А.М. ПОЛЬОВИЙ, Л.Ю.БОЖКО, Т.І. АДАМЕНКО

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ

Підручник

Одеса
2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Одеський державний екологічний університет

А.М. ПОЛЬОВИЙ, Л.Ю.БОЖКО, Т.І. АДАМЕНКО

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРОГНОЗИ

Підручник

Гриф надано рішенням Вченої ради ОДЕКУ МОН як підручник
для здобувачів вищої освіти за спеціальністю «Науки про Землю»
(протокол № від 27 жовтня 2016 року)

Одеса
2017

УДК 630 : 551.5.001.18
ББК 40.2
П – 49

Р е ц е н з е н т и:

Лобода Наталія Степанівна, доктор географічних наук, професор, завідувачка кафедри гідроекології і водних досліджень, Одеський державний екологічний університет.

Сніжко Сергій Іванович, доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри метеорології Київського Національного університету ім. Т.Г. Шевченка (м. Київ).

Польовий А.М., Божко Л.Ю., Адаменко Т.І.
П 49 Агрометеорологічні прогнози. Підручник. Одеса, ТЕС, 2017.-508 с.

В підручнику детально викладені науково – методологічні основи агрометеорологічних оцінок і прогнозів, визначена роль кількісних оцінок та прогнозів в системі оперативного агрометеорологічного забезпечення аграрної галузі країни. Детально описані основні статистичні методи агрометеорологічних прогнозів: оптимальних термінів сівби сільськогосподарських культур, стану озимих культур на момент припинення вегетації, перезимівлі озимих культур та їх стану на момент відновлення вегетації, запасів продуктивної вологи в ґрунті на початок весни та впродовж вегетаційного періоду, термінів настання основних фаз розвитку та урожайності сільськогосподарських культур, термінів та агрометеорологічних умов збирання, якості насіння зернових культур, появи шкідників та хвороб сільськогосподарських культур, оптимальних режимів зрошення, оптимальних доз та термінів внесення азотних добрив. Окремо викладені динаміко – статистичні методи оцінок умов вегетації та прогнозів урожайності сільськогосподарських культур з описуванням динамічної моделі продукційного процесу рослин та розрахунку очікуваної урожайності і валового збору сільськогосподарських культур на основі двох прогнозів: прогнозу тенденції урожайності за допомогою методів гармонічних зважувань та оцінки випадкових відхилень від неї, розрахованої за допомогою математичної моделі.

В підручнику також викладені синоптико – статистичні методи агрометеорологічних прогнозів та оцінок урожайності зернових культур до їх сівби. Показані різні підходи у використанні параметрів циркуляції атмосфери та теплового стану океанів в осінньо-зимовий період в якості предикторів в агрометеорологічних прогнозах. Крім того в підручнику в короткій формі наводиться опис інформаційно – прогностичної системи, яка дозволяє в автоматизованому режимі здійснювати підготовку оперативної агрометеорологічної продукції для забезпечення агропромислового комплексу країни..

В підручнику також викладена методика оцінки ефективності від використання гідрометеорологічної інформації у сільськогосподарському виробництві.

Підручник розраховано на студентів державного екологічного університету, студентів географічних факультетів університетів, сільськогосподарських вузів України, а також на студентів гідрометеорологічних технікумів. Підручник також може бути корисним для спеціалістів сільськогосподарського профілю та екологів.

Annotation

The book expounds in detail the scientific and methodological basis of agro-meteorological evaluation and prognosis, defines the role of quantitative estimates and forecasts in a system of operational agro-meteorological procuring of the agrarian sector of Ukraine. The main statistical methods of agro-meteorological forecasts describe with great detail: optimal terms of sowing of crops, status of winter crops at the time of termination of the growing season, wintering of winter crops and their condition at the time of renewal of vegetation, productive moisture reserves in the soil at the beginning of spring and during the growing season, timing occurrence of main phases of development and yield of crops, agro-meteorological terms and conditions during the period of harvest, the quality of the crop, optimal irrigation regimes, appearance of crop pests and diseases, and optimal doses and timing of fertilizer.

The dynamic - statistical methods of evaluation of the vegetation conditions forecasts productivity with the description of the dynamic model of a production plant process, and calculates the expected yield and gross harvest of agricultural crops on the basis of two projections. The forecast yield trends using the method of harmonic scales and evaluation of random deviations from it, calculated by mathematical models, are outlined in the special tutorial section.

The book also outlines the synoptic - statistical methods of agro-meteorological forecasts and assessments of yield crops to planting. It shows the different approaches in the use of the parameters of atmospheric circulation and the thermal state of the oceans in the fall-winter period as predictors in the agro-meteorological forecasts. In addition, the tutorial also briefly describes information - forecasting system that automates time to prepare operational agrometeorological products for the country's agro-industrial complex.

The last section of the book sets out methods of evaluating the effectiveness of the use of hydro-meteorological information in agricultural production.

The textbook is designed for students of the State University of Ecology and the Ukrainian University of Agriculture, students of the Geographical faculties of universities in Ukraine, and students of Hydro meteorological colleges. The tutorial may also be useful for environmentalists and professionals of agricultural affiliates.

©Польовий А.М. Божко Л.Ю., Адаменко Т.І,2017
©Одеський державний
екологічний університет,2017

©

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 агрометеорологічні прогнози врожаїв та валового збору основних сільськогосподарських культур.

Основні землеробські райони України розташовані в зоні нестійкого та недостатнього зволоження. В різні роки несприятливі умови проявляються в тій чи іншій мірі в будь-який період розвитку сільськогосподарських культур. Вплив несприятливих умов на формування продуктивності рослин значно знижує їх врожайність.

Протягом року підрозділи Української гідрометеорологічної служби виконують значний об’єм робіт щодо оперативного обслуговування аграрного сектору України. Серед широкого комплексу гідрометеорологічної інформації, необхідної для різних галузей економіки особливе місце належить агрометеорологічному забезпеченню сільського господарства.

