інтерес для практики становили довгоперіодні динамічні моделі формування урожаю (Є.П. Галямін, А.М. Польовий, Р.О. Полуектов, О.Д. Сиротенко) [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.

Розвиток автоматизованих методів обробки агрометеорологічної інформації дав змогу створення Автоматизованого робочого місця агрометеоролога-прогнозіста (АРМ-агрометеоролога). Відкрилася можливість наповнення АРМ-агрометеоролога моделями формування продуктивності сільськогосподарських культур для кількісної оцінки агрометеорологічних умов їхнього вирощування. Цілком природно, що при цьому моделі повинні відповідати цілому ряду вимог, які дозволяють включати їх в АРМ, бути "технологічними". В роботі А.М. Польового були

сформульовані теоретичні основи методів оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур в Україні, які базуються на розвитку і застосуванні базової динамічної моделі формування врожаю сільськогосподарських культур.

Динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських культур А.М. Польового

Процес формування урожаю розглядається як складна сукупність цілого ряду фізіологічних процесів, інтенсивність яких визначається не тільки чинниками зовнішнього середовища та біологічними особливостями рослин, але і взаємозв'язком між самими процесами.

Основні концептуальні положення моделі А.М. Польового такі: ріст та розвиток рослин визначається генотипом і чинниками зовнішнього середовища; моделюється ріст рослин (накопичення сухої біомаси) шляхом розподілу продуктів фотосинтезу з врахуванням необхідності в асимілятах для росту надземної і підземної частин рослин; моделюється радіаційний, тепловий і водний режим системи ґрунт – рослина – атмосфера; моделюється природне старіння рослин і при стресових умовах – перетік асимілятів з листя, стебел, коренів у репродуктивні органи; моделюється вплив агрометеорологічних умов за основні міжфазні періоди розвитку рослин на формування врожаю, втрати урожаю за рахунок посухи та інших несприятливих агрометеорологічних умов.

Структура моделі визначається, виходячи з закономірностей формування гідрометеорологічного режиму в системі ґрунт – рослина – атмосфера та біологічних уявлень про ріст і розвиток озимої пшениці під впливом чинників зовнішнього середовища. В основі моделі лежить система рівнянь радіаційного, теплового і водного балансів та балансу біомаси у рослинному покриві.

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 «ґрунт – 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, початки у кукурудзи, боби у гороху, корзинка 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. 5.1):

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 (3.1) – радіаційного та водно-теплового режимів посівів; другий (3.2) – функцій впливу температури повітря та вологозабезпеченості посівів на фотосинтез; третій (3.3) – комплекс оцінок умов формування врожайності в окремі міжфазні періоди, впливу посушливих явищ та інших несприятливих агрометеорологічних умов.

Біологічний блок включає в себе чотири підблоки: перший (4.1) – онтогенетичних кривих фотосинтезу та дихання; другий (4.2) – фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси; третій (4.3) – динаміки біомаси органів рослини; четвертий (4.4) – площі листової поверхні.

Розглянемо більш детально кожний блок моделі.

Блок вхідної агрометеорологічної інформації

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



Рис. 5.1 – Блок-схема динамічної моделі формування врожайності озимої пшениці

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

$$\sum_{п.вег.}^{в.ст.} t_{эф.} = (t_{дек.} - t_{б.н.}) n_{дек.}, \quad (5.30)$$

де $\sum_{п.вег.}^{в.ст.} t_{эф.}$ – сума ефективних температур;

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

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

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

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

$$\delta = \left\{ -23,4 \cos \left[\frac{23,1428(t_0 + q_i + 10)}{365} \right] \right\} \cdot 0,017453, \quad (5.31)$$

де δ – 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

$$\tau_3 = 12 + 3,8197 \arccos \left(-\frac{A}{B} \right), \quad (5.32)$$

де τ_3 – час заходу Сонця;

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

$$A = \sin(0,017453\varphi) \sin \delta, \quad (5.33)$$

$$B = \cos(0,017453\varphi) \cos \delta, \quad (5.34)$$

де φ – широта пункту, для якого ведеться розрахунок.

Час сходу Сонця та тривалість світлої частини доби розраховується за співвідношеннями

$$\tau_{cx} = 24 - \tau_3, \quad (5.35)$$

$$\tau_{дн} = \tau_3 - \tau_e, \quad (5.36)$$

де τ_{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 приходить на верхню межу рослинного покриву сільськогосподарської культури, використовується формула С.І. Сівкова [78]:

$$Q_0^j = 12,66(SS^j)^{1,31} + 315(A^j + B^j)^{2,1}, \quad (5.37)$$

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 приходить на поверхню листя усередині рослинного покриву, визначимо за співвідношенням

$$Q_L = Q_0 a_Q (1 - a_{LS}), \quad (5.38)$$

де Q_L – інтенсивність сумарної сонячної радіації на поверхні листя усередині 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:

$$a_Q = (1 - c_2) \exp\left(-\frac{k_S^L L}{\sinh \theta}\right) + c_2 \exp\left(-c_3 \frac{k_S^L L}{\sinh \theta}\right), \quad (5.39)$$

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

c_3 – емпірична постійна, що характеризує інтенсивність розсіювання фітоелементами;

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

L – відносна площа листя;

h_{\odot} – висота Сонця.

Альbedo рослинного покриву визначимо по формулі Ю.К. Росса:

$$\alpha_{LS} = \alpha_{Lh_{\theta}} + (\alpha_S - \alpha_{Lh_{\theta}}) \exp[-L(1 + ctgh_{\theta} / \pi)], \quad (5.40)$$

де

$$\alpha_{Lh_{\theta}} = \frac{0,4084}{1 + 1,1832 \sin h_{\theta}}. \quad (5.41)$$

Розрахунок інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ФАР) виконаємо за співвідношенням

$$I_{\Phi AP} = \frac{(a_{\Phi AP} \cdot Q_L)}{t_{\text{дн}}}, \quad (5.42)$$

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

Кількість опадів, які досягли поверхні ґрунту, знаходиться як:

$$P_s = P_0 - P_L, \quad (5.43)$$

де P_0 – кількість опадів, що випали;

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

$$P_L = 0,2 \cdot L. \quad (5.44)$$

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

$$E_{\text{пот}} = 16,7(a_{\text{хар}} \cdot Q_0 - n_{\text{дек}} \cdot b_{\text{хар}}), \quad (5.45)$$

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:

$$E_{act} = \frac{2W + P_s + P_{зр.}}{1 + \frac{2W_{HB}}{\beta_x E_{pot}}}, \quad (5.46)$$

де E_{act} – сумарне випаровування посіву;

$P_{зр.}$ – норма вегетаційного поливу;

W_{HB} – найменша вологомісткість в метровому шарі ґрунту;

β_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.

Рівень ґрунтових вод визначається за рівнянням:

$$H_{gr.w}^{j+1} = H_{gr.w}^j + \Delta H_{gr.w}^j, \quad (5.47)$$

$$\Delta H_{gr.w} = \frac{I_w}{k_w} \cdot 10, \quad (5.48)$$

або

$$\Delta H_{gr.w} = -\frac{V_p}{k_w} \cdot 10, \quad (5.49)$$

де величини I_w і V_p визначаються як

$$I_w = W_n + P_0 - E_{pot} - W_{HB}, \quad (5.50)$$

$$0 \leq W_{FC} - (W_n + P_0 - ET_{act}) \geq V_p \leq V_{max}, \quad (5.51)$$

де $H_{gr.w}$ – рівень ґрунтових вод;

I_w – інфільтрація;

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

W_n – початкова вологість ґрунту;

ET_{act} – сумарне випаровування;

V_{max} – максимально можливе підживлення;

k_w – коефіцієнт водовіддачі.

Для розрахунку запасів продуктивної вологи скористаємось рівнянням водного балансу:

$$W^{j+1} = W^j + P_S^j + P_{zp}^j - E_{act}^j - I_w^j + \Psi \quad (5.52)$$

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

$$ГТК = \frac{P_s}{(0,1t_{дек}n_{дек})}. \quad (5.53)$$

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 CO₂ 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

$$\Psi_{\Phi} = \begin{cases} 13,7 \sin(0,0774x_2) & \text{нпу } t < t_{opt1}^{\Phi} \\ 1 & \text{нпу } t_{opt1}^{\Phi} \leq t_n \leq t_{opt2}^{\Phi} \\ 1,1323 \cos(1,5705x_3) - 0,1323 & \text{нпу } t > t_{opt2}^{\Phi} \end{cases} \quad (5.54)$$

$$x_2 = (t_n - t_o^{\Phi}) / (t_{opt1}^{\Phi} - t_n) \quad (5.55)$$

$$x_3 = (t_n - t_{opt2}^{\Phi}) / (t_{max}^{\Phi} - t_{opt2}^{\Phi}) \quad (5.56)$$

де Ψ_{Φ} – температурна крива фотосинтезу;

t_n – температура повітря;

t_o^{Φ} , t_{opt1}^{Φ} , t_{opt2}^{Φ} , t_{max}^{Φ} – відповідно початкова, нижня межа і верхня межа оптимальної і максимальна температура процесу фотосинтезу.

Величини t_{opt1}^{Φ} і t_{opt2}^{Φ} є функціями біологічного часу. У загальному вигляді вони описуються рівняннями:

$$t_{opt1}^{\Phi} = B_{01} + B_1 x_4 + B_2 x_4^2 + B_3 x_4^3 \quad (5.57)$$

$$t_{opt2}^{\Phi} = B_{02} + B_4 x_4 + B_5 x_4^2 + B_6 x_4^3 \quad (5.58)$$

$$x_4 = \sum t / \sum t_{cm} . \quad (5.59)$$

Як правило, високий рівень поглинання CO_2 підтримується тільки при хорошому водопостачанні; вже при невеликому дефіциті води воно починає знижуватися, а при подальшій втраті вологи зрештою повністю припиняється

Врахування впливу вологозабезпеченості на процес фотосинтезу проводиться двома способами – через функцію впливу вологості ґрунту:

$$\gamma_{\Phi} = \begin{cases} 2,187x_5 - 1,163x_5^2 & \text{при } W < W_{opt1} \\ 1 & \text{при } W_{opt1} \leq W \leq W_{opt2} \\ -0,654 + 3,824x_6 - 2,633x_6^2 + 0,467x_6^3 & \text{при } W > W_{opt2} \end{cases} \quad (5.60)$$

$$x_5 = W / W_{opt1} \quad (5.61)$$

$$x_6 = W / W_{opt2} \quad (5.62)$$

та через відношення сумарного випаровування до випаровуваності:

$$e_{\phi} = \frac{E_{ast}}{E_{pot}} , \quad (5.63)$$

де γ_{Φ} – 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_{ϕ} – відносна вологозабезпеченість.

Розрахунок узагальненої функції впливу вологозабезпеченості на фотосинтез FW проводиться по формулі:

$$FW = (\gamma_{\phi} \cdot e_{\phi})^{0,5} . \quad (5.64)$$

Аналогічно визначимо узагальнену функцію впливу термічного режиму та вологозабезпеченості $FTW1$ на фотосинтез:

$$FTW1 = (\psi_{\phi} \cdot FW)^{0,5} . \quad (5.65)$$

Введемо корекцію до цієї функції на рівень температури повітря в поєднанні з вологозабезпеченістю:

$$FTW2 = \begin{cases} FTW1[1 + (1 - \Psi_{\Phi})(1 - FW)] & \text{при } t_n < t_{opt1} \\ FTW1 & \text{при } t_{opt1} \leq t_n \leq t_{opt2} \\ FTW1[1 - (1 - \Psi_{\Phi})(1 - FW)] & \text{при } t_n > t_{opt2} \end{cases} . \quad (5.66)$$

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 декади до і до декади після виходу в трубку:

$$n_g = 0,96 \cdot n_g^{\max} \cdot 10^{-0,70 \left(\frac{t-12}{10} \right)^2} , \quad (5.67)$$

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 до і за декаду після виходу в трубку.

Оцінка впливу агрометеорологічних умов за цей період на формування врожаю виконується по відношенню розрахованої кількості зерен до їх оптимальної величини:

$$cvt_1 = \frac{n_g}{n_g^{\max}}, \quad (5.68)$$

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:

$$n_{1-2} = \frac{\sum t_{1-2}}{t_2 - t_{б.н.}} \quad (5.69)$$

$$n_{2-3} = \frac{\sum t_{2-3}}{t_3 - t_{б.н.}} \quad (5.70)$$

де n_{1-2} і n_{2-3} – відповідно тривалість періодів вихід в трубку – колосіння і колосіння – воскова стиглість;

t_2 і t_3 – відповідно середня температура повітря за ці ж періоди;

$t_{б.н.}$ – біологічний нуль.

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} .

$$vn_{1-2} = n_{1-2} / n_{1-2}^{opt}, \quad (5.71)$$

$$vn_{2-3} = n_{2-3} / n_{2-3}^{opt}, \quad (5.72)$$

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 $P_{1-2}^{s(opt)}$, $P_{2-3}^{s(opt)}$.

$$vp_{1-2} = \frac{P_{1-2}^s}{n_{1-2}} \bigg/ \frac{P_{1-2}^{s(opt)}}{n_{1-2}^{opt}} \quad (5.73)$$

$$vp_{2-3} = \frac{P_{2-3}^s}{n_{2-3}} \bigg/ \frac{P_{2-3}^{s(opt)}}{n_{2-3}^{opt}} \quad (5.74)$$

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:

$$cvn_{1-2} = vn_{1-2} \cdot vp_{1-2} \quad (5.75)$$

та

$$cvn_{2-3} = vn_{2-3} \cdot vp_{2-3} , \quad (5.76)$$

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 соняшника: 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 виду [78]:

$$C_{\text{посуха}} = \begin{cases} n_1 & \text{при } W_{\text{орн.}} < W_{\text{crit1}} \quad \text{і} \quad d_n > d_{\text{crit1}} \\ n_2 & \text{при } W_{\text{орн.}} < W_{\text{crit2}} \quad \text{і} \quad r < r_{\text{crit1}} \quad \text{і} \quad d_n > d_{\text{crit2}}, \\ n_3 & \text{при } W_{\text{орн.}} < W_{\text{crit2}} \quad \text{і} \quad r < r_{\text{crit1}} \quad \text{і} \quad d_n > d_{\text{crit2}} \end{cases}, \quad (5.77)$$

де $W_{\text{орн.}}$ – запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту;

W_{crit1} і W_{crit2} – критичні рівні запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту, які характеризують настання ґрунтової посухи;

d_n – дефіцит насичення повітря;

d_{crit1} і d_{crit2} – критичні рівні дефіциту насичення повітря, котрі характеризують настання повітряної посухи;

r – сума опадів;

r_{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 на протязі 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. Ці міжфазні періоди вибрані тому, що полягання зернових найчастіше спостерігається якраз у ці періоди, оскільки в цей час рослини мають найбільшу масу і навантаження на нижню частину стебла наближається до критичного значення. До виходу в трубку озимих і ярих, а також після настання воскової стиглості зерна, вплив агрометеорологічних умов на стійкість культури до полягання проявляється дуже мало.

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.

Розрахунок дискримінантних функцій, що характеризують настання явища полягання в різні періоди вегетації, проводиться за формулами:

$$DF1 = 1,281 - 0,127\bar{t}_{\theta_1} + 0,005\sum r_1 \quad (5.78)$$

$$DF2 = 1,989 - 0,135\bar{t}_{\theta_2} + 0,0055\sum r_2, \quad (5.79)$$

де $\bar{t}_{\theta_1}, \bar{t}_{\theta_2}$ – середня за періоди вихід в трубку – колосіння і колосіння – воскова стиглість температура повітря;

$\sum r_1$ и $\sum r_2$ – суми опадів за ті ж періоди.

Комплексна оцінка втрати врожаю за рахунок полягання проводиться за співвідношенням характеристик густоти стояння рослин до кількості опадів та величини гідротермічного коефіцієнта:

$$C_{\text{поляг.}} = \begin{cases} m_1 \text{ при } G_{\text{crit1}} > G > G_{\text{crit2}} \text{ і } ГТК < ГТК_{\text{crit1}} \text{ і } \bar{r} > \bar{r}_{\text{crit1}} \\ m_2 \text{ при } G_{\text{crit1}} > G > G_{\text{crit2}} \text{ і } ГТК_{\text{crit2}} > ГТК > ГТК_{\text{crit1}} \text{ і } \bar{r} > \bar{r}_{\text{crit1}} \\ m_3 \text{ при } G_{\text{crit1}} > G > G_{\text{crit2}} \text{ і } ГТК_{\text{crit3}} < ГТК > ГТК_{\text{crit2}} \text{ і } \bar{r} > \bar{r}_{\text{crit2}} \end{cases} \quad (5.80)$$

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 приводять до втрати врожаю за рахунок полягання.

Виникнення та розвиток "стікання" зерна обумовлене 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, котрі 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 з'являється 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 приводить 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:

$$C_{cmmi} = \begin{cases} p_1 & n_{pi} & \bar{R}_{crit1} > \bar{r} \\ p_2 & n_{pi} & \bar{R}_{crit2} > \bar{r} > \bar{R}_{crit1} & i & d_n > D_{crit1} \\ p_3 & n_{pi} & \bar{R}_{crit3} > \bar{r} > \bar{R}_{crit2} & i & d_n > D_{crit1} \end{cases}, \quad (5.81)$$

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 приводить до «стікання» зерна.

Для культури гороху вводиться додаткова оцінка впливу:
– сильного похолодання за період утворення суцвіть – цвітіння:

$$C_{noхол} = p_5 \text{ при } t < t_{crit4}, \quad (5.82)$$

де t_{crit4} – критична температура повітря, при якій відбувається зниження врожаю гороху за період утворення суцвіть – цвітіння;

– оцінка умов перезволоження після цвітіння за сумою опадів за декаду:

$$C_{перезв.} = p_6 \text{ при } r < R_{crit4}, \quad (5.83)$$

де R_{crit4} – критичні значення суми опадів в період після цвітіння, які викликають втрати врожаю.

Для культури кукурудзи вводиться додаткова оцінка впливу волого-температурного режиму за період викидання волоті плюс один місяць після викидання волоті:

$$C_{викид.вол.} = B_7 + B_8 t_e + B_9 (t_e)^2 + B_{10} W_e + B_{11} (W_e)^2, \quad (5.84)$$

де t_e – середня температура повітря за період викидання волоті плюс один місяць після викидання волоті;

W_e – середні запаси вологи у метровому шарі ґрунту за той же період.

Для культури соняшника вводиться додаткова оцінка впливу:

– сильного похолодання за період утворення суцвіть – цвітіння

$$C_{похол} = p_6 \text{ при } t < t_{crit5}, \quad (5.85)$$

де t_{crit5} – критична температура повітря, при якій відбувається зниження врожаю соняшника за рахунок сильного похолодання за період утворення суцвіть – цвітіння;

– оцінка умов перезволоження після цвітіння по сумі опадів за декаду:

$$C_{перзв.} = p_7 \text{ при } r > R_{crit5}, \quad (5.86)$$

де R_{crit5} – критичні значення суми опадів в період після цвітіння, які викликають втрати врожаю соняшника;

– оцінка умов наливу насіння по середній температурі повітря за цей період:

$$C_{налив.} = 1 - (B_{12} t_{налив.} - B_{13})^2, \quad (5.87)$$

де $t_{налив.}$ – середня температура повітря за період наливу зерна.

Для культури цукрових буряків вводиться додаткова оцінка впливу – підвищеної температури повітря на ріст коренеплоду в період початок росту коренеплоду – збирання:

$$C_{кореня} = \begin{cases} p_8 & \text{при } t > t_{crit1} \\ p_9 & \text{при } t > t_{crit2} \\ p_{10} & \text{при } t > t_{crit3} \end{cases}, \quad (5.88)$$

де t_{crit1} , t_{crit2} , t_{crit3} – критичні значення температури повітря за період початок росту коренеплоду – збирання, які спричиняють різні рівні втрати врожаю коренеплодів.

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:

$$\alpha_{\Phi} = \begin{cases} \exp\{-\alpha_{\Phi}^0 [(\sum t - \sum t_{\Phi_1})/10]^2\} & \text{при } \sum t < \sum t_{\Phi_1} \\ 1 & \text{при } \sum t_{\Phi_2} \geq \sum t \geq \sum t_{\Phi_1} \\ 1,063 - 1,826x_1 + 0,705x_1^2 & \text{при } \sum t > \sum t_{\Phi_2} \end{cases} \quad (5.89)$$

$$x_1 = \frac{\sum t - \sum t_{\Phi_2}}{\sum t_{cr.} - \sum t_{\Phi_2}}, \quad (5.90)$$

де α_{Φ}^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 α_R , для якої задаються відповідні параметри. Вони характеризують початкове значення онтогенетичної кривої дихання α_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 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 Саекі:

$$\Phi_o^j = (\Phi_{\max} \cdot a_\phi \cdot I_{\text{ФАР}}) / (\Phi_{\max} + a_\phi \cdot I_{\text{ФАР}}), \quad (5.91)$$

де Φ_o^j – інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- і вологозабезпеченості в реальних умовах освітленості, мг CO_2 /(дм²·год);

Φ_{\max} – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні і нормальній концентрації CO_2 , мг CO_2 /(дм²·год);

α_ϕ – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу, мг CO_2 /(дм²·год⁻¹)/(кал·см⁻²·хв⁻¹);

$I_{\text{ФАР}}$ – інтенсивність фотосинтетично активної радіації (ФАР) всередині посіву, кал/(см²·хв);

j – номер кроку розрахункового періоду.

Для кількісного опису залежності фотосинтезу не тільки від щільності потоку ФАР, але і від вмісту CO_2 в атмосфері розглядають величину Φ_{\max} як функцію концентрації CO_2 :

$$\Phi_{\max} = \tau_c \cdot C_o, \quad (5.92)$$

де τ_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

$$\Phi_\tau^j = \alpha_\phi^j \Phi_o^j \cdot FTW2, \quad (5.93)$$

де Φ_τ – інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах середовища, мг CO_2 /(дм²·год);

α_ϕ – онтогенетична крива фотосинтезу;

$FTW2$ – узагальнена функція впливу факторів зовнішнього середовища.

Сумарний фотосинтез посіву за світлий час доби можна розраховувати за формулою:

$$\Phi^j = 0,68\Phi_{\tau}^j \cdot L^j \tau_{\text{дн}} \cdot 0,1, \quad (5.94)$$

де Φ – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, г/(м²·д);

L – площа листової поверхні, м²/м²;

$\tau_{\text{дн}}$ – тривалість світлого часу доби.

На відміну від процесу фотосинтезу здатністю до дихального газообміну володіють 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:

$$\frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} = \frac{\beta_i^j \Phi^j}{1 + c_{Gi}} - \frac{(\alpha_{Ri}^j c_{mi} \Phi_R^j + \vartheta_i^j) \tilde{m}_i^j}{1 + c_{Gi}},$$

$$\frac{\Delta m_p^j}{\Delta t} = \frac{\beta_p^j \Phi^j}{1 + c_{Gi}} - \frac{\left(\alpha_{Rp}^j c_{mp} \Phi_R^j \tilde{m}_p^j - \sum_i^{l,s,r} \vartheta_i^j \tilde{m}_i^j \right)}{1 + c_{Gp}}, \quad (5.95)$$

$$\frac{\Delta m_g^j}{\Delta t} = \frac{\Delta m_{g_{\max}}^j}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta \tilde{m}_p^j / \Delta t}{k_g + \Delta \tilde{m}_p^j / \Delta t},$$

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;

β_i^j – ростова функція вегетативного періоду;

\mathcal{G}_i – ростова функція репродуктивного періоду;

C_G – коефіцієнт дихання росту;

α_R – онтогенетична крива дихання;

C_m – коефіцієнт дихання підтримки;

φ_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

$$\frac{\Delta \tilde{m}_j}{\Delta t} = \frac{\Delta m_j}{\Delta t} \geq 0. \quad (5.96)$$

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

$$\frac{\Delta \tilde{m}_j}{\Delta t} = - \left(\frac{\Delta m_j}{\Delta t} \frac{1}{k_s} \right), \quad (5.97)$$

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:

$$L^{j+1} = L^j + \Delta m_l \frac{1}{d_L}, \quad (5.98)$$

де d_L – питома поверхнева площа листя, г/м².

При від'ємному прирості біомаси листя для опису росту асимілюючої поверхні використовується таке співвідношення:

$$L^{j+1} = L^j - \Delta m_l \frac{1}{d_L} \cdot \frac{1}{k_c}, \quad (5.99)$$

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:

$$M_{\text{зерн.}} = 0,1m_g (C_{\text{посух.}} \cdot C_{\text{поляг.}} \cdot C_{\text{стік.}})^{0,333}. \quad (5.100)$$

Рівняння (5.30) – (5.100) описують вплив агрометеорологічних умов на формування врожаю сільськогосподарської культури.

5.3.2 Методика складання прогнозу

Загальна підготовка вхідної агрометеорологічної інформації для виконання розрахунків

Для виконання розрахунків необхідно підготувати вхідну середню по області агрометеорологічну інформацію, що поділяється на п'ять груп:

- 1) опис області;
- 2) характеристика початкового стану посівів;
- 3) середня багаторічна агрометеорологічна інформація;
- 4) поточна агрометеорологічна інформація конкретного року;
- 5) параметри моделі.

Описання області

До складу цієї групи величин, що вводяться, входить:

φ – географічна широта центра області, для якої проводиться розрахунок (градуси з десятими);

KRN – код регіону: 1 – Полісся (Волинська, Рівненська, Житомирська, Чернігівська області); 2 – Лісостеп (Львівська, Тернопільська, Хмельницька, Вінницька, Київська, Черкаська, Сумська, Полтавська, Харківська області); 3. Північний Степ (Кіровоградська, Дніпропетровська, Запорізька, Донецька, Луганська області); 4 – Південний Степ (Одеська, Миколаївська, Херсонська області, Кримська АР); 5 – Закарпаття і Прикарпаття (Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька області);

$KRNZ$ – код регіону для оцінки посухи: 1 – Полісся Закарпаття і Прикарпаття; 2 – Лісостеп; 3 – Степ (південний і північний);

W_{HB} – найменша вологомісткість, мм;
 U_{\min} – мінімальна середня по області врожайність культури за період з 1986 року, ц/га;
 U_{\max} – максимальна середня по області врожайність культури за період з 1986 року, ц/га.

Характеристика початкового стану посівів

Ця група величин, що вводяться, включає:

m^o_l , m^o_s , m^o_r – початкова маса листя, стебел, коренів на дату відновлення вегетації (сходів) одного пагона (рослини) за даними табл. 5.4;

Таблиця 5.4 – Початкові значення біомаси окремих органів і площі листкової поверхні на дату відновлення вегетації (сходів) одного пагона

№ п/п	Культура	Початкова біомаса, г/пагін			Відносна площа листя, (м ² /пагін)×10
		m^o_l	m^o_s	m^o_r	
1.	Озима пшениця	0,010	0,0067	0,010	0,002
2.	Ярий ячмінь	0,009	0,010	0,007	0,003
3.	Горох	0,020	0,011	0,020	0,020
4.	Кукурудза	0,030	0,030	0,035	0,016
5.	Соняшник	0,025	0,170	0,025	0,050
6.	Цукровий буряк	0,030	0,030	0,030	0,011

LL^o – початкова площа листя одного пагона (рослини) за даними табл.5.4;

Gs – кількість стебел на дату відновлення вегетації;

$W0(0)$ – 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);

$N1$ – дата відновлення вегетації (сходів)– дата місяця, коли настала фаза;

$N2$ – порядковий номер місяця, коли настала фаза відновлення вегетації (сходів): 1 – січень, 2 – лютий; 3 – березень і т.д.;

$usl1$ – умовна величина за період – одна декада до настання фази вихід у трубку, декада виходу в трубку і одна декада після настання фази вихід в трубку – дорівнює 1, а в інші декади дорівнює 0. Якщо розрахунки починаються з першої декади вегетації, то декада настання фази вихід у трубку визначається за сумою ефективних температур $\inf(55)$;

$usl2$ – умовна величина, яка за декади періоду вихід у трубку – колосіння дорівнює 1, а в інші декади дорівнює 0. Приймається: декада відноситься до цього періоду, якщо розглянута фаза спостерігалася протягом п'яти і більше днів цієї декади. Вона визначається за сумою ефективних температур $\inf(55)$ плюс $\inf(48)$;

$usl3$ – умовна величина, яка за декади періоду колосіння – воскова стиглість дорівнює 1,0, а в інші декади дорівнює 0.

Примітка: одна і та сама декада може бути віднесена і як декада періоду вихід у трубку – колосіння, і як декада періоду колосіння – воскова стиглість.

$usl4$ – умовна величина, яка за декади періоду цвітіння – воскова стиглість дорівнює 1,0, а в інші декади дорівнює нулю.

Щодекадні за весь період вегетації культури середні багаторічні агрометеорологічні і метеорологічні дані:

W_p0 – запаси продуктивної вологи в орному (0–20 см) шарі ґрунту, мм;

W_m0 – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту, мм;

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 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.

Зупинимось на більш детальному описі підготовки та введення вхідної інформації для виконання розрахунків по моделі для отримання оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності сільськогосподарських культур (на прикладі озимої пшениці) та прогнозування їх врожайності.

Підготовка файлу "Середні багаторічні дані", що вводяться

Спочатку файл даних, які вводяться, створюється в директорії "Середньобагаторічні дані". Файлу даних, що вводяться, присвоєне ім'я "ozimaj5.dat". Зупинимось більш докладно на формуванні робочого масиву "ozimaj5.dat". Він створюється таким чином:

Перший рядок з чотирьох чисел:

- 1) назва пункту, пишеться буквами, починаючи з другої позиції;
- 2) рік складання розрахунку (прогнозу), пишуться дві останні цифри року через одну позицію після назви пункту;
- 3) дата розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію після року;
- 4) місяць розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію після дати.

Другий рядок з п'яти чисел:

- 1) n – кількість розрахункових декад, число ціле, записується в трьох позиціях;
- 2) t_0 – кількість днів від 1 січня (початок відліку) до дня сходів (відновлення вегетації), число ціле, записується в трьох позиціях;
- 3) $N1$ – дата сходів (відновлення вегетації), число ціле, у трьох позиціях;
- 4) $N2$ – місяць сходів (відновлення вегетації), пишеться арабськими цифрами (1 – січень, 2 – лютий, 3 – березень, 4 – квітень, 5 – травень і т.д.), ціле число, у трьох позиціях;
- 5) φ – географічна широта пункту, хвилини виражені в частках градуса. Десяткове число в шести позиціях з двома знаками після коми.

Третій рядок: W_p0 – масив запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту (мм), число ціле, у п'ятьох позиціях з одним десятковим знаком.

Четвертий рядок: W_m0 – масив запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту (мм), число ціле, у п'ятьох позиціях з одним знаком після коми.

П'ятий рядок: t_s – масив середньодекадних температур повітря ($^{\circ}\text{C}$), число ціле, у п'ятьох позиціях з одним знаком після коми.

Шостий рядок: ss – масив інформації про кількість годин сонячного сьйва в розрахункових декадах (середня за один день декади), число ціле в п'ятьох позиціях з одним знаком після коми.

Сьомий рядок: os – кількість (сума) опадів за декаду (мм), число ціле, у п'ятьох позиціях з одним знаком після коми.

Восьмий рядок: $usl1$ – умовна величина, дорівнює 1,0 за період: одна декада до настання фази вихід у трубку, декада фази виходу в трубку і одна декада після настання цієї фази, а в інші декади вона дорівнює 0.

Дев'ята декада: $usl2$ – умовна величина, дорівнює 1,0 за декади періоду вихід у трубку – колосіння, в інші декади дорівнює 0.

Десятий рядок: $usl3$ – умовна величина, дорівнює 1,0 за декади періоду колосіння – воскова стиглість, а в інші декади дорівнює 0.

Одинадцятий рядок: $usl4$ – умовна величина, дорівнює 1,0 за декади періоду цвітіння – воскова стиглість, а в інші декади дорівнює 0.

Дванадцятий рядок: dv – масив кількості днів у розрахункових декадах, ціле число, у трьох позиціях.

Тринадцятий рядок: – інформаційний масив (масив "inf"). Містить десять чисел, кожне число кодується у восьми позиціях із трьома знаками після коми:

$inf(1) - m^o_1$ – початкова маса листя одного пагона (рослини) на дату сходів (відновлення вегетації);

$inf(2) - m^o_s$ – початкова маса стебел одного пагона на дату сходів (відновлення вегетації);

$inf(3) - m^o_r$ – початкова маса коренів одного пагона на дату сходів (відновлення вегетації);

$inf(4) - LL^0$ – площа листя одного пагона на дату сходів (відновлення вегетації);

$inf(5) - BN$ – біологічний нуль культури, $^{\circ}\text{C}$;

$inf(6) - \Sigma t_5$ – сума ефективних температур вище 5°C за період сходів (відновлення вегетації) – воскова стиглість;

$inf(7) - W_{\text{нв}}$ – найменша вологомісткість ґрунту в метровому шарі, мм;

$inf(8) - \Sigma t_{1-1}$ – нижня межа суми ефективних температур від сходів (відновлення вегетації), при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу рослин – для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу, $^{\circ}\text{C}$;

$\text{inf (9)} - \Sigma t_{13}$ – нижня межа суми ефективних температур від сходів (відновлення вегетації), при якій спостерігається максимальна інтенсивність дихання рослин – для розрахунку онтогенетичної кривої дихання, °С;

$\text{inf (10)} - \Sigma t_{12}$ – оптимальна сума ефективних температур для розрахунку ростової функції листя, °С;

Чотирнадцятий рядок: – інформаційний масив. Містить десять чисел, кожне число кодується у восьми позиціях із трьома знаками після коми:

$\text{inf (11)} - \Sigma t_{s2}$ – оптимальна сума ефективних температур для розрахунку ростової функції стебел;

$\text{inf (12)} - \Sigma t_{r2}$ – оптимальна сума ефективних температур для розрахунку ростової функції коренів;

$\text{inf (13)} - \Sigma t_{p2}$ – оптимальна сума ефективних температур для розрахунку ростової функції колосся;

$\text{inf (14)} - \Sigma t_p$ – сума ефективних температур, за якої починається ріст колоса (репродуктивних органів);

$\text{inf (15)} - \alpha^{\circ}_{\Phi}$ – початок онтогенетичної кривої фотосинтезу;

$\text{inf (16)} - \alpha^{\circ}$ – початок онтогенетичної кривої дихання;

$\text{inf (17)} - \Sigma t_{14}$ – верхня межа суми ефективних температур від сходів (відновлення вегетації), при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу;

$\text{inf (18)} - \Sigma t_{15}$ – верхня межа суми ефективних температур сходів (відновлення вегетації), при якій спостерігається максимальна інтенсивність дихання рослин;

$\text{inf (19)}; \text{inf (19)} = 2,0;$

$\text{inf (20)} - z_1$ – питома поверхнева щільність листя.

П'ятнадцятий рядок: – інформаційний масив. Містить десять чисел, у восьми позиціях із трьома знаками після коми:

$\text{inf (21)} - c_1$ – частка листя у рослині;

$\text{inf (22)} - c_s$ – частка стебел у рослині;

$\text{inf (23)} - c_r$ – частка коренів у рослині;

$\text{inf (24)} - c_p$ – частка колосся (репродуктивних органів) у рослині;

$\text{inf (25)} - \Phi_{\max}$ – плато світлової кривої фотосинтезу, мг·СО₂/дм²·год;

$\text{inf (26)} - a_{\Phi}$ – нахил світлової кривої фотосинтезу,

мг·СО₂/дм²·год/калл/см²·хв;

$\text{inf (27)} - \Sigma t_4$ – сума ефективних температур вище 5°С за період сходи (відновлення вегетації) – молочна стиглість;

$\text{inf (28)}; \text{inf (28)} = 0;$

$\text{inf (29)}; \text{inf (29)} = 0;$

inf (30) – параметр $a_{\text{хар}}$ у формулі Харченко для розрахунку випаровуваності; $\text{inf (30)} = 0,74.$

Шістнадцятий рядок: – інформаційний масив. Містить десять чисел, у восьми позиціях з трьома знаками після коми:

inf (31) – параметр $b_{хар}$ у формулі Харченко для розрахунку випаровуваності; inf (31) = 60;

inf (32) – $t\Phi_{min}$ – середньодекадна температура повітря, при якій починається фотосинтез;

inf (33) – $t\Phi_{max}$ – середньодекадна температура повітря, при якій припиняється фотосинтез;

inf (34) – KRN – код регіону: 1 – Полісся, 2 – Лісостеп, 3 – Північний степ, 4 – Південний степ, 5 – Закарпаття і Прикарпаття;

inf (35) – KRNZ – код регіону для оцінки посухи: 1 – Полісся і Закарпаття, 2 – Лісостеп, 3 – Степ (північний і південний):

inf (36); inf (36) = 0;

inf (37) – Σt_g – сума ефективних температур, при якій починається ріст зерна – початок перетікання "старих" асимілятів з листя, стебел і коренів (дорівнює Σt_3 – сумі температур за період сходи (відновлення вегетації) – цвітіння);

inf (38); inf (38) = 0;

inf (39) – ksl – критична величина зниження біомаси листя, відн.од.;

inf (40) – kss – критична величина зниження біомаси стебел;

Сімнадцятий рядок:

inf (41) – ksr – критична величина зниження біомаси коренів;

inf (42) – ksp – критична величина зниження біомаси колосового стрижня;

inf (43) – Σt_{g2} – оптимальна сума ефективних температур для розрахунку ростової функції зерна;

inf (44) – cq_{pot} – потенційна частка зерна у масі колоса, відн. од.;

inf (45) – Σt_{per} – сума ефективних температур, при якій починається перетікання з колосового стрижня в зерно;

inf (46) – $W0(0)$ – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на початок розрахунків (сходи, відновлення вегетації);

inf (47); inf (47) = 0;

inf (48) – Σt_{2-1} – сума ефективних температур за період вихід у трубку – колосіння;

inf (49) – nsr_{2-1} – розрахована по моделі середня багаторічна тривалість періоду вихід у трубку – колосіння, за середніми багаторічними даними;

inf (50) – $srmos1$ – розрахована по моделі середня багаторічна кількість опадів на один день періоду вихід у трубку – колосіння, за середніми багаторічними даними.

Вісімнадцятий рядок:

inf (51) – Σt_{5-2} – сума ефективних температур за період колосіння – воскова стиглість;

inf (52) – nsr_{5-2} – розрахована по моделі середня багаторічна тривалість періоду колосіння – воскова стиглість;

inf (53) – sr_{mos2} – розрахована по моделі середня багаторічна кількість опадів на один день періоду колосіння – воскова стиглість, мм/д;

inf (54) – G_s – кількість стебел на дату відновлення вегетації (кількість рослин на дату сходів);

inf (55) – Σt_1 – сума ефективних температур за період відновлення вегетації – вихід у трубку;

inf (56); inf (56) = 0;

inf (57); inf (57) = 0;

inf (58) – U_{max} – максимальна середня по області врожайність за період з 1986 року, ц/га;

inf (59) – U_{min} – мінімальна середня по області врожайність за період з 1986 року, ц/га.

Дев'ятнадцятий рядок: r_{nog} – масив інформації про норму вегетаційних поливів за декаду вегетації (мм), число ціле в п'ятьох позиціях з одним десятковим знаком після коми.

Двадцятий рядок: dww – масив середніх за декаду значень дефіциту насичення повітря (мб), число ціле в п'ятьох позиціях з одним десятковим знаком після коми.

Двадцять перший рядок: hgr – масив інформації про середній за декаду рівень залягання ґрунтових вод (м), число ціле в п'ятьох позиціях з одним десятковим знаком після коми.

Підготовка файлу поточних агрометеорологічних даних конкретного року, що вводяться

З директорії "Середньобагаторічні дані" файл "ozimaj5. dat" копіюється в директорію "Поточні дані". Головною особливістю внесення поточних даних конкретного року є та обставина, що початок вегетації (початок росту) і тривалість вегетації (число розрахункових декад) можуть змінюватися в той чи інший бік.

При внесенні поточних даних у файл "ozimaj5. dat" можливі три ситуації:

Перша ситуація – відновлення вегетації озимої пшениці (початок розрахунку) почалося раніше – у більш ранні календарні терміни, чим коли спостерігаються середні багаторічні строки відновлення вегетації.

У цьому випадку до вже наявної середньобагаторічної кількості розрахункових декад додається та кількість календарних декад, на скільки раніше почалася вегетація.

Наприклад: середня багаторічна дата початку вегетації 7 квітня. Кількість розрахункових декад 12. У поточному році вегетація почалася 12 березня, тоді до середньобагаторічної кількості розрахункових декад – 12

додається ще дві календарні декади (друга і третя декади березня). Загальна кількість розрахункових декад у поточному році буде 14.

Таким чином вносяться додатково всі необхідні дані для розрахунків відповідно за дві декади (другу і третю декади березня), вони вносяться за середньобагаторічними даними і за поточною інформацією конкретного року і розрахунки починаються з другої декади березня.

Друга ситуація – відновлення вегетації озимої пшениці (початок росту) почалося пізніше – у більш пізні календарні декади, чим за середньобагаторічними термінами. У цьому випадку визначають на скільки календарних декад затримався початок вегетації.

Наприклад: середня багаторічна дата початку вегетації 7 квітня. Дата настання воскової стиглості 22 липня. Кількість розрахункових декад 12. У поточному році вегетація почалася 25 квітня. Таким чином вегетація почалася пізніше на дві календарні декади, з третьої декади квітня. На початку вегетації в умовах невизначеності нам не відомо, коли настане дата воскової стиглості у поточному році. Вона може затягтися, щонайменше, на ту кількість декад, на яку змінився початок вегетації. Припускаємо, що вона затягнеться на дві календарні декади (першу і другу декади серпня). Тому розрахунки починаються з третьої декади квітня і додаються дані двох календарних декад (першої і другої декад серпня). Кількість розрахункових декад залишається 12. У моделі ведеться підрахунок сум ефективних температур і коли накопичується сума ефективних температур, необхідна для настання фази воскової стиглості, розрахунки врожайності по моделі призупиняються, весь період, що залишився, і відповідно дані за цей період у розрахунках врожаю уже не будуть використовуватись. Дані цього періоду просто залишаються "зайвими".

Третя ситуація – відновлення вегетації почалося в ту ж календарну декаду, коли спостерігаються і середні багаторічні строки відновлення вегетації. У цьому випадку в міру надходження нової інформації йде заміна середніх багаторічних даних за календарні декади поточними даними за ці ж календарні декади конкретного року. Якщо дати відновлення вегетації усередині декади сильно відрізняються, можливе доповнення даними ще однієї декади за аналогією з другою ситуацією.