На основі досліджень, проведених у різних наукових центрах близького і далекого зарубіжжя, Українському гідрометеорологічному центрі, в Українському гідрометеорологічному інституті, кафедрі агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів Одеського державного екологічного університету, регіональних гідрометеорологічних центрах та науково-дослідних гідрометеорологічних інститутах на теренах СНГ, були розроблені кількісні методи, які дозволяють складати різні види агрометеорологічних прогнозів, що необхідні для працівників сільського господарства.

Методи агрометеорологічних прогнозів розроблені на основі врахування впливу головних агрометеорологічних факторів на ріст і розвиток сільськогосподарських культур, 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 спостережень мережі станцій.

Підручник створено на матеріалах великої кількості публікацій, в яких містяться результати розробки різних методів агрометеорологічних оцінок і 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, аспіратну Друмову Д.В. за технічне оформлення рукопису та завідувачці редакційного відділу Одеського державного екологічного університету О.Д. Соколенко за допомогу при редагуванні та доброзичливе відношення.

ВСТУП

1 Предмет і методи агрометеорологічних прогнозів

Агрометеорологічні прогнози – це один із розділів сільськогосподарської метеорології, який відокремився у самостійний розділ і який є одним із видів оперативного гідрометеорологічного забезпечення аграрного сектору країни. Серед широкого комплексу гідрометеорологічної інформації, яка необхідна для різних галузей економіки, особливе місце посідає агрометеорологічне забезпечення сільськогосподарського виробництва. Одним із головних видів агрометеорологічного забезпечення є агрометеорологічні оцінки і прогнози стану сільськогосподарських культур та умов формування їх продуктивності.

Агрометеорологічні прогнози являють собою наукову систему специфічних знань, які повинні вміщувати кількісну характеристику агрометеорологічних показників та їх вплив на ріст, розвиток сільськогосподарських культур та формування їх продуктивності. За час розвитку агрометеорологічних прогнозів були встановлені такі агрометеорологічні показники і розроблені такі методи, які кількісно характеризують потребу окремих сільськогосподарських культур в теплі, волозі, мінеральному живленні тощо та дозволяють складати різні види агрометеорологічних прогнозів. Але слід зазначити, що ці показники розроблялись для тих сортів, які в той час були найбільш поширеними. Тому задачею агрометеорологічних прогнозів є уточнення розроблених методик та створення нових для нових сортів сільськогосподарських культур, які щойно впроваджені у виробництво. В підручнику описані всі існуючі методи агрометеорологічних прогнозів та їх модифікації.

2 Основні задачі агрометеорологічних прогнозів

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.

Агрометеорологічні умови вирощування сільськогосподарських культур характеризуються великою різноманітністю по території як нашої країни, так і інших країн. 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

Великий вклад в підвищення якості обслуговування сільського господарства вносять агрометеорологи – вчені, інженери, техніки і спостерігачі. Кадри для Гідрометеорологічної служби Міністерства надзвичайних ситуацій готує Одеський державний екологічний університет.

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

3 Короткий нарис історії розвитку агрометеорологічних прогнозів

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 плодових 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 (М.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. Мастинська), 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, В.М. Лічикакі), оцінки посушливих умов (М.С. Кулик, Г.Т. Селянінов і ін.), суховіїв (І.А. Цубербіллер), оцінки умов формування врожаїв зернових культур (Н.О.Зубарєв, Г.З. Венцкевич, А.В. Процеров, С.О. Сапожникова, А.С.Конторщиков, Ю.І. Чирков і ін.).

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 та жита (М.С. Кулик, Є.С. Уланова), ярої пшениці (О.В.Процеров, К. 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, В.М. Лічикакі); 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. Грудева, Т.А. Максименкова) та зрідженості посівів взимку (В.М. Лічикакі, В.О. Мойсейчик) Розробляються нові методи прогнозів термінів сівби озимих культур (В.П. Дмитренко, Л.К. Пятовська, І.Г. Грушка та ін.). В ці роки також починає розвиватись новий напрям розробки агрометеорологічних прогнозів на підставі фізико-математичного

моделювання (О.Д. Сиротенко, А.М. Польовий, Е.Г. Палагін, В.О. Мойсейчик).

Науковим підґрунтям методів агрометеорологічних прогнозів стали статистичні багатофакторні залежності та їх рівняння, які дозволяють розраховувати очікувані величини з будь-якою завчасністю. Ці залежності отримані на підставі аналізу агрометеорологічних умов вирощування сільськогосподарських культур впродовж тривалого часу (не менше 20 – 25 років), а також дослідних спостережень агро- та гідрометеорологічних станцій, дослідних ділянок державної сортової мережі і ін.

Всі існуючі методи агрометеорологічних прогнозів розділяються на дві групи: перша – імітаційно-модельні, друга – емпірико-статистичні. Особливо це стосується методів прогнозів врожаїв. Перша група методично більш правильно та фізично обґрунтовано відображує процес вирощування та формування врожаїв на протязі вегетаційного періоду культури та кінцевий результат цього процесу – врожай. На жаль, через складності процесів та чисельність компонент, які впливають на врожай, ця група методів не отримала поки що великого розвитку. Але на сьогоднішній день вже внесено багато уточнень та виконано велику кількість доробок імітаційних моделей і вони все ширше застосовуються в практиці агрометеорологічного обслуговування господарств та організацій.

Емпірико - статистичні методи досить широко використовуються і мають непогану справджуваність, тому що в них використовуються найважливіші фактори в житті рослин, які дуже часто визначають не тільки поточні умови вирощування, але багато в чому й майбутній стан рослин.

ЧАСТИНА 1

РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1 Терміни та їх визначення

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

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

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

Агрометеорологічні величини є неперервними (тобто ті, які в певних межах можуть набувати будь-яких значень) і дискретними (ті, які змінюються переривчасто. Наприклад: кількість рослин на 1м^2 і ін).

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

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

Агрометеорологічне забезпечення – це система оперативного надання споживачеві оперативної і режимної агрометеорологічної інформації, включаючи аналіз поточних та прогноз очікуваних

агрометеорологічних умов та їх вплив на стан, ріст, розвиток і формування врожайності сільськогосподарських культур та проведення основних агротехнічних і господарських заходів в рослинництві.

Агрометеорологічне забезпечення сільського господарства внаслідок значної залежності його від погодних умов є однією із основних задач гідрометеорологічної служби Міністерства природних ресурсів і екології України. Діяльність агрометеорологічного забезпечення направлена на допомогу по стійкому розвитку основних галузей сільського господарства, збільшенню виробництва сільськогосподарської продукції для забезпечення потреб населення, тваринництва та переробної промисловості. Воно засновується на широкому використанні даних спостережень державної мережі гідрометеорологічних станцій і постів, візуальних та інструментальних обстеженнях посівів, яке проводиться епізодично на великих площах та на використанні супутникової інформації.

Агрометеорологічна мережа – система пунктів агрометеорологічних спостережень, станцій, постів, засобів агрометеорологічних обстежень та ін., розташована за відповідними науковими засадами.

Агрометеорологічний огляд – опис агрометеорологічних умов за місяць, сезон, вегетаційний період, за холодний період, за сільськогосподарський рік і характеристика їх впливу на сільськогосподарське виробництво.

Агрометеорологічна оцінка – це якісна і кількісна оцінка, яка складається за допомогою системи науково-методичних заходів і яка дозволяє оцінити вплив агрометеорологічних умов, що склалися та очікуваних агрометеорологічних умов на стан, ріст, розвиток і формування продуктивності рослин на підставі знання біологічних особливостей рослин, їх потреби в умовах освітленості, зволоження, теплового режиму та мінерального живлення.

Агрометеорологічний прогноз – науково обґрунтоване передбачення впливу на стан і продуктивність сільськогосподарських рослин очікуваних агрометеорологічних умов або науково обґрунтоване передбачення чи імовірнісне судження про майбутній стан, продуктивність сільськогосподарських рослин та очікуваних агрометеорологічних умов.

Агрометеорологічні прогнози засновуються на знанні кількісних зв’язків агрометеорологічних умов попереднього періоду життєдіяльності рослин, ймовірності очікуваних агрометеорологічних умов, агро кліматичних та ґрунтових умов будь-якої території, а також біологічних та господарських особливостей самих рослин. Проміжок часу (у будь-яких одиницях) між складанням агрометеорологічного прогнозу і початком (або кінцем) прогнозованого агрометеорологічного явища чи стану називається *завчасністю* прогнозу. Завчасність агрометеорологічних прогнозів може

становити від 1 до 3 місяців. Довгострокові агрометеорологічні прогнози мають завчасність від 3 до 6 місяців [3, 87].

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

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

Агрометеорологічні щорічники – систематизована, науково обґрунтована збірка зведень агрометеорологічних умов вегетації, перезимівлі і реакції на них сільськогосподарських культур у певному році на відповідній території за даними гідрометеорологічних станцій, постів за окремими метеорологічними величинами за ростом і розвитком культур, вологістю грунту тощо. Щорічна офіційне друковане видання з питань агрометеорології різних грунтово - кліматичних зон України є складовою частиною агрометеорологічного кадастру, розраховане для використання в науковій та практичній роботі агрометеорологів, спеціалістів сільського господарства та інших галузей національної економіки.

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

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

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

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

Гідрометеорологічне забезпечення – діяльність органів Державної гідрометеорологічної служби Міністерства надзвичайних ситуацій, спрямована на обов'язкове й систематичне доведення гідрометеорологічної

інформації загального користування, а також термінової гідрометеорологічної інформації до органів державної влади, органів місцевого самоврядування та населення.

Гідрометеорологічне обслуговування – один із видів гідрометеорологічної діяльності, що вміщує надання користувачам за плату на договірних засадах гідрометеорологічної інформації та інших послуг. Поділяється на загальне та спеціальне.

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

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

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

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

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

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

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

Математичне моделювання – кількісне (математичне) описування емпіричних та напівемпіричних (або теоретичних) залежностей між агрометеорологічними умовами та ростом, розвитком і формуванням продуктивності сільськогосподарських культур.

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

Продуктивний процес – це гармонічна сукупність окремих взаємно пов'язаних процесів, із яких фундаментальними є фотосинтез, дихання та ріст, в ході яких відбувається формування врожаю.

Спостережна ділянка – спеціальна ділянка для регулярних агрометеорологічних спостережень на сільськогосподарських угіддях, що розташована на відстані не більше 10-12 км від метеорологічного майданчика гідрометеорологічної станції.

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

1.2 Зміст агрометеорологічного забезпечення

У сучасних умовах багато галузей економіки потребують прогнозів погоди або інших видів гідрометеорологічної інформації, які є важливим інформаційним фактором їх розвитку. Розвиток більшості галузей економіки потребує детального врахування кліматичних ресурсів. Сільське господарство, як один із основних секторів економіки України, потребує якісного агрометеорологічного забезпечення. Це дозволяє правильно оцінити необхідну для споживача інформацію: її об'єм, точність, критичні межі, форму її надання та інші параметри.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Сильні зливи влітку спричиняють полягання посівів сільськогосподарських культур.

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

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

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

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

а) посухи і суховії;

б) ґрунтова кірка, перезволоження та висушування ґрунту;

в) низька температура повітря в будь-який відрізок вегетаційного періоду;

г) заморозки в повітрі або на поверхні ґрунту у вегетаційний період;

д) мінімальна температура нижче критичної на глибині залягання вузла кущіння озимих культур та багаторічних трав;

є) льодяна кірка, високий сніговий покрив, снігопади, хуртовини;

ж) сильні дощі, зливи, град;

з) поява шкідників і хвороб.

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

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

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

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

Для виконання головного завдання агрометеорологічного забезпечення слід надати виробничим організаціям необхідну інформацію про основні характеристики агрометеорологічного режиму: кількість опадів, температуру та вологість повітря, температуру та вологість ґрунту, стан рослин залежно від погодних умов. Ці відомості використовують у виробництві. під час підготовки і використовування організаційних, агротехнічних, проектних та інших заходів для отримання максимально можливого врожаю в поточних умовах року.

1.3 Основні завдання та призначення агрометеорологічного забезпечення

Агрометеорологічне забезпечення землеробства здійснюють за програмою, яка визначає види, форми, регулярність, періодичність надання агрометеорологічної інформації, перелік споживачів тощо. Воно

започатковано в Україні після прийняття Раднаркомом УРСР у 1921 р. Декрету про організацію Української гідрометеорологічної служби.