Примітка: Для другої і можливо третьої ситуації, коли виникає необхідність у додаванні нових декад наприкінці вегетації, основним критерієм необхідного доповнення новими декадами служить наступне. Поповнивши новими декадами файл "ozimaj5.dat", необхідно виконати розрахунок і порівняти суму ефективних температур, що накопичилася за вегетаційний період, із сумою $\sum t_5 - \inf(6)$ у масиві "ozimaj5.dat". Якщо сума температур, що накопичилася за вегетаційний період, дорівнює чи перевищує задане значення $\sum t_5$, значить доповнення виконане правильно, якщо ні, то необхідно ще додатково ввести одну – дві декади.

Вихідна інформація – результати розрахунків

Вихідна інформація міститься у файлі "ozimaj5. res". Результати розрахунків виводяться у вигляді таблиць у наступному порядку. Спочатку видається вихідна (початкова) інформація для розрахунків. Потім послідовно за кожну декаду розрахункового періоду виводиться сім розрахункових таблиць (приклад наведено в табл. 5.8):

Таблиця "R.1." містить значення абсолютно сухої біомаси (г/м²) листя (ml), стебел (ms), коренів (mr), колосся (mp), зерна (mq) за декади (dek) вегетації.

Таблиця "R.2." містить значення площі листя (LL, м²/м²), середньої за декаду добової суми сумарної сонячної радіації (q, кал/дсм²·д), середньої за декаду ефективної температури (ts1, °C), суми ефективних температур наростаючим підсумком (ts2, °C), середньої за декаду інтенсивності фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- і вологозабезпеченості (f01, мг·СО₂/дм²·год), середньої за декаду інтенсивності фотосинтезу в реальних умовах навколишнього середовища (ft1, мг·СО₂/дм²·год), приросту за декаду абсолютно сухої рослинної маси всього посіву (DM, г/м²·декада).

Таблиця "R.3." містить характеристики вологозабезпеченості і функції впливу факторів навколишнього середовища на фотосинтез: сумарне випаровування (eakt, мм), випаровуваність (epot, мм) та їх відношення (otwlag), величину ГТК (GTK, відн.од.), узагальнену функцію впливу вологозабезпеченості на фотосинтез (obob. funkz. vl. wlagi, відн. од.), першу узагальнену функцію впливу термічного режиму і вологозабезпеченості на фотосинтез (Ftw1, відн. од.), другу узагальнену функцію впливу термічного режиму і вологозабезпеченості на фотосинтез з урахуванням корекції на рівень температури повітря (Ftw2, відн. од.).

Таблиця "R.4." містить значення середньої за декаду температури повітря (ts, °C), значення нижньої (TOP1, °C) і верхньої (TOP2, °C) межі оптимальних для фотосинтезу температур і оцінку впливу температури на фотосинтез (ksifl, відн. од.), розраховані значення запасів вологи в метровому шарі ґрунту (W0, мм) і значення верхньої (Wopv, мм) і нижньої (Wopn, мм) межі оптимальної для фотосинтезу вологості ґрунту, оцінку впливу вологості ґрунту на фотосинтез, визначену на основі розрахованих значень вологозапасів (qamf, відн. од) і фактичних вологозапасів (qamf1, відн. од).

Таблиця "R.5." містить зведення про оцінку впливу агрометеорологічних умов різних періодів вегетації, а також екстремальних факторів на формування врожаю: оцінка впливу умов періоду відновлення вегетації – вихід у трубку на формування кількості зерен (символ друку – "form. chisl. zeren", відн.од.), оцінка по тривалості періодів вихід у трубку – колосіння ("vixod trubk – kolos", відн. од.) і колосіння – воскова стиглість ("kolos – vosk. spel.", відн. од.), оцінку

впливу умов зволоження по ГТК за періоди вихід у трубку – колосіння ("ozenka GTK trubk.– kolos", відн. од.) і колосіння – воскова стиглість ("ozenka GTK kolos – vsk. sp.", відн. од.), оцінку вологозабезпеченості посівів ("wлагоobespechennost", відн. од.), оцінку виникнення і впливу посухи ("zasuxa", відн. од.), полягання посівів ("poleganie posev", відн. од.) і "стікання" зерна ("stekanie zerna", відн. од.).

Таблиця "R.6." містить підсумкові оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю і прогноз врожайності: підсумкову оцінку умов формування врожайності за періоди від відновлення вегетації до виходу в трубку ("v.v. – tr.", відн. од.), від виходу в трубку до колосіння ("tr. – kol.", відн. од.), від колосіння до воскової стиглості ("kol. – v.sp.", відн. од.), підсумкову очікувану оцінку умов формування врожайності в період від відновлення вегетації до воскової стиглості ("Itogovaj", відн. од.), розраховану без врахування зазначених вище комплексних оцінок врожайність (Yr_0 , ц/га), прогнозовані значення врожайності з урахуванням комплексних оцінок агрометеорологічних умов періоду вегетативного росту (Yr_{13a} , ц/га), прогнозовані значення врожайності з урахуванням комплексних оцінок впливу несприятливих умов періоду репродуктивного росту (Yr_{14a} , ц/га), прогнозоване значення врожайності зерна за обліком підсумкової комплексної оцінки умов формування врожаю за весь період вегетації (Yr_{15b} , ц/га).

Таблиця "R.7." містить зведені дані про оцінку умов формування врожаю за основні періоди вегетації культури і прогнозовані значення врожайності.

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. 5.4–5.6). Робочий масив "ozimaj5.dat" для середніх багаторічних значень створюється в табл. 5.2, 5.4, 5.5 (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. 5.6 і 5.7 необхідні дані. Перший прогноз складається нами в третій декаді травня. Тому в табл. 5.8 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. 5.8.

Таблиця 5.5 – Опис Запорізької області

№ п/п	Показники			
	умовна позначка	найменування	числове значення	розмірність
1.	φ	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.	Y_{min}	мінімальна середньообласна врожайність за період з 1986 р.	19	ц/га
6.	Y_{max}	максимальна середньообласна врожайність за період з 1986 р.	42	ц/га

Таблиця 5.6 – Характеристика початкового стану посівів у Запорізькій області в 1998 році

№ п/п	Показники			
	умовна позначка	найменування	числове значення	розмірність
1.	m°_l	початкова маса листя	0,010	г/пагін
2.	m°_s	початкова маса стебел	0,0067	г/пагін
3.	m°_r	початкова маса коренів	0,010	г/пагін
4.	LL°	початкова площа листя	0,0002	м ² /пагін
5.	Gs	кількість стебел на дату відновлення вегетації	813	шт.
6.	$W0(0)$	запаси вологи у метровому шарі ґрунту на початок відновлення вегетації	189	мм

Таблиця 5.8 – Середня багаторічна агрометеорологічна інформація по Запорізькій області (частина II)

№ п/п	Показники		М І С Я Ц Ь																	
	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 _{p0}	мм			35	30	28	25	22	16	14	13	10	9						
7	W _{m0}	мм			130	125	120	115	110	98	80	64	56	46						
8	T _s	°C			2,9	5,6	8,6	11,5	14,1	16,0	17,4	18,7	19,8	20,9						
9	S _s	год			5,2	5,8	6,3	7,2	7,7	8,3	9,2	9,6	10,0	10,4						
10	O _s	мм			10,0	11,0	10,0	13,0	12,0	18,0	19,0	15,0	20,0	18,0						
11	pnor	мм			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
12	D _{ww}	мб			2	2	4	6	8	8	9	10	10	11						
13	H _{gr}	м			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10						

Таблиця 5.10 – Поточна агрометеорологічна інформація по Запорізькій області за 1998 рік (частина II)

№ п/п	Показники		М І С Я Ц Ь																	
	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 _{p0}	мм				26	24	38	30	18	14	13	10	9						
7	W _{m0}	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 5.7 – 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 _o	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 5.9 – 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 _o	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

6 Прогнози врожаїв ярих зернових культур

На теренах країн СНД за розмірами площі посіву ярі зернові культури займають перше місце. Основними районами вирощування ярих зернових культур є Поволжя, Південний Урал, Казахстан, Україна, Молдова, Північний Кавказ. Це райони з родючими чорноземами, з різко континентальним кліматом, за частими посухами та суховіями. Не достатнє та нестійке зволоження є однією з причин щорічних коливань врожайності. У посушливі роки врожай становить 2 – 5 ц/га, в сприятливі роки – 15 – 20 ц/га.

Вивченням закономірностей впливу на врожайність ярих зернових культур займались: А.М. Процеров, К.В. Кирилічева, А.А. Кисиленко, А.М. Польовий, Т.І. Мизіна, Н.Н. Жовта та ін [46 – 53].

6.1 Методи прогнозів врожаїв ярої пшениці

Основна зона вирощування ярої пшениці це райони з різко континентальним кліматом. Співставлення врожаїв ярої пшениці з агрометеорологічними факторами показало, що головним у формуванні врожаїв культури є вологозабезпеченість посівів, визначена будь-яким із існуючих методів, а також висота рослин на колосіння, кількість колосноносних стебел, кількість колосків у колосі, запаси продуктивної вологи, кількість опадів, температура повітря. У різних районах вирощування переважають ті чи інші фактори. В посушливих умовах – вологозабезпеченість та елементи структури врожаю, у прохолодних – температура повітря і також елементи продуктивності.

Кількість колосноносних стебел та кількість колосків у колосі – це величини, що характеризують вплив агрометеорологічних умов на формування врожаю та розвиток рослин від сходів до колосіння.

У зв'язку з тим, що у різних регіонах врожай визначається різними факторами, було розроблено декілька методів прогнозів врожаю ярої пшениці: для основної зони вирощування (ЄЧ СНД), лісостепової та степової зони Сибіру, Південного Уралу, Казахстану.

У Нижньому Поволжі, на південному Уралі та в Західному Сибіру вологозабезпеченість рослин дуже низька і є обмежуючим фактором формування врожаю. Л.Д. Шаповал розробила метод прогнозу середнього по області врожаю ярої пшениці, який враховує агрометеорологічні умови у період закладки колосків у колосі та у період формування цвіту і зерна. Зв'язок врожаю із значеннями запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту (W) і середньої температури повітря за період закладки колосків у колосі (3 – 5 лист):

$$Y = 0,06W - 0,15t + 6,3 \quad (6.1)$$

Рівняння застосовується при середніх запасах продуктивної вологи від 70 до 170 мм і середній температурі повітря від 12 до 20° С.

Вплив запасів продуктивної вологи (W), температури повітря (t) та кількості опадів (x) на врожай у період від третього листка до колосіння описано рівнянням:

$$Y = 0,02W - 0,015t + 0,06x + 9,4 \quad (6.2)$$

Прогнози для Поволжя складаються після виходу 5 листка (рівняння 6.1) та після колосіння (6.2).

Приклад. Скласти прогноз середнього по області врожаю ярої пшениці на дату колосіння для однієї із областей Поволжя. За період формування 3 – 5 листків середні по області запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту становили 156 мм, середня температура повітря – 13,6° С, сума опадів від третього листка до колосіння становила 110 мм. Середній по області врожай, розрахований за рівнянням (6.2) буде:

$$Y = 0,02 \cdot 156 - 0,015 \cdot 13,6 + 0,06 \cdot 110 + 9,4 = 18,9 \text{ ц/га}$$

Для Південного Уралу та деяких областей Західного Сибіру і Казахстану знайдено залежність врожайності ярої пшениці від елементів продуктивності (кількості стебел на один квадратний метр) та запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту

$$y = 0,03x_1 + 0,04W \quad (6.3)$$

У фазу колосіння рівняння набирає вигляду:

$$y = 0,01x_2 + 0,094x_3 + 0,20x_4 + 0,01W - 14,4 \quad (6.4)$$

де x_2 – кількість колосоносних стебел;

x_3 – висота рослин на колосіння;

x_4 – кількість колосків у колосі;

W – запаси продуктивної вологи на дату колосіння.

За відсутністю будь-якого з вказаних чинників рівняння набирає скороченого вигляду і відсутній чинник не враховується.

Прогноз врожайів ярої пшениці у основній зоні вирощування. У більшості районів основної зони вирощування ярої пшениці на її врожайність найбільше впливає вологозабезпеченість посівів.

У зоні недостатнього зволоження спостерігається чітка залежність врожаїв ярої пшениці від вологозабезпеченості посівів (у відсотках від оптимальної), що розраховується за періоди сівба – вихід у трубку (U_1) та сівба – колосіння (U_2):

$$Y = 0,28U_1 - 1,40 \quad (6.5)$$

$$Y = 0,26U_2 - 3,10 \quad (6.6)$$

Прогноз врожаїв ярої пшениці у основній зоні вирощування складається двічі: у фазу виходу у трубку (2 міс.) та у фазу колосіння (1 міс.).

Для складання прогнозу з 2-х місячною завчасністю та з місячною завчасністю використовуються дані за фазами розвитку та елементами продуктивності, фактичні і прогнозовані дані по температурі повітря, опадах та запасах продуктивної вологи. Якщо дані про запаси продуктивної вологи відсутні, то вони розраховуються за рівняннями або графіками С.О. Веріго.

Спочатку розраховуються значення факторів для окремих пунктів, потім розраховані величини визначаються як середні по території і тільки після цього за відповідним рівнянням розраховується середній по області врожай.

Уточнюється прогноз з завчасністю 1 місяць у фазу колосіння і тут вже використовуються такі показники як кількість продуктивних стебел, кількість колосків у колосі, висота рослин на фазу колосіння та вологозабезпеченість посівів за період від сівби до колосіння.

Вологозабезпеченість посівів розраховується для кожної декади за формулою:

$$V = \frac{E}{E_0} \cdot 100 \quad (6.7)$$

$$E = (W_1 + x) - W_2 \quad (6.8)$$

$$E_0 = k \cdot \sum d \quad (6.9)$$

де E – сумарне випаровування за декаду;

E_0 – випаровуваність за декаду, коефіцієнт K від сівби до колосіння становить – 0,45, від колосіння до воскової стиглості – 0,35.

Середня вологозабезпеченість за будь-який період розраховується як середня арифметична величина із значень середніх за декаду.

Приклад. Розрахувати вологозабезпеченість та скласти прогноз врожаю ярої пшениці в одній із областей посушливої зони. Яра пшениця була посіяна наприкінці квітня на 50 % площі. У першій декаді травня з'явилися сходи. Середнє по області значення запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту становили 117 мм. Розрахунок виконується починаючи з другої декади травня. На кінець другої декади травня запаси вологи становили 121 мм. Сума опадів була 26 мм, середня температура повітря – 9,8° С. Дефіцит насичення повітря – 5,5 гПа. Сумарне випаровування за другу декаду травня буде – $E = 117 - 121 + 26 = 22$ мм. Випаровуваність буде – $E_o = 0,45 \cdot (5,5 \cdot 0,75) = 24,8$ мм (при розрахунках $k = 0,45$, для переведу гПа у мм необхідно значення дефіциту перемножити на 0,75).

Вологозабезпеченість за другу декаду травня становить – $U = 117 - 121 + 26 / 0,45 \cdot 55 \cdot 100 = 89$ %. Таким же чином розраховується вологозабезпеченість за кожну декаду, потім середня за період визначається як арифметичне середнє. У нашому випадку це буде – 69 %.

На вихід у трубку очікуваний врожай розраховується: $y = 0,28 \cdot 69 = 19,3$ ц/га. Прогноз уточнюється після наступу колосіння. Вологозабезпеченість посівів від сівби до колосіння становить 77 %, тоді врожай за рівнянням (6.6) буде: $y = 0,26 \cdot 77 = 20,02$ ц/га.

Степова та лісостепова зона Західного Сибіру. У цьому регіоні дослідженнями впливу агрометеорологічних умов на врожай ярої пшениці займався Б.П. Пономарьов [51]. Ним було встановлено, що головним фактором, який обумовлює врожай ярої пшениці у цьому регіоні є запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту у фазу колосіння, а також деякі агротехнічні засоби, такі як процент посіву ярої пшениці по чорному пару. Б.П. Пономарьовим знайдені статистичні залежності врожаю ярої пшениці від елементів продуктивності, запасів продуктивної вологи на колосіння та проценту засіяної площі по чорному пару.

Омськ, Новосибірськ, Алтайський край

$$y = 14,7x_1 + 0,49W + 1,7P - 114,8 \quad (6.10)$$

Курганська та Тюменська обл.

$$y = 7,7x_1 + 0,33W + 2,0P - 51,7 \quad (6.11)$$

де x_1 – середня кількість розвинених колосків у колосі;

W – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту;

P – засіяної площі по чорному пару.

Прогноз складається з завчасністю 1 – 1,5 місяці після наступу фази колосіння. Рівняння розроблено для середніх по області величин.

Слід зазначити, що врожайність за отриманими рівняннями визначається у відсотках від середньої багаторічної. Тому, щоб одержати значення очікуваної врожайності необхідно отриману за рівнянням величину помножити на значення середньої багаторічної та поділити на 100.

Південний Урал, північний Казахстан. Розробкою прогнозу врожаю ярої пшениці у цьому регіоні займалась Д.П. Федюшина. Обробка багаторічних спостережень дозволила їй отримати статистичні залежності врожаю ярої пшениці від температури, опадів, запасів продуктивної вологи окремо для областей Південного Уралу.

За даними Д.П. Федюшиної прогноз найдоцільніше складати після наступу фази колосіння. При цьому використовуються тільки фактичні дані спостережень:

Актюбинська обл.

$$y = 0,06W - 0,14 r - 2,4 \quad (6.12)$$

де W – запаси вологи у шарі 0 – 50 см в період сівби;
 r – опади за період сівба – колосіння.

Якщо ж спостереження за W не ведеться, то тоді використовується рівняння:

$$y = 0,08 r + 3,0 \quad (6.13)$$

де r – опади за період сівба – колосіння

Уральська обл.

$$y = 0,15 r + 0,94 \quad (6.14)$$

Тургайська обл.

$$y = 0,18 r - 0,01 t + 12,0 \quad (6.15)$$

де r – опади за травень – червень;
 t – сума температури від сівби до колосіння.

Справджуваність прогнозу за цими рівняннями складає 80 % і більше. Якщо є дані про запаси продуктивної вологи, то використовується рівняння (6.12). Якщо ж є тільки значення опадів, то використовуються рівняння (6.13, 6.14, 6.15). Прогноз уточнюється після настання дати молочної стиглості.

Слід звернути увагу на те, щоб прогноз врожаю був більш-менш однорідним по території областей, або їх зон. Якщо прогноз відрізняється на значну величину, то використовується балова оцінка посівів в період колосіння. Якщо в період колосіння балова оцінка становить 4 бали, то розрахований врожай пропонується збільшувати на 1 – 3 ц/га .

6.2 Методи прогнозу врожаю ячменю

Нечорноземна зона. Ярий ячмінь відносять до культур найбільш ранніх термінів сівби. Ячмінь має властивість проростати при низькій температурі. В будь-яких умовах спізнення з сівбою ячменю призводить до зменшення врожаю.

Для Нечорноземної зони метод прогнозування врожаю розроблено А.М. Польовим та Т.І. Мизіною [50]. Автори вказують на те, що на формування врожаю ячменю впливають погодні умови років з ранніми та пізніми веснами. Детально в методиці розглядається не абсолютна величина очікуваного врожаю, а співвідношення фактичного врожаю до найбільшого у даному році (y/y_{\max}).

Авторами встановлено, що збільшення тривалості періоду сівби з 10 – 12 днів до 20 – 25 викликає зменшення цього відношення. У період від сходів до виходу у трубку висока температура повітря викликає пересихання верхнього шару ґрунту і величина y/y_{\max} прямо залежить від запасів продуктивної вологи у шарі 0 – 20 см.

Найбільший врожай ячменю спостерігається якщо у період сходи – вихід у трубку температура повітря становить 10 – 12° С та запаси вологи у шарі 0 – 20 см становлять 50 – 60 мм, якщо ж запаси вологи менше 20 – 15мм і температура 15 – 18° С, то врожай значно зменшується..

Те ж саме спостерігається якщо у період від виходу у трубку до колосіння буде висока температура (вище 17° С) та запаси вологи менше 10 мм.

Висота рослин є інтегральним показником впливу навколишнього середовища на формування вегетативної маси рослин. Співставлення y/y_{\max} з висотою рослин показало, що у межах від 35 до 85 мм між ними існує прямий зв'язок.

Враховуючи ці дослідження автори розробили метод прогнозу врожайності ячменю у зоні нечорноземних ґрунтів з урахуванням середньої температури повітря та запасів продуктивної вологи у орному шарі ґрунту за період сходи – вихід у трубку та вихід у трубку – колосіння, а також при цьому враховувалась висота рослин на дату колосіння. Окремо було отримано рівняння для ранніх, пізніх та нормальних весен.

для нормальних весен:

$$y/y_{\max} = -0,0042 t_2 - 0,0077 t_3 + 0,0008W_1 + \\ + 0,0031W_2 + 0,0015 h + 0,5878 \quad (6.16)$$

для ранніх весен:

$$y/y_{\max} = -0,0030 t_1 - 0,0052 t_2 - 0,007 t_3 + 0,001W_1 + \\ + 0,001W_2 + 0,0003 h + 0,71 \quad (6.17)$$

де враховується температура за період сівби.

для пізніх весен

$$y/y_{\max} = -0,008 t_2 - 0,0072 t_3 + 0,001W_1 + \\ + 0,0012W_2 + 0,0014 h - 0,0009d - 0,0040l + 0,80 \quad (6.18)$$

де враховується тривалість періоду сівби у днях.

- t_1 – середня температура періоду масової сівби;
- t_2 – середня температура за період сходи – вихід у трубку;
- t_3 – середня температура періоду вихід у трубку – колосіння;
- W_1 – запаси продуктивної вологи за період сходи – вихід у трубку;
- W_2 – запаси вологи за період вихід у трубку – колосіння;
- l – тривалість періоду сівби;
- d – кількість днів від першого травня до закінчення сівби;
- h – середня висота рослин на колосіння.

При складанні прогнозу очікуваного врожаю ячменю необхідно:

- 1 – визначити тип весни. Для цього порівнюється дата переходу температури повітря через 5° С навесні. Якщо відхилення складає 9 днів, то прогноз складається за головним рівнянням (для нормальної весни). Якщо ж ця дата відрізняється на 10 днів і більше, то використовуються рівняння: для ранньої весни – якщо раніше і навпаки;
- 2 – у роки з аномальними веснами визначається середня температура повітря за період сівби та тривалість сівби;
- 3 – визначаються середні по області значення усіх елементів;
- 4 – визначається середнє по області значення відношення y/y_{\max} ;
- 5 – розраховується очікуваний врожай шляхом перемноження відношення на максимальний врожай.

Максимальний врожай по області визначається за даними багаторічних спостережень.

Приклад. Скласти прогноз середнього по області врожаю ячменю у Чернігівській області. Всі фактори, що необхідні для складання прогнозу, заносяться у табл. 6.1.

Середня по області температура повітря за період сівба – вихід у трубку становить $13,5^{\circ}\text{C}$, за період – вихід у трубку – колосіння – $15,3^{\circ}\text{C}$. Середні запаси продуктивної вологи у орному шарі ґрунту за період сходи – вихід у трубку становлять 32 мм, вихід у трубку – колосіння – 16 мм. Середньозважена висота рослин по області – 60 см. Відношення очікуваного врожаю до максимально можливого становить

$$y/y_{\max} = -0,0042 \cdot 13,5 - 0,0017 \cdot 15,3 + 0,0008 \cdot 32 + \\ + 0,0031 \cdot 16 + 0,0015 \cdot 60 + 0,5878 = 0,578$$

Максимально можливий врожай по області становить 28 ц/га. Очікуваний за прогнозом врожай буде 15,6 ц/га.

Чорноземна зона. Казахстан. Метод прогнозу запропоновано Н.Н. Жовтою. Прогноз врожаю у цьому регіоні складається двічі: після виходу у трубку та після колосіння. Метод засновано на використанні залежності врожаю ячменю від суми опадів за не вегетаційний період (від переходу температури повітря через 5°C восени до цього переходу навесні) (6.19) або від запасів продуктивної вологи метрового шару ґрунту на весну, опадів за період сівба – вихід у трубку та кількості стебел на 1 м^2 під час появи над поверхнею ґрунту нижнього вузла соломини (6.20).

$$y = 0,240P_0 - 0,0007P_0^2 + 0,6P_1 - 0,006L_2 - 28,7 \quad (6.19)$$

$$y = 0,169P_0 - 0,0005P_0^2 + 0,21P_3 - 0,001P_3^2 + 0,294h - 21,9 \quad (6.20)$$

Аналізувались залежності врожайності ячменю від середньої температури повітря за 10 днів після колосіння, а також від нестачі насичення повітря вологою в декаду масового колосіння.

Для того щоб виявити більш чітку залежність врожайності від основних агрометеорологічних факторів чорноземна зона ЄЧ СНД була поділена на шість районів:

- I – Саратовська, Єкатеринодарська, Пензенська та Уральська області;
- II – Волгоградська, Ростовська області, Ставропольський край Росії та Луганська область України;
- III – Білгородська, Воронізька, Липецька та Тамбовська області;

Таблиця 6.1 – Складання прогнозу врожаю ячменю

Станція	Дата наступу фаз розвитку			Середня температура повітря за період, °С		Середні запаси вологи (мм) в шарі 0 – 20 см за період		Сорт	Висота, см
	сходи	вихід в трубку	коло-сіння	сходи – вихід у трубку	вихід у трубку – колосіння	сходи – вихід у трубку	вихід у трубку – колосіння		
Суми	20.V	14.VI	12.VI	14,0	16,0	–	–	Московський 121	71
Шостак	16.V	12.VI	28.VI	13,7	15,5	–	–	Казанський	50
Глухів	16.V	6.VI	28.VI	13,0	15,8	36	18	"	70
Кролевець	14.V	8.VI	28.VI	13,3	15,0	31	17	"	65
Білопілля	2.V	28.V	22.VI	13,0	15,3	–	–	"	44
Конотоп	14.V	14.VI	14.VII	14,3	15,4	–	–	Московський 121	45
Ровни	4.V	22.VI	18.VI	12,9	14,1	–	–	Казанський	70
Лебедин	12.V	8.VI	30.VI	13,5	15,6	30	12	"	67
Середнє				13,5	15,3	32	16		

IV – Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Одеська, Херсонська області та республіка Крим України;

V – Кіровоградська, Миколаївська, Полтавська, Харківська та Черкаська області України;

VI – деякі області чорноземної зони Казахстану.

Графічний аналіз залежностей врожайності ярого ячменю від основних агрометеорологічних факторів дозволив зробити висновок, що у всіх районах чорноземної зони найбільші і найменші врожаї відповідають майже однаковим значенням агрометеорологічних елементів, але рівень врожаїв при цьому різний і підвищується при просуванні зі сходу на захід.

Значення основних агрометеорологічних показників, які відповідають різним рівням врожаїв наводяться у табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Межові значення агрометеорологічних показників, які забезпечують найбільші та найменші врожаї ярого ячменю

Характеристика	Найбільш несприятливі умови	Найбільш сприятливі умови
1. Кількість опадів за передвегетаційний період (P_0), мм	< 70	150 – 175
2. Кількість опадів за період сівба – колосіння (P_3), мм	< 30	120 – 150
3. Весняні запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, мм	< 80	160 – 180
4. Запаси вологи на дату масового колосіння (W_3), мм	< 40	110 – 130
5. Загальні витрати вологи за період сівба-колосіння (B_3), мм	< 70	180 – 200
6. Загальні витрати води за вегетаційний період (B_5), мм	< 110	220 – 250
7. Температура повітря в декаду масового колосіння, ($t^\circ C$)	> 23	17 – 19
8. Нестача насичення повітря в декаду масового колосіння, (d, гПа)	> 18	8 – 10
9. Кількість колосonoсних стебел на $1m^2$ на дату колосіння, (L_3)	< 250	600 – 700
10. Висота рослин на дату масового колосіння (h_1 , см)	< 35	65 – 80
11. Висота рослин на дату молочної стиглості, (h_2 , см)	< 45	80 – 90

Кореляційний аналіз дозволив відокремити агрометеорологічні фактори, які найбільш суттєво впливають на формування врожаю. При цьому у різних регіонах це будуть різні фактори. Так, у районах 1 та 3 найбільш тісний зв'язок врожайності спостерігається з запасами вологи. Для 4 та 5 районів найбільш впливовими є опади другої половини вегетаційного періоду. Такі показники як кількість колосоносних стебел та висота рослин впливають на величину врожаю у всіх шести районах.

Були отримані багатofакторні прогностичні рівняння для розрахунку очікуваних врожаїв у кожному регіоні. За цими рівняннями прогноз складається двічі: 1 – у період виходу рослин у трубку (табл. 6.3), другий – у фазу колосіння (табл. 6.4).

Примітка: складові рівнянь табл. 6.2 та 6.3 зазначені у табл. 6.1.

Таблиця 6.3 – Рівняння для розрахунку врожаю ячменю у період виходу у трубку

Області	Рівняння
I Саратовська, Пензенська	$y = 0,240P_0 - 0,0007P_0^2 - 0,6P_1 - 0,006P_1^2 + 0,02L_2 + 28,7$ $S = \pm 3,5 \text{ ц/га}$
II Оренбургська, Уральська	$y = 0,083P_0 + 0,30P_1 - 0,002P_1^2 + 0,013L_2 - 11,5$ $S = \pm 2,0 \text{ ц/га}$
III Воронежська, Липецька, Тамбовська	$y = 0,326W_1 - 0,001W_1^2 + 0,288P_1 - 0,002P_1^2 +$ $+ 0,088L_2 - 0,0006L_2^2 - 48,2$ $S = \pm 2,5 \text{ ц/га}$

При складанні прогнозів середніх по області врожаїв інформативність початкових даних повинна складати не менше ніж по шести станціях.

Таблиця 6.4 – Рівняння для розрахунку врожаїв ярого ячменю після колосіння

Райони	Рівняння
I	$y = 0,169P_0 - 0,0005P_0^2 + 0,21P_3 - 0,001P_3^2 + 0,294h - 21,9$ $S_y = \mp 3,1\text{ц} / \text{га}$
I	$y = 0,071P_0 - 0,206P_3 - 0,0015P_3^2 + 0,241h - 0,338d - 9,1$ $S_y = \mp 1,8\text{ц} / \text{га}$
II	$y = 0,089W_3 + 0,17h + 0,086L_3 - 0,0001L_3^2 + 0,753d - 0,047d^2 - 22,4$ $S_y = \mp 3,3\text{ц} / \text{га}$
III	$y = -0,027W_3 + 0,094h + 0,858k - 0,74d + 13,3$ $S_y = \mp 1,9\text{ц} / \text{га}$
IV	$y = 0,085P_0 - 0,0003P_0^2 + 0,038W_3 + 0,194h - 0,012d + 1,3$ $S_y = \mp 3,9\text{ц} / \text{га}$
V	$y = 0,173P_3 - 0,001P_3^2 - 0,443h + 0,005h^2 + 0,02L_3 - 0,573d + 18,6$ $S_y = \mp 3,6\text{ц} / \text{га}$
VI	$y = 0,323W_1 - 0,001W_1^2 + 0,206P_1 - 0,001P_1^2 - 19,4$ $S_y = \mp 2,6\text{ц} / \text{га}$

6.3 Метод прогнозу середнього по області врожаю вівса

Дослідженнями впливу агрометеорологічних умов на формування врожаю вівса займались С.Л. Плучик, А.Н. Польовий, Т.І. Мизіна [48, 50].

С.Л. Плучик займався цими дослідженнями для основної зони вирощування вівса. В цілому територія вирощування вівса розділена на чотири зони: 1 – зона надмірного зволоження (республіки Балтії, Білорусь); 2 – зона достатнього зволоження та в окремі роки надмірного (північний захід Росії, Удмуртія та Марі); 3 – зона нечорноземних земель (Тульська, Рязанська, Орловська області Росії, Мордва, Чувашія, Татарстан та Полісся України). В цій зоні сума опадів дорівнює сумарному випаруванню. 4 зона – чорноземна зона Росії (Липецька, Курська, Тамбовська, Воронежська, Пензенська області та Середнє Поволжя. На цій території знаходиться 60 відсотків усіх посівних площ в СНД і вона називається основною зоною вирощування вівса. Найбільш поширені у

виробництві сорти вівса Льговський, Ярославський, Фаленський, Надьожний, Орел та ін.

С.Л. Плучиком встановлено, що вирішальна роль у формуванні врожаю вівса у основній зоні вирощування належить зволоженню ґрунту у шарі 0 – 50 см у період викидання волоті. І тільки у районах Середнього Поволжя та в центральних чорноземних районах Росії має значення зволоження метрового шару ґрунту. Крім того, величина врожаю вівса також залежить від висоти рослин у фазу викидання волоті. С.Л. Плучик встановив, якщо висота рослин на фазу викидання волоті становить 40 см, то врожай буде завжди менше 10 ц/га. Були розроблені статистичні залежності величини врожаю вівса від висоти рослин (h) та запасів вологи у півметровому шарі ґрунту (W) для кожної з вищеназваних зон

$$\left. \begin{array}{l} 1. y = -1,08 + 0,19h + 0,09W_1 \\ 2. y = -0,08 + 0,17h + 0,03W_1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} (0 - 50) \\ (6.21) \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} 3. y = 0,69 + 0,13h + 0,09W_1 \\ 4. y = -5,3 + 0,25h + 0,03W_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} (0 - 100) \\ (6.22) \end{array}$$

Ці залежності використовуються для розрахунку врожаю вівса з завчасністю півтора місяці після наступу фази викидання волоті.

А.М. Польовий та Т.І. Мизіна проводили дослідження за даними Нечорноземної зони. Ними бали встановлено, що у період проростання зерна вівса воно дуже чутливе до несприятливих умов – перезволоження ґрунту або його сухість, низькі температури повітря та ґрунту. Після виходу у трубку важливішими стають запаси вологи у півметровому шарі ґрунту. Нестача вологи і підвищені температури у цей період змінюють хід фізіологічних процесів та обміну речовин, що призводить до зменшення кількості колосків у колосі. Тому запаси вологи у шарі 0 – 50 см є найголовнішим фактором формування врожаю вівса. Іншим фактором є стан самої культури на дату викидання волоті, бо він є інтегральним показником всіх умов розвитку культури від появи сходів до викидання волоті. Тому у прогностичну схему розрахунку врожаю вівса були введені такі складові: середня температура повітря від сівби до виходу у трубку та від виходу у трубку до викидання волоті (t_1 та t_2); запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 50 см за ці ж періоди (W_1 та W_2) а також в дату викидання волоті (W_3); висота рослин на дату викидання волоті (h). Врожай розраховується після дати викидання волоті за рівнянням:

$$y/y_{max} = -0,0011t_1 - 0,0125t_2 + 0,0021W_1 + 0,0012W_2 + 0,0010W_3 + 0,0018h + 0,54 \quad (6.23)$$

де y/y_{max} – відношення очікуваного врожаю до найбільшого врожаю у районі. Найбільший врожай визначається для кожної області окремо і становить: на Північному заході Росії 21 – 30 ц/га, у центрі – 26 – 34 ц/га, у Волго - В'ятському районі – 18 – 25 ц/га.

6.4 Техніка складання прогнозу врожаїв

Техніка складання прогнозу врожаю ячменю у чорноземній зоні.

1. Підготувати необхідну агрометеорологічну інформацію по станціях області – дати сівби, виходу у трубку, колосіння, висоту рослин на фазу колосіння, середню температуру повітря, нестачу насичення повітря вологою, суму опадів, запаси продуктивної вологи по декадах від сівби до колосіння.

2. Підготувати дані про опади за період від дати переходу температури повітря через 0° С восени до дати масової сівби ярого ячменю і розрахувати середню по області суму опадів.

3. Розрахувати середню по області суму опадів за період сівба – вихід у трубку та вихід у трубку – колосіння.

4. Розрахувати середнє по області значення нестачі насичення повітря вологою та середню по області висоту рослин на дату колосіння.

5. Розрахувати очікувану врожайність ярого ячменю, використовуючи формули з табл. 6.4. Проаналізувати виконані розрахунки та скласти текст прогнозу.

Техніка складання прогнозу врожаю вівса.

1. За даними агрометеорологічних станцій по території області розраховується середня температура повітря за міжфазні періоди: сівба – вихід у трубку, вихід у трубку – викидання волоті, запаси продуктивної вологи також середні за ці періоди. Розраховується середня вагова висота рослин на дату викидання волоті. Вона розраховується так: дані по висоті рослин угруповуються по сортах і середня розраховується для кожного сорту. Отримані середні величини висоти рослин для кожного сорту помножуються на відсотки площі посіву під даним сортом. Потім величини підсумовуються і розраховується відношення цієї суми до суми відсотків площі, яка зайнята усіма сортами. Розраховані середні обласні значення температури повітря (t_1) та (t_2), запасів продуктивної вологи (W_1) та (W_2) у орному та півметровому шарах ґрунту за періоді сівба – вихід у трубку та вихід у трубку – викидання волоті, запасів продуктивної

вологи у шарі 0 – 50 см на фазу викидання волоті (W_3) та середня висота рослин підставляються в рівняння (27). Після отримання розрахунків одержуємо відношення прогнозованого врожаю до найбільшого в цій області. Отримані відношення перемножуються на значення максимально можливого врожаю по області. Авторами методу максимально можливі врожаї визначені для більшості областей нечорноземної зони (табл. 6.5).

Таблиця 6.5 – Максимальний врожай вівса по областях нечорноземної зони

Економічний район, область	Максимально можлива врожайність	Економічний район, область	Максимально можлива врожайність
Північно – Захід.	15	Московська	34
Архангельська обл.	15	Смоленська	23
Вологодська	21	Рязанська	25
Карелія	31	Тульська	28
Коми	15	Ярославська	24
Санкт-Петербурзька	33	Волго – В'ятська	22
Новгородська	19	Горьківська обл.	22
Центральний р – н.	26	Кіровська.	18
Брянська	27	Марі	25
Володимирська		Мордва	24
Іванівська	25	Чувашія	31
Калінінська	21	Татарія	25
Калужька	25	Пермська	17
Костромська	23	Удмуртія	18

В основній зоні вирощування найбільш поширені сорти вівса: Льговський, Надбожний, Орел, Ярославський та ін. Прогноз складається після наступу фази викидання волоті, тобто з півторамісячною завчасністю. Для цього потрібно:

– підготувати по території області дані: фази розвитку вівса, висоту рослин на фазу викидання волоті, запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту для 1 – 3 зон і в метровому шарі ґрунту для 4 зони на фазу викидання волоті. Після отримання середніх по області даних очікувана врожайність розраховується за рівняннями 22 – 26 в залежності від зони. Перед вживанням рівнянь фактори осереднюються по області з урахуванням площі посіву вівса у кожному районі. За середній строк сівби приймається декада, на кінець якої було засіяно 50 % площі.

Приклад. Скласти прогноз врожаю вівса для будь-якої області нечорноземної зони Росії. Середня температура повітря від сівби до виходу у трубку становила по області $11,4^{\circ}\text{C}$, у період від виходу у трубку до викидання волоті – $16,9^{\circ}\text{C}$. Середньо зважені запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 20 см від сівби до виходу у трубку становили 46 мм, від виходу у трубку до викидання волоті – 74 мм у шарі 0 – 50 см, на фазу викидання волоті – 58 мм. Середньозважена висота рослин становила на дату викидання волоті 76 см. Відношення очікуваного врожаю до найбільш можливого, розраховане за фактичними даними буде:

$$y/y_{\max} = -0,0011 \cdot 11,4 - 0,0125 \cdot 16,9 + 0,0021 \cdot 46 + 0,0012 \cdot 74 + \\ + 0,0010 \cdot 58 + 0,0018 \cdot 76 + 0,5358 = 0,6922$$

Максимально можливий врожай становить 21,0 ц/га. Очікуваний врожай буде: $21,0 \cdot 0,6922 = 14,5$ ц/га.

7 Прогноз врожаїв і валового збору зерна зернових і зернобобових культур

7.1 Прогнози врожаїв зернових і зернобобових культур по економічних районах

В останні 10 – 15 років завдяки підвищенню культури землеробства, рівня механізації, введення нових сортів, нових систем землеробства врожаї зернових та зернобобових культур значно підвищилися.

Але, не зважаючи на всі зусилля землеробів, різниця у валових зборах зерна в різні роки з різними агрометеорологічними умовами все більшає.

При підвищенні культури землеробства коливання врожаїв збільшуються, особливо при аномальних погодних умовах. Тому виникла необхідність у розробці методів прогнозів врожаїв усіх зернових та зернобобових культур з завчасністю 3 – 4 місяці для окремих економічних районів.

Дослідження впливу агрометеорологічних умов на врожайність зернових і зернобобових культур і розробка методів прогнозів виконувалась з врахуванням агрокліматичних особливостей кожного економічного району.

На території СНД було виділено 7 економічних районів: 1 – Поволзький, 2 – Північно – Кавказький, 3 – Донецько-Придніпровський, 4 – Південний, 5 – Уральський, 6 – Західно – Сибірський, 7 – Казахстанський. У Північно-Кавказькому, Південному та Донецько-Придніпровському економічних районах переважають посіви озимих зернових культур з періодом життєдіяльності 9 – 11 місяців. На врожайність культур у цих економічних районах впливають агрометеорологічні умови всіх періодів року, тому при розробці прогностичних рівнянь тут аналізувались та враховувались агрометеорологічні фактори осіннього, зимового і літнього періодів.

У інших економічних районах вирощуються переважно ярі культури з вегетаційним періодом до 100 днів. Тому в дослідженнях для цих районів враховувались тільки весняно-літні умови.

Розробкою методів прогнозів по економічних районах займались: Н.Б. Мещанінова, Л.Н. Літвиненко, А.М. Дерев'янка, Л.В. Комоцька, М.Г. Лубнін, С.Л. Плучик, Ю.С. Мельник та В.Н. Забелін [17, 49, 67, 82, 90].

7.1.1 Північно-Кавказький економічний район

Північно-Кавказький економічний район займає на теренах СНД провідне місце у вирощуванні зерна. За валовим збором він поступається

тільки Поволзькому економічному району, де під зерновими культурами знаходиться вдвічі більше посівних площ.

Провідне місце у Північно-Кавказькому районі займає озима пшениця. Вона становить 60 % валового збору, на долю ячменю припадає 20 %, кукурудзи – 10 %, вклад інших зернових культур (овес, горох, просо, рис) припадає 1 – 2 %.

Агрометеорологічні умови осінньої вегетації озимих культур у Північно-Кавказькому районі у 60 – 80 % років складаються сприятливі. Дослідження показали, що найбільш впливовими на врожай є умови у період з третьої декади вересня до третьої декади жовтня.

Зима у цьому районі коротка. Тут впродовж зими спостерігаються часті зміни похолодань та відлиг, що дуже несприятливо для перезимівлі озимих культур. В цілому у Північно-Кавказькому економічному районі умови перезимівлі задовільні. За показник суворості зими приймається сума від'ємних температур за січень та лютий місяці.

Весна за середніми багаторічними даними в цьому районі починається у березні, відновлення вегетації озимих – наприкінці березня. Найбільш важливими місяцями у весняно-літній період розвитку у Північно-Кавказькому районі для озимих і ярих культур є травень та червень. Посушливі умови в ці місяці погано впливають на наливання зерна та формування врожаю зернових культур. Найбільш інформативним комплексним показником формування врожаїв є відношення сум опадів до суми середніх декадних температур за травень – червень.