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

- одержання високих та сталих урожаїв сільськогосподарських культур;
- зведення до мінімуму втрат урожаю від впливу несприятливих умов, а також під час його збирання, транспортування та зберігання.

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

- оцінювання агрометеорологічних умов (фактичних та очікуваних) з урахуванням спеціалізації сільськогосподарського виробництва (с. г.);
- агрокліматичне обґрунтування структури сільськогосподарського виробництва;
- агрокліматичне обґрунтування систем землеробства;
- підбір найпродуктивніших сортів;
- наукове обґрунтування структури посівних площ;
- раціональну систему обробітку ґрунту;
- ефективне використання мінеральних та органічних добрив;
- заходи боротьби з шкідниками та хворобами рослин та тварин;
- визначення відповідності вимог сільськогосподарських рослин та тварин кліматичним умовам даного району;
- обґрунтування раціонального використання кліматичних ресурсів;
- диференційоване застосування меліоративних та агротехнічних заходів;
- попередження про несприятливі для сільського господарства явища погоди.

Першочергове завдання агрометеорологічного забезпечення полягає у встановленні ступеня відповідності поточних та очікуваних умов потребам сільськогосподарських культур, а також можливих втрат від посух, суховіїв, заморозків, сильних морозів, льодяної кірки та інших несприятливих для сільського господарства явищ погоди. Невід'ємною частиною цієї інформації є аналіз агрометеорологічних даних як основних факторів, що визначають урожай.

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

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

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

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

- агрокліматичні ресурси основних районів землеробства України [8].

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

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

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

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

Спеціалізована гідрометеорологічна інформація – сукупність даних про фактичні та очікувані гідрометеорологічні умови і ступінь забруднення навколишнього природного середовища, отриманих шляхом стандартних та додаткових спостережень, які використовують для платного гідрометеорологічного обслуговування зацікавлених юридичних і фізичних осіб у обсягах і формах, що задовольняють їх потреби (Закон України "Про гідрометеорологічну діяльність", Постанова Кабінету Міністрів України "Про інформаційні послуги у сфері гідрометеорології). Це цільова інформація, отримана та узагальнена за спеціальними вимогами (замовленнями, у тому числі разовими), яка потребує додаткових витрат на її одержання, розробку спеціальних методів її узагальнення або проведення додаткових робіт з використанням нових методів аналізів, підготовки відповідних рекомендацій, оглядів, експертиз тощо.

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

Оперативне агрометеорологічне забезпечення стандартною інформацією регламентує Український гідрометеорологічний центр а також відповідні положення організацій, що залучені до агрометеорологічного забезпечення.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В усіх перерахованих документах обов'язково має бути відображено:

- територія, для якої надають відомості про погодні та агрометеорологічні умови, а також про фактичний та прогнозований стан сільськогосподарських культур тощо;
- конкретний вид інформації (продукції), її обсяг;
- засіб доведення (телеграф, телефон, кур'єр, пошта, електронна пошта, факс);
- деякі рекомендації щодо використання інформації. Обслуговування керівних органів державної влади, установ, відомств, організацій агрометеорологічною продукцією проводять за переліком.

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

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

Плани обласних організацій розглядається в УкрГМЦ і затверджує голова керівного органу гідрометеослужби.

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

обласному та районному рівнях – керівник обласної організації гідрометеослужби.