У Північно-Кавказькому економічному районі різниця у врожаях за рахунок погодних умов може складати до 10 – 11 ц/га.

Метод прогнозу врожаїв всіх зернових та зернобобових культур було розроблено за схемою: виділені дві складові врожаїв. Перша обумовлена культурою землеробства, друга – погодними умовами.

Тренд зростання врожайності за рахунок культури землеробства розраховується за рівнянням:

$$Y_T = 0,628T - 0,025T^2 + 5,709 \quad (7.1)$$

де Y_T – врожайність зернових та зернобобових культур (ц/га) по тренду;

T – порядок року (від 1 до n).

Коливання врожайності за рахунок погодних умов розраховуються за рівнянням:

$$\Delta Y_T = -0,226\Sigma t_1 + 0,043\Sigma t_2 + 0,0009x_1 + 0,0363x_2 + 2,56 \quad (7.2)$$

де Σt_1 – сума середніх за декаду температур за період з третьої декади вересня по другу декаду жовтня попереднього року, °C;

Σt_2 – сума середніх за декаду температур за період січень-лютий, °С;

x_1 – сума опадів з третьої декади серпня минулого року по третю декаду березня поточного року, мм;

x_2 – відношення сум опадів до суми середніх температур за декаду за травень, червень, збільшене у 10 разів;

ΔU_T – абсолютне відхилення врожайності від тренду, ц/га.

Рівняння (7.2) при використанні прогнозованих значень має завчасність 3 місяці. Всі показники рівняння визначались із середніх по області або краю.

У Північно-Кавказькому економічному районі головними постачальниками зерна є Ростовська область, Краснодарський та Ставропольський край тому середня температура і сума опадів „зважувались” відповідно до площі, яку займають зернові і зернобобові культури в області або краї. Частка площі зернових у Ростовській області становить 0,44; в Краснодарському краї – 0,298; у Ставропольському – 0,27 загальної площі у районі. Для того, щоб отримані „зважені” значення температури і опадів помножувались на відповідний коефіцієнт та підсумовувались.

Приклад. Для складання середнього врожаю зернових культур з тримісячною завчасністю необхідно мати: середню за декаду температуру повітря і суми опадів за декаду з вересня минулого року до третьої декади березня поточного року. Сума опадів з третьої декади серпня по третю декаду березня становить: по Ростовській області – 325 мм; по Краснодарському краю – 560 мм; по Ставропольському краю – 263 мм. Суми середніх за декаду температур за третю декаду вересня – другу декаду жовтня становили відповідно: 27,3, 36,4, 31,5°С. Сума середніх температур за січень – лютий становила: для Ростовської області – – 10,4°С, Краснодарського краю – – 15,4°С, Ставропольському краю – 0°С. Відношення суми опадів до середніх декадних температур за травень та червень становили відповідно: $\frac{37}{117,0} \cdot 10$; $\frac{121}{109,3} \cdot 10$; $\frac{100}{104,8} \cdot 10$.

За рівнянням (7.1) визначається середня врожайність по тренду:

$$U_T = 0,628 \cdot 37 - 0,025 \cdot 37^2 + 5,709 = 25,5 \text{ ц/га}$$

За рівнянням (7.20) визначається зміна врожайності, що обумовлена погодою поточного року.

$$\Delta U_T = -0,226 \cdot 31,1 + 0,043 \cdot 0,12 + 0,0009 \cdot 377 + 0,0363 \cdot 7,2 + 2,56 = 1,5 \text{ ц/га}$$

Очікувана врожайність розраховується за формулою:

$$Y = Y_T + \Delta Y_T \quad (7.3)$$

$$Y = 25,5 + 1,5 = 27,0 \text{ ц/га.}$$

7.1.2 Донецько-Придніпровський економічний район

На території Донецько-Придніпровського економічного району половина посівної площі під озимими культурами зайнята озимою пшеницею (майже 49 %). У цьому районі середня врожайність пшениці становить 23 – 37 ц/га.

Друге місце щодо вкладу у зерновий баланс району займає ярий ячмінь. Площа під ним – 26 % від загальної площі, врожайність – 14 – 27 ц/га.

Третє місце займає кукурудза (10 %) її врожайність становить 21 – 31 ц/га.

Четверте місце поділяють овес (3 %), зернобобові культури (5 %) з врожайністю відповідно 11 – 25 ц/га і 7 – 22 ц/га.

Інші культури у Донецько-Придніпровському районі займають незначні площі, які в сумі не перевищують 0,5 млн. га.

При розробці метода прогнозу врожайність було поділено на дві складові, одна з яких обумовлена культурою землеробства, друга – мінливістю погодних умов у кожному році.

У Донецько-Придніпровському районі у динаміці врожаїв зернових, зернобобових культур спостерігається тенденція постійного зростання.

Рівняння ліній тренду характеризуються рівнянням:

$$Y_T = 0,62T + 6,25; \quad r = 0,89 \pm 0,01 \quad (7.4)$$

де Y_T – врожайність, ц/га;

T – порядковий номер року, починаючи з 1945 р.

Щорічний приріст складає 0,62 ц/га.

У Гідрометцентрі Росії (Є.С.Уланова, А.Н. Дерев'янка) отримані часово-кореляційні функції аномалії врожайності зернових культур з опадами та температурою поточного і попереднього років.

З метою виявлення впливу умов осіннього періоду на врожай озимої пшениці, а також впливу дворічного циклу, ходу атмосферних процесів, що спостерігаються в цьому районі, вони врахувались зі своїми ваговими коефіцієнтами.

На підставі отриманих часово-кореляційних функцій були вибрані групи найбільш інформативних місяців поточного і попереднього років у відношенні впливу опадів і температури повітря на аномалію врожайності.

Це дозволило отримати прогностичне рівняння з невеликою кількістю складових:

$$y = 0,003(\bar{x}_{1,2})^2 + 0,180(\bar{t}'_{1,2,3})^2 + 3,811\bar{t}_{7,11,12} - 0,18(\bar{t}_{1,2})^2 + 97,436 \quad (7.5)$$

де y – врожайність усіх зернових, % тренду;

$\bar{x}_{1,2}$ – середньозважена сума опадів січня і лютого минулого року, мм;

$(\bar{t}'_{1,2,3})^2$ – квадрат середньозваженої температури повітря за січень, лютий, березень минулого року;

$\bar{t}_{7,11,12}$ – середньозважена температура повітря за липень, листопад і грудень минулого року, °С;

$(\bar{t}_{1,2})^2$ – квадрат середньозваженої температури за січень, лютий поточного року, °С.

Якщо підставити значення вагових коефіцієнтів, то рівняння набирає вигляду:

$$y = 0,003(0,505x_1 + 0,495x_2)^2 + 0,180(0,40t_1 + 0,407t_2 + 0,193t_3)^2 + \quad (7.6)$$

$$+ 3,811(0,097t_7 + 0,126t_{11} + 0,78t_{12}) - 0,181(0,366t_1 + 0,634t_2)^2 + 97,436$$

Таким чином, у рівнянні (7.6) використані фактори, які враховують вплив на врожайність дворічного циклу та вплив погоди на умови передпосівного та зимового періодів життя озимої пшениці.

За рівнянням (7.3) розраховується очікуваний врожай зернових з завчасністю 4 – 5 місяців.

Було також запропоновано рівняння для уточнення прогнозу у травні (завчасність 3 – 4 місяці):

$$y = 0,005(0,462x_2 + 0,538x_5) + 2,617(0,097t_7 + 0,126t_{11} + 0,78t_{12}) + \quad (7.7)$$

$$+ 2,448(0,366t_1 + 0,634t_2) + 106,342$$

де y – те ж, що у рівнянні (7.6);

$x_{2,5}$ – середньозважена сума опадів за лютий, травень поточного року;

$\bar{t}_{7,11,12}$ – середньозважена температура повітря за липень, листопад, грудень минулого року;

$t_{1,2}$ – середньозважена температура повітря за січень, лютий поточного року, °С.

Рівняння (7.8) дозволяє без використання прогнозу погоди розрахувати очікуваний врожай всіх зернових з завчасністю 1 – 1,5 місяці

та з завчасністю 2 – 2,5 місяці при використанні прогнозу сум опадів та середньої температури повітря на червень поточного року:

$$y = 0,239(0,151x_7 + 0,282x_8 + 0,112x_9 + 0,132x_{10} + 0,322x_{11}) + \\ + 0,082(0,462x_2 + 0,538x_5) + 2,112(0,097t_7 + 0,126t_{11} + 0,78t_{12}) + (7.8) \\ + 1,676(0,336t_1 + 0,634t_2) - 6,73(0,422t_5 + 0,578t_6) + 223,38$$

у рівняння входять середньозважені значення:

- сум опадів липня - листопаду минулого року – $x_{7,8,9,10,11}$;
- сум опадів лютого і травня поточного року – x_2, x_5 ;
- температури повітря за перед та після посівний періоди озимих (липень, листопад, грудень минулого року) – $t_{7,11,12}$;
- температури повітря за січень, лютий поточного року – $t_{1,2}$;
- температури повітря за травень і червень поточного року – t_5, t_6 .

Після розрахунків за рівняннями 7.4, 7.5, 7.6 у відсотках від тренду знаходяться абсолютні значення врожайності (ц/га). Для цього зняті з тренду значення очікуваної врожайності у поточному році помножуються на отримане по одному з рівнянь значення врожайності у відсотках від тренду і діляться на 100 %.

Дослідження показали, що врожайність усіх зернових культур (y) у Донецько-Придніпровському економічному районі досить тісно пов'язана з врожайністю озимої пшениці ($y_{пш}$). Рівняння цього зв'язку:

$$y = 0,864y_{пш} + 0,558 \quad y = 0,864 \quad (7.9)$$

Приклад. Розрахувати очікуваний врожай з завчасністю 3 місяці (рівняння 7.7 – 7.9).

$$y = 0,005(0,462 \cdot 30 + 0,538 \cdot 61) + 2,617[0,097 \cdot 18,9 + 0,126 \cdot 1,4 + 0,78 \cdot (0,07)] + \\ + 2,448[0,366 \cdot (-8,6) + 0,634 \cdot (-5,6)] + 106,342 = 94 \%$$

Середній врожай по тренду очікується 25,4 ц/га. Тоді очікуваний врожай з врахуванням впливу погодних умов становитиме: $25,4 \text{ ц/га} \cdot 94,0 \% / 100 = 23,9 \text{ ц/га}$. Фактично було зібрано 25,0 ц/га. Якщо ж врахувати прогноз температури та опадів на червень, то тоді очікуваний врожай буде 25,3 ц/га. Помилка прогнозу $25,3 \text{ ц/га} - 25,0 \text{ ц/га} = 0,3 \text{ ц/га}$.

7.1.3 Південний економічний район

Південний економічний район завдяки добрим природним ресурсам забезпечує значний внесок в загальний ваговий збір зерна.

У зв'язку з підвищенням агротехніки вирощування, збільшенням кількості добрив, заміною на 90 – 100 % площі старих сортів озимої пшениці новими, інтенсивного типу сортами приріст врожаїв за останні роки збільшився. Швидкість приросту впродовж періоду становить 0,7 ц/га. Але зростання культури землеробства не зменшує щорічних коливань врожаїв, особливо в аномальні за погодними умовами роки. Найбільші відхилення врожаю від лінії тренда становлять $\pm 4 - 6$ ц/га.

В роки з від'ємними відхиленнями врожаїв від лінії тренда більше ніж на 4 ц/га завжди бувають суворі зими, у весняно-літній період спостерігається посушливі умови вегетації.

У формуванні врожаю зерна усіх зернових і зернобобових культур у Південному економічному районі значну роль відіграють опади, що випадають взимку, навесні та в першій половині літа. Найбільш високі врожаї формуються у роки, в які сума опадів за період січень-червень становила більш 300 мм. Особливо важливі опади у травні і червні тому, що у озимих відбувається ріст стебел і колосіння, і у ярих – вихід у трубку і ріст стебел.

Крім умов вологозабезпеченості у формуванні врожаїв зернових і зернобобових, особливу роль відіграють температурні умови.

Встановлено, що температури січня і лютого є досить вагомими чинниками передбачення рівня врожаю, оскільки вони є показниками можливості вимерзання посівів, що знижує кількість стебел, яке в значній мірі зменшує врожай.

Крім того, для Південного економічного району для нормального формування врожаю зернових і зернобобових дуже важливе значення мають температурні умови кінця весни і початку літа. Найбільш висока врожайність спостерігається уроки, коли температури травня і червня не перевищували 16 – 17° С. Різке зменшення врожаїв спостерігається при температурі повітря у травні 20 – 21° С.

На підставі вищеописаних досліджень було розроблено метод прогнозу врожайності зернових та зернобобових культур для Південного економічного району з три місячною завчасністю. У прогностичних рівняннях використовувались значення опадів та температури повітря за місяці, які вносять найбільший внесок у формування врожайності. Врахування культури землеробства при цьому проводилося через вираз врожайності у відсотках від тренду.

При розрахунках очікуваного врожаю за червень використовуються прогнозовані значення температури і опадів:

$$y = 0,11x_1 + 0,04x_2 + 2,67t_1 - 7,01t_2 + 190,34 \quad (7.10)$$

де y – середня врожайність, % тренду;

x_1 – сума опадів (мм) за період січень-червень;

x_2 – сума опадів (мм) за період вересень-грудень минулого року;

t_1 – середня температура повітря за січень і лютий, °С;

t_2 – середня температура повітря за травень-червень, °С.

Врожайність по тренду визначається з рівняння:

$$Y = 0,703T + 5,314 \quad (7.11)$$

У Південному економічному районі сума опадів за січень-травень становила 260 мм; сума опадів за вересень – грудень – 120 мм; середня температура за січень-лютий – $-3,5^\circ\text{C}$; середня температура повітря за травень-червень – $16,5^\circ\text{C}$. Підставляються значення складових у рівняння (7.10):

$$y = 0,11 \cdot 260 + 0,04 \cdot 120 + 2,67 \cdot (-3,5) - 7,01 \cdot 16,5 + 190,34 = 98 \%$$

Очікуваний врожай становить 98 % тренду. Врожай по тренду розраховується за рівнянням (7.11):

$$Y = 0,703T + 5,314$$

порядковий номер 2000 року, починаючи з 1945 р. – 56-ий.

Тоді за трендом врожай очікується 39,1 ц/га. Знаходиться 98 % від 39,1 ц/га – 38,3 ц/га.

Подібний метод прогнозів врожайності зернових та зернобобових культур розроблений для Уральського, Західно-Сибірського економічних районів Росії та Казахстану.

7.2 Прогноз врожайності і валового збору зернових і зернобобових до початку сівби

В останні роки (15 – 20) з'явилися дослідження, які ґрунтуються на сумісному вивченні полів геопотенціалу і рядів врожайності. Ці дослідження стали підґрунтям методик, які оцінюють врожайність ярих культур ще до сівби, а озимих – в період відновлення вегетації. Оцінка виконується на врахуванні особливостей циркуляції атмосфери над північною півкулею у місяці перед початком вегетаційного періоду для великих економічних районів: Північно-Кавказького, Донецько-

Придніпровського, Південно-Західного, Південного, Центрального, Центрально-Чорноземного та ін.

Дослідження проводились за такою схемою: для озимої і ярої пшениці були сформовані ряди врожаїв для кожного з вказаних вище районів. Потім за допомогою методу розкладу полів за природними ортогональними складовими були отримані власні вектори, коефіцієнт розкладу і власні числа врожайності озимої та ярої пшениці. В першу складову входять тренд врожайності, обумовлений культурою землеробства, і великомасштабні складові, які пов'язані з впливом погодних умов. Ці великомасштабні складові відділяються від тренду методом найменших квадратів. При такому підході об'єктом прогнозування стає не врожайність, а коефіцієнт розкладу, що характеризують складові певного масштабу. Перші складові несуть інформацію про найбільші особливості досліджуваних полів, а останні складові описують мілкі випадки у тому числі і помилки.

Дослідження показали, що внесок перших чотирьох коефіцієнтів розкладу поля врожайності складає 90 %, а останніх тільки 10 %, та також, що допустима точність досягається якраз за рахунок використання як предикторів перших чотирьох коефіцієнтів розкладу рядів врожайності. Тому предикторами при прогнозуванні використовуються коефіцієнти розкладу значень геопотенціалу північної півкулі на рівні 500 гПа, зняті у вузлах регулярної сітки 10×10^0 .

Північна півкуля поділяється на 10 секторів, в кожному з яких поле геопотенціалу підлягає процедурі розкладу. В кожному секторі відбираються вектори, які характеризують процеси одного масштабу (вектори з одним і тим же порядковим номером) і знаходиться кореляційний зв'язок між однією із складових поля врожайності досліджуваного району, а також з коефіцієнтами розкладу п'яти суміжних секторів. Таким чином, розрахунок багатofакторного коефіцієнту кореляції у кожному місяці року повторюється багато разів. Причому, кожен раз методом ковзання один із п'яти секторів замінюється новим.

Щорічно всі розрахунки повторюються, а коефіцієнти кореляції наносяться на графік. Вибір предикторів щорічно повторюється. В прогностичних схемах інформація кожного місяця враховується окремо, а потім за остаточних розрахунків дані осереднюються по періодах: вересень – листопад, грудень – лютий, березень.

За описаним методом прогноз врожайності і валового збору зернових і зернобобових складається у квітні на підставі середньомісячних карт AT_{500} з вересня по березень.

Для цього у ста восьми вузлах регулярної сітки (рис. 7.1) з карт баричної топографії знімаються значення геопотенціалу на рівні 500 гПа.

Значення врожайності ярої і озимої пшениці по економічному району розкладається по природних ортогональних складових і відбираються перші чотири коефіцієнти розкладу 90 % сумарної дисперсії;

Для першого коефіцієнту розкладу розраховується тренд і відхилення від нього (в частках від нього);

В кожному вузлі регулярної сітки розраховується відхилення значень геопотенціалу від його середнього значення в кожному секторі і розраховуються перші п'ять коефіцієнтів розкладу.

Для кожного з чотирьох коефіцієнтів розкладу рядів врожайності знаходиться статистичний зв'язок з першими п'ятьма коефіцієнтами розкладеного поля H_{500} і відбираються ті зв'язки, для яких багатofакторний коефіцієнт кореляції (R) більше або дорівнює 0,550.

За відібраними коефіцієнтами розкладу поля H_{500} розраховуються прогнозовані коефіцієнти розкладу врожайності ярої та озимої пшениці

$$\hat{A}_{ij}^{mq} = f_1(\beta_{cj}^{mq}) \quad (7.12)$$

де β_{cj}^{mq} – значення с-го коефіцієнту розкладу поля геопотенціалу на рівні

500 гПа в j-му році; $C=1, 2, \dots, 5$;

m – номер місяця (вересень-березень) $m=1, 2, \dots, 7$;

q – група з п'яти суміжних секторів (1–5, 2–6, 3–7, 4–8, ..., 10–4);

\hat{A}_{ij}^{mq} – розрахункове значення i-го коефіцієнту розкладеного поля врожайності пшениці в j – му році; розрахунок виконано по m – місяцю та q – й групі секторів.

Розраховані за окремими місяцями коефіцієнти розкладу врожайності ярої та озимої пшениці осереднюються за сезонами (вересень-листопад, грудень-лютий, березень).

$$\bar{\hat{A}}_{ij}^P = \frac{\sum_{n} \hat{A}_{ij}^{mq}}{n} \quad (7.13)$$

де $\bar{\hat{A}}_{ij}^P$ – середнє значення розрахованої величини i-го коефіцієнту розкладу поля врожайності в j – му році за даними розрахункового сезону;

n – кількість варіантів розрахунку \hat{A} в розрахунковому сезоні.

Очікуваний врожай озимої і ярої пшениці розраховується окремо за рівнянням:

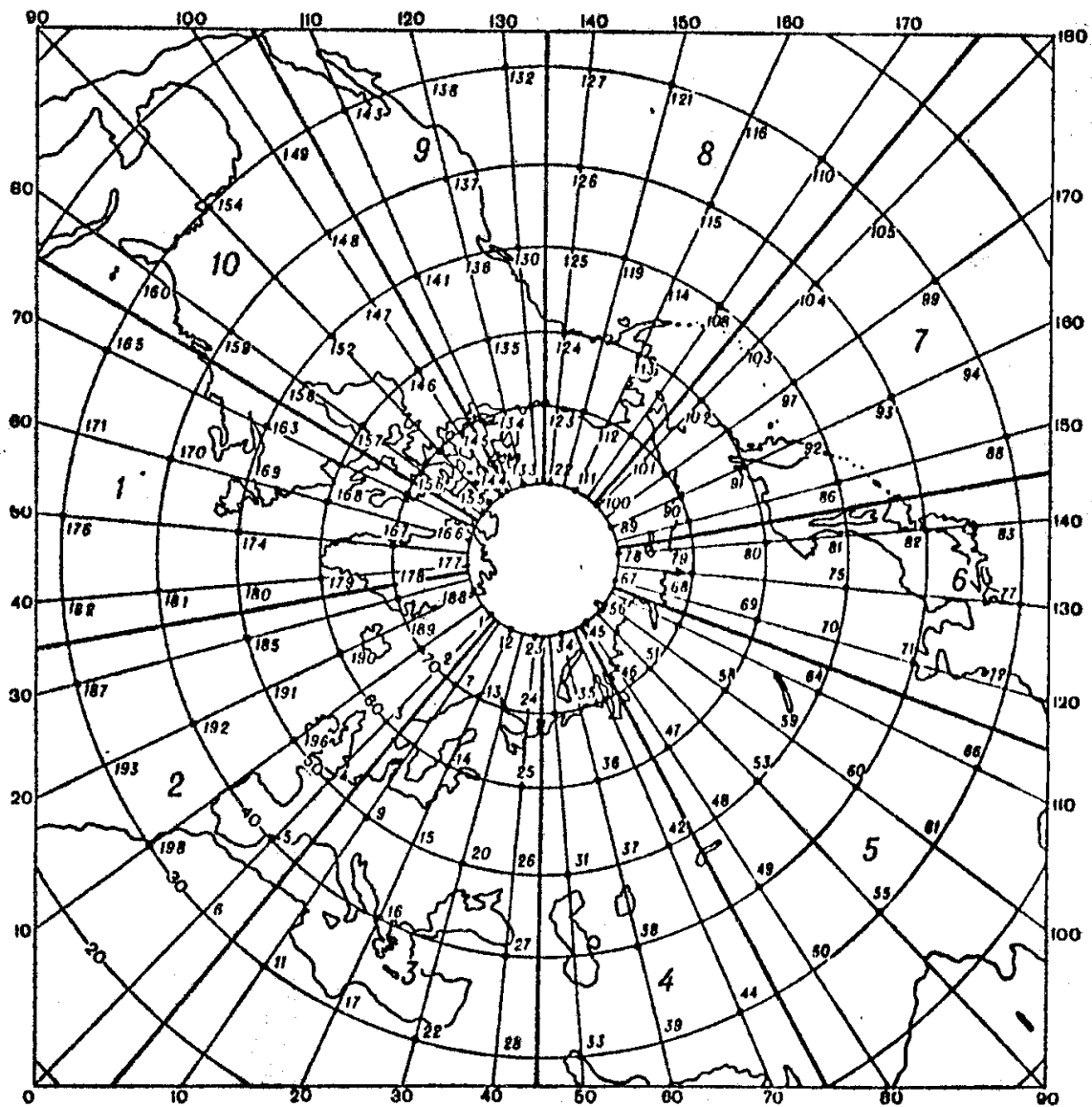


Рис.7.1 – Схема розташування точок, в яких знімалися дані про величину геопотенціалу на рівні 500 гПа.

$$y_j = f_2(\hat{A}_{ij}^P) \quad (7.14)$$

де y_j – очікувана врожайність озимої або ярої пшениці в j – ому році.

Врожайність зернових і зернобобових культур у цілому розраховується як функція врожайності озимої (y_1) і ярої пшениці (y_2):

$$y = f_3(y_1, y_2) \quad (7.15)$$

Валовий збір зернових та зернобобових розраховується за формулою:

$$Q = Y \cdot S \quad (7.16)$$

Примітка. Методикою не передбачаються отримання традиційних постійних рівнянь регресії. Щорічно процедура дослідження повторюється. Розрахунок передбачає машинну технологію складання прогнозу.

7.3 Прогноз врожайності та валового збору всіх зернових та зернобобових культур

Середній по області очікуваний валовий збір будь-якої сільськогосподарської культури (Y тис.т) розраховується за формулою:

$$Y = Y_n \cdot S \quad (7.17)$$

де Y_n – середній по області врожай, т/га;

S – посівна площа культури в області, тис./га.

Прогнозування сумарного валового збору зерна зернових та зернобобових культур здійснюється за окремими групами культур (озимі, ранні ярі, пізні теплолюбні та зернобобові). При складанні прогнозу враховується агрометеорологічна інформація, яка характеризує умови вирощування кожної культури окремо, у тому випадку, коли внесок валового збору цієї культури в сумарний валовий збір зернових та зернобобових культур області складає не менше 5 %.

Згідно з вказівками Департаменту гідрометеорології України терміни надання та випуску прогнозу врожайності та валового збору представлені в табл. 7.1.

Дослідженнями впливу агрометеорологічних факторів на продуктивність посівів та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур займались М.С. Кулик, Е.С. Уланова, А.В. Процеров, Ю.І. Чирков, О.М. Конторщикова, Н.Н. Іванова-Зубкова та ін. [58–71]. Вони сформулювали основні теоретичні положення

агрометеорологічного
сільськогосподарських культур.

прогнозування

продуктивності

Таблиця 7.1 – Терміни випуску прогнозів

Культура	Представлення прогнозів обласними центрами	Випуск прогнозу Гідрометцентром України
Озима пшениця	26. 05, 23.06	2.06 , 30.06
Яра пшениця	23.06, 24.07	30.06, 31.07
Ярий ячмінь	23.06, 23.07	30.06, 31.07
Зернові та зернобобові в цілому	23.06, 24.07	30.06, 31.07
Картопля	5.08	10.08

Встановлено, що врожайність сільськогосподарських культур визначається рівнем культури землеробства, ґрунтово-кліматичними та погодними умовами району вирощування. Часові ряди врожайності сільськогосподарських культур (Y_t) розглядаються як сума двох складових - детермінованої складової та випадкових відхилень від неї:

$$Y_t = f(t) + E_t \quad (7.18)$$

де $f(t)$ – деяка випадкова функція часу (тренд);

E_t – випадкова складова часового ряду (випадкова компонента).

Тенденція врожайності є наслідком поступового поліпшення культури землеробства при середньому значенні ґрунтово-кліматичних умов. Її рівень залежить від впровадження у виробництво досягнень науки та техніки. Зміна випадкової компоненти часових рядів визначається агрометеорологічними умовами вегетаційного періоду конкретних років.

Прогноз врожайності може здійснюватись з врахуванням обох складових часового ряду: тренду (шляхом екстраполяції за допомогою будь-якого методу прогнозу за одним часовим рядом) та відхилень врожайності від тої тенденції, яка склалася (за допомогою методів оцінки агрометеорологічних умов вирощування культури). Сума двох, отриманих таким шляхом, прогнозів дає сумарний прогноз врожайності. Методологія динаміко-статистичного прогнозування врожаїв сільськогосподарських культур [30] спирається на застосування методів прогнозу за одним часовим рядом та на методи оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю за допомогою динаміко-статистичних моделей продуктивності сільськогосподарських культур.

Для прогнозу врожаїв використовується формула:

$$Y_n = Y_{t+1} \cdot C \quad (7.19)$$

де Y_n – тенденція врожайності сільськогосподарських культур (зернових та зернобобових в цілому) на рік, для якого складається прогноз;
 C – оцінка міри відхилення агрометеорологічних умов поточного року від середніх багаторічних, на фоні яких формується тенденція врожайності.

7.3.1 Прогнозування тенденції врожайності

Найбільш поширеним підходом до вирішення задач прогнозування тенденції врожайності є екстраполяція зв'язків та закономірностей, що вже існують, на майбутнє. За інформацію для вивчення взаємозв'язків приймаються часові ряди врожайів, виявлення найбільш загальних закономірностей яких дозволяє виконувати екстраполяцію тенденції цього ряду.

При аналізі часових рядів врожайності застосовується або метод найменших квадратів, при якому усі спостереження мають однакову вагу, або метод гармонічних зважувань. Метод гармонічних зважувань має ту перевагу перед методом найменших квадратів, що в ньому немає необхідності робити припущення відносно лінії тренду [44]. В цьому методі за істинний тренд $f(t)$ часового ряду приймається ламана лінія, яка згладжує задану кількість точок часового ряду Y_t .

Прогнозоване значення тенденції часового ряду врожайності визначається з формули:

$$Y_t = Y_{t+1} \cdot C \quad (7.20)$$

При умові, що $Y_t = Y_p$. Принципова блок-схема описаного методу екстраполяції врожайності на рис. 7.2.

Для прогнозування тенденції врожайності сільськогосподарських культур використовуються щорічні спостереження за середньою по території врожайністю усіх категорій господарств. При складанні прогнозу тенденції розрахована величина буде тим точніша, чим довший ряд спостережень буде використовуватись для розрахунків. Кількість років, які становлять одну фазу ковзного тренда, дорівнює 16 ($K = 16$).

7.3.2 Оцінка агрометеорологічних умов формування врожаю сільськогосподарських культур

Відхилення врожайності від її тенденції протягом відрізка часу, що оцінюється, при агрометеорологічних умовах, які відрізняються від середніх багаторічних, визначається зміною всіх важливих показників



Рис. 7.2 – Блок-схема прогнозу тенденції врожайності сільськогосподарських культур

фотосинтетичної діяльності посівів, які викликані дією цих агрометеорологічних умов.

Основою кількісної діагностики агрометеорологічних умов формування врожаю сільськогосподарських культур є вираз:

$$C = \frac{\hat{m}_p}{\bar{m}_p} \quad (7.21)$$

де C – оцінка агрометеорологічних умов формування врожаю впродовж періоду вегетації, що розглядається;

\hat{m}_p – біомаса репродуктивних органів (колосся у зернових, бульба – у картоплі, стручки – у бобових), яка розраховується за агрометеорологічними даними чинного періоду;

\bar{m}_p – біомаса репродуктивних органів, що розраховується за середніми багаторічними даними.

Для оцінки агрометеорологічних умов вирощування окремих сільськогосподарських культур використовуються не абсолютні значення розрахованих врожаїв, а їх відносні величини. Для оцінки умов формування врожаю зернових та зернобобових в цілому використовується запропонована Х.Г. Тоомінгом [78] концепція «еталонних врожаїв» – потенційний врожай (ПВ) та дійсно можливий врожай (ДМВ). Ці характеристики розраховуються для кожної групи сільськогосподарських культур, які входять до складу зернових та зернобобових.

При оцінці агрометеорологічних умов формування врожаїв групи культур значення біомаси репродуктивних органів та у виразі (7.20) можна замінити на ДМВ та ДМВ, тобто дійсно можливий врожай, розрахований з використанням показників, що характеризують умови конкретного періоду, та показників, які характеризують середні багаторічні дані. У випадку заміни вираз (7.20) набуває вигляду:

$$C_i = \frac{Д\hat{B}У_i}{Д\bar{B}У_i} \quad (7.22)$$

В середню по області агрометеорологічну оцінку формування врожаю кожної групи культур вводиться поправка на екстремальні умови – посушливість чи перезволоження. За підґрунтя врахування впливу посушливості взято метод М.С.Кулика з деякими змінами, а можливе полягання посівів враховується за методом О.Д. Пасечнюка [59].

Таблиця 7.2 – Зниження агрометеорологічної оцінки умов формування врожаю різних груп культур

Група	Шар ґрунту, см	Запаси продуктивної вологи, мм	Критичні декади розвитку	Середня температура повітря, °С	Послідовне зниження агрометеорологічної оцінки (%) в декади вегетаційного періоду								
					1	2	3	4	5	6	7	8	в критичні декади розвитку
Озимі зернові	0-20	10	Дві декади до колосіння і декада колосіння	12	10	30	20	10	5	5	-	-	
	0-20	60		12									30;20;10
Ранні ярі зернові	0-20	10	-«-	16 (за критичні декади)	-	5	10	25	15	10	5	5	
	0-20	60											30;20;20
Пізні теплолюбні	0-50	10	Декада до викидання волоті та дві після	28(в кожній критичній декаді)									20;30;20;10
	0-50	100		14									10;10;10;10
Зернобобові	0-20	12	Дві декади до цвітіння, декада цвітіння, декада після цвітіння	13 (в кожній критичній декаді)									10;10;20;10
	0-20	60											10;10;10;10

Зменшення розрахованої агрометеорологічної оцінки для озимих та ранніх ярих культур в залежності від запасів продуктивної вологи у орному шарі ґрунту та температури повітря наводиться в табл. 7.2.

Для кожної групи культур відокремлюються критичні декади розвитку від дати сходів (відновлення вегетації). Для озимих та ярих зернових культур такими декадами будуть дві декади до колосіння та декада колосіння. Декада колосіння визначається за допомогою суми ефективних температур. Для озимих декада колосіння визначається декадою, в якій сума температур становить 250° С, для ярих культур – 300° С. Декада викидання волоті у пізніх теплолюбних культур визначається декадою, в якій сума ефективних температур вище 10° С буде 500° С; декада цвітіння зернобобових визначається за допомогою суми температур 580° С.

Середня по області агрометеорологічна оцінка формування врожайності зернових та зернобобових культур у цілому (С сер.обл.) розраховується з врахуванням оцінок по кожній групі культур. При цьому оцінки кожної групи культур зважуються з врахуванням площі посіву. Сума перемножених оцінок групи культур на відсоток посівної площі, що займають ці культури, ділиться на загальну посівну площу зернових та зернобобових культур у області:

$$C_{сер.обл.} = \frac{\sum C_i P_i}{\sum P_i}, \quad i = 1, 2, 3, 4, \quad (7.23)$$

де $C_{сер.обл.}$ – середня по області оцінка групи культур;

P_i – відсоток площі, що знаходиться під i -тою групою культур по відношенню до загальної посівної площі зернових та зернобобових в області.

7.3.3 Динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських культур

Ріст, розвиток та формування врожаю рослин являє собою досить складну сукупність цілої низки фізіологічних процесів, інтенсивність яких визначається генотипом та факторами довкілля, а також взаємозв'язками між самими процесами. Динамічні моделі продукційного процесу рослин, орієнтовані на застосування їх в агрометеорологічних розрахунках та прогнозах, описують процеси фотосинтезу, дихання та росту. Модель складається з чотирьох головних блоків (рис. 7.3)

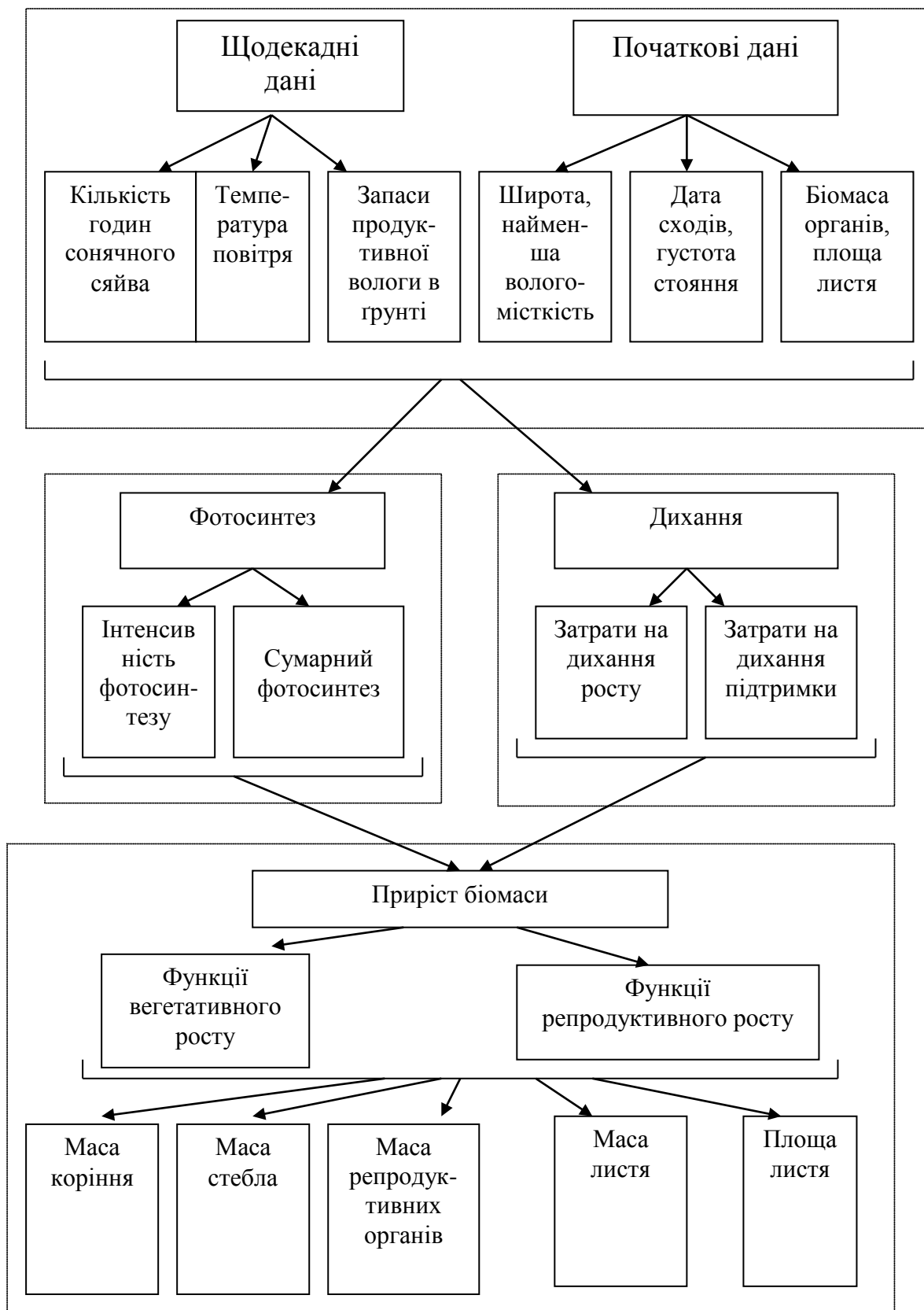


Рис. 7.3 – Структурна схема динамічної моделі формування врожаїв сільськогосподарських культур.

Перший блок – агрометеорологічний, включає перетворення початкової агрометеорологічної інформації; інші три блоки – біологічні – фотосинтезу, дихання та росту – охоплюють розрахунок інтенсивності процесів фотосинтезу та дихання, розподілу продуктів фотосинтезу і росту окремих органів рослини, в тому числі і репродуктивних.

Таблиця 7.3 – Значення параметрів моделі для озимих та ярих культур

Культура												
Параметр	Озима пшениця				Яра пшениця			Ярий ячмінь		Картопля		
ml	0,030n				0,07n			0,07n		0,523n		
ms	0,020n				0,06n			0,06n		0,158n		
mr	0,030n				0,07n			0,07n		0,600n		
Ll	0,000544n				0,0012n			0,0012n		0,0137n		
T	180				234			200		500		
T	180				234			200		110		
T	210				240			240		220		
T	260				278			280		320		
T	250				278			280		320		
T	560				585			580		1050		
T	240				270			200		450		
Alfa	0,7				0,7			0,7		0,5		
Alfa	0,5				0,5			0,5		0,5		
Z	50				45			45		55		
C	0,26				0,25			0,25		0,30		
C	0,36				0,35			0,35		0,16		
C	0,20				0,20			0,20		0,03		
C	0,18				0,20			0,20		0,51		
Декада вегетації												
Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Яра пшениця, ярий ячмінь												
t	14	14	14	16	16	16	18	18	18	20	20	20
Kq	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6
Озима пшениця												
t	11	13	15	16	17	18	19	20	20	20	20	20
Kq	1,0	1,0	0,95	0,95	0,90	0,90	0,85	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Картопля												
t	16	17	18	18	18	19	19	19	18			
Kq	0,70	0,70	0,75	0,80	0,90	0,90	0,80	0,70	0,60			

Ціла низка параметрів, які характеризують зміну вимог зернових та зернобобових культур до тепла та вологи, визначена А.М. Польовим і представлена в табл. 7.3.

Схема складання середнього по області врожаю та сумарного валового збору зернових і зернобобових культур представлена на рис. 7.4.

Підготовка даних для розрахунку

Перед початком розрахунків необхідно встановити:

Наявність необхідної інформації на дату складання прогнозу – 20 травня (з завчасністю 3 місяці). Оскільки пізні теплолюбні культури до 20 травня знаходяться у фазі проростання насіння або появи сходів, то розрахунок валового збору виконується тільки з використанням часового ряду врожаїв, а також розмірів посівної площі культур минулого року. При цьому оцінка цих культур приймається рівною 100%.

Визначається кількість груп сільськогосподарських культур:

- Наявність синоптичного прогнозу погоди на червень та липень для складання другого прогнозу валового збору – 20 червня;
- Наявність середньої багаторічної інформації, необхідної для складання прогнозів

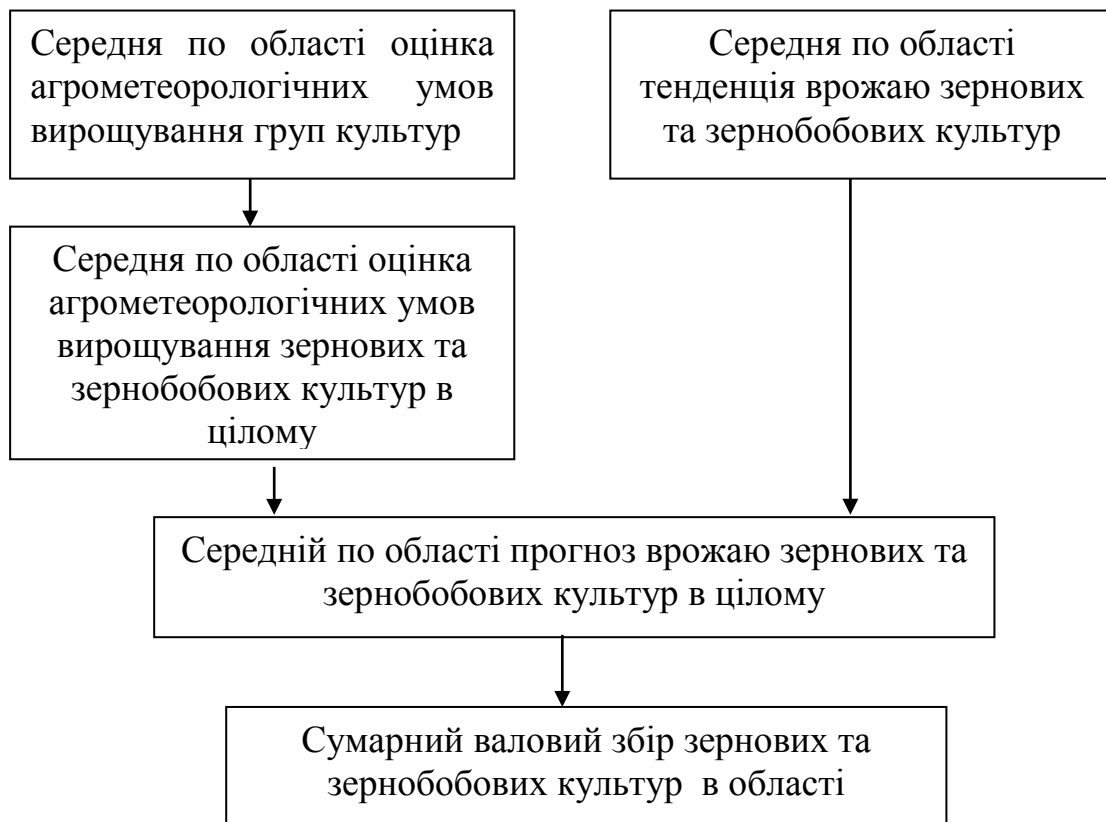


Рис. 7.4 – Схема прогнозу врожаю та сумарного валового збору зернових і зернобобових культур

Для складання прогнозу врожаю за моделлю необхідна початкова інформація:

- Географічна широта області, для якої складається прогноз;
- Прогноз погоди на очікуваний вегетаційний період;
- Середня багаторічна температура повітря та температура повітря у поточному році (фактична і прогнозована);
- Середня багаторічна кількість годин сонячного сьйва та це ж значення у поточному році;
- Середні багаторічні дати настання фаз розвитку культур: відновлення вегетації для озимих, сходів для ярих, воскової стиглості усіх культур;
- Дати настання фаз відновлення вегетації та сходів культур у поточному році;
- Кількість днів у розрахункових декадах окремо для озимих, ранніх ярих і пізніх теплолюбних та зернобобових культур;
- Середні багаторічні значення запасів продуктивної вологи під усіма культурами по декадах розвитку та їх значення у поточному році;
- Значення найменшої польової вологомісткості під різними культурами;
- Початкові біомаси на 1 м^2 на дату сходів або весняного обстеження посівів: листя, стебел, коріння, а також початкова площа листя;
- Оптимальні суми температур повітря для розрахунку кривої фотосинтезу листя, кривої дихання листя, приросту маси листя, приросту стебел, приросту коріння, приросту маси репродуктивних органів;
- Сума температур повітря, за якої починається ріст репродуктивних органів;
- Початок онтогенетичної кривої дихання;
- Питома поверхнева щільність листя, тобто вага одиниці листової поверхні ($\text{г}/\text{м}^2$);
- Частки кожного органу в рослині (листя, стебел, коріння, репродуктивних органів);
- Оптимальні температури повітря;
- Коефіцієнти водоспоживання.

Вся інформація вводиться у програму розрахунків. Окремо – середня багаторічна та поточного року.

Після вводу інформації в ПЕОМ виконуються розрахунки та складається текст прогнозу.

Приклад складання прогнозу. Розглядається приклад складання прогнозу врожаю озимої пшениці для Луганської області на 2001 рік.

Середня багаторічна інформація по області: географічна широта – ψ ; дата відновлення вегетації – 7 квітня; дата воскової стиглості – 4 липня;

найменша вологомiсткiсть шару ґрунту 0 – 50 см – 93 мм; агрометеорологiчна iнформацiя в табл. 7.4.

Таблиця 7.4 – Приклад розрахунку врожаю озимої пшениці

Параметр	Квітень			Травень			Червень			Липень
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Середня температура повітря	3,4	7,1	10,9	14,0	16,2	17,4	18,9	19,9	21,3	21,4
Запаси продуктивної вологи у шарі 0 – 50 см	93	89	81	66	54	38	29	27	20	32
Кiлькiсть годин сонячного сяйва за 1 день декади	6,5	7,5	8,3	9,0	9,8	10,0	10,1	10,3	10,3	10,3
Кiлькiсть днiв у декадах розрахунку	4	10	10	10	10	11	10	10	10	4

Початковi бiомаси рослин отримуються шляхом перемноження вiдповiдних значень бiомас кожного органу середньої рослини та площi листя на гущину посiвiв (m_l – маса листя, m_s – маса стебел, m_r – маса корiння, L_l – початкова площа листя). Середня густина посiвiв – 400 рослин на 1 м^2 .

$m_l = 0,03 \times 400 = 12,000 \text{ г/м}^2$, $m_s = 0,02 \times 400 = 8,000 \text{ г/м}^2$, $m_r = 0,03 \times 400 = 12,000 \text{ г/м}^2$, $L_l = 0,00054 \times 400 = 0,216 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Середня по областi iнформацiя на поточний рiк (табл. 7.5): дата вiдновлення вегетацiї озимої пшеницi у Луганській областi у 2000 році – 26 березня. Середня густина рослин на 1 м^2 на дату весняного обстеження – 360. Початковi бiомаси – $m_l = 0,03 \times 360 = 10,800 \text{ г/м}^2$, $m_s = 0,02 \times 360 = 7,200 \text{ г/м}^2$, $m_r = 0,03 \times 360 = 10,800 \text{ г/м}^2$, $L_l = 0,00054 \times 360 = 0,184 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Посiвна площа пiд озимою пшеницею – 597300 га.

Крiм того, необхідно знати середню врожайнiсть озимої пшеницi за досить тривалий перiод.

Таблиця 7.5 – Агрометеорологічна інформація поточного року

Параметр	Березень	Квітень			Травень			Червень	
	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Середня температура повітря, °С	5,0	9,7	9,1	12,2	15,6	19,8	16,7	20,2	21,4
Запаси продуктивної вологи, мм	79	73	59	71	49	31	27	35	25
Кількість годин сонячного сяйва (за середній день декади), рік	2,3	4,3	6,3	7,5	10,8	8,1	10,1	8,1	7,8
Кількість днів у декаді	6	10	10	10	10	10	11	10	10

За розрахунками по моделі очікуваний врожай по Луганській області на 2001 рік становитиме 1,92 т/га, а валовий збір – 1146,82 тис.т. Такий же метод розрахунку врожаїв усіх культур. А сумарний валовий збір визначається як сума валових зборів окремих груп культур.

7.4 Розрахунок сумарного валового збору зерна усіх зернових і зернобобових культур в Україні і Молдові

7.4.1 Основи методики

Методика розрахунку валового збору зернових та зернобобових культур розроблена В.П. Дмитренко та В.В. Свіріною [45].

Валовий збір зерна в Україні та Молдові визначається врожайністю та посівними площами. Методика враховує ці величини для таких культур: озимі – пшениця, жито, ячмінь; ярі – пшениця, ячмінь, овес; теплолюбиві – кукурудза, просо, гречка, рис; зернобобові – горох, віка і її суміші на зерно.

В основі методики розрахунку валового збору зернових і зернобобових культур лежать дослідження структури, динаміки і взаємозв'язків складових валового збору: зв'язків між врожайністю і метеорологічними факторами, між врожайністю окремих культур або їх груп, між врожайністю і валовим збором і т. ін.

Встановлено, що існує тісний зв'язок ($r = 0,77 - 0,88$) між врожайністю озимих і ярих культур, а валовий збір зерна всіх культур тісно пов'язаний з врожайністю озимої пшениці ($r = 0,74 - 0,84$). Такий тісний зв'язок врожайності озимої пшениці з врожайністю інших культур пояснюється тим, що озима пшениця (також ячмінь і кукурудза) є провідною культурою у своїй групі за врожайністю і посівними площами.

Це дозволило авторам методу використати величини врожаїв озимої пшениці, ярого ячменю та кукурудзи як предиктори в моделі розрахунку валового збору зернових і зернобобових культур.

Для розрахунку валового збору зерна використовуються моделі:

$$W = W_0 + ay_{оз} \quad (7.24)$$

$$W_1 = W_0^1 + a_1 y_{оз} + a_2 y_{я} \quad (7.25)$$

$$Y = B_0 + ay_{оз} \quad (7.26)$$

$$Y' = B_0' + a_1 y_{оз} + a_2 y_{я} \quad (7.27)$$

$$Y'' = K \cdot y_{оз} \cdot S \quad (7.28)$$

де W , W_1 – розрахований валовий збір усіх зернових і зернобобових культур;

W_0 , W_0^1 – вільні члени рівняння;

Y , Y' , Y'' – розрахований валовий збір всіх зернових і зернобобових культур (територія області, краю, країни);

B_0 , B_0' – вільні члени рівняння;

$y_{оз}$, $y_{я}$ – середня по області (краю, країні) врожайність озимої пшениці ($y_{оз}$) або ярого ячменю ($y_{я}$);

a_1 , $a_{1,5}$, a_2 – коефіцієнт регресії;

K – коефіцієнт пропорційності;

S – площа посіву усіх зернових і зернобобових.

Кожне рівняння (7.24, 7.25) використовується незалежно одне від одного у відповідності з параметрами (табл. 7.6 – 7.9).

Розрахунок валового збору виконується влітку, після збирання озимої пшениці і ярого ячменю за 2 – 3 місяці до повного збирання зернових та зернобобових.

Валовий збір визначений за рівнянням (7.24) використовується у випадку, якщо відома загальна площа посіву (S).

На підставі рівняння (7.25) побудована номограма, яка дозволяє по величині врожаю озимої пшениці і площі посіву всіх зернових і

зернобобових культур визначити валовий збір усіх культур в цілому по території (рис. 7.5). Середня квадратична похибка усіх розрахунків по номограмі становить 5,7 %, а завчасність – 2 – 3 місяці.

Таблиця 7.6 – Врожайність озимої пшениці

Роки	Врожайність, т/га	Роки	Врожайність, т/га
1967	0,35	1985	1,13
1968	0,52	1986	1,76
1969	0,22	1987	1,31
1970	0,36	1988	1,79
1971	0,71	1989	0,96
1972	0,69	1980	2,54
1973	0,41	1981	1,80
1974	0,53	1982	2,60
1975	1,01	1983	2,38
1976	0,48	1984	2,00
1977	0,48	1985	1,94
1978	0,77	1986	2,68
1979	1,68	1987	2,56
1980	1,54	1988	2,72
1981	1,68	1989	2,96
1982	1,90	1990	3,18
1983	1,50		
1984	1,82		

Таблиця 7.7 – Параметри рівнянь (7.24, 7.25) для розрахунку валового збору зернових і зернобобових культур (тис. т.)

Рівняння (N)	Параметри рівнянь				Межі використання рівнянь (т/га)
	B_0	a	a_1	a_2	
Україна					
66	8060	10800			$1.26 \leq y_{оз} \leq 3.19$
67	2212		9270	5020	$1.17 \leq y_{я} \leq 2.69$
Молдова					
66	1478	280			$0.91 \leq y_{оз} \leq 3.88$
67	935		220	420	$2.55 \leq y_{я} \leq 4.06$

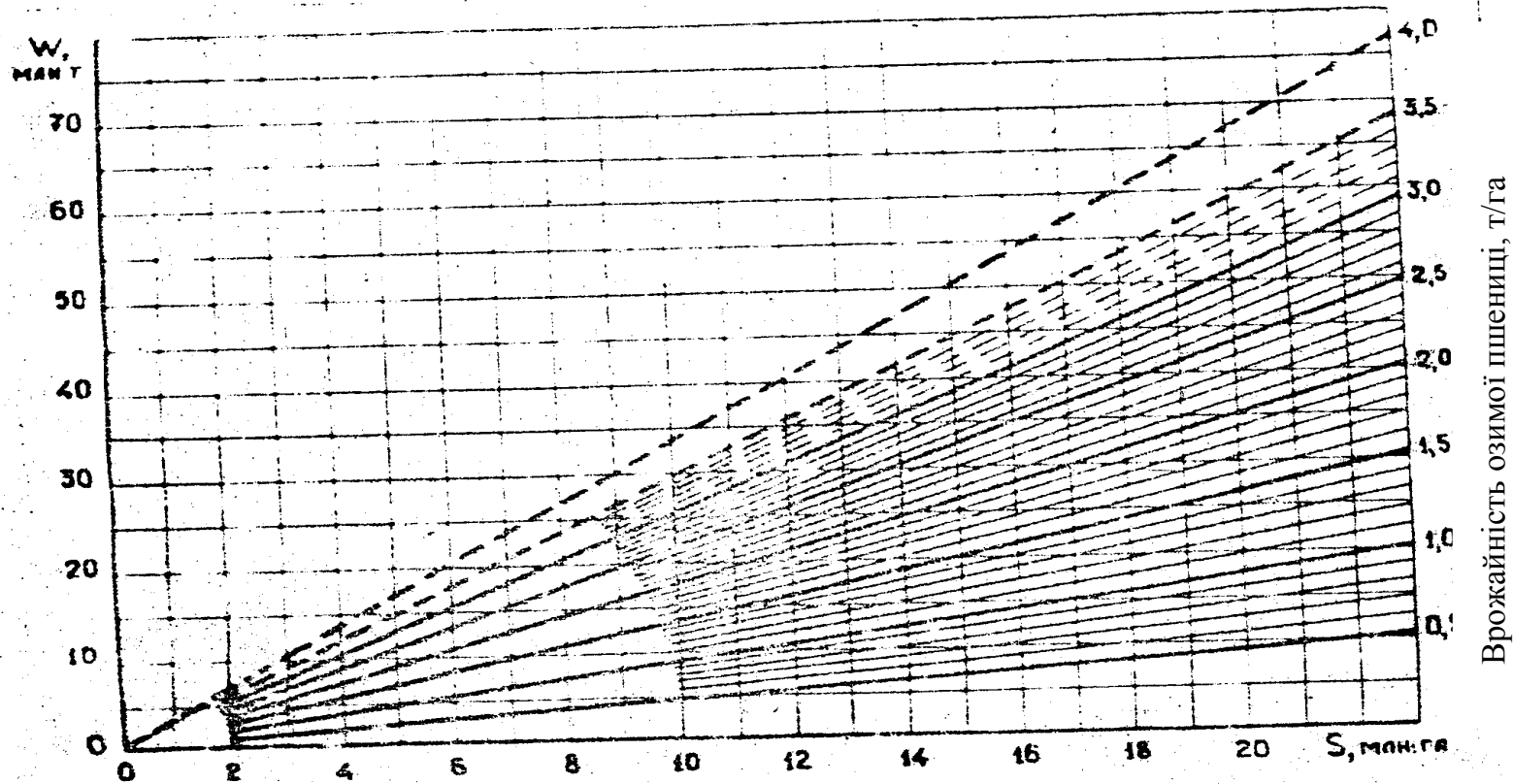


Рис. 7.5 – Залежність між посівними площами під усіма зерновими і зернобобовими культурами (S тис. млн. га), врожайністю озимої пшениці (т/га) і валовими зборами усіх зернових і зернобобових культур

Таблиця 7.8 – Параметри моделі (7.24) для розрахунку валового збору зернових і зернобобових культур по областях України

Області	W_0	a	Межі застосування рівнянь по врожайності озимої пшениці (т/га)
Вінницька	698,78	572,1	1,20 – 3,66
Волинська	-16,90	251,0	1,13 – 2,60
Луганська	-6,79	568,2	0,60 – 2,92
Дніпропетровська	320,56	831,8	1,07 – 3,35
Донецька	86,69	619,8	1,06 – 3,65
Житомирська	103,07	434,6	0,71 – 2,39
Закарпаття	68,01	52,9	1,08 – 3,66
Запорізька	-45,00	850,0	1,09 – 3,73
Івано-Франківська	42,00	160,0	1,15 – 2,45
Київська	292,50	473,1	0,83 – 3,35
Кіровоградська	434,87	696,6	1,00 – 3,77
Кримська АР	71,97	533,4	1,04 – 3,56
Львівська	14,09	299,0	0,95 – 2,62
Миколаївська	378,83	580,3	1,07 – 3,42
Одеська	330,78	863,0	1,22 – 3,18
Полтавська	648,72	581,9	0,58 – 3,60
Рівненська	65,85	206,1	0,99 – 2,98
Сумська	486,72	350,0	0,99 – 2,98
Тернопільська	324,04	270,6	0,91 – 3,09
Харківська	330,58	649,2	0,90 – 3,41
Херсонська	-60,63	786,7	1,26 – 3,60
Хмельницька	418,93	462,8	1,14 – 3,02
Черкаська	651,56	355,0	1,18 – 4,02
Чернівецька	202,95	113,6	1,22 – 3,01
Чернігівська	395,00	420,0	0,55 – 2,97

Таблиця 7.9 – Параметри моделі (7.25) для розрахунку валового збору зернових і зернобобових культур по областях України

Області	W'_0	a_1	a_2	Межі застосування рівнянь по врожайності ячменю (т/га)
Вінницька	720,26	498,4	62,4	1,08 – 3,05
Волинська	0,80	232,0	10,0	0,90 – 2,90
Луганська	-142,80	433,0	268,0	0,42 – 2,67
Дніпропетровська	950,10	527,0	104,0	1,11 – 2,72
Донецька	-562,94	568,4	424,1	1,17 – 2,78
Житомирська	0,00	294,3	186,7	1,18 – 2,69
Закарпатська	32,00	52,3	25,0	0,75 – 3,11
Запорізька	-181,01	396,1	665,9	1,15 – 2,80
Івано-Франківська	40,70	148,0	11,0	1,19 – 2,89
Київська	248,97	426,4	110,0	0,75 – 3,11
Кіровоградська	337,00	328,3	477,7	1,19 – 3,03
Кримська АР	66,70	527,0	11,8	0,75 – 2,72
Львівська	6,50	286,8	15,0	0,77 – 2,81
Миколаївська	121,10	447,3	324,4	0,88 – 2,42
Одеська	521,11	755,1	35,1	0,97 – 2,55
Полтавська	826,50	734,5	-251,0	0,88 – 2,71
Рівненська	30,24	6,6	155,4	1,09 – 3,29
Сумська	306,68	60,3	416,7	0,81 – 2,90
Тернопільська	198,84	175,8	151,3	0,98 – 2,91
Харківська	210,00	390,8	385,6	1,09 – 2,76
Херсонська	-31,21	770,7	4,6	1,39 – 2,76
Хмельницька	414,42	479,2	-12,1	1,39 – 2,79
Черкаська	186,67	326,7	236,5	1,16 – 3,31
Чернівецька	314,64	86,4	-41,8	1,20 – 3,03
Чернігівська	162,00	300,0	260,0	1,13 – 2,53

Для використання номограми (рис. 7.5) необхідні дані про врожай озимої пшениці в цілому по Україні і площі посіву всіх зернових та зернобобових (S млн. га). На осі ординат за даними площі посіву визначається валовий збір зерна.

Розрахунок сумарного валового збору зернових і зернобобових культур по території окремих областей України виконується також за рівняннями (7.24, 7.25). Параметри рівнянь наводяться у табл. 7.6, 7.7.

Приклад розрахунку. Врожайність озимої пшениці в цілому по Україні складала у 2000 році 2,99 т/га, ярого ячменю – 2,21 т/га. За формулою (7.24) $W = 8060 + 10800 \cdot 2,99 = 40352$ тис.т. За формулою (7.25) $W' = 2212 + 9270 \cdot 2,99 + 5020 \cdot 2,21 = 41023$ тис.т.

За формулою (7.26) розрахована номограма (рис. 7.4). Для використання номограми необхідно мати врожай озимої пшениці в цілому по Україні і площі посівів усіх зернових та зернобобових культур (S млн. га). З осі ординат номограми знімається значення очікуваної величини валового збору.

8 Прогноз врожаїв круп'яних культур

Круп'яні культури, до яких відносяться кукурудза, рис, просо, гречка, після озимих та ярих зернових культур займають значні посівні площі по всій території України. За вимогами до умов вирощування вони відносяться до теплолюбних культур. Провідне місце серед круп'яних займають посіви кукурудзи.

Більшість посівних площ кукурудзи на зерно зосереджені на території України, Північного Кавказу та Молдови. Ця територія відноситься до зон нестійкого та недостатнього зволоження.

У зв'язку з цим забезпеченість вегетаційного періоду кукурудзи вологою та температурний режим відіграють значну роль у формуванні врожаю.

На врожай кукурудзи найбільше впливають: забезпеченість теплом ($\Sigma t > 10^\circ \text{C}$), запаси продуктивної вологи у шарі найбільшого розповсюдження коріння, кількість годин з фотосинтетично активною радіацією (ФАР) більше $0,03 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв.}$ на нижній межі середнього ярусу листя.

На більшій частині території вирощування кукурудзи (Україна, Молдова, Північний Кавказ) забезпеченість теплом (за виключенням районів крайнього півдня) і вологою недостатня. Більш лімітним фактором є волога. Порівняно добра вологозабезпеченість кукурудзи у західних областях України і у передгір'ї Північного Кавказу. Степові райони гірше забезпечені вологою і її нестача є причиною зменшення врожаїв у більшості років.

Методи прогнозу врожаїв кукурудзи для основних районів вирощування розроблені Ю.І. Чирковим і дозволяють виконувати розрахунки очікуваної врожайності як для окремих полів, так і в цілому по області [56].

В УкрНДГМІ В.П. Дмитренко і В.В. Свіріною розроблено метод прогнозу врожайності і валового збору зерна кукурудзи для виконання розрахунків для всіх областей України і в цілому для Молдови. Метод застосовується тільки для суходолу.

Методи прогнозу врожаїв кукурудзи засновуються на залежностях врожаю від забезпечення теплом та вологою у основні періоди розвитку.

8.1. Метод прогнозу врожайності кукурудзи з врахуванням потенційних можливостей посіву

Метод прогнозу врожайності кукурудзи з врахуванням потенційних можливостей кукурудзи розроблено Ю.І. Чирковим для основних районів вирощування. Цей метод засновано на залежності врожаю зерна кукурудзи від запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 50 см до початку фази

викидання волоті, а також від площі поверхні листя, що утворилась до початку викидання волоті. Розмір площі листя на період утворення початків є інтегральним чинником стану рослин і одним із факторів, які обумовлюють їх врожайність.

Залежність врожайності зерна кукурудзи від площі листя і запасів продуктивної вологи отримана Ю.І. Чирковим в аналітичному вигляді (табл. 8.1).

Таблиця 8.1 – Зв'язок врожайності (y) з запасами вологи (W) у шарі 0–50 см за різної площі листя (S).

Рівняння регресії	S , тис.м ² /га	Помилка ΔY , ц/га
$y = -0,0071W^2 + 1,4W - 3,2$	30	$\pm 2,7$
$y = 1,006W^2 + 1,1W - 4,2$	20	$\pm 2,1$
$y = -1,003W^2 + 0,53W - 1,5$	10	$\pm 1,9$
$y = 0,191W^2 + 0,96W - 3,1$	5	$\pm 2,6$

За рівняннями (табл.8) для спрощення розрахунків було побудовано графіки (рис. 8.1).

Для розрахунку площі листя на дату викидання волоті у випадках відсутності прямих спостережень Ю.І.Чирков запропонував рівняння:

$$S_1 = 36,94h - 1682.8 \quad (8.1)$$

де S_1 – площа листя однієї рослини, см²;

h – висота рослин, см.

Площа листя на гектар розраховується:

$$S_2 = S_1 \cdot N \quad (8.2)$$

де N – кількість рослин на га, шт.

Тоді загальна площа листя S у тисячах метрів на 1 га знаходиться з формули:

$$S = S_2 / 10000 \quad (8.3)$$

Оскільки на формування врожаю зерна кукурудзи значно впливає температура повітря, то Ю.І. Чирковим було розроблено поправочний

коефіцієнт на значення температури повітря, яке відрізняється від оптимального. Поправки представлені у (табл. 8.2).

Метод дозволяє розраховувати врожай для будь-якої станції. Для складання прогнозу врожайності по області необхідно всі розрахунки виконати за даними окремих станцій, а потім осереднити дані по області.

Техніка складання прогнозу

Для складання прогнозу очікуваного врожаю по області необхідно виписати не менш як по 6 станціях дані:

- а) дати настання фази викидання волоті;
- б) густина посівів на га;

Таблиця 8.2 – Значення поправки на температурні умови впродовж місяця після викидання волоті

Запаси продуктивної вологи, мм у шарі 0 – 50 см	Середня температура повітря, °С				
	16 – 17	18 – 19	20 – 21	22 – 23	>23
100	0,68	0,86	0,97	1,0	0,98
80	0,72	0,88	0,99	1,0	0,97
60	0,78	0,90	1,00	1,0	0,95
40	0,84	0,93	1,00	0,96	0,90
20	0,94	1,0	0,96	0,90	0,80

в) висота рослин, см;

г) запаси продуктивної вологи у шарі 0 – 50 см на декаду викидання волоті;

д) температуру повітря після фази викидання волоті. Вона визначається з синоптичного прогнозу погоди.

Після підготування необхідних даних виконуються розрахунки:

- площі листя 1 рослини, S_1 , см²;
- площі листя на га, S_2 , см²;
- площі листя на га, S , тис. м²/га ;
- з графіка (рис. 8.1) або за відповідним рівнянням (табл. 8.1)

визначається очікувана врожайність для кожної станції;

– з табл. 8.2 визначається поправка на температуру;

– розраховується очікувана врожайність з врахуванням поправки;

– розраховується середня врожайність по області, як середнє арифметичне

$$y_{обл} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n} \quad (8.4)$$

Приклад. Скласти прогноз врожаю зерна кукурудзи для Дніпропетровської області. Розрахунки проводяться за описаною вище схемою для окремих станцій (Чапліне). Висота рослин на фазу викидання волоті становить 160 см. Площа листя однієї рослини розраховується за рівнянням (8.1).

$$y = 36,94 \cdot 160 - 1632,8 = 42 \text{ см}^2.$$

Розраховується площа листя на 1 га, для цього площу листя 1 рослини треба перемножити на гущину рослин: $42 \text{ см}^2 \cdot 420 \cdot 10000 = 17,6 \text{ м}^2 / \text{га}$. Далі розраховується врожай зерна по рис. 8.1. У нашому випадку врожай становить 16,7 ц/га.

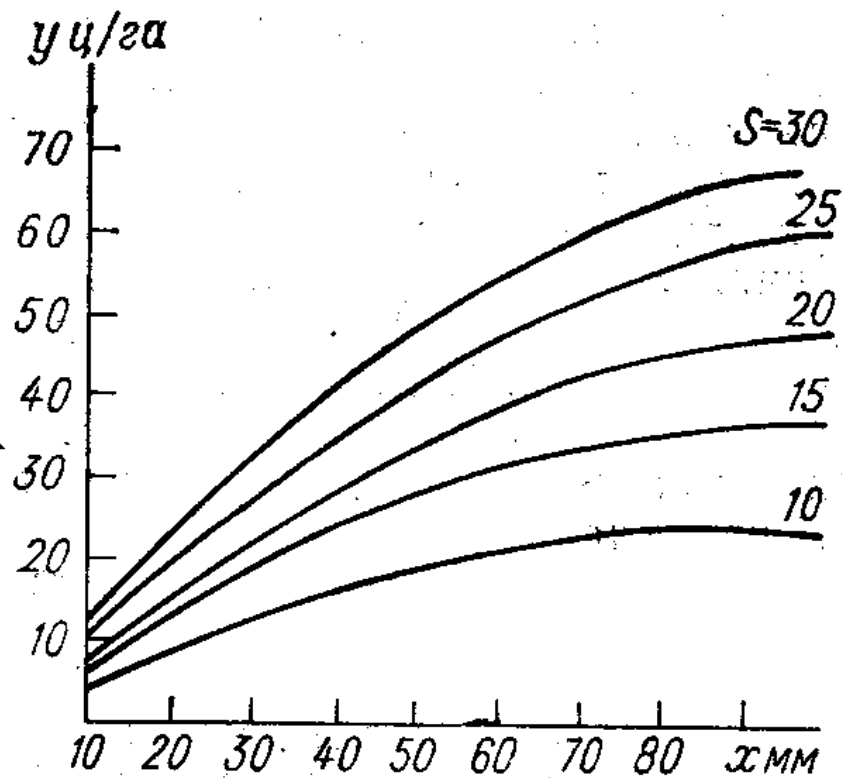


Рис. 8.1 – Залежність врожаю зерна кукурудзи у (ц/га) від запасів продуктивної вологи х (мм) в шарі ґрунту 0 – 50 см і від площі листової поверхні (тис. м²/га)

8.2 Метод прогнозу валового врожаю кукурудзи

Метод прогнозу валового врожаю кукурудзи розроблено для території України і Молдови В.П. Дмитренко та В.В. Свіріною.

Метод прогнозу валового врожаю засновано на використанні моделі врожайності В.П. Дмитренка:

$$y' = y_i S(T,R) (1 - U) (1 - \gamma). \quad (8.5)$$

де y' – розрахована врожайність, т/га;

y_i – щорічний статистичний максимум, т/га;

$S(T, R)$ – сумісний коефіцієнт продуктивності, розрахований за температурою повітря та опадами;

$(1 - U)$ – зрідженість посівів кукурудзи;

$(1 - \gamma)$ – зміна врожайності (в частках одиниці) за рахунок додаткових факторів.

Деякі чинники для розрахунку врожайності кукурудзи по областях України і Молдови наводяться у додатку А, табл. А.1. Оптимальні значення температури повітря та опадів для формування врожаїв кукурудзи - у табл. А.2.

Коефіцієнти продуктивності за температурою і опадами визначаються з розроблених авторами табл. А.3, А.4, А.5.

Зрідженість посівів уявляє собою різницю між оптимальною (N_0) та фактичною кількістю рослин (N) на одиницю площі, віднесена до оптимальної густоти при $N < N_0$:

$$U = \frac{N_0 - N}{N_0} \quad (8.6)$$

У кукурудзи зрідженість посівів визначається після остаточного проріджування. Дані про зрідженість посівів замінюються бальною (B) оцінкою стану посівів за формулою:

$$U = 50 - 9B \quad (8.7)$$

Врахування додаткових факторів.

На формування врожайності впливають не тільки температура повітря та вологість ґрунту а і багато інших додаткових факторів (ДФ).

Додаткові фактори можуть впливати як позитивно, так і негативно. Такими додатковими факторами для кукурудзи є кількість днів з суховіями, терміни сівби, кількість днів з опадами 0,1 мм і т. ін.

Вплив додаткових факторів враховується за допомогою формули:

$$y = y'(1 - \gamma) \quad (8.8)$$

де y – уточнена врожайність;

y' – врожайність, розрахована без врахування впливу додаткових факторів;

γ – чинник, який враховує вплив ДФ.

Залежність врожайності кукурудзи від кількості днів з суховіями за червень-липень визначається з формул:

$$\gamma_{\text{сух}} = \alpha(n_c - n_0) \nu_{\text{I-III}} \cdot 0,01 \quad (8.9)$$

$$y_{\text{сух}} = y'(1 - \gamma_{\text{сух}}) \quad (8.10)$$

де α – постійний множник, дорівнює 1,6;

n_c – кількість днів з суховіями (всього інтенсивності, окрім слабких) за червень-липень;

n_0 – поправка, яка відображує вплив суховіїв за допомогою сумісного коефіцієнта продуктивності $S(T,R)$ за червень – липень (значення з табл. 8.3).

При несприятливих умовах – $n_0 = 0,35 - 0,64$ самостійне значення суховіїв спостерігається у випадках, коли кількість днів з суховіями за 2 місяці становить більше 10.

Таблиця 8.3 – Умови вибору поправки n_0 до формули (8.8, 8.9)

Сумісний коефіцієнт продуктивності за червень-липень $S(T,R)_{\text{VI-VII}}$	Поправка
0,65 – 1,00	0
0,35 – 0,64	10
< 0,35	20

При дуже несприятливих умовах $n_0 = < 0,30$ кількість днів з суховіями враховується у тому випадку, якщо їх кількість > 20 .

Залежність врожайності кукурудзи від терміну сівби враховується за допомогою формул:

$$y_{\text{сс}} = y'(1 - \gamma_{\text{сс}}) \quad (8.11)$$

$$\gamma_{\text{сс}} = 0,054 \frac{(D_{\text{КС}} - D_0)^3 - (D_{\text{НС}} - D_0)^3}{3(D_{\text{КС}} - D_{\text{НС}})} \cdot 0,01 \quad (8.12)$$

де u_{cc} – врожайність, розрахована з врахуванням впливу строків сівби в області;

u' – врожайність, розрахована за формулою (10);

γ_{cc} – чинник, що відображує вплив на врожайність строків сівби в області;

$D_{нс}$, $D_{кс}$ – дати початку і кінця сівби в області відповідно;

D_0 – оптимальна дата сівби визначається з табл. А.1. Дата початку сівби – 10 % засіяної площі, кінця – 90 % засіяної площі.

На врожайність кукурудзи також впливають дощові дні в період формування вегетативної маси, репродуктивних органів і дозрівання кукурудзи (червень – вересень). Враховується цей фактор через показник:

$$\gamma_{\text{дощ}} = \alpha(n_{VI-IX} - n_0)0,01 \quad (8.13)$$

де α – постійний множник = 1,1;

n_{VI-IX} – кількість днів з опадами більше 0,1 мм за червень-вересень;

n_0 – поправка, яка для степу і Харківської обл., становить 30 днів; для Полісся і лісостепу – 50 днів, західних областей України – 55 днів. Кількість днів з опадами визначається з табл. 5 додатку Б.

Техніка складання прогнозу валового врожаю кукурудзи для території України

Прогноз складається з завчасністю три місяці, наприкінці червня; два місяці – наприкінці липня; один місяць – наприкінці серпня.

Для проведення розрахунків необхідні дані:

- щорічні врожаї;
- фактична зрідженість посівів;
- фактичні, прогнозовані і середні багаторічні значення температури повітря і опадів;
- початок і кінець сівби;
- кількість днів з суховіями за червень-липень;
- кількість днів з опадами більше 0,1 мм.

Розрахунок врожайності виконується за формулою (8.5).

Спочатку розраховується щорічного статистичного максимуму.

Щорічний статистичний максимум врожаїв кукурудзи розраховується для більшої точності прогнозів уточнюється при складанні прогнозу (з табл. А.1).

Потім розраховуються значення коефіцієнтів продуктивності за температурою $S(T)$ і опадами $S(R)$. Для їх розрахунку необхідно визначити середнє значення температури і опадів за три інтервали: 1) з грудня по червень, за липень (прогноз), за серпень – вересень (середні багаторічні). Сумарний коефіцієнт продуктивності визначається (з табл. А.1).

Зрідженість посівів (U) визначається безпосередньо з аеровізуальних спостережень або враховується середня багаторічна (табл. А.1).

Після цього за формулою (8.5) розраховується очікуваний врожай (завчасність 3 міс.).

За 2 місяці до кінця вегетації прогноз уточнюється. Для уточнення використовуються дані про кількість днів з суховіями. Дні з суховіями визначаються за критерієм І.А. Цубербіллер (табл. 8.4).

Таблиця 8.4 – Характеристика суховіїв різної інтенсивності (за І. А. Цубербіллер)

Суховії	Нестача насичення повітря водяною паром о 13 год і швидкість вітру	
	≥ 8 м/с	≤ 8 м/с
Середні	20 – 29,9	30 – 39
Інтенсивні	30 – 39,9	40 – 49
Дуже інтенсивні	≥ 40	≥ 50

Потім за формулою (8.9) визначається показник, який оцінює вплив суховіїв на врожай ($\gamma_{\text{сух}}$).

За рівнянням (8.10) розраховується очікуваний врожай з врахуванням впливу суховіїв.

Після цього виконується оцінка впливу на врожайність кукурудзи кількості днів з опадами. Кількість днів з опадами в липні-вересні визначаються з табл. А.4 за допомогою кількості днів з опадами у червні. Розраховується $\gamma_{\text{дат}}$ за формулою (8.13) потім визначається врожай з врахуванням впливу кількості днів з опадами за формулою (8.8).

Розрахунок очікуваного врожаю з завчасністю 2 міс. і 1 міс. виконується за такою ж схемою, тільки з урахуванням фактичних значень елементів по червень і серпень включно.

Розрахунок валового збору зерна кукурудзи

Валовий збір зерна кукурудзи з будь-якою завчасністю визначається як:

$$Y_{\text{в}} = y \cdot V \quad (8.14)$$

де $Y_{\text{в}}$ – валовий збір, тис. т;

y – врожайність, т/га;

V – площа посіву, тис. га.

У зв'язку з тим, що площі посіву під кукурудзою можуть змінюватись через збирання на зелену масу, то перед складанням прогнозу валового збору розміри площі посіву уточнюються.

8.3 Метод прогнозу врожаю рису

8.3.1 Теоретичні основи методу

Дослідженнями В.М. Просунко [65] встановлено, що однією з найбільш інформативних характеристик посівів є висота рослин. Ця величина вимірюється в пунктах спостережень щодавно, а також в період масового настання фаз розвитку.

Залежність врожайності рису (y) від висоти (рис. 8.2) рослин (h) у фазу викидання волоті описується рівнянням

$$y = 0,057h - 0,076 \quad (8.15)$$

і характеризується високими значеннями коефіцієнта кореляції $r = 0,64 \pm 0,18$ та критерію достовірності $t_r = 7,1$. Ці дослідження В.М. Просунко підтверджені висновками Х.М. Абдулаєва в країнах Середньої Азії.

Другою фітометричною характеристикою, що суттєво впливає на врожай рису, є густина посіву. Залежність врожаю рису (y) від густини посівів (N) на 1 м^2 прямолінійна (рис. 8.3) і описується рівнянням:

$$y = 0,005N + 3,078 \quad (8.16)$$

у цьому рівнянні використане значення густини посівів на дату викидання волоті і враховується при цьому кількість продуктивних стебел (тобто тих стебел, що мають волоть).

Показник достовірності $t_r = 8,6$, що значно перевищує стандартні значення критерію Ст'юдента (для $V = 76$).

Крім того, на врожайність рису значно впливає площа асимілюючої поверхні (площа листя).

8.3.2 Прогнози врожайів рису

Потенційні можливості формування врожаю тієї чи іншої культури досить повно характеризуються особливостями сорту, рівнем культури землеробства (агротехнікою), погодними умовами регіону вирощування та фітометричними характеристиками посіву, до яких відносяться: висота

рослин, густина стеблостою, кущистість, площа листя, кількість колосків у волоті.

Розробка методів прогнозів врожаїв рису опиралась на пошуки залежностей врожаїв від цілої низки чинників, кількість і якість котрих залежить від природно-кліматичних особливостей регіону.

На території країн СНД виробничі посіви рису розповсюджені в країнах Середньої Азії, Закавказзя, в областях Північного Кавказу та Поволжя Росії, Приморському краї, а також на Україні та в Молдові.

При розробці прогностичних моделей врожайності дуже важливо врахувати такі чинники продуктивності, які з найбільшою завчасністю та інерційністю (по відношенню до термінів збирання) характеризують потенційні можливості формування врожаю. В залежності від регіонів і розроблені методи прогнозу врожаю рису: для України – В.М. Просунко, для Північного Кавказу – Н.В. Гуліноюю та З.А. Лелеко, для Астраханської області – В.І. Бут, для Приморського краю – Л.С. Чернишевою, для країн Середньої Азії – Х.М. Абдулаєвим та Ф.А. Муміновим [54, 55, 64, 66, 67].

Сумарна площа органів асиміляцій за весь вегетаційний період на одиницю площі поля характеризує можливість фотосинтетичної продуктивності посіву.

Зв'язок врожайності рису (y) з загальною площею листя у фазу викидання волоті характеризується коефіцієнтами кореляції у межах 0,67 – 0,79.

Практика вирощування рису показала, що в різних зонах рисосіяння врожайність коливається в значних межах. Для України щорічні відхилення врожаїв становлять $\pm 2,5 - 3$ т/га. Причини коливань різні, але найбільш суттєві - це погодні умови.

Рис дуже теплолюбна культура. Біологічний мінімум його становить 15°C . Рис вирощується на затоплених полях і на формування врожаю мають найбільший вплив прихід сумарної радіації та температура повітря. Причому, спостерігається тісний зв'язок врожаїв рису з середньою температурою повітря у будь-який міжфазний період (рис. 8.4). Рівняння зв'язку наводяться у табл. 8.5.

Дослідженнями Н.А. Єфімової, Х.Г.Тоомінга, Н.М. Ничипоровича і багатьох інших встановлено, що продуктивність сільськогосподарських культур визначається фотосинтетичною діяльністю посівів. Одним з факторів, що регулює фотосинтетичну діяльність посівів є ФАР (фотосинтетично активна радіація)

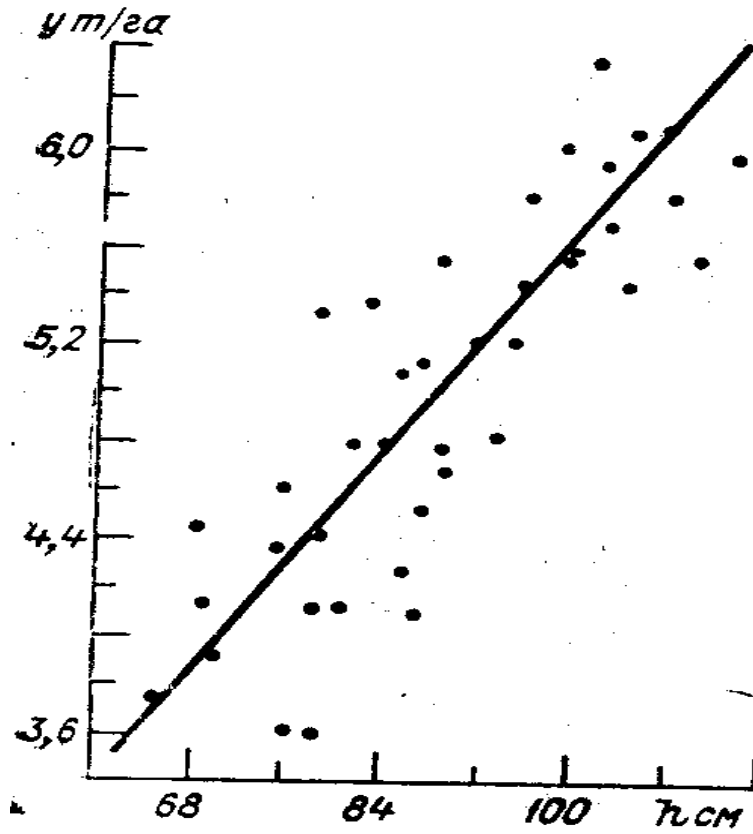


Рис. 8.2 – Залежність врожайності рису (y) від висоти рослин після викидання волоті.