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

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

1.4 Стандартне та спеціалізоване агрометеорологічне забезпечення

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

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

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

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

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

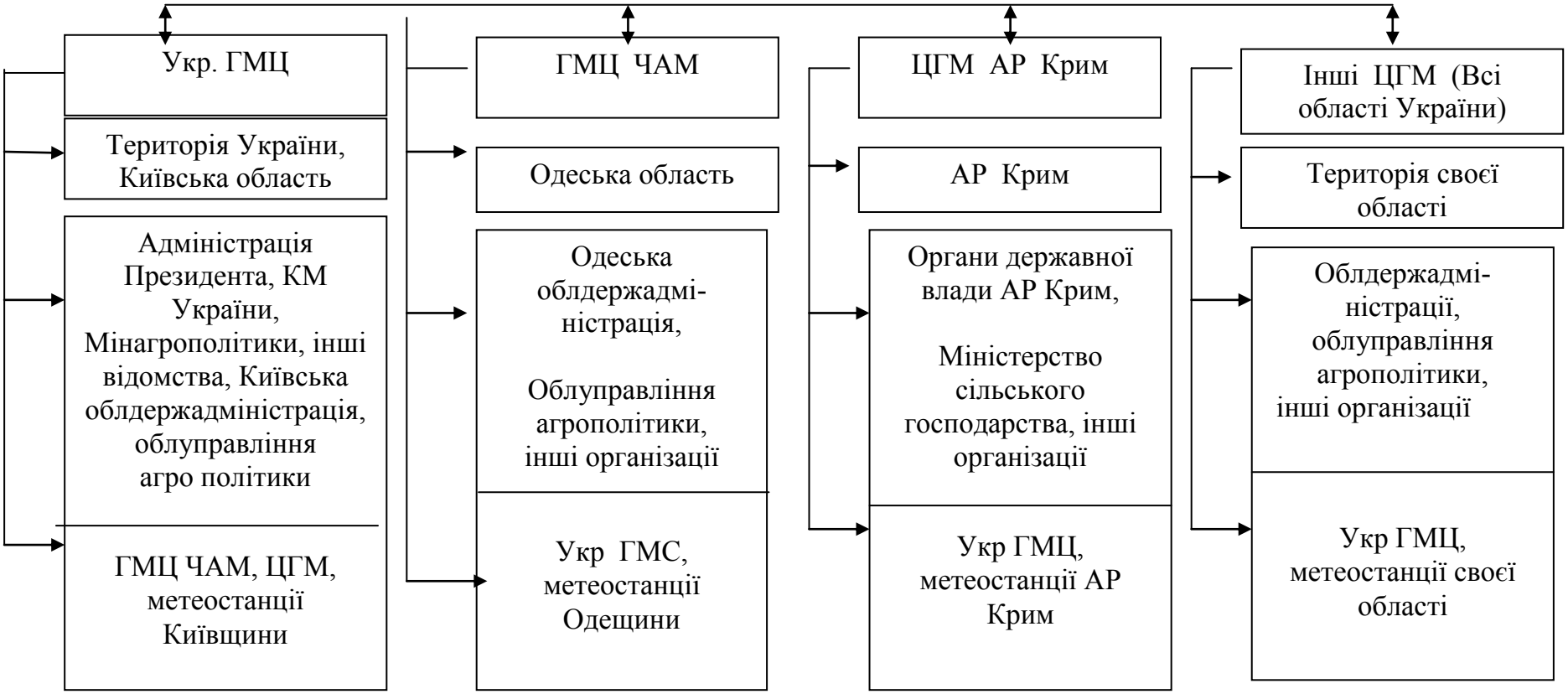


Рис. 1.1 – Блок “Агрометеорологія” (аналіз та прогнозування агрометеорологічних умов, стану і розвитку, врожайності та валового збору основних сільськогосподарських культур та обслуговування споживачів, підготовка режимно-довідкових матеріалів.

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

- не передавати без попередньої письмової згоди виконавця отриману інформацію іншим організаціям, підприємствам, а також приватним особам;
- під час надання споживачеві права на комерційне використання інформації обговорювати розмір та умови виплати власникові (організації гідрометеослужби) винагороди у вигляді фіксованої (або у % від прибутку) суми від кожного продажу;
- під час підготовки публікації, за умови використання отриманої від виконавця інформації, потрібно робити посилання на виконавця як організацію, звідки отримано інформацію.

Одночасно в договорах обумовлюють матеріальну відповідальність користувача за несанкціоновану передачу інформації третім особам. У випадках порушення обов'язків збоку замовника виконавець припиняє договірні відносини в односторонньому порядку.

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

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

Контрольні питання.

1. Які знаєте методи агрометеорологічних прогнозів?
2. В чому полягає зміст агрометеорологічного забезпечення?
3. Основні етапи розвитку агрометеорологічних прогнозів?
4. Суть стандартного агрометеорологічного забезпечення?
5. В чому полягає спеціалізоване агрометеорологічне забезпечення?
6. Яка схема підпорядкованості підприємств гідрометеорологічної служби?

РОЗДІЛ 2. ОПЕРАТИВНО-ПРОГНОСТИЧНА ТА РЕЖИМНО-ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ

2.1. Збирання, опрацювання та узагальнення даних спостережень

Агрометеорологічна інформація – це інформація про поточні та очікувані агрометеорологічні умови, яку готують організації гідрометеорологічної служби згідно з виробничими планами та запитами споживачів [3, 87]. Вона займає чільне місце в гідрометеорологічному забезпеченні сільськогосподарського виробництва.

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

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

Основою забезпечення є інформація, до якої входять дані спостереження:

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

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

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

Ґрунтові, агрохімічні та мікрокліматичні карти господарств, методики спостереження, оцінювання та прогнозу агрометеорологічних умов тощо.

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

Первинна інформація – дані спостереження за конкретний строк, отримані й узагальнені безпосередньо в пункті спостереження, а також

розраховані на її основі характеристики (середні, максимальні тощо) за певний термін (доба, пентада, декада, місяць, період, рік тощо).

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

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

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

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

Вторинну інформацію поділяють на оперативну, режимно-довідкову та режимну. Оперативна інформація - прогнози всіх видів, консультації, рекомендації, довідки про фактичні та очікувані гідрометеорологічні умови. До режимно-довідкової інформації зараховують узагальнені метеорологічні та агрометеорологічні дані за певний період.

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

Інформацію про зволоження ґрунту перед початком робіт на полях з різним агрофоном, попередниками і типами рельєфу використовують для обґрунтування структури посівних площ, строків посіву тощо. З цією ж

метою використовують інформацію про температуру ґрунту весною для визначення строків сівби теплолюбних культур.

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

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

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

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

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

Перетворення первинної інформації – основне та найважливіше завдання. Вивчаючи вимоги сільськогосподарських об'єктів до характеристик погоди і клімату, реакцію цих об'єктів на зміни погоди, за спеціальними методами і методичними вказівками проводять аналіз та узагальнення гідрометеорологічної та агрометеорологічної інформації. На цій основі можна отримати практичні висновки щодо технології виробництва в окремих галузях або виробництва в цілому відповідно до поточних або очікуваних умов погоди. Тобто перетворення інформації полягає в тому, щоб дані первинних спостережень відобразити в такій формі, яка дає змогу використати їх у сільському господарстві під час управління технологією виробництва сільськогосподарської продукції.

За часовим масштабом узагальнення інформацію поділяють на поточну та багаторічну [3, 87].

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

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

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

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

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

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

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

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

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

2.2 Види інформації

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

- фактична (поточна);
- інформація про:

а) поточний стан навколишнього природного середовища, гідрометеорологічний режим;

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

- прогностична – прогноз стану навколишнього природного середовища, гідрометеорологічного режиму та інших явищ, пов'язаних з ним;
- режимно-довідкова – посібники, довідники, атласи, довідки, консультації тощо.

Фактична то прогностична агрометеорологічна інформація є оперативною.

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

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

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

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

- проектні рішення, післядію яких відчувають протягом декількох років (обґрунтування раціонального розміщення і спеціалізації сільського господарсвта; територіальне районування сільськогосподарських культур та їх сортів; введення нових систем землеробства, створення гідрометеорологічних споруд та ін.);
- планові рішення поточного вегетаційного періоду (планування спостережень, визначення загальних потреб господарств у добривах, зрошувальній воді і в отрутохімікатах, складання сезонного графіка польових робіт тощо);
- оперативні рішення, пов'язані з управлінням технологічними процесами під час вегетації сільськогосподарських культур.

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

Ефективність прогнозів визначають якістю прогностичного забезпечення та стратегією споживача.

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

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

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

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

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

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

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

Споживач може дотримуватися таких стратегій:

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

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

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

г) споживач діє всупереч прогнозу.

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

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

- зрозумілість (дохідливість) споживачеві – корисність у вирішенні питань виробництва;
- достовірність – давати опис стану об'єктів спостережень із заданими показниками точності та надійності;
- цілеспрямованість – властивість інформації бути використаною під час формування рішень управлінських органів [3, 87].

Приклад.

За умов недостатнього зволоження, коли визначено економічні результати різних строків сівби (раннього, середнього та пізнього), можна обґрунтовувати економічно вигідний термін проведення роботи;своєчасність – здатність створювати запас часу, необхідного для реалізації ухваленого рішення з управлінням технології виробництва.

Цінність інформації збільшується залежно від завчасності її підготовки.

Крім опрацювання агрометеорологічної інформації, проводять розрахунки різних видів прогнозів.

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

2.3 Зміст та форми різних видів агрометеорологічної інформації

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

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

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

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

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

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

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

- запаси вологи у ґрунті;
- характеристики снігового покриву на полях;
- стан рослин та умови їх перезимівлі;
- причини та наслідки небезпечних явищ, тощо.

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

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

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

Основне призначення режимно-довідкової інформації та продукції систематизація фактичних даних про клімат у зв'язку з особливостями сільськогосподарського виробництва. Види цієї інформації та продукції дозволяють ефективніше використати резерви для підвищення продуктивності землеробства.

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

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

Існуючу режимно-довідкову інформацію поділяють на:

- інформацію, що регулярно складають, але не друкують. Вона містить первинні неузагальнені дані, які формують первинний фонд гідрометеорологічних даних (фонд інформації) у вигляді таблиць, книжок;
- режимно-довідкові видання, що містять узагальнену за рік або за багато років інформацію (агрометеорологічні щорічники, агрокліматичні довідники, матеріали з агрокліматичних ресурсів території, атласи, карти тощо.

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

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

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

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

Режимно-довідкова інформація. Багаторічні дані представляють велику цінність для виявлення ймовірності метеорологічних і агрометеорологічних явищ, їх застосовують для:

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

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

Агрокліматичне районування сприяє задоволенню потреб окремих галузей сільськогосподарського виробництва (садівництва, овочівництва, кормовиробництва, зрошуваного землеробства тощо) агрокліматичною інформацією. Часткове агрокліматичне районування передбачає науково обгрунтоване розміщення певних сільськогосподарських культур та їхніх сортів.

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

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

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

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

Використання гідрометеорологічної інформації в сільському господарстві наводиться в табл. 2.1

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

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

Епізодичними є спеціальні довідки, попередження та рекомендації.

Таблиця 2.1 – Використання гідрометеорологічної інформації в сільському господарстві

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

Продовження табл. 2.1

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

Продовження табл. 2.1

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

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

Агрометеорологічний декадний бюлетень – це основний оперативний інформаційний документ. Уперше був виданий у 1921 р. і з того часу є головним документом, в якому наведено характеристику агрометеорологічних умов за певний проміжок часу.

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

а) метеорологічні особливості декади;

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

в) особливості проведення агротехнічних заходів.

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

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

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

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

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

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

Для кожної з провідних сільськогосподарських культур аналізують темпи розвитку, проводять оцінювання їх стану. Якщо оцінка стану рослин у поточну декаду змінилася у порівнянні з минулою, відмічають головні причини цієї зміни.

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

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

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

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

Оцінювання відповідності поточних умов до потреб рослин дає змогу обґрунтувати доцільність посіву даної культури, регулювати тепловий і водний режим ґрунту, норми висіву, глибину загортання насіння, зміну густоти рослин під час вегетації рослин, уточнення доз добрив та інших

заходів і прийомів. Якщо спостерігаються надзвичайні умови (що знижують урожайність до 0 – 15 % від максимальної), необхідна зміна системи землеробства. Найбільший ефект можна одержати шляхом регулювання технології вирощування сільськогосподарських культур.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

У бюлетені наводять динаміку запасів продуктивної вологи грунту під основними культурами, оцінювання вологозабезпечення культур як якісне (сприятливі або несприятливі умови), так і кількісне (у відсотках від

польової вологоємності, від середньої багаторічної вологості, порівняно з минулим роком).

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

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

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

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

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

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

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

Під час заморозків слід надавати дані про мінімальну температуру на поверхні ґрунту, а весною додатково і на висоті 2 см; у жарку погоду, коли виникає загроза ушкодження або загибелі рослин від високих температур – про максимальну температуру. Зимою подають карти висоти снігового

покриву на останній день декади, на яких також відображають розподіл мінімальної температури повітря чи грунту.

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

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

Приклад агрометеорологічного бюлетеню, складеного за першу декаду вересня представлено агрометеорологічним відділом Дніпропетровського ГМЦ.

Дніпропетровський РЦГМ
11.09.2014 р. №05-07/231

МЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ ПЕРШОЇ ДЕКАДИ ВЕРЕСНЯ 2014 РОКУ

В першій декаді вересня на Дніпропетровщині утримувалась дуже тепла суха погода. Середньодобові температури повітря в більшості часу на 3-6° перевищували норму або були близькі до неї і знаходились в межах 17-25° тепла.

Сонячне сяйво до поверхні землі за декаду надходило протягом 83-98 годин при нормі 83-85 годин.

Температура. Середня декадна температура повітря виявилась на 2,5-4,0^{o} вищою за норму і становила по області 20-22° тепла. Максимальна температура повітря в окремі найтепліші дні на початку декади підвищувалась по області до 30-33° тепла. Поверхня ґрунту в цей час нагрівалась до 45-55° тепла. Мінімальна температура повітря по області в найхолодніші ночі в середині декади знижувалась до 9-14° тепла, майже такою вона була і на поверхні ґрунту. Середня декадна температура ґрунту на глибині 10 см становила 22-24° тепла. Температурний режим звітної декади виявився на 6-7° вищим за температурний режим відповідної декади минулого року.

За останні 50 років схожий температурний режим в першій декаді вересня на Дніпропетровщині спостерігався у 1977, 1982, 1994 та 2002 роках.

Опади на переважній частині області протягом декади були відсутні. Лише наприкінці декади на сході та місцями в центральних районах області відмічались невеликі дощі, кількістю 1 – 10 мм (7-65% декадної норми). У відповідній декаді минулого року сума опадів на переважній частині області складала 11-20 мм (75-135 % норми), на сході, північному заході та в центральних районах області випало 21-30 мм (140-200% норми). Менше всього опадів 7-10 мм (45-65% норми) випало в окремих районах на півдні та південному заході області.