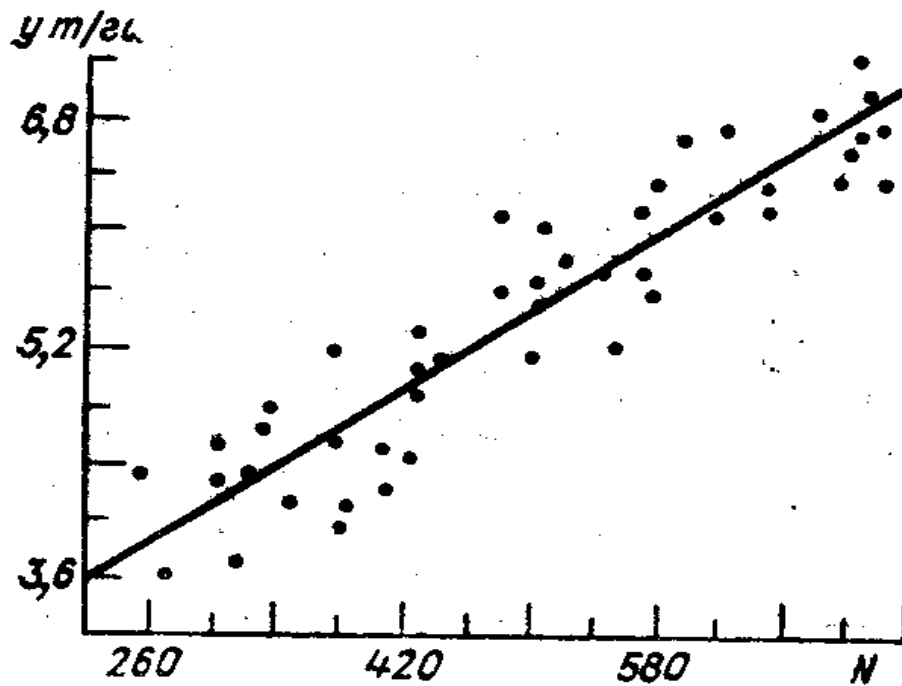


Рис. 8.3 – Залежність врожайності рису (y) від густоти продуктивних стебел (N)

Таблиця 8.5 – Залежність врожайності рису (у) від середньої температури повітря за міжфазні періоди

Міжфазний період	Рівняння регресії	Коефіцієнт кореляції	Похибка рівняння (т/га)
Сходи – вихід у трубку	$y = 0,318t - 1,456$	0,55	$\pm 0,84$
Вихід у трубку – викидання волоті	$y = 0,429t - 3,874$	0,73	$\pm 0,68$
Викидання волоті – воскова стиглість	$y = 0,391t - 2,999$	0,78	$\pm 0,63$
Сходи – викидання волоті	$y = 0,559t - 6,622$	0,67	$\pm 0,65$

В.М. Просунко [65] досліджував зв'язок врожайності рису із середньою величиною ФАР за період сходи-викидання волоті. ФАР(Q_{ϕ}) підраховувалась за формулою:

$$\Sigma Q_{\phi} = C_s(h_{o,p}) \cdot \Sigma S' + C_d(n) \cdot \Sigma D \quad (8.17)$$

де $\Sigma S'$ та ΣD – місячні суми прямої і розсіяної радіації відповідно;

$C_s(h_{o,p})$ та $C_d(n)$ – коефіцієнти, розраховані для кожного місяця за даними багаторічних спостережень за хмарністю та прозорістю атмосфери.

Зв'язок врожайності з ΣQ_{ϕ} прямолінійний (рис. 8.5) має вигляд:

$$y = 0,07Q_{\phi} - 3,165 \quad (8.18)$$

і характеризується коефіцієнтом кореляції $0,81 \pm 0,04$

Окрім фітометричних характеристик посіву на формування продуктивності рису впливають погодні умови.

Формування врожаю рису відбувається під впливом складного комплексу факторів навколишнього середовища.

Дослідженнями встановлено, що найбільша вага у формуванні врожаю рису належить температурі повітря за період від сходів до виходу у трубку, а також період від виходу у трубку до викидання волоті, тобто в період формування репродуктивних органів.

Враховуючи наявність зв'язку врожаю рису з елементами продуктивності і середньою температурою за деякі міжфазні періоди,

В.М. Просунко були отримані рівняння множинної залежності врожаю (y) від перелічених вище факторів за період від сходів до виходу у трубку:

$$y = 0,297L + 0,182t_1 - 0,192 \quad (8.19)$$

і за період від виходу у трубку до викидання волоті:

$$y = 0,358L + 0,1107t_1 - 0,3328t_2 - 6,89 \quad (8.20)$$

де L – площа листя, m^2/m^2 , на дату виходу у трубку;

t_1 – середня температура повітря за період сходи-вихід у трубку;

t_2 – середня температура за період від виходу у трубку до викидання волоті.

Виходячи з того, що врожай рису – це сумарний результат фотосинтетичної діяльності посіву, було отримано зв'язок врожаю рису з площею листя (L) на фазу викидання волоті і сумою ФАР (ΣQ_ϕ) за період сходи – викидання волоті:

$$y = 0,588L + 0,0113\Sigma Q_\phi - 5,96 \quad (8.21)$$

$$R = 0,82 \pm 0,07 \quad S_y = \pm 0,34 \text{ т/га}$$

Всі рівняння використовуються при розрахунках очікуваного врожаю рису на окремих полях. При цьому завчасність розрахунків за рівняннями (8.19, 8.20) складає 3 місяці, за рівнянням (8.21) – 2 місяці.

Оскільки спостереження за величинами, що необхідні для розрахування ФАР, дуже обмежені, то розраховувати очікуваний врожай рису на окремому полі з 2-місячною завчасністю краще за рівнянням:

$$y = 0,216t + 0,047h + 0,001N - 5,23 \quad (8.22)$$

де t – середня температура повітря від сходів до викидання волоті, $^{\circ}C$;

h – висота рослин, см;

N – кількість стебел з волоттю на $1 m^2$ після наступу фази викидання волоті.

Для розробки методу довгострокового прогнозу врожаю рису по території областей, В.М. Просунко було використано значення статистичного максимуму врожайності, яке становить для Одеської та Миколаївської областей – 5,1 т/га, Херсонської – 6,1 т/га, Кримської – 6,5 т/га, а також вплив середньомісячних температур повітря на врожай за червень, липень, серпень і вересень. Це дало змогу розрахувати очікуваний врожай рису з завчасністю 4 місяці:

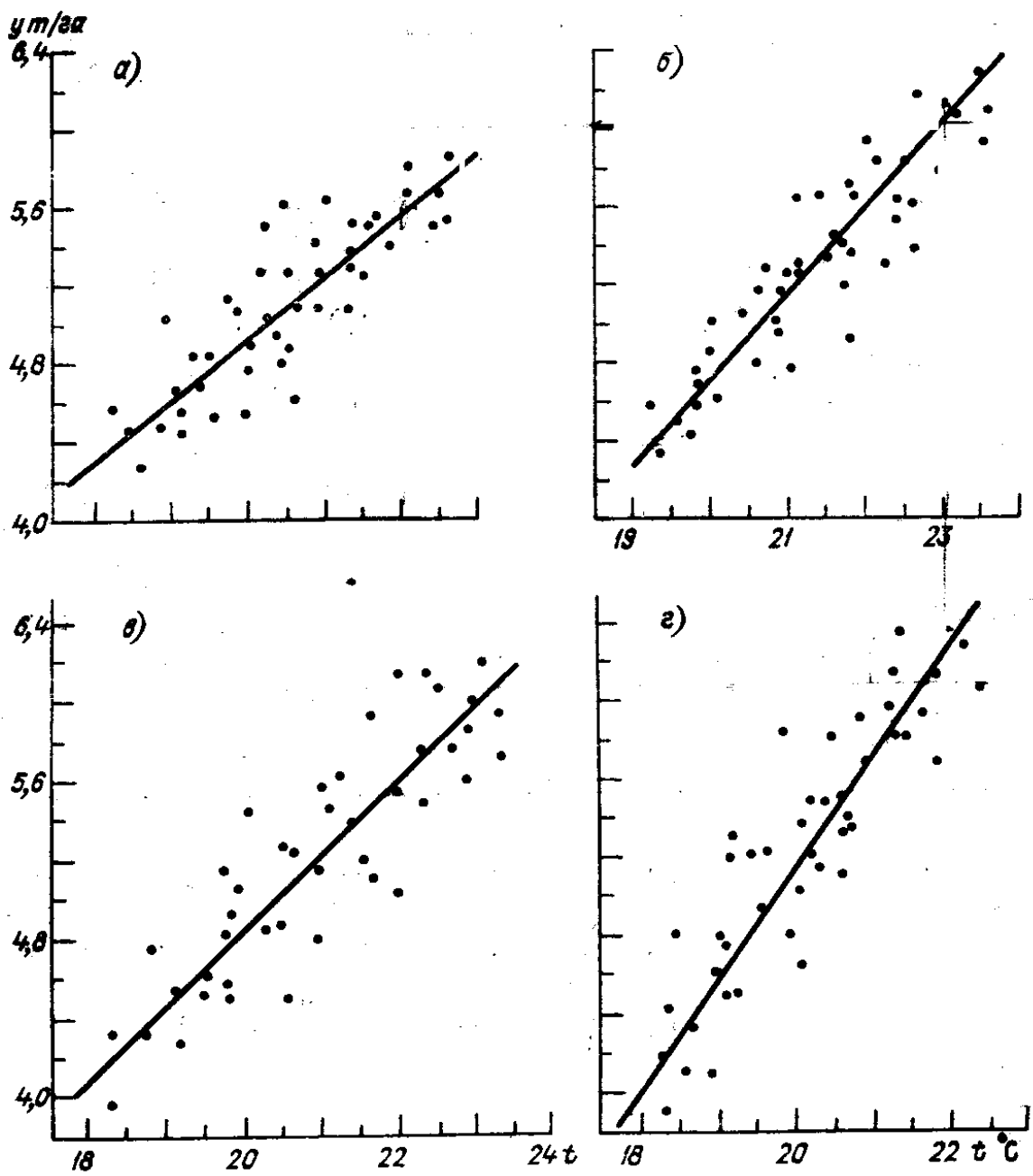


Рис. 8.4 – Залежність врожайності рису (y) від середньої температури повітря за між фазний період ($t/га$).
 а) сходи – вихід у трубку; б) вихід у трубку – викидання волоті; в) викидання волоті – воскова стиглість; г) сходи – викидання волоті.

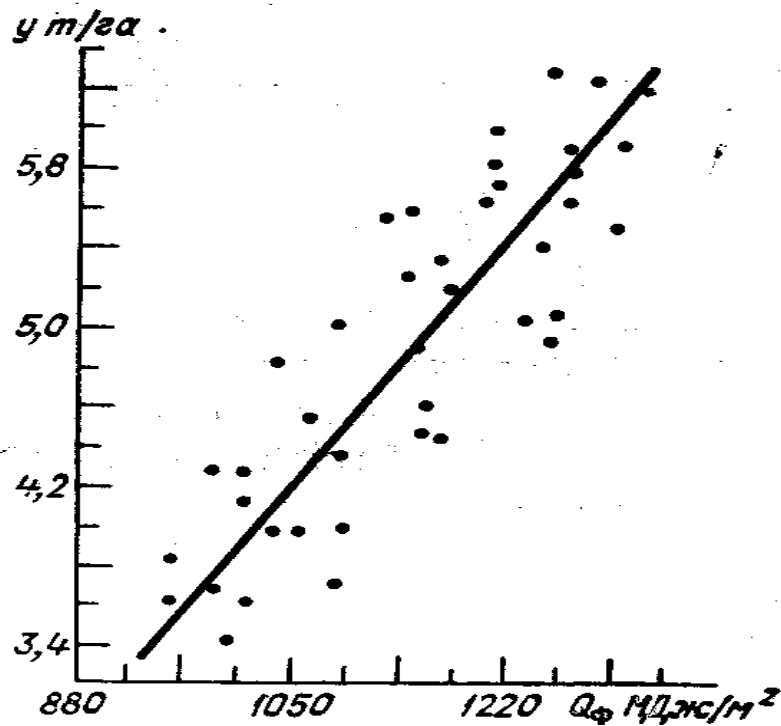


Рис. 8.5 – Залежність врожайності рису (y) від середньої величини ФАР за період сходи – викидання волоті.

$$y_1 = y_c(0,038t_{VI} + 0,033t_{VII} - 85,86) \quad (8.23)$$

з завчасністю 3 місяці:

$$y_2 = y_c(0,033t_{VI} + 0,026t_{VII} - 0,02t_{VIII} - 1,68) \quad (8.24)$$

з завчасністю 2 місяці:

$$y_3 = y_c(0,032t_1 + 0,008h - 0,68) \quad (8.25)$$

де y_1, y_2, y_3 – очікуваний врожай рису на початку червня (y_1), липня (y_2), серпня (y_3);

y_c – статистичний максимум врожайності, т/га;

$t_{VI}, t_{VII}, t_{VIII}$ – відповідно середня за місяць температура за червень, липень, серпень, °С;

t_1 – середня температура повітря за період від сходів до викидання волоті, °С;

h – висота рослин на дату масового викидання волоті, см.

Як встановлено В.М. Просунко, нестача сум температур впродовж вегетаційного періоду призводить до того, що дозрівання зерна і збирання затримується і тому спостерігається втрата врожаю.

Була розроблена шкала поправок у відсотках від розрахованої врожайності на оцінку стану посівів (табл. 8.6)

Таким чином середня по області врожайність рису $y_{обл}$ розраховується за рівняннями 23 – 25 із врахуванням поправки (Δy) з різною завчасністю.

$$y_{обл.} = y_{розр.} - \Delta y \quad (8.26)$$

$$\Delta y = \frac{y_{розр} \sum (\Delta_1 + \Delta_2)}{100} \quad (8.27)$$

Техніка складання прогнозу середнього по області врожаю рису

Перший прогноз, завчасність якого 4 місяці, складається на початку липня. Для розрахунку врожаю необхідно із агрометеорологічного щорічника виписати: дати настання фаз розвитку рису; статистичний максимум врожайності по області; температуру повітря за червень; прогноз температури повітря на липень; середню багаторічну температуру за липень.

Потім розрахувати: середню за місяць температуру липня шляхом внесення поправки на прогноз; середні по області значення температури червня і липня як математичні середні з даних усіх станцій; за рівнянням (8.23) розрахувати очікуваний врожай.

Другий прогноз складається на початку серпня і для його складання необхідні ті ж складові, що і для першого прогнозу. Різниця в тому, що для цього прогнозу температури за червень і липень використовуються фактичні, за серпень – прогнозовані. Розрахунки виконуються за рівнянням (8.24).

Таблиця 8.6 – Поправки Δ_1 та Δ_2 до очікуваної врожайності рису (y %)

Чинники зниження врожаю	Поправки, %	
	Δ_1	Δ_2
Середня по області оцінка стану посівів на дату складання прогнозу:		
2 бали	10	–
1 бал	30	–
Середня по області оцінка засмічення чеків на дату складання прогнозу		
3 бали	–	5
4 бали	–	10

Для складання останнього прогнозу, який виконується після наступу фази викидання волоті, необхідно виконати такі розрахунки:

- розрахувати середню температуру повітря за період від сходів до викидання волоті по кожній станції;
- розрахувати середню по області температуру повітря за період від сходів до викидання волоті, °С;
- розрахувати середню по області висоту рослин на дату викидання волоті як середнє арифметичне даних усіх станцій;
- розрахувати очікуваний врожай за рівнянням (8.25);
- розрахувати поправки Δ_1 та Δ_2 . Поправки розраховуються у тому випадку, якщо оцінка стану посівів на дату складання прогнозу становить 2 бали і менше;
- розрахувати Δu до очікуваної врожайності за формулою (8.27);
- розрахувати очікуваний по області врожай з врахуванням поправки (формула 8.26). Якщо є площі посіву, то розраховується валовий збір зерна.

Після закінчення розрахунків складається текст прогнозу.

Розроблений метод прогнозу врожайності рису може бути використаний і в інших зонах рисосіяння. Для цього тільки необхідно визначити щорічні статистичні максимуми і виконати перевірку точності розрахунків на фактичному матеріалі. Слід зазначити при цьому, що статистичний максимум врожайності на 8 – 10 % більше фактичного найбільшого значення середнього по області.

8.4 Прогнози врожаю проса

Просо відноситься до групи круп'яних культур. Використовується як джерело для виробництва однієї з найважливіших і найбільш споживаних круп – пшона. Просо дає високі врожаї і дуже часто використовується як страхова культура при підсіві або пересіві зернових культур.

Просо відрізняється посухостійкістю. І.І. Туманов встановив, що просо має здатність переносити тимчасове обезводнювання тканин рослин без будь-якого зменшення врожаю.

Посівні площі проса (десь біля 4 млн. га) розміщені на Україні, Поволжі, Північному Кавказі, Центральних чорноземних районах Росії, а також у Казахстані. На ЄЧ СНД північна межа розповсюдження посівів проса проходить близько 56 паралелі.

Найбільш розповсюджені сорти: Саратовське 853, Подолянське, Весело-Подолянське 38, Оренбурзьке, Харківське, Миронівське, Янтарне.

Використовують просо для виробництва пшона, яке має вміст білку (12 %) найвищий серед круп'яних культур. Також широко

використовується як корм для тварин і зерно, і просяна солома. (1300 – 2800)

Як уже вказувалось, просо широко використовують як страхову культуру при пересіві загиблої озимини а також як пожнивну культуру.

Біологічною особливістю проса є нерівномірність дозрівання волоті. Просо починають збирати, коли зерно в середині волоті досягне воскової стиглості.

Просо значно менше вивчено ніж інші злакові культури. Найбільш відомі дослідження впливу агрометеорологічних умов на формування врожаю проса І.А. Пульмана, С.Р. Савдарг, С.І. Горіної, Н.З. Іванової-Зубкової, О.В. Безсонової, К.А. Кожемяченко, Є.С. Зарембо та А.Г. Просвіркіної. І.А. Пульманом було встановлено, що найважливішою у формуванні врожаю проса є температура повітря у період викидання волоті плюс 20 днів після викидання [68 – 73].

О.В. Безсонова встановила залежність врожаю проса на більшості посівних площ від гідротермічного коефіцієнта за період сходи-викидання волоті та викидання волоті - воскова стиглість.

С.Р. Савдарг знайдені залежності врожайів проса на сортоділянках та у виробництві від суми опадів за період сівба - дозрівання

$$y = 0,12x + 0,66 \quad (8.28)$$

де x – сума опадів за вегетаційний період у межах 10 – 200 мм.

Але це рівняння важко використовувати для складання прогнозу (мала завчасність, велика помилка). Тому для розробки методу довгострокового прогнозу використовувались опади за осінь-зиму-весну (від дати переходу температури повітря через 5° С восени до цієї ж дати навесні).

С.І. Горіна досліджувала вплив умов Поволжя на формування врожаю проса. Вона встановила, що оскільки висота рослин є інтегральним показником умов зростання, то врожай знаходиться у прямій залежності від цієї величини на фазу викидання волоті.

$$y = 0,3h - 3 \quad (8.29)$$

Найбільш повні розробки виконані Н.З. Івановою-Зубковою. В її працях особлива увага звернута на дослідження залежності врожаю проса від агрометеорологічних умов у період формування і наливу зерна. Найбільш впливовими виявились опади. Тому Н.З. Іванова-Зубкова запропонувала для прогнозу середньої по області врожайності зерна проса таку залежність:

$$y = -45,4x^2 + 48,6x + 4,4 \quad (8.30)$$

де y – середня по області врожайність зерна, ц/га;

x – сума опадів за період від виходу у трубку до викидання волоті, плюс 20 днів після викидання волоті.

Пізніше для уточнення прогнозу в рівняння були введені такі показники як лінійний приріст рослин на дату виходу у трубку та на дату дозрівання. У цьому випадку дата дозрівання визначається за сумами ефективних температур, які становлять від викидання волоті до дозрівання $390 - 420^\circ \text{C}$.

Для району Причорномор'я К.А. Кожемяченко [73] встановлені статистичні залежності врожаю проса від середньої температури і суми опадів за міжфазний період вихід у трубку – викидання волоті:

$$y = 0,04x_1 + 0,18x_2 - 3,0 \quad (8.31)$$

$$R = 0,81 \quad S_y = 0,15 \text{ т/га}$$

Є.С. Зарембо [70] досліджував вплив агрометеорологічних умов Казахстану на формування врожаю проса. Він запропонував рівняння для розрахунку очікуваного врожаю в залежності від величини ГТК, суми опадів (x) і висоти рослин з врахуванням кількості плодоносних пагонів (n):

$$y = aГТК + bx + cn \pm d \quad (8.32)$$

Залежності встановлені для різних ґрунтово-кліматичних зон.

А.Г. Просвіркою розроблено динаміко-статистичний метод прогнозу врожаю проса на основі класичної моделі А.М. Польового.

Схема розрахунку середнього по області врожаю проса заснована на сполученні двох підходів: 1) розрахунку тенденції врожайності (y_{t+1}) і оцінки умов формування врожаю $C_{обл}$ з допомогою моделі продукційного процесу:

$$\hat{y} = 0,01y_{t+1} \cdot C_{обл} \quad (8.33)$$

$$y_{t+1} = y_t + \varpi_{t+1} \quad (8.34)$$

де y_t – врожайність, визначена на останньому відрізку ломаної, ц/га;

ϖ_{t+1} – середнє значення приросту функції, яка описує тренд.

$$C = \hat{m}_q / \bar{m}_q \quad (8.35)$$

де C – оцінка умов попереднього періоду;

\hat{m}_q – маса зерна (волоті), розрахована по моделі на підставі цьогорічних даних;

\bar{m}_q – маса зерна, розрахована за середніми багаторічними даними.

Для проса важливим є не тільки прогноз величини врожаю, але й його технологічної якості, яка визначається через плівчастість зерна.

Стандартна плівчастість визначається за середніх багаторічних умов і становить 100 %. Мірою відхилення плівчастості від стандарту буде відхилення оцінки умов поточного року від середніх багаторічних.

Середня плівчастість зерна розраховується:

$$F = F_{st} + 0,01(100 - C) \cdot \Delta F_{\max} \quad (8.36)$$

де C – оцінка умов;

ΔF_{\max} – найбільш можливі відхилення плівчастості від стандарту.

Наприклад: сорт Янтарне має стандартну плівчастість 22 %; оцінка умов – 87 % тоді:

$$F = 22 + 0,01(100 - 87) \cdot 3 = 22,4 \quad \%$$

Слід враховувати, що однією з особливостей проса є його стійкість до несприятливих погодних умов і велика залежність від умов агротехніки, серед яких провідна роль належить строкам сівби.

Відхилення строку сівби від оптимальних призводить до зменшення врожаю. Оптимальним терміном сівби є термін впродовж двох декад. Відхилення від тривалості цього терміну викликає зменшення врожаю.

Для складання прогнозу необхідні вихідні дані:

φ – географічна широта місця;

N_1 – середня багаторічна дата – появи сходів;

N_2 – середня багаторічна дата – воскової стиглості;

t – кількість днів від 20 березня до появи сходів;

N_s – густина посіву;

m_i, m_l, m_r – початкові біомаси органів

$$m_l = 0,05 \cdot N_s, \quad m_r = 0,06 \cdot N_s;$$

L_s – площа листя = 0,00093 N_s ;

НВ – найменша вологоємність.

8.5 Прогнози врожаїв гречки

Збільшення виробництва зерна гречки вимагає глибокого та всебічного вивчення та оцінки впливу погодних умов на формування її продуктивності.

З підвищенням культури землеробства, введенням нових сортів інтенсивного типу коливання врожаїв збільшується при аномальних агрометеорологічних умовах.

Дослідження впливу агрометеорологічних умов на формування врожаїв гречки виконані Н.З. Івановою-Зубковою, К.А. Кожемяченко, А.М. Польовим, Р.П. Кочиною.[72, 73].

8.5.1 Статистичні методи прогнозу врожаїв гречки

Статистичний метод прогнозу врожаїв гречки розроблено Н.З. Івановою-Зубковою. В основу методу покладена закономірність: при середній температурі повітря 17 – 20° С формування врожаїв гречки залежить від запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 20 см в декаду масового настання фази цвітіння та суми опадів за період цвітіння-дозрівання. Ця комплексна величина умовно називається вологозабезпеченістю. При цьому використовується фактичне значення запасів продуктивної вологи на дату цвітіння та сума опадів за період цвітіння-дозрівання, яка визначається з прогнозу погоди. Для визначення суми опадів спочатку розраховується дата дозрівання по сумі ефективних температур 480 ° С вище 5° С.

Залежність величини середнього по області врожаю зерна гречки (У) від середньої забезпеченості вологою періоду від цвітіння до дозрівання (х) для центральних чорноземних областей ЄЧ СНД та районів Середнього Поволжя і Уралу виражається рівнянням:

$$y = 0,54x + 3,4 \quad (8.37)$$

Для Нечорноземних районів Росії залежність врожаїв гречки від умов вологозабезпеченості представлена у вигляді таблиць (8.7 та 8.8).

Таблиця 8.7 – Залежність врожаїв гречки від вологозабезпеченості посівів (Смоленська, Калузька, Московська, Рязанська, Курська, Владимирська та Пермська області)

X	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190
У	2,0	2,8	3,5	4,1	4,6	5,0	5,5	6,0	6,4	6,8	7,2	7,5	7,8	8,0

Таблиця 8.8 – Залежність врожаїв гречки від вологозабезпеченості посівів (Тульська область, Татарія, Марі)

X	60	70	80	90	100	110	120	130	140
У	4,4	5,3	6,1	6,9	7,6	8,4	9,2	9,8	10,5

Для розрахунку вологозабезпеченості необхідно використовувати фактичні значення запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 20 см під гречкою у період цвітіння. Якщо таких даних нема або їх замало для отримання середніх значень по області, то вони розраховуються по табл.8.9.

Таблиця 8.9 – Розрахунок запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 20 см на кінець декади

Запаси вологи на початок декади плюс сума опадів за декаду, мм																		
5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Період сівба – сходи, чорноземна зона																		
4	7	11	14	17	22	26	30	33	37	41	45	48	52	56	60	63	67	71
Період сходи – цвітіння, нечорноземна зона																		
3	6	9	11	14	16	20	23	25	28	31	34	37	40	43	46	48	51	54

При відсутності спостережень за запасами продуктивної вологи під гречкою використовуються спостереження за запасами вологи під кукурудзою, цукровими буряками або картоплею.

Для чорноземної зони після сходів запаси вологи (W) на кінець декади розраховуються в залежності від запасів вологи на початок декади (W_1) та середньої за декаду температури повітря (t) за рівнянням:

$$W = 0,62W_1 - 0,99t + 13,5 \quad (8.38)$$

При розрахунках вологозабезпеченості окрім запасів вологи необхідно мати суму опадів за період цвітіння-дозрівання, тривалість якого розраховується за сумами ефективних температур вище 5°C – 480°C . Після розрахунків тривалості періоду з синоптичного прогнозу погоди визначається сума опадів за цей період. Значення запасів вологи на цвітіння та очікувана сума опадів за період цвітіння-дозрівання підсумовуються – таким чином розраховується вологозабезпеченість посівів, яка використовується для розрахунку очікуваного врожаю гречки.

При складанні прогнозу врожаю гречки спочатку виконуються розрахунки по усіх станціях території області, потім знаходяться середні по області значення елементів. Очікуваний врожай розраховується за рівнянням (8.37).

Приклад. Скласти прогноз середнього по області врожаю зерна гречки. Всі фази розвитку гречки по станціях області записуються у робочу таблицю.

Додаток В.

З синоптичного прогнозу визначається очікувана температура повітря та сума опадів. Фаза дозрівання розраховується по сумі ефективних

температур. Потім розраховується для кожної станції вологозабезпеченість посівів як сума запасів вологи у шарі 0 – 20 см та опадів за період цвітіння-дозрівання. Середня вологозабезпеченість по області за період цвітіння-дозрівання розраховується як середня арифметична з усіх станцій:

$$\frac{46 + 66 + 25 + 31 + 71}{5} = 48 ,$$

тоді середня врожайність гречки буде: $y = 0,054 \cdot 48 + 3,4 = 6,0$ ц/га. Слід пам'ятати, що у разі зниження очікуваної температури повітря до 15° С та нижче за останню декаду перед дозріванням, опади цієї декади при розрахунках не враховуються.

8.5.2 Прогноз врожаю гречки для Західного Сибіру

У районах Західного Сибіру методика прогнозу врожаю зерна гречки заснована на врахуванні середніх за місяць температур та кількості опадів за період всієї вегетації гречки (червень, липень, серпень).

В липні місяці спостерігається значна мінливість температури повітря по території Західного Сибіру, тому залежність середнього по області врожаю гречки встановлювалась окремо для років з температурою повітря за липень 15 – 18° С та 19 – 20° С. Роки з температурою нижче 18° С характеризуються великою кількістю опадів (150 – 200 мм) і розвиток гречки визначається переважно термічними умовами. Тому для розрахунків очікуваного врожаю гречки у такі роки використовується рівняння:

$$Y = 0,8\Sigma t - 35,5 \quad (8.39)$$

де Σt – сума середніх місячних температур повітря за червень, липень, серпень, ° С.

Якщо використовується сума температур за липень, серпень, то тоді рівняння буде:

$$Y = 1,08\Sigma t - 29,1 \quad (8.40)$$

При середній температурі липня 19 – 20° С врожайність гречки розраховується за рівнянням:

$$Y = 0,48\Sigma t - 18,3 \quad (8.41)$$

Максимальні врожаї можливі при сумі температур більше 60° С.

При температурі за липень $19 - 20^{\circ} \text{C}$ та розрахунках по сумах температур липня та серпня використовується рівняння:

$$Y = 0,67\Sigma t - 17,2 \quad (8.42)$$

Перший прогноз врожаю гречки складається наприкінці червня. Уточнюється прогноз за 50 днів до збирання.

8.5.3 Динаміко-статистичний метод прогнозу врожаю гречки та валового збору зерна

Метод прогнозування середнього по області врожаю зерна гречки та валового збору розроблено Р.П. Кочиновою на підставі динаміко-статистичної моделі А.М. Польового [88].

Прогнозування врожайів за допомогою динаміко-статистичної моделі засновується на тому, що врожайність сільськогосподарських культур визначається рівнем культури землеробства та умовами погоди кожного конкретного року і складається із сполучення двох прогнозів: прогнозу тенденції врожайності на поточний рік та оцінки агрометеорологічних умов поточного року.

Тенденція врожайності розраховується по методу гармонічних зважувань. Оцінки агрометеорологічних умов року, для якого складається прогноз, розраховується за допомогою динамічної моделі продукційного процесу. Для прогнозу врожайності використовується рівняння:

$$Y_{\Pi} = Y_{t+1} \cdot C \quad (8.43)$$

де Y_{Π} – очікуваний врожай, т/га;

Y_{t+1} – тенденція врожаю на поточний рік, т/га;

C – оцінка агрометеорологічних умов на поточний рік.

Середній по області прогноз валового збору зерна гречки розраховується за формулою:

$$Y_{\text{В}} = Y_{\Pi} \cdot S \quad (8.44)$$

де S – посівна площа гречки в області, тис.га;

Y_{Π} – очікуваний врожай по області, т/га.

Розрахунок тенденції врожайності виконується аналогічно розділу 5.3

Кількісна оцінка агрометеорологічних умов (C) формування врожаю гречки заснована на розрахунку динаміки формування сухої маси окремих органів, який здійснюється за допомогою моделі продукційного процесу. Методика розрахунку детально розглянута у розділі 5.3.

Прогноз за допомогою динаміко-статистичної моделі складається двічі: 20 червня та 20 липня.

Техніка складання прогнозу. Для виконання розрахунків необхідно підготувати вхідну середню по області поточного року і середню багаторічну інформацію:

- Ψ- географічна широта центра області;
 - KRN – код регіону (див. розділ 5.3);
 - KRNZ - код регіону для оцінки посухи;
 - $W_{нв}$ – найменша волого місткість;
 - У мін – мінімальна середня по області врожайність гречки за період з 1986 року, ц/га;
 - У мах – максимальна середня по області врожайність гречки, ц/га;
 - Початкові біомаси листя, стебел, коріння на дату сходів;
 - LL° - початкова площа листя однієї рослини;
 - G_s – кількість рослин на m^2 ;
 - $W_0(0)$ – запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту на початок розрахунків;
 - n- кількість розрахункових декад від сходів до воскової стиглості;
 - nn – кількість днів у кожній декаді;
 - t_0 – кількість днів від 30 березня до дати сходів гречки;
 - W_{p0} – запаси продуктивної вологи у орному шарі ґрунту, мм;
 - W_m – запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту, мм;
 - T_s – середня температура повітря, °С;
 - S_s – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва;
 - O_s – сума опадів за декаду, мм;
 - P_{norm} - норма вегетаційного поливу;
 - D_{ww} – середній за декаду дефіцит насичення повітря;
 - H_{gr} – середній за декаду рівень залягання ґрунтових вод
- Далі розрахунки виконуються за моделлю.

9 Прогноз врожаю соняшника

9.1 Прогноз врожаю соняшника для окремих господарств і областей

Соняшник – основна олійна культура в Україні та одна з основних на Земній кулі. Соняшник відноситься до групи однорічних теплолюбних рослин. За період вегетації йому необхідна сума температур для середньостиглих сортів – 2100° С, середньоскоростиглих – 1800° С і середньопізнньостиглих – 2400° С. Найсприятливіші умови для вирощування складаються при температурі повітря 16 – 22° С і запасах продуктивної вологи у шарі 0 – 20 см – 30 – 50 мм, у шарі 0 – 50 см – 70 – 100 мм, у шарі 0 – 100 см – 120 – 160 мм.

Соняшник досить посухостійка рослина, але високі і сталі врожаї можливі тільки за умов оптимальної вологозабезпеченості посівів. Залежність врожаю насіння соняшника від сумарного водоспоживання має вигляд:

$$Y = 2,83 + 0,059E_{\phi} \quad (9.1)$$

де Y – врожай, ц/га;

E_{ϕ} – сумарне водоспоживання соняшника за вегетаційний період, м³/га.

Дослідження Ю.С. Мельника [82] впливу опадів на врожайність соняшника показали, що на величину врожаю впливають не тільки опади впродовж вегетаційного періоду, а і опади холодної пори року. Ю.С. Мельником був запропонований показник зволоження (K), який розраховується за формулою:

$$K = \frac{0,6\Sigma X_1 + \Sigma X_2}{0,1\Sigma t} \quad (9.2)$$

де ΣX_1 – сума опадів за період від дати переходу температури повітря через 5° С восени до переходу її через 10° С навесні наступного року;

ΣX_2 – сума опадів від дати переходу температури повітря через 10° С навесні або від дати, коли засіяно більше 50 % посівної площі, до дати досягання соняшнику;

Σt – за цей же період.

Коефіцієнт 0,6 – це коефіцієнт засвоєння опадів за осінньо-зимово-весняний період.

Ю.С. Мельником встановлена залежність урожаїв соняшника від коефіцієнта зволоження K .

Зв'язок врожаїв соняшнику на сортоділянках з коефіцієнтом К описується рівнянням (9.3) (рис. 9.1):

$$Y_c = 23,44(K - 0,46)^{0,8} \quad (9.3)$$

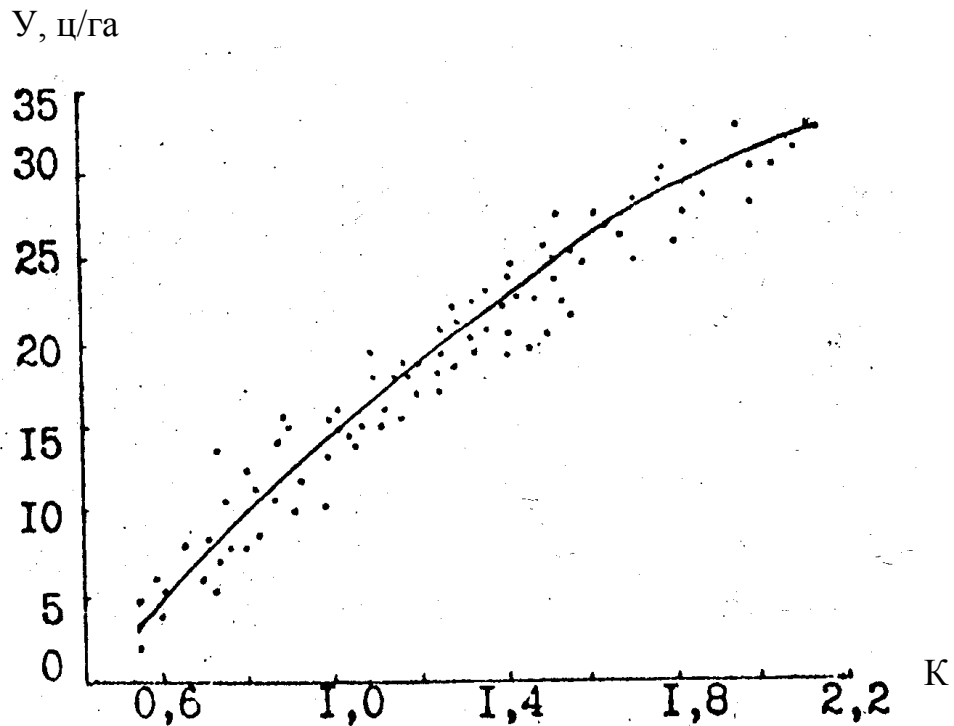


Рис. 9.1 – Зв'язок врожаю соняшника Y (ц/га) на сортоділянках з показником зволоження K

Рисунок (9.1) і рівняння (9.2) можливо застосовувати тільки у районах, де середні багаторічні суми температур за період між датами стійкого переходу температури повітря через 10°C навесні вище 2300°C .

Як відомо, врожаї соняшнику в умовах високої агротехніки (тобто на сортоділянках) значно вище, ніж середні по області врожаї у всіх інших категоріях господарств. Тому були встановлені співвідношення, які дозволяють переходити від врожайності на сортоділянках (Y_c) до середньої по області врожайності ($Y_{\text{обл}}$). Ці співвідношення встановлені для середньо-та пізньостиглих сортів соняшнику для окремих груп областей: Дніпропетровської, Донецької, Запорізької, Кіровоградської, Луганської, Полтавської, Черкаської, Миколаївської, Херсонської, Одеської та Кримської:

$$Y_{\text{обл.}} = 0,61Y_c + 0,8 \quad (9.4)$$

Для Вінницької, Сумської, Воронізької та Ростовської областей:

$$Y_{обл.} = 0,63Y_c - 1,2 \quad (9.5)$$

Необхідно зазначити, що співвідношення врожаїв на сортоділянках і в господарствах не залишається постійним. Тому необхідно для кожної області ці співвідношення уточнювати через кожні 5 – 6 років.

Техніка складання прогнозу

Прогноз врожаю насіння соняшнику складається двічі – на початку червня і на початку серпня (уточнення).

1. Для усіх станцій області із агрометеорологічних щорічників виписуються матеріали:

- сума опадів (мм) за осінньо-зимово-весняний період (ΣX_1);
- середні багаторічні дати досягання соняшника;
- сума опадів за період від дати переходу температури повітря через 10°C навесні до дати досягання соняшника (X_2).

2. Розрахувати:

- очікувану суму температур повітря за період, обмежений датами переходу температури повітря через 10°C навесні та восени. Ця сума розраховується за методом Ф.Ф. Давитая (див. прогноз теплозабезпеченості вегетаційного періоду);
- очікувану тривалість вегетаційного періоду. Вона розраховується за допомогою рис. 9.2 за датами строків сівби;
- розрахувати значення коефіцієнта K на станціях і середнє обласне;
- розрахувати за рівнянням (9.3), або рис. 9.1 очікувану врожайність на сортоділянках;
- розрахувати за рівняннями (9.4, 9.5) очікувану врожайність у господарствах області;

Приклад – Скласти прогноз очікуваного врожаю соняшника у Сумській області якщо:

а) дата переходу температури повітря восени через 5°C (минулого року) 23 жовтня;

б) дата переходу температури повітря через 10°C на весні – 20 квітня;

$$\text{в) } \Sigma x_i = 222; 0,6\Sigma x_2 = 220; 0,6\Sigma x_i + \Sigma x_2 = 353; \Sigma t_{>10} = 240^\circ\text{C}$$

тоді $K = 1,5$;

$$y_c = 22,5;$$

$$y_{обл.} = 11 \text{ ц/га.}$$

3. Якщо є розміри посівних площ, то розраховується очікуваний валовий збір насіння соняшнику. Для цього необхідно значення очікуваного середнього по області врожаю насіння перемножити на розмір посівної площі. Так, під соняшником у 2002 році у Сумській області було 145,6 тис./га. Очікуваний врожай насіння 11 ц/га, валовий збір становить $145,6 \cdot 11,0 \text{ ц/га} + 1601,6 \text{ тис.ц}$, або $\approx 160 \text{ тис.т}$.

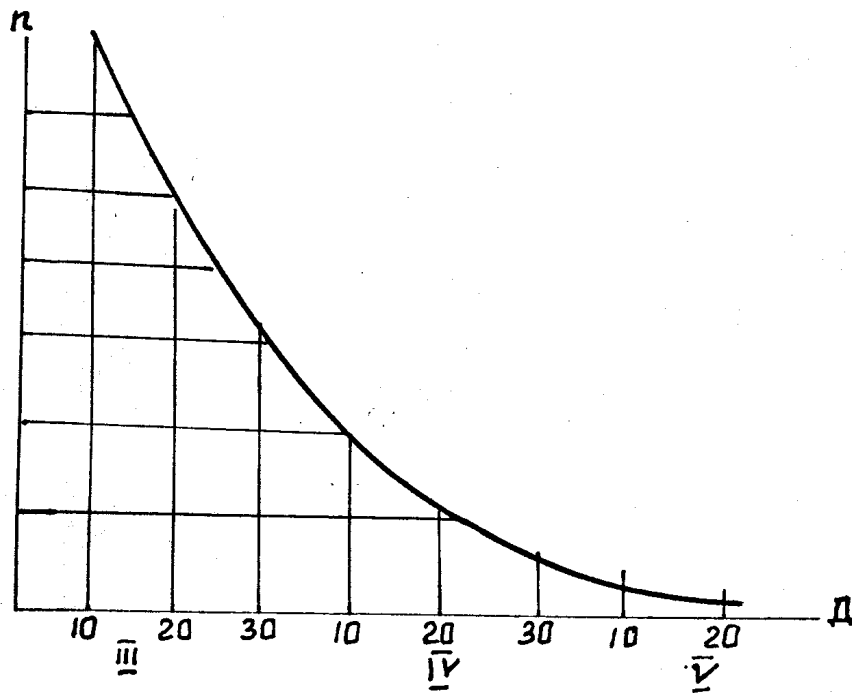


Рис. 9.2 – Зв'язок між тривалістю періоду сівби – дозрівання соняшнику у днях (n) і датою сівби (D).

9.2 Метод прогнозу врожаю насіння соняшника для територій країв та республік

Розробка методу прогнозу врожаю соняшника для великих територій засновується на врахуванні дії на врожай зростання культури землеробства і умов зволоження території. Врожайність соняшнику уявляє собою функцію двох факторів: 1 – умов зволоження – W , 2 – зростання культури землеробства – $f(A)$.

$$y = f(W, A) \quad (9.6)$$

Динаміка врожайності за часом представляється як зміна за рівнем культури землеробства, на фоні якого відбуваються випадкові коливання, які пов'язані у переважній більшості випадків з особливостями зволоження окремих років. Оцінка приросту врожайності за рахунок підвищення культури землеробства дозволила автору методу отримати прогностичні зв'язки врожаїв насіння з показником зволоження. Метод прогнозу врожаїв насіння з урахуванням культури землеробства складається з двох етапів: 1 – оцінки динаміки середніх приростів врожайності; 2 – оцінки впливу умов зволоження на врожай.

9.2.1 Оцінка динаміки і середніх приростів врожайності

Для оцінки впливу культури землеробства на врожайність соняшнику застосовується метод аналітичного вирівнювання часових рядів врожайності. Найбільш відповідальним при цьому є вибір форми кривої, що відображає тенденцію. Аналіз чисельних досліджень дозволив Ю.С. Мельнику дійти висновку, що для аналітичного вирівнювання тенденції врожайності соняшнику найбільш доцільно використовувати рівняння прямої лінії.

$$y = \alpha n + c \quad (9.7)$$

де y – середня врожайність, ц/га;

n – номер року в рядку досліджувань;

c – вільний член; α – коефіцієнт регресії, що характеризує середній річний приріст функції.

Тому для розрахунку рівняння лінії тренда використовуються методи математичної статистики.

Автором методу для більшості областей і економічних районів розраховані рівняння ліній трендів (табл. 9.1).

В рівняннях (табл. 9.1) коефіцієнт регресії α характеризує середній за рік приріст врожайності насіння соняшнику (ц/га) за рахунок культури землеробства.

9.2.2 Оцінка впливу умов зволоження на врожай

Для оцінки умов зволоження на врожай необхідно врахувати приріст врожаю за рахунок покращення культури землеробства. Тому спочатку від загальної величини врожаю відраховується приріст за рахунок зміни культури землеробства і таким чином отримується врожай, обумовлений погодою (y_1).

Були одержані залежності врожаю (y_1) з, обумовленого погодою, без впливу росту культури землеробства від показника зволоження (W). Показник зволоження розраховується за рівнянням:

$$W = 0,6\Sigma x_1 + \Sigma x_2 \quad (9.8)$$

де Σx_1 – сума опадів від дати переходу температури повітря через 5°C восени до квітня місяця включно;

Σx_2 – сума опадів за травень – червень, мм.

В табл. 9.2 представлені рівняння, що характеризують зв'язок середньої по області (краю, економічному району і т. ін.) врожайності

соняшника за виключенням впливу культури землеробства (y_1) з показником зволоження (W).

Таблиця 9.1 – Рівняння лінії тренда врожайності соняшнику за 1985–2002 р.

Територія	Рівняння
Україна	$Y = 0,23n + 12,77$
Донецько-Придніпровський район	$Y = 0,20n + 13,57$
Дніпропетровська область	$Y = 0,21n + 13,45$
Донецька область	$Y = 0,01n + 17,00$
Запорізька область	$Y = 0,10n + 14,01$
Кіровоградська область	$Y = 0,41n + 12,50$
Луганська область	$Y = 0,24n + 11,65$
Полтавська область	$Y = 0,42n + 11,56$
Сумська область	$Y = 0,37n + 9,10$
Харківська область	$Y = 0,22n + 13,69$
Південно-Західний район	$Y = 0,16n + 12,69$
Вінницька область	$Y = 0,31n + 10,86$
Київська область	$Y = 0,30n + 9,42$
Черкаська область	$Y = 0,34n + 12,16$
Південний район	$Y = 0,32n + 10,67$
АР Крим	$Y = 0,09n + 10,05$
Миколаївська область	$Y = 0,36n + 10,35$
Одеська область	$Y = 0,32n + 10,64$
Херсонська область	$Y = 0,28n + 8,28$
Молдова	$Y = 0,16n + 14,53$
Казахстан	$Y = 0,54n + 1,40$

Для більшості території зв'язок носить криволінійний характер. Особливо це помітно на більш зволжених територіях. Рівняння (табл. 9.2) зараз використовуються як головні при складанні прогнозу врожаю насіння соняшника.

Техніка складання прогнозу

Перший прогноз складається на початку червня, другий – на початку липня

Для території області або економічного району вибираються агрометеорологічні станції, рівномірно розташовані по території.

Таблиця 9.2 – Рівняння зв'язків врожайності соняшника з показниками зволоження W

Територія	Рівняння	R(r)
1	2	3
Білгородська область	$Y_1 = 0,02W + 2,48$	0,66
Воронізька область	$Y_1 = -5,0916 + 0,00770W - 0,00007W^2$	0,79
Тамбовська область	$Y_1 = 0,01W + 4,43$	0,68
Поволзький район	$Y_1 = 0,04W - 3,58$	0,87
Волгоградська область	$Y_1 = 0,03W + 1,45$	0,76
Самарська область	$Y_1 = 0,04W - 2,98$	0,89
Саратовська область	$Y_1 = 0,02W + 1,82$	0,85
Ульяновська область	$Y_1 = -8,0038 + 0,09506W - 0,00016W^2$	0,84
Уральський район	$Y_1 = -4,4094 + 0,0516W - 0,00004W^2$	0,83
Башкортостан	$Y_1 = -9,7884 + 0,09309W - 0,00014W^2$	0,59
Оренбурзька область	$Y_1 = 0,03W - 1,95$	0,75
Північнокавказький район	$Y_1 = -6,2019 + 0,08472W - 0,00008W^2$	0,80
Краснодарський край	$Y_1 = -44,0110 + 0,3276W - 0,00046W^2$	0,65
Ставропольський край	$Y_1 = 0,02W + 3,54$	0,69
Ростовська область	$Y_1 = -3,7627 + 0,0140W - 0,00003W^2$	0,94
Україна	$Y_1 = 2,1168 + 0,03261W - 0,000008W^2$	0,83
Донецько-Придніпровський район	$Y_1 = -11,8574 + 0,1359W - 0,00016W^2$	0,75
Дніпропетровська область	$Y_1 = 1,3845 + 0,5477W - 0,000041W^2$	0,65
Донецька область	$Y_1 = 0,3077 + 0,07761W - 0,00006W^2$	0,85
Запорізька область	$Y_1 = -18,7784 + 0,19404W - 0,00026W^2$	0,89
Кіровоградська область	$Y_1 = -5,70666 + 0,1079W - 0,000147W^2$	0,61
Луганська область	$Y_1 = -12,12379 + 0,13959W - 0,00018W^2$	0,62
Полтавська область	$Y_1 = -5,1115 + 0,046W - 0,00012W^2$	0,67
Сумська область	$Y_1 = 1,9204 + 0,045189W - 0,000065W^2$	0,89
Харківська область	$Y_1 = -28,9675 + 0,24887W - 0,00034W^2$	0,79

Продовження табл. 9.2

1	2	3
Південно-Західний район	$Y_1 = -4,88919 + 0,10244W - 0,00014W^2$	0,69
Вінницька область	$Y_1 = -8,44218 + 0,00978W - 0,000007W^2$	0,88
Київська область	$Y_1 = -2,83549 + 0,07912W - 0,00012W^2$	0,71
Черкаська область	$Y_1 = -2,37634 + 0,08625W - 0,000118W^2$	0,61
Південний район	$Y_1 = 0,003W + 2,87$	0,71
АР Крим	$Y_1 = 0,04W - 0,66$	0,79
Миколаївська область	$Y_1 = -11,20614 + 0,12289W - 0,00016W^2$	0,64
Одеська область	$Y_1 = -12,4035 + 0,15482W - 0,000216W^2$	0,75
Херсонська область	$Y_1 = -13,65243 + 0,14211W - 0,0002W^2$	0,67
Молдова	$Y_1 = -5,20607 + 0,11818W - 0,000169W^2$	0,61
Казахстан	$Y_1 = 0,009W - 0,38$	0,56

Станції вибираються таким чином, щоб вони як можна точніше характеризували метеорологічний режим території.

Виписуються значення опадів за осінь, зиму, весну.

Визначається дата переходу температури повітря через 5°C восени попереднього року.

Розраховується сума опадів (Σx_1) від дати переходу температури повітря через 5°C восени по квітень включно.

Ознайомлюються з прогнозом опадів на червень.

Розраховується сума опадів (Σx_2) за травень-червень.

Розраховується коефіцієнт зволоження (рівняння. 9.8) по станціях (W) і середній обласний ($W_{\text{обл}}$).

Визначається врожайність (y_1) по території (рівняння з табл. 9.8) без врахування культури землеробства.

Визначається поправка (Δy) на культуру землеробства з використанням відповідного рівняння (табл. 9.1), $n = 15$.

Розраховується очікуваний врожай як сума $y_1 + \Delta y$.

Якщо є розміри посівної площі, то розраховується ваговий збір насіння по області. Для цього величину очікуваного врожаю перемножуємо на розмір посівної площі.

Після розрахунку Y_1 – необхідно внести поправку на зростання культури землеробства. Для цього використовується відповідне рівняння із табл. 9.1.

Для Одеської області це:

Таблиця 9.3 – Приклад розрахунку середньої обласної врожайності насіння соняшника. Одеська область.

Станція	Перехід температури повітря через 5° С восени	Σx_1	$0,6\Sigma x_1$	Σx_2	W	Очікувана врожайність, ц/га			Фактична врожайність, ц/га
						з виключенням приросту за трендом, y_1	приріст за трендом, Δy	з врахуванням приросту за трендом $Y = Y_1 + \Delta Y$	
Любашівка	2-а декада листопад	194	116	254	370				
Затишшя	"	199	119	146	365				
Сербка	"	176	106	226	332				
Роздільна	2-а декада листопад	178	107	202	309				
Одеса	"	187	112	152	264	14,9	4,8	19,7	19,0
Сарата	"	183	110	237	347				
Болград	"	206	124	144	268				
Ізмаїл	"	242	145	98	243				
					$\Sigma=2498$				
					$W_{cp}=312$				

$$y_i = 0,32_n + 10,64,$$

$n = 15$. Ця величина залишається постійною у зв'язку з тим, що в останні роки зростання врожаю за рахунок покращення культури землеробства в Одеській області майже не спостерігалось.

$$\Delta Y_i = 0,32 \cdot 15 = 4,8 \text{ ц/га}$$

Таким чином, очікуваний середній по області врожай соняшнику в 2000 р. буде:

$$Y = Y_1 + \Delta Y = 14,9 + 4,8 = 19,7 \text{ ц/га}$$

Фактичний врожай становив 19 ц/га.

9.3 Прогнози врожаю соняшнику в Україні

Метод прогнозу середньої районної врожайності соняшника в Україні розроблений вперше. Відомий метод прогнозу врожаю соняшника Ю.С.Мельника, призначений для областей, показав, що стандартне відхилення обчисленої врожайності від фактичної на території України забезпечене на 70-80 %. В попередньо розглянутій методиці середня по області врожайність подана, як середня двох змінних: умов зволоження і "культури землеробства".

Вивченню агрометеорологічних умов вирощування соняшника присвячені роботи П.Ю. Міуського, В.С. Пустовойта, П.І. Колоскова, Ю.С. Мельника. Отримані В.П. Дмитренком оптимуми температури повітря і опадів для соняшника по періодах вегетаційного циклу в різних зонах вирощування в Україні уточнені А.В. Мургою і Ю.Ю. Жданович [88].

Повної моделі, яка б врахувала вплив комплексу агрометеорологічних факторів на продуктивність соняшника ще не створено. Не має також розробок з прогнозу середньої районної врожайності соняшника на Україні. Між тим важливість цієї провідної олійної культури та особливості технології її вирощування потребують завчасного отримання інформації про очікувану врожайність. Тому необхідно було розробити метод прогнозу врожайності, в якому було б враховано вплив комплексу агрометеорологічних факторів на продуктивність. Для цієї мети за комплексом врахованих прогнозних факторів найбільш придатна базова модель В.В.Дмитренка [83 – 85]. Вона і використана при розробці методу розрахунку і прогнозу районної врожайності соняшника.

Розроблений метод може бути застосований при посівній площі в районі не менше 1000 га.

За рішенням Технічної ради Держкомгидромету України від 31 травня 1995 р. матеріали виробничих випробувань методу схвалені і він рекомендований до використання в оперативних організаціях України для Вінницької, Кіровоградської, Луганської, Черкаської, Херсонської, Донецької, Запорізької, Полтавської, Одеської, Миколаївської областей як основний, а для Дніпропетровської, як консультативний.

Метод розроблено Н.К. Строкач на основі базової моделі В.П. Дмитренка.

9.3.1 Основи методики прогнозування середньої районної врожайності соняшника в Україні

Для складання прогнозу врожайності соняшника використана базова модель врожайності В.П.Дмитренка:

$$Y_i = Y_{C,I} \cdot S(T, R)_{XII-VIII} \cdot (1 - U) \cdot \eta(\gamma), \quad (9.9)$$

де Y_i – прогнозована врожайність;

$Y_{C,I}$ – щорічний господарський максимум врожайності;

$S(T, R)_{XII-VIII}$ – сумарний коефіцієнт продуктивності культури за температурою повітря і опадами за грудень-серпень;

$(1 - U)$ множник, що залежить в основному від зрідженості посівів;

$\eta(\gamma)$ – множник, що враховує вплив додаткових факторів.

В свою чергу, зрідженість посівів великою мірою залежить від додержання необхідних технологічних операцій щодо термінів сівби і гущини посіву, від погодних умов, особливо несприятливих.

Щорічний господарський максимум $Y_{C,I}$ залежить від біологічного потенціалу, продуктивності сорту, клімату, родючості ґрунту, рівня агротехніки та інших факторів на конкретній території. Тому його параметри можуть застосовуватись лише на території, для якої вони визначені.

Для розрахунку $Y_{C,I}$ за формулою:

$$Y_{C,I} = Y_C + At, \quad (9.10)$$

було визначено:

(Y_c) - господарський максимум врожайності на реперний рік t ;

A – приріст тенденції врожайності за трендом (ц/га);

t – інтервал часу між поточним t_1 -тим і реперним роком ($t = t_1 - t_c$).

Значення господарського максимуму врожайності $Y_{c,i}$ для реперного року можна отримати за допомогою відомого методу Е. Гумбеля. В зв'язку з динамікою рівня врожайності, для визначення господарського максимуму методом Е. Гумбеля в натуральний ряд врожайності вносились поправки на тренд.

Значення щорічного господарського максимуму на 1996 рік і тренд для районів наведені в додатку Б, табл. Б.1.

Оскільки в сільському господарстві рівень агротехніки є нестійким, то тренд врожайності потребує відповідного щорічного корегування.

Співмножник $S(T, R)$ характеризує вплив на рівень врожайності термічного режиму (T), а також кількості опадів (R) в основні між фазні періоди на протязі всього вегетаційного циклу.

Кількісна оцінка впливу розглянутих величин на формування врожайності соняшника в передпосівний період і на протязі вегетаційного періоду розраховується за допомогою функції корисності;

$$S(T, R) = \Sigma S_1(T) \cdot \Sigma S_2(R) \cdot a \quad (9.11)$$

де $S_1(T)$, $S_2(R)$ – коефіцієнти продуктивності соняшника, розраховані відповідно за температурою повітря T і опадами R за i -тий період вегетаційного циклу.

Вплив температури на формування врожайності відображено коефіцієнтом продуктивності у вигляді:

$$S_1(T) = \frac{Y(T)}{Y(T_o)} = e^{-\alpha \left(\frac{m-m_o}{10} \right)} \quad a = \begin{cases} a^1 \text{ коли } T \leq T_o \\ a^0 \text{ коли } T > T_o \end{cases} \quad (9.12)$$

де $S_1(T)$ – кількісний вираз приросту продукції $Y(T)$ при температурі T по відношенню до максимально можливого $Y(T_m)$ при оптимальній температурі T_o в даний період вегетаційного циклу;

α – параметр.

Оцінка впливу опадів на формування врожайності соняшника здійснюється за допомогою коефіцієнтів продуктивності, розрахованих за опадами:

$$S_2(R) = \frac{Y(R)}{Y(R_o)} = \left(1 + \frac{R - R_o}{R_o - R_{\min}} \right)^{a_1} \left(1 - \frac{R - R_o}{R_{\max} - R_o} \right)^{a_2} \quad (9.13)$$

де $S_2(R)$ – кількісний вираз приросту продукції в i -тий період вегетаційного циклу при кількості опадів R мм по відношенню до максимально можливого $Y(R_0)$ при оптимальній кількості опадів R_0 ; R_{\min} , R_{\max} – відповідно біологічні мінімум і максимум опадів в кожному період вегетаційного циклу; тут $R_{\min} = 0$.

Множник α , який враховує внесок періоду вегетаційного циклу у врожайність при оптимальному значенні кожного елемента продуктивності, розраховується:

$$\alpha = \frac{Y_i(\tau)}{Y_i(T)} = \frac{1}{1 + C(i - \tau)e^{-\tau_c \tau}} \quad (9.14)$$

де $Y_i(\tau)$ – частина врожаю, утворена в даний i -тий період вегетаційного циклу;

τ – тривалість i -того періоду вегетаційного циклу в частці від одиниці;

$Y_i(T)$ – кінцева величина врожайності;

C – параметр, який враховує вплив довкілля в передпосівний період;

τ_c – середній коефіцієнт зрідженості посівів на початку вегетації.

Значення α і параметрів в моделях (9.2), (9.3) за кожний період вегетаційного циклу наведені в табл. 9.4.

Вплив температури повітря і опадів на врожайність соняшника за періоди розвитку враховані з допомогою формул (9.2), (9.3), і подані в табл. Б.2 та Б.3.

На посівах соняшника часто спостерігається значна зрідженість. За даними аеровізуальних обстежень середні значення її знаходяться у межах 10 – 20 %, хоча в окремих випадках вона може становити 30 % і більше.

Вплив зрідженості посівів (U) на врожайність в моделі враховано показником щільності посівів $(1 - U)$, де U подана в частці від одиниці. Зрідженість посівів соняшника визначають після останнього проріджування. Оцінка зрідженості по площі достатньо надійно може бути отримана при аеровізуальному обстеженні. При відсутності даних аеровізуальних обстежень доцільно використовувати результати наземних автомаршрутних обстежень. Необхідний мінімум обстежень полів повинен бути в межах 70 – 100. Маючи дані про фактичну N_ϕ і оптимальну N_0 гуштину посівів, зрідженість визначається як:

$$U = \frac{|N_0 - N_\phi|}{N_0} = 1 - \frac{N_\phi}{N_0}, \quad (9.15)$$

де $N_0 - N_\phi$ дозволяє враховувати вплив як зрідженості, так і загущеності посівів.

Гущину посівів соняшника для лісостепових районів України слід прийняти 50 тис. рослин на га, в Кіровоградській області – 46, в центральних степових районах – 41 тис. рослин на га.

За відсутністю відомостей про зрідження посівів можна використовувати дані попередніх років. Середня багаторічна зрідженість посівів оцінюється формулою:

Таблиця 9.4 – Оптимальні значення температури повітря T_o , опадів R_o α і параметри до формул (9.2) і (9.3) за кожний період вегетаційного циклу соняшника

Період вегетаційного Циклу		T_o град.	Параметри до рівняння (9.2), коли		R_o , мм	R_{max} , мм	Параметри до рівняння (9.3)		α
Назва	Місяці - за середніми багаторічними даними		$T \leq T_o$	$T \geq T_o$			a_1	a_1	
Лісостеп									
Передпосівний	ХІІ-ІІІ	-5,0	-1	-2	180	665	0,27	0,73	20
Сівба	ІV	7,6	-1	-2	40	175	0,23	0,77	5
Сходи – 2-га пара справжніх листків	V-VI	16,0	-1	-2	110	496	0,22	0,78	19
Утворення суцвіть – цвітіння	VII	19,0	-1	-2	80	348	0,23	0,77	19
Цвітіння – Дозрівання	VIII	19,0	-1	-2	60	236	0,25	0,75	37
Степ									
Передпосівний	ХІІ-ІІІ	-5,0	-1	-2	180	624	0,29	0,71	20
Сівба	ІV	8,5	-1	-2	40	144	0,28	0,72	5
Сходи – 2-га пара справжніх листків	V-VI	17,0	-1	-2	12	395	0,30	0,70	19
Утворення суцвіть – цвітіння	VII	19,2	-1	-2	65	228	0,26	0,74	19
Цвітіння – Дозрівання	VIII	19,7	-1	-2	50	176	0,28	0,72	37

$$U_i = \frac{Y_{p,i} - Y_{\phi,i}}{Y_{\phi,i}}, \quad U = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n}, \quad (9.16)$$

де $Y_{p,i}$ – врожайність розрахована за формулою:

$$Y_{p,i} = (Y_c + At) \cdot S(T, R), \quad (9.17)$$

При відсутності даних аеровізуальних або автомаршрутних обстежень доцільно використовувати середню багаторічну зрідженість, що визначається за формулою (9.16) для всіх районів (табл. Б.4).

При врахуванні міри зрідженості можна користуватись і шкалою оцінки стану рослин. Так, якщо на час складання першого прогнозу (травень, червень) стан рослин оцінюється в 3 бали, то поправка на зрідженість збільшується по відношенню до середньої багаторічної на 20 %, як в лісостеповій, так і степовій зонах.

9.3.2 Врахування додаткових факторів

За додаткові фактори взяті чинники, які визначаються на гідрометеорологічних станціях, а саме: кількість днів з приморозками, суховіями, опадами ≥ 1 мм і ≥ 5 мм, відносною вологістю ≤ 30 %, дефіцитом вологості повітря ≤ 3 мб, зливами, екстремальними температурами.

Вплив додаткових факторів враховується формулою:

$$Y = Y'(1 - \gamma) \quad (9.18)$$

де Y – виправлена врожайність;

Y' – врожайність, обчислена без врахування впливу додаткових факторів;

γ – показник, який враховує вплив даного додаткового фактора.

Оцінка зниження врожайності від несприятливих явищ погоди розраховується за єдиною для всіх них формулою:

$$(1 - \gamma) = e^{-a \left(\frac{x - x_n}{10} \right)^2} \quad (9.19)$$

де a – коефіцієнт, який залежить від природного явища, умов вирощування, фази розвитку;

x – кількість днів з несприятливими явищами погоди, які не знижують врожай;

e – експонента.

В табл. Б.5, Б.6 наведені значення $(1 - \gamma)$ для всіх зазначених явищ розраховані за формулою (9.19).

Кількість днів з суховіями різної інтенсивності (окрім слабких) розраховується за даними спостережень найближчих метеостанцій згідно з типізацією Є.А. Цубербіллер (табл. 9.5)

Таблиця 9.5 – Характеристика суховіїв різної інтенсивності згідно з типізацією К. А. Цубербіллер

Інтенсивність суховіїв	Дефіцит вологості повітря о 13 годині (мб) коли швидкість вітру	
	≥ 8 м/с	< 8 м/с
Середні	20 – 29.9	30 – 39
Інтенсивні	30 – 39.9	40 – 49
Дуже інтенсивні	≥ 40	≥ 50

Встановлено, що несприятливі явища в жаркий і сухий рік у будь який період вегетації враховуються коефіцієнтом продуктивності меншим за 0.60, тому у таких випадках блок $(1 - \gamma)$ не застосовується.

У вологі роки ці показники необхідно вводити в модель незалежно від рівня коефіцієнтів продуктивності.

Таким чином, для складання прогнозу районної врожайності соняшника, необхідні в першу чергу: відомості про фактичні значення температури повітря і опадів за період до дати складання прогнозу, про середні багаторічні або розраховані значення цих елементів на наступні періоди, а також про гущину посівів, їх зрідженість, число днів з суховіями, заморозками, екстремальними температурами, зливами, вологістю повітря ≤ 30 %, а також дані про господарський максимум і тренд врожайності для конкретного року і району.

9.3.3 Порядок і приклад розробки прогнозу районної врожайності соняшника з різною завчасністю

Прогнози районної врожайності можна складати чотирьох видів. Перший прогноз складають після сходів (перша – друга декада травня), його завчасність біля 4 –х місяців. Другий прогноз складають до 20 червня з завчасністю 2 – 2,5 місяці, третій – до 20 липня з завчасністю 1 – 1,5 місяців і останній розрахунок проводять наприкінці серпня.

Дані, необхідні для складання прогнозу, заносяться в форму (табл. 9.6). В цій таблиці наводиться приклад прогнозованих розрахунків

районної врожайності соняшника в Синельниківському районі Дніпропетровської області за 1994 рік.

В заголовку таблиці записується назва області, району, рік, господарський максимум врожайності за даний рік $Y_{o,i}$, і показник, який характеризує стан посівів (його зрідженість), який береться із табл. Б.4.

Господарський максимум на 1994 рік визначається за формулою (9.10) з використанням даних табл. Б.1.

При розробці першого прогнозу визначається фактичне значення T , R , з врахуванням опадів з грудня минулого по квітень поточного року.

При визначенні значень T і R для другого прогнозу використовують фактичні значення цих елементів за квітень і травень і прогностичні або середні багаторічні з відповідною ймовірністю за червень – серпень.

За фактичними значеннями T і R знаходиться по табл. Б.2 та Б.3 коефіцієнти продуктивності соняшника за відповідним елементом і перемножують їх на ваговий коефіцієнт внеску α відповідного періоду (табл. 9.3), отримується сумарний коефіцієнт продуктивності за опадами і температурою повітря.

При складанні наступних прогнозів уточнюються фактичні значення T і R і за даними аеровізуальних або автомаршрутних обстежень уточнюється зрідженість. Якщо дані про зрідженість відсутні, тоді користуються тими, які наведені в табл. Б.4.

При складанні чергового прогнозу вноситься поправка на кількість днів з несприятливими явищами погоди. Оскільки несприятливі явища не прогнозуються, то їх вплив на формування врожайності враховується тільки на час складання прогнозу.

Розрахована врожайність:

$$\text{Перший прогноз } Y_p = 25,6 \cdot 0,90 \cdot 0,90 = 19,9 \text{ ц / га}$$

$$\text{Абсолютна похибка } \Delta Y = Y_\phi - Y_p = 1,8 \text{ ц / га}$$

$$\text{Відносна похибка } \Delta Y_\phi / Y_p = 10 \%$$

Справджуваність прогнозу 90 %

Другий прогноз. На час складання другого прогнозу спостерігалось 9 днів з дефіцитом вологості повітря ≤ 3 мб і 10 днів з опадами ≥ 1 мм.

В табл. Б.7 знаходиться період вегетації (V – VI) і по кількості днів з вологістю повітря ≤ 3 мб (9 днів) записується поправка на зниження врожайності. Її значення також дорівнює 0.98. Ці дві поправки додаються до розрахунків першого прогнозу.

$$Y_p = 25,6 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,98 \cdot 0,98 = 21,6 \text{ ц / га}$$

Абсолютна похибка 1.8 ц/га

Відносна похибка 10 %

Справджуваність прогнозу 90 %

Таблиця 9.6 – Приклад складання прогнозу врожайності насіння соняшника з різною завчасністю і уточнення його в певні періоди вегетації

Область – Дніпропетровська, район – Синельниківський, рік – 1994
 Господарський максимум $Y_{c,i} = 25,6$ ц/га, зрідженість $u = 10\%$
 (в частках одиниці $1 - 0,10 = 0,9$)

№ п/п	Міжфазний період (місяці)	Перший прогноз (після сходів)						Другий прогноз (до 20 червня)					
		T	R	η (T)	η (R)	α	$\alpha \eta$ (T,R)	T	R	η (T)	η (R)	α	$\alpha \eta$ (T,R)
1	XII-III	-2,0	78	0,84	0,91	0,20	0,15	-2,0	78	0,84	0,91	0,20	0,15
2	IV	6,2	31	0,95	0,99	0,05	0,05	6,2	31	0,95	0,99	0,05	0,05
3	V-VI	17,5	99	1,00	0,99	0,19	0,19	15,5	104	0,98	1,00	0,19	0,19
4	VII	22,3	42	0,80	0,98	0,19	0,15	22,3	42	0,80	0,98	0,19	0,15
5	VIII	21,9	41	0,97	0,97	0,37	0,36	21,2	41	0,97	0,99	0,37	0,36
Сумарний коефіцієнт продуктивності:							0,90	0,90					

Продовження таблиця 9.6

№ п/п	Міжфазний період (місяці)	Третій прогноз (до 20 липня)						Четвертий прогноз (до 20 серпня)					
		T	R	η (T)	η (R)	α	$\alpha \eta$ (T,R)	T	R	η (T)	η (R)	α	$\alpha \eta$ (T,R)
1	XII-III	-2,0	78	0,84	0,91	0,20	0,15	-2,0	78	0,84	0,91	0,20	0,15
2	IV	6,2	31	0,95	0,99	0,05	0,05	6,2	31	0,95	0,99	0,05	0,05
3	V-VI	15,5	104	0,98	1,00	0,10	0,19	15,5	104	0,98	1,00	0,19	0,19
4	VII	19,6	43	1,00	0,98	0,19	0,19	19,6	42	1,00	0,98	0,19	0,19
5	VIII	21,2	41	0,97	0,99	0,37	0,36	19,8	25	1,00	0,94	0,37	0,35
Сумарний коефіцієнт продуктивності:							0,94	0,93					
Фактична врожайність 18,3 ц/га													

Третій прогноз.

На час розрахунку 3-го прогнозу (до 20 липня) несприятливих явищ погоди не спостерігалось. Коефіцієнт продуктивності по Т і R становить 0,94. Зрідженість така ж, як і на час розрахунку другого прогнозу. Третій прогноз враховує ті несприятливі явища, які спостерігались на час складання другого прогнозу:

$$U_p = 25,6 \cdot 0,94 \cdot 0,90 \cdot 0,98 \cdot 0,98 = 20,8 \text{ ц / га}$$

Абсолютна похибка – 2,5 ц/га

Відносна похибка – 11%

Справджуваність прогнозу – 89 %

Четвертий прогноз.

На час складання четвертого прогнозу спостерігалось 23 дні з суховіями. По кількості днів з суховіями у табл. Б.5 знаходимо за VII місяць коефіцієнт падіння врожайності, який становить 0,94. Змінився також і коефіцієнт продуктивності по Т і R. Додаються ці зміни до розрахунку третього прогнозу і розраховується четвертий прогноз очікуваного врожаю.

$$U_p = 25,6 \cdot 0,93 \cdot 0,90 \cdot 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,94 = 18,8 \text{ ц / га}$$

Абсолютна похибка – 0,5 ц/га

Відносна похибка – 3 %

Справджуваність – 97 %

Прогноз вважається прийнятним, якщо відносна похибка не перевищує 20 %.

В усіх складених нами чотирьох прогнозах відносна похибка не перевищила 20%. Найбільш висока справджуваність четвертого прогнозу, оскільки завчасність його складає лише 1 місяць і при розрахунку цього прогнозу враховується більша частина фактичних даних. Прогностичні дані використані тільки за 1 місяць.

Методика може бути застосована для розрахунку районної врожайності за умов регулярного корегування господарського максимуму і тренда врожайності.

10 Методи прогнозів врожаїв картоплі

10.1 Методичні вказівки щодо складання прогнозів середнього по області врожаю картоплі в Україні

У практиці агрометеорологічного забезпечення в Українському гідрометеорологічному центрі для прогнозу врожаїв картоплі застосовується метод, запропонований Р.М. Шелудяковою [87]. Пізніше метод було вдосконалено та доповнено В.П. Дмитренко та А.А. Вількенс.

За методом Р.М. Шелудякової розрахунки очікуваного врожаю виконуються з завчасністю від одного до трьох місяців з помилкою не вище 10 – 20 % для усіх областей України. Метод має недоліки в тому, що не враховуються втрати врожаю при збиранні в дуже посушливі та надто вологі роки.

В основі методу прогнозу врожаю картоплі лежить математична модель врожайності сільськогосподарських культур В.П.Дмитренка, в якій враховано вплив на врожайність культури землеробства та інтенсифікації сільськогосподарського виробництва. Модель доповнена додатковими блоками з розрахунку втрат урожаю картоплі від захворювання рослин фітофторою та кількості суховійних днів у сухі роки та дощових днів у вологі холодні роки.

Загальна модель врожайності картоплі має вигляд:

$$Y = [Y_j \cdot S(T, R) - f] \cdot (1 - \gamma_k) \quad (10.1)$$

де Y – очікувана врожайність, ц/га;

Y_j – щорічний статистичний максимум врожайності картоплі, ц/га;

$S(T, R)$ – сумарний сумісний коефіцієнт продуктивності картоплі, що розраховується за даними температури повітря та опадів за вегетаційний період;

f – величина втрат врожаю картоплі у випадку захворювання рослин фітофторою, ц/га;

γ_k – зміна врожайності за рахунок додаткових факторів (кількості днів з суховіями або кількості днів з опадами більше 0,1мм).

Щорічний статистичний максимум врожайності картоплі розраховується за формулою:

$$Y_j = Y_c + A_c t \quad (10.2)$$

де Y_c – статистичний максимум врожайності картоплі з ймовірністю 99,9 %, ц/га, розрахований на цілком визначений рік;

A_c – середній річний приріст врожайності картоплі, ц/га, рік;

t – відхилення року, в якому ведеться розрахунок t_j від початкового t_0 , що виражається кількістю років t .

Чинник U_c враховує рівень культури землеробства, а A_c – вплив інтенсифікації сільськогосподарського виробництва на врожайність. Значення статистичного максимуму та середнього за рік приросту врожайності картоплі розраховані для кожної області та надаються у табл. 10.1.

Таблиця 10.1 – Показники врожайності картоплі

Області	Врожайність, ц/га			
	всі категорії господарств		колгоспи, радгоспи	
	статистичний максимум U_c	середній річний приріст A_c	статистичний максимум U_c	середній річний приріст A_c
Вінницька	193	1,8	146	-0,8
Волинська	190	1,6	175	4,1
Дніпропетровська	130	1,5	110	0,7
Донецька	140	0,0	130	1,4
Житомирська	210	-2,6	180	-3,8
Закарпатська	170	0,0	164	-1,6
Запорозька	112	-0,8	110	-0,8
Івано-Франківська	215	1,7	188	2,0
Київська	194	-0,7	186	-3,6
Кіровоградська	130	-0,9	116	-1,3
Кримська	170	0,7	150	0,8
Львівська	192	3,1	166	2,8
Луганська	108	1,0	104	1,0
Миколаївська	136	1,7	124	1,9
Одеська	133	0,0	88	-0,7
Полтавська	139	1,3	126	1,1
Рівненська	202	-0,8	180	0,0
Сумська	196	0,0	178	-2,3
Тернопільська	210	1,6	182	2,0
Харківська	149	1,2	108	-0,6
Херсонська	134	0,8	128	0,8
Хмельницька	188	1,4	164	0,5
Черкаська	188	0,0	168	-1,6
Чернівецька	230	0,2	222	1,6
Чернігівська	236	0,2	216	2,3

Розробляючи метод, Р.М. Шелудякова визначила основними факторами навколишнього середовища температуру повітря та опади. Для оцінки впливу цих факторів вегетаційний період картоплі було розбито на 5 підперіодів: посадка – сходи (травень); сходи – початок цвітіння (червень); цвітіння (липень); кінець цвітіння – в’янення бадилля (серпень); в’янення бадилля – збирання врожаю (вересень).

Як видно із розподілу на періоди, кожен умовно приймався за тривалістю подібним якому-небудь місяцю. Це зроблено для спрощення розрахунків, хоча і дещо зменшує точність розрахунків.

Вплив основних метеорологічних факторів на формування врожайів картоплі за усі підперіоди вегетаційного циклу виражаються коефіцієнтами продуктивності за температурою повітря (Т) та опадами (R), які визначаються з табл. В.1 та В.2.

У будь-який міжфазний період сумісний вплив температури повітря та опадів на врожайність картоплі визначається шляхом перемноження відповідних коефіцієнтів продуктивності за даний період вегетації з врахуванням його значущості α_i :

$$S(T, R) = S(T) \cdot S(R) \cdot \alpha_i \quad (10.3)$$

де $S(T, R)$ – сумісний коефіцієнт продуктивності за температурою повітря та опадами;

α_i – ваговий множник і-го періоду вегетаційного циклу.

Сумарні сумісні коефіцієнти продуктивності за температурою та опадами за увесь вегетаційний період $S(T, R)$ розраховуються за формулою:

$$S(T, R) = \sum_{i=1}^n S_1(T)_i \cdot S_2(R)_i \cdot \alpha_i \quad (10.4)$$

Ваговий множник α_i отриманий статистичним шляхом і він відображує роль кожного періоду вегетаційного циклу картоплі у формуванні врожайності. Значення α_i наводяться у табл. 10.2.

Таблиця 10.2 – Ваговий множник α_i по періодах вегетації

Посадка – сходи	Сходи – початок цвітіння	Цвітіння	Кінець цвітіння – в’янення бадилля	В’янення бадилля – збирання
0,13	0,25	0,28	0,21	0,13

Для визначення коефіцієнтів продуктивності територія України розділена на 4 райони (табл. 10.3).

Таблиця 10.3 – Розподіл областей України по регіонах

Полісся	Лісостеп	Степ	Західні області
Житомирська	Вінницька	Луганська	Волинська
Київська	Полтавська	Дніпропетровська	Закарпатська
Сумська	Харківська	Донецька	Івано-Франківська
Чернігівська	Черкаська	Запорозька	Львівська
		Кіровоградська	Рівненська
		Кримська	Тернопільська
		Миколаївська	Хмельницька
		Одеська	Чернівецька
		Херсонська	

Після визначення усіх складових розраховується очікуваний врожай за формулою:

$$V_{TR} = V_i \cdot S(T, R)_{V-IX} \quad (10.5)$$

Але справджуваність очікуваного врожаю буде залежати від впливу неврахованих факторів. Р.М. Шелудякова ввела у формулу (10.5) поправку на втрати врожаю від пошкодження фітофторою. Ця поправка розраховується як залишок між розрахованою врожайністю та втратами врожаю від захворювання фітофторою:

$$V_f = V_{TR} - f \quad (10.6)$$

Розрахунок втрат врожаю картоплі f ц/га від міри пошкодження рослин фітофторою виконуються за формулою:

$$f = \frac{Y' \cdot V_{TR}}{100} \quad (10.7)$$

де Y' – загальний відсоток зменшення врожаю за рахунок пошкодження рослин фітофторою.

Величина Y' розраховується за формулою:

$$Y' = 0,457x \quad (10.8)$$

де x – міра пошкодження картоплі фітофторою (%).

Значення U' в залежності від x представлені у табл. 10.4.

Таблиця 10.4 – Зменшення врожаю картоплі (%) в залежності від міри пошкодження картоплі фітофторою

x	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
У	5	7	9	11	14	16	18	20	23	25	27	30	32	34	37	39	41	43

Дані про міру пошкодження рослин картоплі фітофторою (%) отримують на обласних станціях захисту рослин. Найчастіше поява фітофтори відзначається у період від початку цвітіння картоплі. Тому поправка прогнозу врожаю на пошкодження фітофторою вноситься в розраховану величину вже в липні.

Крім того, зменшують також врожай такі несприятливі явища як суховії та велика кількість днів з дощем. Особливо небезпечні суховії, що спостерігаються у період утворення бульби. Дія суховіїв на території України локальна. Найчастіше вони спостерігаються у степовій зоні України, де повторність їх складає 8 – 9 років із 10. У степовій зоні України середня багаторічна кількість днів з суховіями складає в середньому від 7 до 11, а в окремі роки – до 25.

Суховії у даному випадку визначались за критерієм Є.А. Цубербіллер [75] (табл. 10.5)

Таблиця 10.5 – Типи суховіїв в залежності від поєднання швидкості вітру та дефіциту насичення повітря на 12 та 15 годин (за Є.А. Цубербіллер)

Типи суховіїв	Швидкість вітру, м/сек	Дефіцит насичення повітря, мб	Швидкість вітру, м/сек	Дефіцит насичення повітря, мб
Слабкі	≥ 8	15 – 19	< 8	20 – 29
Середньої інтенсивності	≥ 8	20 – 29	< 8	30 – 39
Інтенсивні	≥ 8	30 – 39	< 8	40 – 49
Дуже інтенсивні	≥ 8	40 і більше	< 8	50 і більше

Слід зазначити, що при визначенні кількості днів з суховіями враховуються лише дні з суховіями середньої інтенсивності, інтенсивними та дуже інтенсивними. Кількість днів з суховіями підраховується не менше ніж по 5 – 6 станціях кожної області.

Суховійний період може починатись і ранньою весною, але найбільше зменшення врожаю від дії суховіїв спостерігається при суховіях у період утворення бульби – наприкінці червня – липні. Вплив суховіїв на врожай картоплі за наявності рослин, пошкоджених фітофторою визначається з формули:

$$Y_{сух} = Y_f (1 - \gamma_{сух}) \quad (10.9)$$

де $Y_{сух}$ – уточнена врожайність, ц/га;

Y_f – врожайність, розрахована за формулою (10.6) з врахуванням пошкодження фітофторою.

У степових областях України пошкодження рослин фітофторою спостерігається дуже рідко, то очікуваний врожай розраховується :

$$Y_{сух} = Y_{TR} (1 - \gamma_{сух}) \quad (10.10)$$

Втрати врожаю $\gamma_{сух}$ у формулах (10.9) та (10.10) визначаються за виразом:

$$\gamma_{сух} = (N_{VI-VII} - N_0)_{сух} \cdot 0,03 \quad (10.11)$$

де N_{VI-VII} – середня кількість днів з суховіями по області за червень-липень, визначена за даними 6 – 10 станцій;

N_0 – поправочний коефіцієнт, що відображує вплив суховіїв за допомогою сумарного сумісного коефіцієнта продуктивності $S(T,R)$.

Величина поправочного коефіцієнта за різних значень $S(T,R)$ в різні періоди розвитку картоплі визначається з табл. 10.6.

Таблиця 10.6 – Значення поправочного коефіцієнта N_0

Спільний сумарний коефіцієнт продуктивності $S(T,R)$, %	Поправочний коефіцієнт N_0		Додаткові умови			
	для всіх категорій господарств	для колгоспів, радгоспів	в квітні		в травні	
			$T^\circ C$	R, мм	$T^\circ C$	R, мм
66 – 100	0	0	будь-які			
≤ 65	12	12	$< 11,4$	< 90	$\geq 18,3$	≤ 40
≤ 65	22	20	$> 11,4$	< 90	$\geq 18,3$	≤ 40

Якщо сумарний сумісний коефіцієнт становить більше 66 %, то поправочний коефіцієнт дорівнює 0. При несприятливих погодних умовах, коли сумісний сумарний коефіцієнт становить менше 65 %, самостійний вплив суховіїв відбувається у випадках, коли кількість днів з суховіями в червні та липні буває більше 12. Слід зазначити, що показник N_0 враховується при визначенні очікуваного врожаю в усіх категоріях господарств.