Середня декадна відносна вологість повітря дорівнювала по області 45-55%, протягом 1-5 днів спостерігалось зниження її в денні години до 30% і нижче.

Вітер переважав північно-східний, помірний до сильного. Максимальна швидкість його за декаду не перевищувала 12-13 м/с, лише в м. Дніпропетровську протягом однієї доби швидкість вітру підсилювалась до небезпечних значень 15 м/с.

ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ НА СТАН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Станом на 10 вересня ефективного тепла вище +5°, +10° та +15° в середньому по області накопичилось:

Вище +5^{0}			Вище +10^{0}			Вище +15^{0}		
10.09.14р	Норма	10.09.13р	10.09.14р	Норма	10.09.13р	10.09.14р	Норма	10.09.13р
2352	2052	2354	1554	1209	1552	816	571	835

Внаслідок тривалої сухої погоди умови для посіву озимини по області склались малосприятливі.

Запаси продуктивної вологи орного шару ґрунту на 8 вересня на площах, призначених під посів озимої пшениці по різних попередниках були неоднорідні і становили: на сході області достатні - 13-21 мм, на переважній частині області недостатні та вичерпані 0-5 мм. Для забезпечення дружних сходів озимих зернових культур необхідні вологозапаси орного шару ґрунту 20-30 мм.

За даними сільськогосподарського управління на 10 вересня було посіяно 8% озимих зернових від запланованої площі. Оптимальні строки сівби на Дніпропетровщині припадають на 15-25 вересня.

САДИ

Впродовж декади продовжувалось збирання середньостиглих сортів яблук та груш. Стан плодових добрий.

ПОЛЬОВІ РОБОТИ

Господарства області продовжували збирання урожаю проса, гречки, соняшника, кукурудзи на зерно, плодових і овочевих культур, сівбу озимого ріпаку та розпочали сівбу озимих зернових культур. Погодні умови для проведення збиральних робіт були задовільні.

ГЛИБИНА ЗАЛЯГАННЯ ГРУНТОВИХ ВОД (см)

Назва станцій	10.09.2014	31.08.2014	Норма	Відхилення	
				за декаду	від норми
Губиниха	1165	1160	961	+5	+204
Павлоград	432	428	253	+4	+179
Чаплине	627	623	404	+4	+223
Комісарівка	2076	2077	2243	-1	-167
Нікополь	746	447	762	-1	-16
Кривий Ріг	2243	2244	2097	-1	+146

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

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

Агрометеорологічний огляд за сільськогосподарський рік.

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

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

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

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

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

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

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

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

Висновки вміщують оцінювання відповідності агрометеорологічних умов потребам сільськогосподарських культур упродовж вегетаційного

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

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

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

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

2.4 Агрометеорологічні прогнози

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

1. ***Фенологічні прогнози***: прогнози дат настання фаз розвитку сільськогосподарських культур, трав, плодових культур, оптимальних термінів початку весняних польових робіт і сівби ранніх ярих та пізніх теплолюбних культур, а також сівби озимих зернових культур.

2. ***Прогнози агрометеорологічних умов, що впливають на формування врожаю сільськогосподарських культур***, проведення робіт у землеробстві та тваринництві. До них зараховують прогнози запасів продуктивної вологи у ґрунті на початок весни, довгостроковий прогноз тепло забезпечення вегетаційного періоду, прогнози агрометеорологічних умов росту, розвитку та стану сільськогосподарських культур, прогнози та оцінки умов збирання сільськогосподарських культур, прогнози

оптимальних режимів зрошення, термінів і норм поливів, внесення добрив, прогнози полягання зернових культур, прогнози появи шкідників і хвороб, прогнози якості врожаю.

3. ***Прогнози врожайності та валового збору*** основних сільськогосподарських культур;

4. ***Прогнози стану озимих зернових культур*** та багаторічних трав на початок весни;

5. ***Зоометеорологічні прогнози*** стану та продуктивності сільськогосподарських тварин.

Методи агрометеорологічних прогнозів засновані на виявленні в процесі дослідження складних зв'язків між початковим та кінцевим станом явища чи процесу в системі «ґрунт – рослина – атмосфера», які зумовлені впливом великої кількості факторів. Для оцінки початкового стану системи, який визначає розвиток явища чи процесу та факторів, які впливають на їх кінцевий стан, із усього комплексу агрометеорологічних умов вибираються найбільш впливові та лімітуючи фактори в різні періоди вегетації сільськогосподарських культур. Згідно із законами мінімуму та лімітуючого фактору стан рослин, їх продуктивність визначається фактором, який має найменше значення за оптимальних інших умов. Ці фактори використовуються в якості головних предикторів, які впливають на прогнозовану змінну величину. Більшість агрометеорологічних прогнозів засновуються на кількісних залежностях прогнозованої змінної величини від стану пре дикторів на дату складання прогнозу та їх зміни в майбутньому. Достовірність початкової інформації значною мірою забезпечує якість прогнозу та його виправданість.

Найбільш значущими факторами є ті, що змінюються повільно і переважно визначають майбутні умови формування продуктивності рослин – *інерційні* фактори. *Інерційність* – властивість живого організму або стану середовища зберігати визначену інерцію та повільно реагувати на зміну навколишнього середовища. До таких факторів відносяться запаси продуктивної вологи на початок весни, суми температур, кількість рослин і стебел на одиницю площі, площа листя, висота рослин, кількість рослин озимих культур на початок весни тощо. В районах нестійкого та недостатнього зволоження важливим інерційним фактором є запаси продуктивної вологи в критичні періоди розвитку рослин, в районах достатнього зволоження – температура повітря і ґрунту тощо [87, 106].

Основними джерелами інформації для складання агрометеорологічних прогнозів є матеріали спостережень гідрометеорологічних станцій за метеорологічними та агрометеорологічними показниками, матеріали маршрутних досліджень тощо [3, 75, 87].