Дощове холодне літо також несприятливе для формування високого врожаю картоплі. Врахування несприятливих умов у цьому випадку виконується за допомогою кількості днів з опадами більше 0,1 мм за період цвітіння – утворення бульби. Для областей степу це червень-серпень, для Полісся, західних областей та лісостепу – червень-вересень. Вплив дощових днів на врожай визначається з формули:

$$\gamma_{оп} = \alpha \cdot (n_{оп} - n_0) \quad (10.12)$$

де $n_{оп}$ – параметр, який визначається умовами вегетації картоплі;

n_0 – кількість днів з опадами з сумою, більше якої спостерігається зменшення врожаю;

α – параметр.

Значення величин формули (10.12) у табл. 10.7 для різних областей України.

Таблиця 10.7 – Значення параметрів для врахування негативного впливу кількості днів з опадами більше 0,1 мм на врожай картоплі

Територія	Всі категорії господарств			Колгоспи, радгоспи		
	n_0	α , %	$\gamma_{оп}$	n_0	α , %	$\gamma_{оп}$
Західні області, Полісся, Лісостеп	52	1,6	$0,016(n_{оп} - 52)_{VI-IX}$	52	2,6	$0,026(n_{оп} - 52)_{VI-IX}$
Івано-Франківська область	65	1,4	$0,014(n_{оп} - 52)_{VI-IX}$	65	2,6	$0,026(n_{оп} - 65)_{VI-IX}$
Степ	25	1,0	$0,01(n_{оп} - 25)_{VI-IX}$	25	1,4	$0,014(n_{оп} - 25)_{VI-IX}$

У тих випадках, коли кількість днів з опадами менше n_0 , поправка не враховується.

Уточнення величин прогнозованого врожаю виконується за допомогою формули:

$$Y_{оп} = Y_f (1 - \gamma_{оп}) \quad (10.13)$$

Середня кількість днів з опадами по області за кожен місяць підраховується за даними спостережень 5 – 12 станцій.

Для визначення кількості днів з опадами за весь період (червень-серпень або червень-вересень) використовується табл. 10.8.

Таблиця 10.8 – Визначення кількості днів з опадами за різні періоди за фактичними даними

Прогнозований період	Формули для територій і г			
	Полісся, західні області, лісостеп	г	Степ	г
VII – IX	$2,7n_{VI}$	0,72		
VII – IX	$1,2 n_{VI, VII} - 5$	0,74		
IX	$0,3 n_{VI, VII}$	0,75		
VII – VIII			$1,4 n_{VI} + 2,5$	0,70
VIII			$0,5 n_{VI, VII} - 2,5$	0,72

Уточнення врожайності з використанням кількості днів з опадами більше 0,1 мм виконується за формулою (10.12). Для спрощення розрахунків авторами розрахована величина $1 - \gamma_{оп}$ (табл. 10.9).

Таблиця 10.9 – Значення величини $1 - \gamma_{оп}$ в залежності від кількості днів з опадами більше 0,1 мм ($n_{оп}$)

Полісся, західні області, лісостеп			Степ		
$\gamma_{оп VI-IX}$	$1 - \gamma_{оп}$		$\gamma_{оп VI-IX}$	$1 - \gamma_{оп}$	
	всі категорії господарств	колгоспи, радгоспи		всі категорії господарств	колгоспи, радгоспи
1	2	3	4	5	6
53	0,98	0,97	26	0,99	0,99
55	0,95	0,92	28	0,97	0,96
57	0,92	0,87	30	0,95	0,93
59	0,89	0,82	32	0,93	0,90

Продовження табл. 10.9

1	2	3	4	5	6
61	0,86	0,77	34	0,91	0,87
63	0,82	0,71	36	0,89	0,85
65	0,79	0,66	38	0,87	0,82
67	0,76	0,61	40	0,85	0,79
69	0,73	0,56	42	0,83	0,76
71	0,70	0,51	44	0,81	0,73
73	0,66	0,45	46	0,79	0,71
75	0,63	0,40	48	0,77	0,68

Великих втрат картоплівництву завдають колорадський жук та пізні весняні заморозки. Але в моделі ці величини не враховуються, тому поправку необхідно вводити на місцевих матеріалах спостережень.

10.2 Складання прогнозу середнього по області врожаю картоплі з різною завчасністю

Завчасність три місяці. Прогноз врожайності з завчасністю три місяці складається наприкінці травня в областях степової зони та наприкінці червня для всіх інших областей.

Для виконання всіх необхідних розрахунків необхідно знати:

– щорічний статистичний максимум Y_j ;

– середні за місяць значення температури повітря та опадів.

Щорічний статистичний максимум визначається з табл. 10.1.

Приклад. За 2000 рік Y_c становить 180 ц/га, $A_c = 2,0$ ц/га, тоді щорічний статистичний максимум $Y_j = 180 + 2,0 = 182$ ц/га.

Значення температури повітря та опадів від висадки картоплі до дати складання прогнозу використовуються фактичні. Від дати складання прогнозу за наступні два-три місяці використовуються середні багаторічні з поправкою на прогноз погоди. Для визначення надійних середніх по області значень температури повітря та опадів необхідно визначити межу кількість пунктів спостережень. Автори методу пропонують для цього використовувати табл. В.3.

Після розрахунку середніх по області температури повітря та опадів визначаються коефіцієнти продуктивності по температурі (табл. В.1) та опадах (табл. В.2). Після цього розраховується сумарний коефіцієнт продуктивності $S(T,R)$. Приклад розрахунку наводиться у табл. 10.10

Таблиця 10.10 – Приклад розрахунку сумарного сумісного коефіцієнта продуктивності з різною завчасністю

Місяці	Характеристика даних	Метеорологічні дані і коефіцієнти продуктивності					
		T° C	R, мм	$S_1(T)$	$S_2(R)$	α_i	$S(T, R)\alpha_i$
Розрахунок з тримісячною завчасністю в кінці червня							
Травень	за фактичним	17,0	70	0,95	0,97	0,13	0,120
Червень	"	17,1	51	1,00	0,96	0,25	0,240
Липень	за багаторічним	19,0	81	0,95	0,99	0,28	0,263
Серпень	"	17,9	64	1,00	0,95	0,21	0,121
Вересень	"	12,8	46	0,96	0,97	0,13	0,944
$S(T, R)_{V-IX} = 0,944$							
Розрахунок з двомісячною завчасністю в кінці липня							
Травень – червень	сума за фактичним	–	–	–	–	–	0,360
Липень	за фактичним	18,4	68	1,00	0,95	0,28	0,266
Серпень – вересень	сума за багаторічним	–	–	–	–	–	0,321
$S(T, R)_{V-IX} = 0,947$							
Розрахунок з місячною завчасністю в кінці серпня							
Травень – липень	сума за фактичним	–	–	–	–	–	0,626
Серпень	за фактичним						0,174
Вересень	за багаторічним	–	–	–	–	–	0,121
$S(T, R)_{V-IX} = 0,921$							
Розрахунок за фактичними даними в кінці вересня							
Травень – серпень	сума за фактичним	–	–	–	–	–	0,800
Вересень	за фактичним	14,1	20	0,87	0,76	0,13	0,086
$S(T, R)_{V-IX} = 0,886$							

Після визначення коефіцієнтів продуктивності розраховується очікуваний врожай картоплі. Приклад розрахунку у табл. 10.11.

На розраховану величину очікуваного врожаю вводяться поправки на додаткові фактори: пошкодження фітофторою, кількість днів з опадами більше 0,1 мм та кількість суховійних днів. У областях Полісся та лісостепової зони вводиться поправка на величину пошкодження фітофторою та кількість днів з опадами. У степових областях вводиться поправка на кількість суховійних днів.

Таблиця 10.11 – Приклад розрахунку врожайності картоплі у Поліссі з різною завчасністю

Завчасність	$S(T,R)$	Y_i	Y_{TR}	Врахування фітофтори				n	n_{VI-IX}	$1-\gamma_{оп}$	$Y_{оп}$	$Y_{ф}$	$\Delta = Y_{оп} - Y_{ф}$	$\sigma, \%$
				x	Y'	f	Y_f							
Тримісячна	0,944	231	218	28	13	28	190	$n_{VI} 16$	59	0,89	169	161	8	5
Двомісячна	0,947		219	24	11	24		$n_{VI, VII} 31$	60	0,88	172		11	7
Місячна	0,921		213	24	11	23		$n_{VI, VIII} 47$	61	0,86	163		2	1
По фактичним даним	0,886		205	24	11	22			60	0,88	161		0	0

Прогноз, складений з завчасністю три місяці, уточнюється після кожного пройденого місяця за фактичними даними. Це буде вже прогноз з завчасністю 2 місяці, один місяць.

10.3 Складання прогнозу валового врожаю картоплі

Розрахунок валового врожаю картоплі виконується за формулою:

$$W = Y \cdot S \quad (10.14)$$

де W – валовий збір, тис.т;

Y – врожайність, ц/га;

S – площа посіву картоплі, га.

Висока справджуваність прогнозу валового збору визначається якісним прогнозом врожайності картоплі та точними відомостями про площі посіву.

Оскільки площі посіву можуть змінюватись впродовж вегетаційного періоду, то перед складанням прогнозу валового збору площі посіву уточнюються.

Після надходження відомостей про фактичний врожай та валовий збір виконується розрахунок помилки прогнозу та оцінки його виправданості.

Приклад. Очікувана врожайність становила 123 ц/га, площа збирання врожаю – 124,5 тис.га. Тоді прогнозований валовий збір становить 1531 тис.т. Фактичний врожай був 1464 тис.т. Залишок між фактичною та прогнозованою величиною врожаю буде $1531 - 1464 = 68$ тис.т., а помилка становить 5 %.

11 Прогноз врожаїв цукрових буряків

Основні площі вирощування цукрових буряків розташовані в зоні недостатнього та нестійкого зволоження і тільки 20 % посівної площі знаходиться в районах достатнього зволоження. Це здебільшого західні області України – Волинська, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька, Івано-Франківська та частково Львівська область. Великі площі посіву цукрових буряків знаходяться у чорноземних областях Росії.

Для України цукрові буряки є однією з провідних культур. Середня врожайність їх становить 140 – 300 ц/га. Але, поряд з величиною самого врожаю, велике значення має вміст цукру у коренеплодах. Тому підвищення вмісту цукру є однією з головних задач буряководів.

Перед агрометеорологічною службою України стоїть задача давати не тільки прогнози величини очікуваного врожаю, але й вмісту цукру у коренеплодах наприкінці вегетації.

Чисельні дослідження О.М. Конторщикової, Н.І. Михайлової, Н.П. Шаповал, Н.І. Орловського [80, 86] показали, що цукрові буряки дуже чутливі до зміни агрометеорологічних умов вирощування, до своєчасного проведення агротехнічних заходів. На формування врожаю цукрових буряків впливають волого- та теплозабезпеченість посівів, густина посівів, вага коренеплоду. Останні два чинники є інтегральними показниками впливу погодних умов та агротехнічних заходів догляду за посівами впродовж всієї вегетації культури.

11.1 Прогноз врожаю цукрових буряків у західних областях України

Встановлено, що в південних районах на формування врожаю переважно впливають умови вологозабезпечення посівів. У більш прохолодних областях – умови тепло забезпеченості. Аналіз коефіцієнтів кореляції врожаю з різними показниками дозволили О.М. Конторщиковій виявити найбільш впливові фактори для формування доброго врожаю цукрових буряків у різних регіонах їх вирощування. Так, для території західних областей України встановлено тісний зв'язок врожаїв цукрових буряків (Y) з сумами температур від сходів до 1 серпня – (Σt), масою коренеплоду на 20 липня (P), середньою густиною посівів (N) та середніми запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту (W):

$$Y = 0,07\Sigma t + 1,86P + 4,43N + 0,07W - 384,29$$
$$R = 0,80; \quad S = \pm 28 \text{ ц/га} \quad (11.1)$$

Для складання прогнозу врожаю цукрових буряків за цим рівнянням необхідно підготувати такі дані: площі посів, рівномірність їх розподілу по території, середню температуру повітря до дати складання прогнозу та

прогноз на подальший період, середні запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, маса коренеплоду на 20 липня та густина посівів на 1 липня.

Прогноз складається на початку липня, тобто за 2 місяці до припинення вегетації. Необхідна густина посівів на 20 серпня розраховується за формулою:

$$N = 0,62 \cdot m + 31 \quad (11.2)$$

де m – густина посівів на 1 липня, тис рослин/га.

Приклад. Розрахувати врожай цукрових буряків у Вінницькій області у 2000 році. Посіви розподілені по області досить рівномірно.

Сума температур становить по станціях: Кам'янецьк-Подільськ – 1527° С, Тернопіль – 1285° С, Шепетівка – 1320° С, Ямпіль – 1317° С, Хмельницький – 1563° С. В середньому по області сума температур становить 1402° С, а середні запаси продуктивної вологи за той же період – 168 мм. Маса коренеплоду на 20 липня – 98 г, густина посівів середня по області на 20 липня – 95 тис.рослин/га. (за третю декаду липня використовуються дані прогнозу погоди).

На 20 серпня густина посівів розраховується як

$$N = 0,62 \cdot 95000 + 31 = 90000 \text{ тис.рослин / га.}$$

Якщо підставити значення усіх складових у рівняння (11.1), то

$$U = 0,07 \cdot 1402 + 1,86 \cdot 98 + 4,43 \cdot 90 + 0,07 \cdot 168 - 384,29 = 305 \text{ ц/га}$$

Таким чином, середній по Хмельницькій області врожай цукрових буряків буде – 305 ц/га.

11.2 Метод прогнозу середнього по області врожаю цукрових буряків в районах недостатнього зволоження

В зоні недостатнього зволоження врожайність цукрових буряків у значній мірі залежить від вологозабезпеченості посівів. При складанні прогнозу врожайів буряка вологозабезпеченість посівів визначається як відношення величини фактичного сумарного випаровування (E) до випаровуваності, тобто до величини, яка означає потребу рослин у волозі.

$$V = E_{\phi} / E_0 \cdot 100 \quad (11.3)$$

де E_{ϕ} розраховується як:

$$E_{\phi} = (W_1 + x) - W_2 \quad (11.4)$$

а E_0 за формулою :

$$E_0 = K \cdot \Sigma d \quad (11.5)$$

де W_1 та W_2 – запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 100 см на початку та наприкінці розрахункового періоду (за звичай приймається декада), мм;

x – сума опадів за період, мм;

K – коефіцієнт біологічної кривої водоспоживання цукрового буряку;

Σd – сума дефіцитів насичення повітря, мм.

Для визначення K використовується табл. 11.1.

Таблиця 11.1 – Значення коефіцієнтів K для визначення потреби буряків у воді

Декада вегетації	1	2	3	4	5	6	7	8
Значення K	0,22	0,26	0,31	0,39	0,49	0,65	0,72	0,80
Декада вегетації	9	10	11	12	13	14	15	16
Значення K	0,78	0,75	0,72	0,69	0,66	0,64	0,61	0,55

В середньому за вегетаційний період цукрових буряків значення K становить 0,50.

Величину, сумарного випаровування з поля цукрових буряків визначають або за формулою (11.5) або за допомогою табл. 11.2. З табл. 11.2 видно, що сумарне випаровування залежить від запасів продуктивної вологи на початку розрахунку, суми опадів за декаду та середньої температури повітря. Якщо сумарне випаровування розраховується за прогнозованими величинами температури та опадів, то для розрахунку його за наступну декаду приймається значення запасів вологи, розрахованих за попередню декаду. Для складання прогнозу врожаїв цукрових буряків необхідно знати вологозабезпеченість всього періоду вегетації. Це значення розраховується за залежностями О.М. Конторщикова [80] за даними середньої вологозабезпеченості за період від сходів цукрових буряків до початку росту коренеплоду. Ці залежності представлені в табл. 11.3. Розрахунок забезпечення посівів

вологою за увесь період вегетації дає змогу розраховувати очікуваний врожай з завчасністю 2 місяці.

Якщо при розрахунках значення вологозабезпеченості посівів більше 100 %, то воно береться рівним 100, тому що в районах недостатнього зволоження короточасне надмірне зволоження не викликає негативних наслідків. Звичайно, чим пізніше складається прогноз вологозабезпеченості, тим точніше її розраховане значення.

Крім вологозабезпеченості велике значення для формування врожаю цукрових буряків мають густина посівів та маса коренеплоду. Спостереження за масою коренеплоду виконуються щодавно після настання фази "початку росту коренеплоду", а густина посівів визначається двічі – в липні та в серпні. Тому наприкінці серпня густина посівів (N) розраховується за рівняннями:

для західних областей України

$$N = 0,62N_1 + 31 \quad (11.6)$$

для всієї іншої території України:

$$N = 0,86N_1 + 6 \quad (11.7)$$

де N – середня по області густина посівів на 20 серпня, тис.росл./га;

N_1 – середня по області густина посівів на 1 липня.

При розрахунках середніх по області величин вологозабезпеченості або суми опадів не рекомендується розраховувати їх як середнє арифметичне. При цьому необхідно враховувати питому вагу кожної метеорологічної станції. Тому враховуються умови на 50 % посівної площі.

Приклад. В районі Новоолександрівки 24 % посівної площі цукрових буряків, вологозабезпеченість складала 50 %, в районі Помічної – посівна площа 20 %, вологозабезпеченість 65 %, в районі Гайворона посівна площа 10 %, вологозабезпеченість 70 %. Тоді середня вологозабезпеченість буде:

$$V = [(50 \cdot 24) + (20 \cdot 65) + (10 \cdot 70)] / 50 = 64 \%$$

Чим більше використовується даних по станціях на території області, тим точніше значення середньої величини.

Прогноз врожаїв цукрових буряків в районах недостатнього зволоження розроблено О.М. Контрошиковою з врахуванням термічних умов, вологозабезпеченості посівів, маси коренеплоду на момент складання прогнозу та густини посівів на 1 серпня. Маса коренеплоду визначається після настання фази початку росту коренеплоду щодавно, а густина посівів двічі: в липні та в серпні. На дату складання прогнозу

гущина посівів розраховується за формулою (11.7). Термічні умови оцінюються у вигляді сум температур за період від сівби до 1 серпня. Якщо дата сівби невідома, то сума температур підраховується від дати переходу температури повітря через 10° С. Очікувана врожайність цукрових буряків розраховується за рівняннями, розрахованими для кожного регіону зони недостатнього зволоження ґрунту (табл. 11.4).

Таблиця 11.2 – 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 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 11.2

Запаси вологи 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	6	7	8	9	10	10	11	11	12	13	13	14	15	16
6	7	8	9	10	11	11	12	12	13	14	15	16	16	17
7	8	9	10	11	12	12	13	14	15	15	16	17	18	19
7	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17	17	18	19	20
8	10	11	12	13	14	15	15	16	17	18	19	20	21	22
9	10	12	13	14	15	16	17	17	19	20	21	21	22	23
10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
10	12	14	15	16	17	19	20	21	22	23	23	24	26	27
11	13	15	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	27	29
12	14	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	30
13	15	18	19	20	21	22	23	24	26	27	28	29	30	32
14	16	19	20	21	22	23	25	26	27	28	29	31	32	34
14	17	20	21	22	24	25	26	27	29	30	31	32	34	35
15	18	21	22	24	25	26	27	29	30	31	32	34	35	37
16	19	22	23	25	26	27	29	30	32	33	34	35	37	39
17	20	23	25	26	28	29	30	32	33	34	36	37	39	41
18	21	24	26	27	29	31	32	33	35	36	37	39	41	42
19	22	25	27	28	30	32	33	34	36	37	39	41	43	44
20	23	26	28	30	32	33	34	35	37	39	40	42	44	46
21	24	28	30	31	33	34	36	37	39	40	42	43	46	48
22	25	29	31	32	34	36	37	38	40	42	43	45	47	50
23	26	30	32	34	36	37	38	40	41	43	45	46	49	52
24	28	31	33	35	37	39	40	41	43	44	46	48	51	54
25	29	32	34	36	38	40	41	42	44	46	48	50	52	55
26	30	33	35	37	39	41	42	43	45	48	50	52	54	57
27	31	34	36	39	40	42	43	44	47	49	51	54	56	59

Біологічний врожай (у) розраховується шляхом перемноження маси коренеплоду на 20 серпня на гущину посівів, яка розраховується за рівнянням (11.7). В роки, коли формування врожаю цукрових буряків відбувається при вологозабезпеченості посівів менше 70 % та температурі повітря 22 – 24° С впродовж 3 – 4 декад підряд, розраховану врожайність зменшують на 10 – 20 %, впродовж 5 – 6 декад – на 30 – 40 %. Якщо ж середня температура складала 25 – 28° С підряд 5 – 6 декад, то зменшення врожаю становить 40 % і більше.

Таблиця 11.3 – Рівняння зв'язку для визначення вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрових буряків

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

Таблиця 11.4 – Рівняння для розрахунку врожаїв цукрових буряків

Область	Рівняння	№ рівняння
Київська, Вінницька, Житомирська, Черкаська, Сумська, Полтавська, Харківська, Кіровоградська, Дніпропетровська, Миколаївська, Одеська.	$Y = 1,15y_1 + 0,90V - 0,09\Sigma T + 2,19V_1 - 16,50$	(11.8)
Курська, Білгородська, Воронізька, Ставропольський край	$Y = 1,05y_1 + 0,02\Sigma T + 0,92V - 3,43$	(11.9)
Тамбовська, Липецька, Північний Кавказ	$Y = 1,29y_1 + 0,76V - 0,03\Sigma T + 0,13V_1 + 47,6$	(11.10)

Примітка. Y – очікувана врожайність, y_1 – середній по області біологічний врожай, ц/га; V – середня по області вологозабезпеченість за вегетаційний період, %; ΣT – сума середніх за добу температур повітря за період від декади, коли було посіяно 50 % площі, або від декади переходу температури повітря через 10°C до 1 серпня, $^\circ\text{C}$; V_1 – середня по області

вологозабезпеченість посівів за період від сівби до початку росту коренеплоду, %.

Збирання цукрових буряків в деяких областях часто супроводжується несприятливими умовами погоди. Тому прогноз врожаїв уточнюється у другій декаді вересня. Залежність врожайності від кількості несприятливих днів у період збирання встановили О.М. Конторщикова та А.І. Гришина [88]:

$$Y = 0,87 u_1 - 0,85 p - 3,65 \quad (11.8)$$

де Y – очікувана середня по області середня врожайність, ц/га;

u_1 – середня маса коренеплоду на 31 серпня, перемножена на гущину посівів на 20 серпня;

p – кількість несприятливих днів для збирання буряків.

За несприятливий день приймається день, коли спостерігають опади 1 мм і більше або промерзання ґрунту. Тривалість збирання буряків визначається як кількість днів від початку збирання до переходу температури повітря через 0°C .

Прогноз врожаю з врахуванням умов збирання уточнюється у другій декаді вересня.

Приклад: Розраховується очікуваний врожай цукрових буряків по Харківській області. По станціях Куп'янськ, Приколотне, Красноград, Ізюм, Коломак, Богодухов, Лозова розраховується вологозабезпеченість посівів за весь період вегетації за формулою для 6-ї декади, тобто $y = 1,3x - 30$, потім визначається середня вологозабезпеченість по області. У нашому випадку вона становить 65 %. Гущина посівів середня по області на 20 липня становить 78 тис.росл./га, маса коренеплоду 111 г. Розраховується біологічний врожай. Він становить 86 ц/га. Якщо у формулу (11.1) підставити всі необхідні дані,

$$Y = 1,57 \cdot 86 + 0,90 \cdot 1696 = 2,19 \cdot 86 - 16,5 = 212 \text{ ц/га}$$

Додаток

Таблиця А.1 – Показники для розрахунку врожайності кукурудзи по областях України та в цілому по Молдові

Області	Статистичний максимум врожайності на 1990 р., U_c , т/га	Щорічний приріст врожайності A , т/га/рік	Агрокліматична оптимальна дата сівби, - D_0	Середня багаторічна зрідженість, \bar{U} , %	Середнє багато річне число днів з суховіями в липні за критерієм Цубербілер, \bar{n}_{vii}	Мінімальна площа посіву на якій застосовується метод S_{min} , тис/га
1	2	3	4	5	6	7
Вінницька	5,08	0,051	26.IV	11	1	3,8
Волинська	4,63	0,001	30.IV	13	1	1,9
Луганська	4,40	0,046	26.IV	12	7	3,2
Дніпропетровська	4,89	0,049	24.IV	10	6	3,9
Донецька	4,66	0,041	24.IV	9	6	3,6
Житомирська	4,74	0,057	28.IV	17	0	2,4
Запорізька	4,33	0,041	26.IV	11	6	4,2
Івано-Франківська	5,64	0,038	26.IV	9	0	1,5
Київська	4,75	0,000	28.IV	13	2	2,7
Кіровоградська	6,18	0,056	25.IV	11	4	4,3
Кримська АР	7,56	0,000	18.IV	15	12	2,5
Львівська	5,16	0,046	27.IV	13	0	2,1
Миколаївська	5,80	0,052	22.IV	10	6	4,2
Одеська	5,33	0,060	22.IV	11	4	3,6
Полтавська	4,44	0,019	27.IV	10	4	3,6
Рівненська	5,10	0,022	29.IV	16	1	1,7

Продовження табл. А.1.

1	2	3	4	5	6	7
Сумська	4,04	0,023	30.IV	11	1	3,4
Тернопільська	4,80	0,038	27.IV	13	0	3,8
Харківська	4,12	0,025	27.IV	10	4	3,6
Херсонська	5,70	0,151	21.IV	11	9	3,6
Хмельницька	5,14	0,065	26.IV	12	0	3,7
Черкаська	5,70	0,068	27.IV	10	3	3,5
Чернівецька	5,87	0,072	24.IV	10	0	2,3
Чернігівська	5,89	0,055	30.IV	15	1	2,7
Молдова	5,70	0,072	22.IV	10	3	3,6

Таблиця А.2 – Оптимальні значення температури повітря (T_0 , град), опадів (R , мм), ваговий множник α і параметри до рівнянь по періодах вегетаційного циклу різних груп стиглості кукурудзи

Періоди вегетаційного циклу	Міся- ці	Ваговий множник α	Параметри						
			T_0	A при		R	R	α_1	α_2
				$T \leq T_0$	$T > T_0$				
Ранньостиглі									
Передпосівний	ХІІ-ІІІ	0.17	-1	-2	-4	210	520	1	3/2
Сівба-укорінення	ІV-V	0.27	11	-2	-4	100	340	1	2
Утворення вегетативних органів	VI-VII	0.37	17	-2	-4	180	480	-	3/2
Утворення генеративних органів	VIII	0.12	16	-2	-4	70	300	1/2	2
Дозрівання	IX	0.07	11	-2	-4	10	200	1	2
Середньостиглі									
Передпосівний	ХІІ-ІІІ	0.15	-1	-2	-4	170	480	1	3/2
Сівба-укорінення	ІV-V	0.26	11	-2	-4	100	340	1	2
Утворення веге- тативних органів	VI-VII	0.38	18	-2	-4	180	480	1	3/2
Утворення генеративних органів	VIII	0.14	18	-2	-4	70	300	1/2	2
Дозрівання	IX	0.07	12	-2	-4	10	220	1	2

Таблиця А.3 – Таблиці для розрахунку коефіцієнтів продуктивності кукурудзи по температурах повітря і опадів

Оцінка впливу температури повітря на врожайність кукурудзи (ранньостиглої)

Температура повітря, °С					Коефіцієнти продуктивності (%) за десяти частинами Т°С									
ХІІ-ІІІ	ІV-У	УІ-УІІ	УІІІ	ІХ	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Позитивні значення температури														
-	2	9	9	3	20	21	21	22	23	23	24	25	26	27
-	3	10	10	4	28	29	30	31	31	32	33	34	35	36
-	4	11	11	5	38	39	40	41	42	43	44	45	46	48
-	5	12	12	6	49	50	51	52	53	54	56	57	58	59
-	6	13	13	7	61	62	63	64	65	66	68	69	70	71
-	7	14	14	8	73	74	75	76	77	78	79	80	82	83
-	8	15	15	9	84	84	85	86	87	88	89	90	90	91
-	9	16	16	10	92	93	94	94	95	95	96	97	97	98
-	10	17	17	11	98	98	99	99	100	100	100	100	100	100
-	11	18	18	12	100	100	100	100	99	99	99	98	97	97
0	12	19	19	13	96	95	94	93	92	91	90	89	88	86
1	13	20	20	14	85	84	83	81	79	78	76	75	73	71
2	14	21	21	15	70	68	66	64	63	61	59	58	56	54
3	15	22	22	16	53	51	50	48	46	44	43	41	40	38
4	16	23	23	17	37	35	34	33	31	30	28	27	26	25
5	17	24	24	18	24	23	21	20	19	18	18	17	16	15
Негативні значення температури														
-9					28	27	26	25	24	23	23	22	21	21
-8					38	36	35	34	33	32	31	31	30	29
-7					49	48	46	45	44	43	42	41	40	39
-6					61	59	56	57	56	54	53	52	51	50
-5					73	71	70	69	68	67	66	64	63	62
-4					84	83	82	80	79	78	77	76	75	74
-3					92	91	90	90	89	88	87	86	85	84
-2					98	98	97	97	96	95	95	94	94	93
-1					100	100	100	100	100	100	100	99	99	98
-0					96	97	97	98	99	99	99	100	100	100

Продовження таблиці А.3

Оцінка впливу позитивних температур повітря на урожайність кукурудзи
(середньостиглої)

Температура повітря, °С					Коефіцієнти продуктивності (%) за десяти частинами Т°С									
ХІІ-ІІІ	ІУ-У	УІ-УІІ	УІІІ	ІХ	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
–	2	9	9	3	21	21	21	22	23	23	24	25	26	27
–	3	10	10	4	28	29	30	31	31	32	33	34	35	36
–	4	11	11	5	38	39	40	41	42	43	44	45	46	48
–	5	12	12	6	49	50	51	52	53	54	56	57	58	59
–	6	13	13	7	61	62	63	64	65	66	68	69	70	71
–	7	14	14	8	73	74	75	76	77	78	79	80	82	83
–	8	15	15	9	84	84	85	86	87	88	89	90	90	91
–	9	16	16	10	92	93	94	94	95	95	96	97	97	98
–	10	17	17	11	98	98	99	99	100	100	100	100	100	100
–	11	18	18	12	100	100	100	100	99	99	99	98	97	97
0	12	19	19	13	96	95	94	93	92	91	90	89	88	86
1	13	20	20	14	85	84	83	81	79	78	76	75	73	71
2	14	21	21	15	70	68	66	64	63	61	59	58	56	54
3	15	22	22	16	53	51	50	48	46	44	43	41	40	38
4	16	23	23	17	37	35	34	33	31	30	28	27	26	25
5	17	24	24	18	24	23	21	20	19	18	18	17	16	15

Таблиця А.4 – Оцінка впливу кількості опадів на урожайність кукурудзи (ранньостигла) (у % від максимальної) за періодами

Кількість опадів, мм	Коефіцієнти продуктивності (%) при опадах, мм									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
а) грудень-березень, передпосівний період										
0	0	11	20	28	37	45	52	58	64	71
100	75	79	83	87	91	92	95	97	98	99
200	99	100	100	100	97	96	95	94	89	88
300	86	83	79	75	73	68	63	58	54	52
400	46	39	34	30	29	21	18	13	9	7
Б) квітень-травень, період сівба-укорінення										
0	0	19	35	50	62	73	82	90	94	97
100	100	100	100	99	97	92	90	85	81	72
200	68	61	55	48	43	35	29	22	17	12
300	9	3	2	1	0					
в) червень-липень, утворення вегетативних органів										
0	0	12	21	31	39	48	55	63	67	74
100	80	83	88	91	94	95	97	98	100	10
200	100	99	98	97	94	93	89	87	86	0
300	78	72	69	66	60	54	48	45	42	81
400	31	23	21	17	10	8	4	1	0	37
Г) серпень, утворення генеративних органів										
0	0	59	83	90	97	100	100	100	98	95
100	91	86	80	75	69	61	56	50	43	36
200	30	26	21	16	13	9	6	3	2	1
300	0									

Продовження таблиці А.4

Кількість опадів, мм	Коефіцієнти продуктивності (%) при опадах, мм									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
а) грудень-березень, передпосівний період										
0	0	11	22	32	41	48	55	62	69	75
100	80	85	89	91	94	96	98	100	100	100
200	100	100	99	98	95	94	92	89	86	82
300	79	75	70	64	60	56	51	44	38	34
400	31	24	20	15	10	8	4	1	0	
Б) квітень-травень, період сімба – укорінення										
0	0	19	35	50	62	73	82	90	94	97
100	100	100	100	99	97	92	90	85	81	72
200	68	61	55	48	43	35	29	22	17	12
300	9	3	2	1	0					
в) червень-липень, утворення вегетативних органів										
0	0	12	21	31	39	48	55	63	67	74
100	80	83	88	91	94	95	97	98	100	100
200	100	99	98	97	94	93	89	87	86	81
300	78	72	69	66	60	54	48	45	42	37
400	31	23	21	17	10	8	4	1	0	
Г) серпень, утворення генеративних органів										
0	0	59	83	90	97	100	100	100	98	95
100	91	86	80	75	69	61	56	50	43	36
200	30	26	21	16	13	9	6	3	2	1
300	0									

Таблиця А.5 – Визначення кількості днів з опадами $> 0,1$ мм за червень-вересень

n _{VI}	n _{VI-IX}	n _{VI-VII}	n _{VI-VIII}	n _{VI-VIII}	n _{VI-IX}
5	18	14	23	39	51
6	22	15	26	40	52
7	26	16	28	41	53
8	29	17	30	42	55
9	33	18	31	43	56
10	37	19	34	44	57
11	40	20	36	45	59
12	44	21	38	46	60
13	48	22	40	47	61
14	52	23	42	48	62
15	56	24	44	49	64
16	59	25	47	50	65
17	63	26	50	51	66
18	67	27	52	52	68
19	70	28	54	53	69
20	74	29	56	54	70
21	78	30	58	55	72
22	81	31	60	56	73
23	85	32	62	57	74
24	89	33	64	58	75
25	93	34	66	59	77
		35	69	60	78
		36	71	61	79
		37	73	62	81
		38	75	63	82
		39	77	64	83
		40	79	65	85
		41	81		
		42	83		
		43	85		
		44	87		
		45	90		

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Господарський максимум $У_{С,І}$ ц/га і тренд A (ц/га /рік) середньої районної врожайності соняшника на 2000 рік

№ п/п	Район	$У_{С,І}$ ц/га на 1995 р	A ц/га після 1991 р	№ п/п	Район	$У_{С,І}$ ц/га на 1995 р	A ц/га після 1991 р
1	2	3	4	5	6	7	8
	Лісостеп центральний Вінницька обл.			17	Смілянський	31,6	0,09
1	Бернадський	36,4	0,12	18	Черкаський	32,4	0,08
2	Гайсинський	31,3	0,32	19	Чорнобаївський	31,8	0,10
3	Іллінецький	31,7	0,33	20	Канівський	22,4	0,10
4	Крижопільський	29,1	0,18				
5	Липовецький	28,3	0,16		Лісостеп східний		
6	Могилів-Подільський	27,2	0,10		Полтавська обл.		
7	Муровано- Куриловецький	24,6	0,36	1	Великобогачанський	27,4	0,12
8	Немирівський	25,2	0,22	2	Гадяцький	26,0	0,12
9	Піщанський	29,9	0,20	3	Глобинський	26,8	0,16
10	Теплицький	35,3	0,15	4	Гребінківський	27,0	0,10
11	Томашпільський	35,7	0,13	5	Диканський	29,4	0,15
12	Тростянецький	33,7	0,10	6	Зінківський	29,2	0,21
13	Тульчинський	28,4	0,09	7	Карловський	31,5	0,14
14	Тивровський	23,4	0,06	8	Кобеляцький	25,7	0,15
15	Чечельницький	32,6	0,23	9	Козелевщицький	26,4	0,17
16	Шаргородський	29,5	0,06	10	Котелевський	28,5	0,12
				11	Кременчуцький	22,9	0,13
	Черкаська обл.			12	Лохвицький	24,5	0,10
1	Городищенський	33,5	0,20	13	Лубенський	29,6	0,21
2	Дабівський	29,5	0,18	14	Мащівський	29,5	0,13
3	Жашківський	37,8	0,16	15	Миргородський	26,4	0,12
4	Звенигородський	35,8	0,14	16	Ново-Санжарський	29,5	0,16
5	Золотоніський	28,6	0,12	17	Оржицький	27,4	0,14
6	Кам'янський	31,5	0,13	18	Пирятинський	25,3	0,21
7	Катеринопільський	26,6	0,10	19	Полтавський	28,9	0,22
8	К-Шевченківський	40,4	0,09	20	Решетилівський	33,8	0,24
9	Лисянський	32,6	0,11	21	Семенівський	27,9	0,20
10	Банківський	36,9	0,11	22	Хорольський	28,7	0,09
11	Монастирищенський	36,2	0,13	23	Чорнухинський	26,3	0,17
12	Тальніський	31,9	0,01	24	Чутнівський	27,8	0,10
13	Уманський	32,6	0,11	25	Шишацький	29,3	0,17
14	Христиніський	39,6	0,12				
15	Чигиринський	28,7	0,03				
16	Полянський	32,5	0,17				

Продовження табл. Б.1

	<u>Харківська обл.</u>			13	Павлоградський	26,9	012
				14	Петропавлівський	28,5	0,08
1	Балаклійський	29,1	0,24	15	Покровський	30,9	0,14
2	Барвінківський	27,2	0,18	16	П'ятихатський	25,8	0,01
3	Близнюківський	28,1	0,20	17	Софіївський	24,6	0,01
4	Богодухівський	30,7	0,21	18	Томаківський	24,5	0,02
5	Борівський	27,2	0,18	19	Царичанський	30,5	0,15
6	Борівський	31,0	0,23	20	Широківський	20,6	0,01
7	Великобурлуцький	26,7	0,18				
8	Вовчанський	24,4	0,14		<u>Донецька обл.</u>		
9	Двурічанський	25,3	0,12				
10	Дергачівський	29,3	0,20	1	Олександрівський	25,7	0,12
11	Зміївський	23,4	0,20	2	Артемівський	23,6	0,09
12	Зачепилівський	28,2	0,33	3	Костянтинівський	24,6	0,11
13	Золочівський	32,3	0,32	4	Слов'янський	25,9	0,15
14	Ізюмський	29,0	0,24	5	Великоновосильківський	27,8	0,14
15	Кегичівський	29,0	0,20	6	Добропільський	25,2	0,12
16	Красноградський	28,0	0,20	7	Красно армійський	27,9	0,13
17	Краснокутський	30,8	0,22	8	Мар'їнський	28,0	0,12
18	Куп'янський	27,3	0,22	9	Ясиноватський	26,4	0,15
19	Созівський	28,9	0,24	10	Амросіївський	27,0	0,11
20	Новодолазький	23,9	0,22	11	Волноваський	32,0	0,12
21	Первомайський	30,6	0,24	12	Володарський	27,4	0,10
22	Сахновешинський	29,0	0,22	13	Новоазовський	27,2	0,11
23	Харківський	20,9	0,11	14	Першотрвневий	27,4	0,09
24	Чугуївський	26,8	0,21	15	Старобешівський	28,5	0,11
25	Шевченківський	28,6	0,21	16	Тельманівський	27,6	0,10
				17	Шахтарський	20,3	0,09
	Степ північний			18	Краснолиманський	25,4	0,14
	<u>Дніпропетровська обл.</u>						
1	Апостолівський	24,4	0,03		<u>Кіровоградська обл.</u>		
2	Васильківський	28,7	0,11				
3	Верхньодніпровський	27,5	0,10	1	Олександрійський	29,2	0,14
4	Дніпропетровський	29,4	0,12	2	Олександрівський	28,6	0,08
5	Криворізький	24,5	0,18	3	Бобринецький	28,3	0,07
6	Криничанський	24,2	0,04	4	Гайворонський	32,1	0,10
7	Магдалинівський	28,6	0,11	5	Голованівський	32,0	0,24
8	Межський	28,6	0,12	6	Добровеличківський	29,5	0,08
9	Нікопольський	27,4	0,01	7	Волинський	26,6	0,05
10	Новомосковський	29,9	0,08	8	Знам'янський	27,5	0,10
11	Синельниківський	26,9	0,10	9	Кіровоградський	26,8	0,10
12	Солонянський	24,8	0,12	10	Компаніївський	23,9	0,09

Продовження табл. Б.1.

11	Маловисківський	30,0	0,10	10	Сланець кий	22,6	0,03
12	Новгородківський	28,4	0,10	11	Жовтневий	18,5	0,02
13	Новоархангельський	28,9	0,11	12	Казанківський	23,9	0,31
14	Новомиргородський	29,4	0,09	13	Кривоозерський	30,4	0,22
15	Новоукраїнський	27,9	0,11	14	Миколаївський	23,6	0,21
16	Ольшанський	27,2	0,11	15	Ново бузький	23,3	0,03
17	Онufріївський	26,3	0,10	16	Новодесський	19,7	0,01
18	Петровський	26,3	0,10	17	Очаківський	23,0	0,00
19	Світловодський	23,5	0,12	18	Первомайський	28,9	0,25
20	Ульяновський	28,3	0,13	19	Снігурівський	20,4	0,17
21	Устинівський	23,6	0,10				
	<u>Луганська обл.</u>				<u>Одеська обл.</u>		
1	Антрацитівський	25,7	0,11	1	Ананьівський	27,4	0,12
2	Біловодський	26,3	0,13	2	Арцизький	27,4	0,19
3	Білокуракинський	23,8	0,12	3	Балтський	28,5	0,12
4	Краснодонський	26,8	0,10	4	Березівський	24,6	0,01
5	Кремінський	26,2	0,10	5	Білгород-Дністровський	21,9	0,25
6	Лутугинський	25,5	0,14	6	Біляївський	26,0	0,09
7	Харківський	27,3	0,15	7	Болградський	27,2	0,01
8	Мілоський	27,6	0,14	8	Велико-Михайлівський	21,4	0,07
9	Новоайдарський	26,6	0,13	9	Іванівський	23,6	0,04
10	Новопсковський	25,0	0,12	10	Ізмаїльський	27,4	0,10
11	Перевальський	26,3	0,11	11	Кілійський	25,7	0,02
12	Попаснянський	24,1	0,15	12	Кодимський	28,9	0,28
13	Сватівський	26,5	0,09	13	Комінтерновський	24,8	0,04
14	Слов'яносербський	24,6	0,08	14	Котовський	26,9	0,14
15	Станичнолуганський	25,4	0,12	15	Красноокнянський	26,8	0,20
16	Старобільський	28,0	0,12	16	Любашівський	28,6	0,22
17	Троїцький	25,8	0,12	17	Миколаївський	25,7	0,20
18	Свердловський	27,2	0,14	18	Овідіопольський	29,9	0,04
				19	Роздільнянський	24,2	0,05
	Степ південний			20	Ренійський	28,0	0,02
	<u>Миколаївська обл.</u>			21	Савранський	28,4	0,28
				22	Саратський	29,5	0,02
1	Арбузинський	28,3	0,14	23	Тарутинський	26,4	0,12
2	Баштанський	19,5	0,09	24	Татарбунарський	25,2	0,08
3	Бережанський	24,6	0,09	25	Фрунзівський	23,6	0,21
4	Братський	22,3	0,13	26	Ширяївський	27,8	0,28
5	Веселинівський	23,9	0,21				
6	Березнеговатський	19,2	0,09		<u>Запорізька обл.</u>		
7	Вознесенський	22,3	0,01				
8	Врадівський	28,4	0,27	1	Якимівський	24,1	0,11
9	Доманівський	24,7	0,16	2	Бердянський	26,6	0,10

Продовження табл. Б.1.

3	Василевський	26,5	0,10	15	Новотроїцький	21,5	0,01
4	Веселівський	27,5	0,11	16	Скадовський	23,6	0,03
5	Вільнянський	27,6	0,10	17	Цюрупинський	18,5	0,04
6	Гуляйпільський	29,1	0,11	18	Чаплинський	23,5	0,06
7	Запорізький	24,3	0,04				
8	Кам'янсько-Дніпровський	24,1	0,01		<u>Автономна Республіка Крим</u>		
9	Куйбишевський	29,2	0,10				
10	Мелітопольський	25,3	0,09	1	Бахчисарайський	27,8	0,09
11	Михайлівський	29,5	0,02	2	Білогірський	24,6	0,01
12	Новомиколаївський	27,4	0,11	3	Джанкойський	23,8	0,10
13	Оріхівський	22,7	0,10	4	Кіровський	23,7	0,10
14	Пологівський	25,8	0,14	5	Красногвардійський	25,3	0,10
15	Приазовський	22,5	0,09	6	Красноперекопський	19,2	0,11
16	Приморський	25,6	0,10	7	Ленінський	20,4	0,10
17	Токмацький	25,8	0,10	8	Нижньогірський	24,4	0,17
18	Чернігівський	22,4	0,10	9	Первомайський	20,0	0,11
				10	Роздольненський	21,4	0,11
	<u>Херсонська обл....</u>			11	Сакський	21,7	0,11
				12	Сімферопольський	25,4	0,01
1	Бориславський	21,9	0,10	13	Советський	26,5	0,10
2	Білогірський	22,6	0,07	14	Чорноморський	25,7	0,10
3	Великоолександрівський	23,0	0,02				
4	Великопетихський	25,0	0,10				
5	Верхньорогачицький	25,6	0,12				
6	Високопільський	22,4	0,00				
7	Генічеський	25,6	0,03				
8	Голопристанський	21,4	0,01				
9	Горностаївський	25,4	0,01				
10	Іванівський	24,0	0,02				
11	Каланчацький	20,8	0,10				
12	Каховський	25,6	0,04				
13	Нижньосирагозький	27,4	0,01				
14	Нововоронцовський	28,4	0,09				

Таблиця Б.2 – Оцінка впливу температури повітря T на врожайність соняшника

Температура повітря, T ⁰ C					Коефіцієнти корисності (%) з десятими частками (η T)										
ХІІ-ІІІ	ІV	ІV-УІ	УІІ	УІІІ	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Позитивні значення температури Лісостеп (середньостиглі сорти)															
0	2	11	14	14	75	76	77	78	79	80	81	83	84	84	
	3	12	15	15	85	86	87	87	88	88	89	90	90	91	
	4	13	16	16	91	92	92	93	93	94	94	95	95	96	
	5	14	17	17	96	96	97	97	97	98	98	98	99	99	
	6	15	18	18	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	
	7	16	19	19	100	100	100	100	100	100	99	99	99	98	
	8	17	20	20	98	98	97	97	96	96	95	94	94	93	
	9	18	21	21	92	92	91	90	89	88	87	86	85	85	
	10	19	22	22	84	83	81	80	79	78	77	76	75	74	
	11	20	23	23	73	71	70	69	68	67	65	64	63	62	
	12	21	24	24	61	59	58	57	56	55	53	52	51	50	
	1	13	22	25	25	49	48	46	45	44	43	42	41	40	39
	2	14	23	26	26	38	36	35	34	33	32	31	31	30	29
	Степ (середньостиглі і середньопізні сорти)														
0	4	12	14	15	75	76	77	78	79	80	81	83	84	84	
	5	13	15	16	85	86	87	87	88	88	89	90	90	91	
	6	14	16	17	91	92	92	93	93	94	94	95	95	96	
	7	15	17	18	96	96	97	97	97	98	98	98	99	99	
	8	16	18	19	99	99	99	100	100	100	100	100	100	100	
	9	17	19	20	100	100	100	100	100	100	99	99	99	98	
	10	18	20	21	98	98	97	97	96	96	95	94	94	93	
	11	19	21	22	92	92	91	90	89	88	87	86	85	85	
	12	20	22	23	84	83	81	80	79	78	77	76	75	74	
	13	21	23	24	73	71	70	69	68	67	65	64	63	62	
	14	22	24	25	61	59	58	57	56	55	53	52	51	50	
	1	15	23	25	26	49	48	46	45	44	43	42	41	40	39
	2	16	24	26	27	38	36	35	34	33	32	31	31	30	29

Продовження табл. Б.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Температура повітря, Т° С					Коефіцієнти корисності (%) з десятими частками (η T)									
XII -III	IУ	IУ- УІ	УII	УIII	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Негативні значення температури														
-0				15	61	62	63	64	65	67	68	69	70	71
-1				16	73	74	75	76	77	78	79	80	81	73
-2				17	84	85	85	86	87	88	89	90	91	92
-3				18	92	93	94	94	95	96	96	97	97	98
-4				19	98	98	99	99	99	100	100	100	100	100
-5				20	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99
-6				21	99	99	99	98	98	98	97	97	97	96
-7				22	96	96	95	95	94	94	93	93	92	92
-8				23	91	91	90	90	89	88	88	87	87	86
-9				24	85	84	84	83	81	80	79	78	77	76
-10				25	75	74	73	71	70	69	68	67	65	64
-11				26	63	62	61	59	58	57	56	55	53	52
-12				27	51	50	49	48	46	45	44	43	42	41
-13				28	40	39	38	36	35	34	33	32	31	31
-14				29	30	29	28	27	26	25	24	24	23	22

Таблиця Б.3 – Оцінка впливу опадів на врожайність соняшника (у % від максимальної) по періодах

Кількість опадів, R мм	Коефіцієнти корисності (%) при опадах, мм (ηR)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Лісостеп (середньопізні сорти)										
а) грудень-березень, передпосівний період										
0	0	57	68	75	80	84	87	90	92	94
100	95	97	98	98	99	99	100	100	100	100
200	100	99	99	99	98	98	97	96	95	94
300	93	92	91	90	89	87	86	85	83	81
400	80	78	75	75	73	71	69	67	64	62
500	59	58	55	53	50	47	44	42	38	36
600	31	28	25	21	16	11	5			
б) квітень, посів-сходи										
0	0	85	95	99	100	99	97	94	89	84
100	79	72	64	56	47	37	25	11	0	
в) травень-червень, формування вегетативних органів										
0	0	71	81	87	91	94	96	98	99	100
100	100	100	100	10	99	98	98	97	95	94
200	93	91	90	0	86	84	82	80	78	76
300	74	71	69	88	63	60	58	55	51	48
400	45	41	38	66	30	26	22	17	12	5
Г) липень, формування генеративних органів										
0	0	74	85	91	95	97	99	100	100	100
100	99	98	97	95	9	92	89	87	84	81
200	78	75	71	68	64	60	56	51	46	41
300	36	30	24	17	94	0				
д) серпень, дозрівання										
0	0	77	89	95	98	100	100	100	98	96
100	94	91	87	84	78	74	68	62	56	49
200	41	33	23	11						

Продовження табл. Б.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Степ (середньостиглості і середньопізності сорти)										
а) грудень-березень, передпосівний період										
0	0	55	66	73	79	83	86	89	91	93
100	95	96	97	98	99	99	100	100	100	100
200	100	100	99	99	98	97	97	96	95	94
300	93	92	90	89	88	86	85	83	81	79
400	78	76	74	72	69	67	65	62	60	57
500	54	52	49	45	42	39	35	31	27	23
600	18	12	5							
б) квітень, посів-сходи										
0	0	81	94	99	100	99	96	92	86	78
100	70	59	47	33	14					
в) травень-червень, формування вегетативних органів										
0	0	60	73	80	86	90	93	96	97	99
100	9	100	100	10	99	99	98	97	95	94
200	92	90	88	0	80	80	77	74	70	67
300	63	59	54	85	45	39	33	27	19	10
400	7			50						
Г) липень, формування генеративних органів										
0	0	76	88	94	98	100	100	100	98	96
100	93	90	86	82	77	72	66	60	53	45
200	36	27	15	0						
д) серпень, дозрівання										
0	0	78	90	96	99	100	99	97	94	90
100	84	78	71	63	54	44	31	16		

Таблиця Б.4 – Середня зрідженість по районах (I - U)

Лісостеп центральний		Лісостеп східний		Степ північний	
Область, район	(I-U)	Область, район	(I-U)	Область, район	(I-U)
<u>Вінницька обл.</u>		<u>Харківська обл.</u>		<u>Донецька обл.</u>	
Крижопільський	0,90	Барвінківський	0,90	Середня зрідженість в решті районів складає	0,90
Піщанський	0,90	Борівський	0,90		
Могилів-Подільський	0,90	Великобурулуцький	0,90		
		Зміївський	0,90		
Середня зрідженість в решті районів складає	0,80	Зачепилівський	0,90	<u>Кіровоградська обл.</u>	
		Ізюмський	0,90	Середня зрідженість в решті районів складає	0,80
<u>Черкаська обл.</u>		Кегичівський	0,90		
Кам'янський	0,90	Красноградський	0,90		
Канівський	0,90	Лозівський	0,90	<u>Луганська обл.</u>	
Лисянський	0,90	Нововодолазький	0,90	Біловодський	0,90
Уманський	0,90	Первомайський	0,90	Краснодонський	0,90
Христинівський	0,90	Харківський	0,90		
Середня зрідженість в решті районів складає	0,80	Середня зрідженість в решті районів складає	0,80	Середня зрідженість в решті районів складає	0,80
		<u>Полтавська обл.</u>		<u>Дніпропетровська обл.</u>	
		Котелевський	0,90	Середня зрідженість в решті районів складає	0,90
		Кременчуцький	0,90		
		Оржицький	0,90		
		Середня зрідженість в решті районів складає	0,80		
Степ південний					
Область, район	(I-U)	Область, район	(I-U)		
<u>Херсонська обл.</u>		<u>Одеська обл.</u>			
Бериславський	0,90	Балтський	0,90		
Белозерський	0,90	Біляївський	0,90		
Великоолександрівський	0,90	Ізмаїльський	0,90		
Високопільський	0,90	Кілійський	0,90		
В решті районів середня зрідженість складає	0,80	Комінтернівський	0,90		
		Саратський	0,90		

Продовження табл. Б.4.

Степ південний			
Область, район	(I-U)	Область, район	(I-U)
<u>Миколаївська обл.</u>		В решті районів	0,80
Вознесенський	0,90	середня зрідженість складає	
Братський	0,90		
Баштанський	0,90	<u>Запорізька обл.</u>	
Єланецький	0,90	Якимівський	0,90
Жовтневий	0,90	Василівський	0,90
Первомайський	0,90	Веселівський	0,90
Миколаївський	0,90	Вільянський	0,90
В решті районів середня зрідженість складає	0,80	Запорізький	0,90
		Кам'янсько-	
		Дніпровський	0,90
		Токмацький	0,90
<u>Автономна Республіка</u>			
<u>Крим</u>		В решті районів	
В усіх районах середня зрідженість складає	0,80	середня зрідженість складає	0,80

Таблиця Б.5 – Оцінка впливу кількості днів з суховіями на врожайність соняшника (коефіцієнти зниження врожайності)

Число днів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Степ південний (середньостиглі і середньопізні сорти) Степ північний (середньостиглі сорти) V – VI										
0	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0	1,0
10	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,98
20	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,93	0,92	0,92	0,90	0,89
VII										
0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,0
10	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94
20	0,91	0,93	0,93	0,92	0,91	0,91	0,90	–	–	–
VIII										
10	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97
Лісостеп східний і центральний (середньостиглі сорти) V – VI										
0	–	–	–	–	–	–	1,00	0,99	0,98	0,98
10	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,94	0,92	0,90	0,89	0,89
VII										
0	–	–	–	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97
10	0,96	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	0,90	0,89
VIII										
0	–	–	–	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97	0,97
10	0,96	0,95	0,94	0,93	–	–	–	–	–	–
Степ південний і північний (середньостиглі сорти) V – VI										
0	–	–	–	–	1,00	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98
10	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94	0,93	0,92
20	0,90	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85	–
VII										
0	–	–	–	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98
10	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	–	–	–
VIII										
0	–	–	–	–	0,99	0,99	0,98	0,98	0,97	0,96
10	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90	0,89	0,89

Додаток Б

Таблиця Б.6 – Оцінка впливу на врожайність соняшника числа днів з середньодобовою температурою повітря $> 25^{\circ}\text{C}$ (коефіцієнти зниження врожайності)

Число днів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Степ південний і північний (середньостиглі і середньопізні сорти) V – VI										
0	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,98	0,98	0,97	0,97
10	0,98	0,96	0,96	0,95	0,95	–	–	–	–	–
VII										
0	–	–	–	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98
10	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	–	–	–
VIII										
0	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
10	–	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94	0,93

Додаток Б

Таблиця Б.8 – Оцінка впливу на врожайність соняшника числа днів з відносною вологістю повітря $\leq 30\%$ (коефіцієнти зниження врожайності)

Число днів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лісостеп східний (середньостиглі сорти) Степ південний (середньостиглі, середньопізні сорти) Степ північний (середньостиглі сорти) V–VI										
10	–	–	–	–	–	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99
20	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,96	0,94	0,93	0,92	0,91
30	0,91	0,91	0,89	–	–	–	–	–	–	–
VII										
10	–	–	–	–	–	–	1,00	0,99	0,99	–
20	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	–

Додаток Б

Таблиця Б.7 – Оцінка впливу на врожайність соняшника числа днів з середньодобовою температурою повітря 20 – 25° С (коефіцієнти зниження врожайності)

Число Днів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лісостеп східний і центральний (середньостиглі сорти)										
V-VI										
10	–	–	–	–	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
20	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,96	0,96	0,96
30	0,94	0,94	0,93	0,92	–	–	–	–	–	–
VII										
10	–	–	–	–	1,00	0,99	0,99	0,98	0,99	0,99
20	0,98	0,98	0,97	0,96	0,94	–	–	–	–	–
Степ північний і південний (середньостиглі і середньопізні сорти)										
V-VI										
10	–	–	–	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99
20	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96
30	0,96	0,96	0,94	0,93	0,93	–	–	–	–	–
VII										
10	–	–	–	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99
20	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,94	0,94			
30				0,96	–	–	–	–	–	–
VIII										
10	–	–	–	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99
20	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94	–	–

Таблиця Б.9 – Оцінка впливу числа днів з максимальною температурою повітря 30 – 35°C на врожайність соняшника (коефіцієнти зниження врожайності)

Число днів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Степ північний і південний (середньостиглі і середньопізні сорти) V–VI										
0	–	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98
10	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,94	0,94
20	0,92	0,90	–	–	–	–	–	–	–	–
VII										
0	–	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	–
10	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	–
VIII										
0							1,00	1,00	0,99	0,99
10	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98	0,96	0,96	0,96	0,96
20	0,96	0,94	–	–	–	–	–	–	–	–
Лісостеп східний і центральний (середньостиглі сорти) Лісостеп східний (середньостиглі сорти) V–VI										
0	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96	0,92
10	0,96	0,96	0,968	0,94	0,91	0,93	0,93	0,92	0,91	0,90
VII										
0	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,97	0,96
10	0,96	0,96	0,94	0,94	0,93	0,92	0,91	0,90	–	–
VIII										
0	–	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,97
10	0,96	0,96	0,96	–	–	–	–	–	–	–

Додаток Б

Таблиця Б.10 – Оцінка впливу числа днів з опадами ≥ 1 мм на врожайність соняшника (коефіцієнти зниження врожайності)

Число днів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лісостеп східний і центральний V–VI										
10	–	–	–	–	–	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98
20	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,94	0,93	0,92	0,91	0,91
30	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85	0,83	–	–	–	–
VII										
0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00
10	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	–	0,96	0,96	0,94	0,93
20	0,91	0,92	0,90	0,89	0,87	–	–	–	–	–
VIII										
0	–	–	–	–	–	–	–	–	1,00	0,99
10	0,99	0,99	0,99	0,98	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,92

Додаток Б

Таблиця Б.11 – Оцінка впливу числа днів з опадами ≥ 5 мм на врожайність соняшника (коефіцієнти зниження врожайності)

Число днів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лісостеп східний і центральний (середньостиглі сорти) V–VI										
0	–	–	–	–	–	–	1,00	0,99	0,99	0,99
10	0,98	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	–	–	–	–
VII										
0	–	–	–	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99
10	0,98	0,97	0,97	0,96	–	–	–	–	–	–
VIII										
0	–	–	–	–	–	1,00	0,99	0,99	0,98	0,98
10	0,97	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	–	–	–	–

Додаток Б

Таблиця Б.12 – Оцінка впливу кількості днів зі зливами на врожайність соняшника (коефіцієнти зниження врожайності)

Число днів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лісостеп східний і центральний V–VI										
0	–	–	–	–	–	–	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
20	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	–	–	–	–	–
VII										
0	–	–	–	–	–	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96
10	0,94	0,94	0,92	0,91	0,90	–	–	–	–	–
VIII										
0	–	–	–	–	–	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97
10	0,97	0,96	–	–	–	–	–	–	–	–
Степ північний і південний V–VI										
0	–	–	–	–	–	–	1,00	1,00	0,99	0,99
10	0,98	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95
20	0,94	0,94	0,94	–	–	–	–	–	–	–
VII										
0	–	–	–	–	–	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96
10	0,95	0,94	0,93	0,92	0,90	0,88	–	–	–	–
VIII										
0	–	–	–	–	–	1,00	0,99	0,99	0,98	0,97
10	0,96	0,95	–	–	–	–	–	–	–	–

Додаток Б

Таблиця Б.13 – Оцінка впливу числа днів із заморозками на врожайність соняшника (коефіцієнти зниження врожайності)

Число днів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лісостеп східний і центральний IV–V										
0	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,94	0,92	0,90	–
10	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
IX–X										
0	0,99	0,99	0,99	0,98	0,97	0,97	0,96	0,95	0,94	–
10	0,93	0,90	–	–	–	–	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Степ північний і південний IV–V										
0	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91	–
10	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	–	–	–	–
20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблиця В.1 – Оцінка впливу температури повітря на врожайність картоплі по зонах і періодах

Температура повітря Т° С по зонах в періоди і місяці								Коефіцієнти продуктивності (%) при десятих долях температури повітря				
Степ IV, Полісся IX, захід IX	Лісостеп IX	Степ IX	Захід V	Полісся, лісостеп, степ V	Полісся, лісостеп VI–VIII, степ VIII	Захід VI–VIII, Полісся, лісостеп VII, степ VI	Степ VII	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8
5				9	11	12	13	65	67	69	71	72
6			9	10	12	13	14	74	76	77	79	80
7		9	10	11	13	14	15	82	83	84	85	87
8	9	10	11	12	14	15	16	89	90	92	93	94
9	10	11	12	13	15	16	17	95	96	96	97	97
10	11	12	13	14	16	17	18	98	98	99	99	100
11	12	13	14	15	17	18	19	100	100	100	100	100
12	13	14	15	16	18	19	20	99	99	98	97	96
13	14	15	16	17	19	20	21	95	94	93	91	90
14	15	16	17	18	20	21	22	88	86	85	83	81
15	16	17	18	19	21	22	23	79	77	74	72	69
16	17	18	19	20	22	23	24	67	65	63	60	57
17	18	19	20	21	23	24	25	55	53	50	48	45
18	19	20	21	22	24	25	26	43	41	39	37	35

Таблиця В.2 – Оцінка впливу кількості опадів на врожайність картоплі (в % від максимальної) по зонах і періодах

Кількість опадів, мм	Коефіцієнти продуктивності (%) при опадах, мм									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Західні області										
травень										
0	–	69	83	91	96	96	100	100	98	96
100	94	90	87	89	78	74	68	62	56	49
200	41	33	26	21	17	13	09			
червень										
0	–	58	72	81	87	92	96	98	100	100
100	99	97	95	94	91	89	86	83	80	77
200	74	70	67	62	58	53	49			
липень										
0	–	58	72	80	87	92	95	97	99	100
100	100	100	99	97	95	93	90	87	84	79
200	75	69	62	52	40	17				
серпень										
0	–	55	71	81	87	91	95	97	99	100
100	100	100	99	97	96	94	91	88	85	80
200	75	69	62	53	41					
вересень										
0	–	57	73	83	91	94	96	98	100	100
100	99	97	94	91	87	82	76	68	59	46
Полісся										
травень										
0	45	73	89	96	99	100	99	97	94	90
100	84	78	71	64	57	49	40	30	21	12
червень										
0	30	64	77	85	92	96	98	100	100	99
100	98	96	93	90	86	80	73	64	49	38
липень										
0	–	45	60	71	80	86	92	96	99	100
100	100	99	98	95	90	85	79	71	62	53
200	43	30	16	01						

Продовження табл. В.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
серпень										
0	30	56	70	79	85	91	94	96	98	99
100	100	100	99	98	97	95	93	90	86	82
200	78	74	69	64						
вересень										
0	35	65	80	88	95	98	100	100	100	98
100	97	94	90	85	77	68	56	40		
Лісостеп										
травень										
0	40	60	77	86	92	96	98	100	100	100
100	99	96	91	85	79	72	63	54	43	32
червень										
0	20	45	62	74	83	90	95	98	99	100
100	100	99	97	93	87	79	69	55	36	
липень										
0	13	37	50	61	69	76	82	87	90	94
100	96	98	100	100	100	100	99	98	96	94
200	91	87	81	76	68	60	50	35		
серпень										
0	–	40	56	67	76	83	88	92	95	98
100	99	100	99	98	97	95	92	88	83	76
200	67	56								
вересень										
0	–	75	88	96	99	100	100	98	95	90
100	85	79	72	64	56	48	39			
Степ										
квітень										
0	13	46	63	74	83	90	95	99	100	100
100	99	96	89	79						
травень										
0	40	60	77	86	92	96	98	100	100	100
100	99	96	91	85	79	72	63	54	43	32
червень										
0	20	45	62	74	83	90	95	98	99	100
100	100	99	97	93	87	79	69	55	36	
липень										
0	–	40	60	72	80	86	90	95	98	100
100	100	99	98	96	93	88	82	73	60	41

Продовження табл. В.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Серпень										
0	–	46	65	78	87	94	100	100	99	97
100	93	87	80	71	60	43	20			
вересень										
0	30	70	85	94	98	100	100	98	95	89
100	82	71	57							

Бібліографічний список

1. Разумова Л.А. Методика составления прогноза запасов продуктивной влаги в почве к началу вегетационного периода. – В кн.: Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеоиздат, 1957.
2. Свисюк И.В. Агрометеорологические прогнозы, расчеты, обоснование. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991.
3. Мкртчян Р.С., Хачатрян Л.А. Методика расчета весенних влагозапасов почвы в условиях Армянской ССР. //Труды ЗакНИГМИ, 1976. – Вып. 60.
4. Рудичева Э.Т. Методика прогноза запасов влаги на начало весны по Новосибирской области. //Труды ЗапСибНИГМИ, 1979.-Вып.24.
5. Соколовская Е.Ф. Таблицы для расчета количественной оценки сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий роста и перезимовки основных сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971.
6. Свисюк И.В. Запасы влаги в почве и урожай. – Ростов Н/Д.: Ростиздат., 1973. – 42 с.
7. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Т.2. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 236 с.
8. Кабанов П.Г. Дифференцированное применение агротехники. – Саратов: Приволж. Кн. издательство, 1968. – 277 с.
9. Свисюк И.В. Погода, интенсивная технология и урожай озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 236 с.
10. 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.: Гидрометеоиздат, 1984. – С. 16 – 29.
11. Деревянко А.Н. Начало полевых работ и сроки сева ранних яровых культур. Агрометеорологические условия и продуктивность сельского хозяйства нечерноземной зоны РСФСР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978.
12. Пятовская Л.К. Методические указания по составлению прогноза оптимальных сроков начала полевых работ и сева основных сельскохозяйственных культур в Белоруссии. – Минск: отпечатано на множительном аппарате УГМС БССР, 1977.
13. Пятовская Л.К. Агрометеорологическое обоснование сроков сева. – Минск.: Ураджай, 1977.
14. Давитая Ф.Ф. Прогноз обеспеченности теплом и некоторые проблемы сезонного развития природы. – М.: Гидрометеоиздат, 1964.

15. Личикаки В.М. Перезимовка озимых культур. – М.: Колос, 1974.
16. Личикаки В.М. Методические указания по оценке влияния низких температур и ледяной корки на перезимовку озимых зерновых культур. – М.: Колос, 1971.
17. Лубнин М.Г. Методическое пособие по оценке и прогнозу агрометеорологических условий в периоды сева и уборки урожая зерновых культур. – М.: Гидрометеиздат, 1981.
18. Куперман Ф.М. Физиология устойчивости озимой пшеницы. – М.: отпечатано на множительном аппарате МГУ, 1969.
19. Куперман Ф.М., Моисейчик В.А. Вызревание озимых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1977.
20. Максименкова Т.А. Метод прогноза состояния озимых зерновых культур ко времени прекращения их вегетации. – Метеорология и гидрология, 1979, № 2.
21. Моисейчик В.А. Значение для перезимовки озимых культур степени развития растений осенью. – Метеорология и гидрология, 1966, № 5.
22. Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1975.
23. Петунин И.М. Методика составления прогноза условий перезимовки озимой пшеницы и ржи. Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеиздат, 1957.
24. Шульгин А.М. Климат почвы и его регулирование. – Л.: Гидрометеиздат, 1967.
25. Окушко А.А. Ледяная корка и перезимовка озимых культур на Европейской территории СССР. – Труды ЦИП, 1957. – Вып. 53.
26. Моисейчик В.А. Методическое указание. Составление долгосрочных агрометеорологических прогнозов перезимовки озимых культур на территории областей, республик и в целом по СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1978.
27. Вериго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 288 с.
28. Свисюк И.В. Погода и урожайность озимой пшеницы на Северном Кавказе и Нижнем Поволжье. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 207 с.
29. Панченко Н.П. Морозостойкость и закаливание растений // Пшеница в СССР. – М.: Сельхозгиз., 1957. – С. 221 – 227.
30. Яковлев Н.Н. Климат и зимостойкость озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 420 с.
31. Моисейчик В.А. Методическое пособие по составлению долгосрочного прогноза вызревания озимых зерновых культур. – М.: Гидрометеиздат, 1981.

32. Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1975.
33. Моисейчик В.А., Шавкунова В.А. Агрометеорологические условия перезимовки и формирования урожая озимой ржи. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 192 с.
34. Страшная А.И. Агрометеорологические условия перезимовки и формирования урожая семян сеяных трав на ЕЧ СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 157 с.
35. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений. – М.: Наука, 1979.
36. Яшкина И.И., Чуреева Т.В. Методическое пособие по оценке изреженности посевов клевера в зимний период. – М.: Гидрометеиздат, 1982. – 12 с.
37. Гутман Ф.Ш. Агрометеорологические условия, вызывающие вымокание озимых посевов на территории Литовской ССР. –13 кн.: Гидрологический режим и агрометеорологические ресурсы. Вильнюс «МИНГНИС», 1969. – С. 191 – 199.
38. Бердник А.А., Дмитренко В.П. Методические указания по прогнозу площадей озимых культур с различной изреженностью. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 12 с.
39. Кулик М.С. Методические указания по составлению долгосрочных прогнозов средней областной урожайности озимых зерновых в нечерноземной зоне. – М.: Гидрометеиздат, 1976. –16 с.
40. Уланова Е.С., Сиротенко О.Д. Методы статистического анализа в агрометеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1968.
41. Уланова Е.С. Главные инерционные агрометеорологические факторы для формирования урожая озимой пшеницы в черноземной зоне и долгосрочный прогноз ее урожайности. //Труды Гидрометцентра СССР, 1967. – Вып. 9.
42. Уланова Е.С. Методические указания по составлению долгосрочных прогнозов урожайности озимой пшеницы в основных районах ее возделывания. – Л.: Гидрометеиздат, 1977.
43. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1975.
44. Уланова Е.С. Методическое пособие по составлению долгосрочного прогноза урожая озимой пшеницы в районах черноземных почв Украины, северного Кавказа и Молдавии. – М.: Гидрометеиздат, 1965.
45. Полевой А.Н. Методическое пособие по разработке динамико-статистических методов прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. – М.: Гидрометеиздат, 1981. –36 с.
46. Дмитренко В.П., Короткова А.Я. Метод расчета урожайности озимой ржи и его проверка. //Труды УкрНИГМИ, 1977. – Вып.159.

47. Дмитренко В.П. Методические указания по составлению прогноза урожайности озимой пшеницы на территории УССР. – Киев: отпечатано на множительном аппарате УГМС УССР, 1978.
48. Кириличева К.В. Методическое пособие по составлению агрометеорологического прогноза средней областной урожайности яровой пшеницы в основной зоне ее возделывания. – М.: отпечатано на множительном аппарате Гидрометцентра СССР, 1980.
49. Пасов В.М. Методическое пособие по составлению прогноза урожая яровой пшеницы до сева. – М.: Гидрометеиздат, 1980. – 18 с.
50. Полевой А.Н., Мызина Т.И. Методическое пособие по составлению агрометеорологического прогноза среднеобластной урожайности овса в нечерноземной зоне ЕТС. – М.: Гидрометеиздат, 1974.
51. Плучик С.Л. Методическое пособие по составлению долгосрочного агрометеорологического прогноза средней областной урожайности овса на ЕТС СССР. – М.: отпечатано на множительном аппарате Гидрометцентра СССР.
52. Полевой А.Н., Мызина Т.И. Методическое пособие по составлению агрометеорологического прогноза среднеобластной урожайности ярового ячменя в Нечерноземной зоне ЕТС. – М.: Гидрометеиздат, 1976.
53. Пономарев Б.П. Методическое пособие по составлению агрометеорологического прогноза средней областной урожайности яровой пшеницы в степной и лесостепной зонах Западной Сибири. – М.: Гидрометеиздат, 1974.
54. Краснянская В.П. О предвычислении сроков наступления восковой спелости яровой пшеницы с большой заблаговременностью. //Труды ДВНИИ, 1978. – Вып. 74.
55. Желтая Н.Н. Методическое пособие по составлению долгосрочных агрометеорологических прогнозов средней областной урожайности ярового ячменя в черноземной зоне Европейской территории СССР. – М.: отпечатано на множительном аппарате Гидрометцентра СССР, 1980.
56. Чернышева Л.С. О прогнозе урожая риса в Приморском крае. //Труды ДВНИГМИ, 1974. – Вып. 48.
57. Муминов Ф.А., Абдуллаев Х.М. Методическое пособие по составлению прогноза фаз развития и урожайности риса в Узбекистане и Таджикистане на отдельных полях. – Ташкент: отпечатано на множительном аппарате УГМС УзССР, 1979.
58. Чирков Ю.И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. – Л.: Гидрометеиздат, 1969.
59. Тооминг Х.Г. Метод эталонных урожаев. //Вестник сельскохозяйственной науки. – 1982. – № 3.

60. Кулик М.С. Методические указания по составлению долгосрочных прогнозов средней областной урожайности озимых зерновых в Нечерноземной зоне. – М.: Гидрометеиздат, 1976. – 16 с.
61. Пасечнюк А.Д. Методические указания по составлению прогноза интенсивности полегания ярового ячменя. – М.: Гидрометеиздат, 1980. – 12 с.
62. Плучик С.Л. Методическое пособие по составлению долгосрочных агрометеорологических прогнозов средней областной урожайности овса на Европейской территории СССР. – М.: Гидрометеиздат, 1979.
63. Манелля А.И. и др. Динамика урожайности сельскохозяйственных культур в РСФСР. – М.: Статистика, 1972. – 192 с.
64. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 150 с.
65. Родюшина Д.П. Метод прогноза урожайности яровой пшеницы для Западного Казахстана. //Труды КазНИГМИ, 1980. – Вып. 70.
66. Туликова З.Ф. Рис на Северном Кавказе. – Ростов Н/Д: Ростиздат, 1989. – 116 с.
67. Просунко В.М. Агрометеорологические условия и продуктивность риса. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 264 с.
68. Чернышева Л.С. Агрометеорологический прогноз риса в Приморском крае. //Труды ДВНИГМИ, 1981. – Вып. 98.
69. Мещанинова Н.Б. Погода и урожай риса. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 8 с.
70. Просвиркина А.Г. Агрометеорологические условия и продуктивность проса. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 157с.
71. Иванова-Зубкова Н.З. Методические указания. Прогноз средней областной урожайности гречихи. – М.: Гидрометеиздат, 1973.
72. Зарембо Э.С. Агрометеорологические условия произрастания проса в Казахстане. – Алма-Ата: Кайнар, 1979. – 24 с.
73. Иванова-Зубкова Н.З. Методические указания. Прогноз средней областной урожайности гречихи в Нечерноземной зоне Европейской части СССР. – М.: Гидрометеиздат, 1973. – 12 с.
74. Иванова-Зубкова Н.З. Погода и урожай проса на Украине. //Труды ГМЦ СССР, 1970. – Вып. 69. – С. 62 – 75.
75. Свисюк И.В. Влияние агрометеорологических условий на урожайность проса. // Метеорология и гидрология, 1983, № 6. – С. 105 – 109.
76. Кожемяченко Е.А., Пашура И.А. Агрометеорологические условия возделывания проса в Причерноморье. – Метеорология, климатология и гидрология, 1984, № 20. – С. 103 – 106.
77. Цубербиллер Е.А. Суховеи, их агрометеорологическая сущность и пути борьбы с ними. – М.: Фонды ГМУ СССР, 1968. – 111 с.

78. Полевой А.Н. Методическое пособие по составлению агрометеорологического прогноза средней областной урожайности картофеля в нечерноземной зоне РСФСР. – М.: Гидрометеиздат, 1982. – 20 с.
79. Галямин Б.Н. О построении динамической модели формирования урожая агрометпрогнозов. – В кн.: Биологические системы в земледелии и лесоводстве. – М.: Наука, 1974. – С. 70 – 84.
80. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології. – Одеса, 2003.
81. Полуэктов Р.А., Пых Ю.А., Швытов И.А. Динамические модели экологических систем. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 151с.
82. Конторщикова О.М. Методическое пособие по составлению средней областной урожайности и сахаристости свеклы в основных районах ее возделывания. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 25 с.
83. Тебуев Х.Х. Методы долгосрочного прогноза урожайности подсолнечника. – Метеорология и гидрология. – 1989. №6. – С. 110 – 115.
84. Мельник Ю.С. Климат и произрастание подсолнечника. – Л., Гидрометеиздат. 1977. – 34 с.
85. Дмитренко В.П., Свирина В.В. Методические указания по расчету суммарного валового сбора всех зерновых и зернобобовых культур по Украине и Молдове. – Киев; УкрНИГМИ, 1987. – 21с.
86. Уланова Е.С. Методические указания по составлению долгосрочного прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур по экономическим районам. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 29 с.
87. Дмитренко В.П., Свирина В.В., Кожемяченко Е.А. О структуре, динамике и взаимосвязи составляющих валового сбора зерновых и зернобобовых в Украине. //Труды УкрНИГМИ, 1983. – Вып. 191. – С. 34 – 43.
88. Михайлова Н.И. Методика прогноза средней областной урожайности сахарной свеклы. //Труды УкрНИГМИ, 1978. – Вып. 164. – С. 90 – 96.
89. Шелудякова Р.М. Основы методики прогноза урожая картофеля для территории УССР. //Труды УкрНИГМИ, 1977. – Вып. 159.
90. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, Т. 1 и 2, 1984.
91. Деревянко А.Н. Метод сумм эффективных температур. //Сб. методов агрометеорологических прогнозов развития и продуктивности озимой пшеницы для гидрометеорологических служб социалистических стран. – М.: Гидрометеиздат. 1982. – 98 с.

Зміст

	Стр.
Передмова	3
Вступ	4
1 Методи прогнозів запасів продуктивної вологи на початок вегетаційного періоду.....	7
1.1 Прогноз запасів продуктивної вологи на початок вегетаційного періоду за методом Л.О. Розумової	7
1.2 Прогноз запасів вологи в ґрунті по глибині його промочування.....	10
1.3 Оцінка вологозабезпеченості посівів озимої пшениці по непарових попередниках.....	13
2 Прогноз термінів початку польових робіт та сівби ранніх ярих культур.....	17
2.1 Прогноз початку польових робіт у південних районах.....	17
2.2 Прогноз початку польових робіт в районах капілярного насичення ґрунту вологою.....	19
2.3 Метод прогнозу оптимальних строків початку польових робіт і сівби ранніх ярих культур у Білорусі	20
3 Метод прогнозу забезпеченості теплом вегетаційного періоду.....	26
3.1 Наукове підґрунтя методу.....	26
3.2 Прогноз забезпеченості теплом вегетаційного періоду.....	26
3.3 Прогноз тривалості вегетаційного періоду.....	32
4 Методи прогнозів перезимівлі озимих культур.....	33
4.1 Морфофізична характеристика стану озимих культур восени.....	33
4.2 Морозостійкість озимих культур в залежності від агрометеорологічних умов.....	35
4.3 Агрометеорологічні умови перезимівлі озимих культур та закономірності їх формування.....	36
4.4 Вплив попередників на перезимівлю озимої пшениці.....	41
4.5 Прогноз критичної температури вимерзання озимих культур	44
4.6 Методи довгострокових прогнозів перезимівлі та стану озимих зернових культур навесні.....	49
4.6.1 Метод прогнозу вимерзання озимих культур.....	51
4.6.2 Метод прогнозу умов перезимівлі по території України..	55
4.6.3 Метод прогнозу загибелі озимих культур від пошкодження льодовою кіркою.....	61
4.6.4 Методи прогнозу вимерзання озимих культур на великих площах.....	64
4.6.5 Метод прогнозу загибелі рослин за результатами	

відрощування.....	67
4.6.6 Метод прогнозу випрівання озимих культур.....	68
4.6.7 Метод прогнозу випрівання озимих культур на великих площах.....	72
4.7 Комплексний метод довгострокових прогнозів перезимівлі озимих культур на великих площах.....	76
4.8 Метод прогнозу випрівання багаторічних сіяних трав.....	79
4.9 Оцінка агрометеорологічних умов у районах затоплення рослин ранньою весною.....	81
4.10 Прогноз площ озимих культур різної зріженості в Україні.....	83
4.10.1 Метод прогнозу весняної зріженості посівів озимих культур на великих площах в Україні.....	83
4.10.2 Метод розрахунку площі озимих культур з різною зріженістю.....	86
5. Довгострокові прогнози врожаїв озимих зернових культур.....	91
5.1 Мінливість врожаїв зернових культур.....	91
5.2 Довгострокові прогнози врожаїв озимої пшениці.....	94
5.2.1 Метод прогнозу врожаїв озимої пшениці для території України (метод В.П. Дмитренка).....	94
5.2.2 Метод прогнозу врожаїв озимої пшениці у головних районах вирощування	99
5.2.3 Прогноз середнього по області врожаю озимої пшениці.....	100
5.3 Оцінка агрометеорологічних умов формування продуктивності та прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за динамічною моделлю А.М. Польового.....	104
5.3.1 Наукові основи методу прогнозу.....	104
5.3.2 Методика складання прогнозу.....	125
6 Прогнози врожаїв ярих зернових культур.....	140
6.1 Методи прогнозів врожаїв ярої пшениці.....	140
6.2 Методи прогнозу врожаю ячменю.....	145
6.3 Метод прогнозу середнього по області врожаю вівса.....	151
6.4 Техніка складання прогнозу врожаїв.....	153
7 Прогноз врожаїв і валового збору зерна зернових і зернобобових культур	156
7.1 Прогнози врожаїв зернових і зернобобових культур по економічних районах.....	156
7.1.1 Північно-Кавказький економічний район.....	156
7.1.2 Донецько-Придніпровський економічний район.....	159
7.1.3 Південний економічний район.....	162
7.2 Прогноз врожайності і валового збору зернових і	

зернобобових до початку сівби.....	163
7.3 Прогноз врожайності та валового збору всіх зернових та зернобобових культур	167
7.3.1 Прогнозування тенденції врожайності.....	169
7.3.2 Оцінка агрометеорологічних умов формування врожаю сільськогосподарських культур	169
7.3.3 Динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських культур.....	173
7.4 Розрахунок сумарного валового збору зерна усіх зернових і зернобобових культур в Україні і Молдові.....	179
7.4.1 Основи методики.....	179
8 Прогноз врожаїв круп'яних культур.....	186
8.1 Метод прогнозу врожайності кукурудзи з врахуванням потенційних можливостей посіву.....	186
8.2 Метод прогнозу валового врожаю кукурудзи.....	189
8.3 Метод прогнозу врожаю рису	194
8.3.1 Теоретичні основи методу.....	194
8.3.2 Прогнози врожаїв рису.....	194
8.4 Прогнози врожаю проса.....	198
8.5 Прогнози врожаїв гречки.....	205
8.5.1 Статистичні методи прогнозу врожаїв гречки.....	206
8.5.2 Прогноз врожаю гречки для Західного Сибіру.....	208
8.5.3 Динаміко-статистичний метод прогнозу врожаю гречки та валового збору зерна.....	209
9 Прогноз врожаю соняшника.....	211
9.1 Прогноз врожаю соняшника для окремих господарств і областей.....	211
9.2 Метод прогнозу врожаю насіння соняшника для територій країв та республік	214
9.2.1 Оцінка динаміки і середніх приростів врожайності.....	215
9.2.2 Оцінка впливу умов зволоження на врожай.....	215
9.3 Прогнози врожаю соняшника в Україні.....	220
9.3.1 Основи методики прогнозування середньої районної врожайності соняшника в Україні	221
9.3.2 Врахування додаткових факторів	225
9.3.3 Порядок і приклад розробки прогнозу районної врожайності соняшника з різною завчасністю.....	226
10 Методи прогнозів врожаїв картоплі.....	230
10.1 Методичні вказівки щодо складання прогнозів середнього по області врожаю картоплі в Україні.....	230
10.2 Складання прогнозу середнього по області врожаю картоплі з різною завчасністю.....	238
10.3 Складання прогнозу валового врожаю картоплі.....	241

11 Прогноз врожаїв цукрових буряків.....	242
11.1 Прогноз врожаю цукрових буряків у західних областях України.....	242
11.2 Метод прогнозу середнього по області врожаю цукрових буряків в районах недостатнього зволоження.....	243
Додатки.....	250
Список літератури.....	280