Не зважаючи на інтенсифікацію сільськогосподарського виробництва врожайність і валові збори сільськогосподарських культур коливаються із

року в рік. В умовах значних коливань валових зборів сільськогосподарських культур необхідний постійний оперативний моніторинг стану посівів в країні та оперативні прогнози урожайності. На разі прогнози урожайності і валового збору складаються по всіх основних зернових і технічних культур. Середня справджуваність більшості агрометеорологічних прогнозів становить від 85 до 97 %, однак в окремі роки і для окремих культур вона буває значно нижчою.

Контрольні питання.

1.*Які ви знаєте види гідрометеорологічної інформації?*
2.Як відбувається збирання інформації?
3.В чому полягає зміст оперативної інформації?
4. В чому полягає зміст режимної – довідкової агрометеорологічної інформації? оперативної інформації?
5.Яка форма різних видів оперативної інформації?
6. Які вимоги до агрометеорологічних бюлетенів?
7.З яких частин складається агрометеорологічний бюлетень?
8.Що характеризує річний агрометеорологічний огляд?
9.*Види агрометеорологічних прогнозів?*
10 Яка схема агрометеорологічного обслуговування організацій?

РОЗДІЛ 3. НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СКЛАДАННЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ОЦІНОК І ПРОГНОЗІВ

3.1 Наукові основи методів агрометеорологічних оцінок і прогнозів.

Кількісні агрометеорологічні оцінки і прогнози – це основний вид оперативного агрометеорологічного забезпечення сільського господарства.

Для складання агрометеорологічних оцінок і прогнозів необхідна інформація про агрометеорологічні величини, які входять до схеми оцінок або до прогностичної схеми.

В практиці агрометеологічного обслуговування сільськогосподарських організацій використовується велика кількість агрометеорологічних оцінок і прогнозів. Вони відрізняються методологічною основою, набором початкової інформації, масштабом території та технологією розрахунків. Існуючі методи агрометеорологічних прогнозів можна розділити на п'ять основних груп: фенологічні прогнози, прогнози агрометеорологічних умов, прогнози врожайності та валового збору зерна, прогнози стану озимих культур та багаторічних трав на початок весни, зоометеорологічні прогнози.

Агрометеорологічні прогнози – це прикладна область сільськогосподарської метеорології, яка вивчає закономірності розподілу та зміни в часі і просторі агрометеорологічних умов, які впливають на об'єкти і процеси сільськогосподарського виробництва та методи прогнозування цих умов.

Науковою базою агрометеорологічного прогнозування є фізіологічні основи життєдіяльності рослин, які проявляються через ріст, розвиток та формування продуктивності у взаємозв'язку з агрометеорологічними факторами [75, 82, 87].

Методи агрометеорологічних прогнозів засновуються на виявленні в процесі досліджень складних взаємозв'язків між початковим та кінцевим станом явищ або процесів в системі «ґрунт – рослина – атмосфера».

Для оцінки початкового стану системи, якій передує розвиток процесу, та факторів, які впливають на його кінцевий стан, вибираються найбільш впливові та лімітуючи фактори із всього комплексу агрометеорологічних умов на будь-якій території та в різні періоди розвитку рослин. Ці фактори використовуються як основні параметри, що впливають на прогнозовану величину. В основному методи агрометеорологічних прогнозів засновуються на кількісних залежностях прогнозованої величини від стану перемінних на дату прогнозування та їх зміни в наступному.

3.2 Статистичні, динаміко-статистичні та синоптико-статистичні методи оцінок і прогнозів

Складність проблеми прогнозування сприяла виникненню та розвитку декількох напрямів в методології агрометеорологічного прогнозування. Існуючі методи агрометеорологічних оцінок і прогнозів можна розділити три групи [78]:

1 – статистичні;

2 – динаміко – статистичні;

3 – синоптико – статистичні.

Статистичні методи. Для виявлення та аналізу кількісних зв'язків між прогнозованою величиною та осередненими за певний проміжок часу значеннями агрометеорологічних величин, показниками культури землеробства та показниками, які характеризують стан посівів, здійснюється пошук із застосуванням кореляційного та регресійного аналізу. Методи кореляційного та регресійного аналізу дозволяють вирішувати наступні задачі: вибирати моделі регресії, виконувати оцінку параметрів моделі методом найменших квадратів, проводити перевірку статистичних гіпотез про регресію. Ступінь зв'язку визначається коефіцієнтом кореляції, а зв'язок представлений рівняннями регресії різного типу – лінійними і нелінійними. Прогнозована величина може бути функцією однієї або декількох перемінних. Всі чисельні перемінні можна об'єднати у три групи: метеорологічні і агрометеорологічні показники, які характеризують умови вирощування культур, що пов'язані з погодою; фотометричні показники, які відображають стан сільськогосподарських культур агротехнічні показники, які характеризують рівень культури землеробства

1. *Метеорологічні і агрометеорологічні* показники в прогностичних схемах представлені умовами світлового режиму, умовами тепло- і вологозабезпечення та характеристиками, які відображають аномальні умови погоди. Відомості про радіаційний режим в статистичних моделях найчастіше представлені величинами сумарної сонячної радіації, тривалістю сонячного сяйва та величинами фотосинтетично активної радіації (ФАР).

Найпоширенішими показниками термічного режиму є середня температура повітря за будь-який період (міжфазний, декаду, місяць, за період сівби, вегетаційний, критичний і т. ін.), відхилення середньої температури від середніх багаторічних значень та максимальна і мінімальна температура . В якості теплозабезпечення використовуються суми активних або ефективних температур також за різні періоди розвитку і кількість днів з визначеною температурою.

В якості показника вологозабезпечення рослин найчастіше використовуються значення запасів продуктивної вологи в різних шарах на

визначену фазу розвитку рослин, за критичний період, на початок вегетації, середні значення за міжфазний період. Використовуються також суми опадів за міжфазні періоди, за декаду, місяць, сезон, вегетаційний період. Відносно часто використовуються в статистичних рівняннях значення дефіциту насичення повітря і відносної вологості повітря та деякі комплексні показники зволоження (ГТК Г.Т. Селянінова).

Вплив аномальних умов погоди на розвиток рослин і формування врожайності здійснюється через показники стресових температур, кількості днів зі стресовими температурами, тривалість періоду з запасами продуктивної вологи нижче 10 мм в орному шарі ґрунту, кількістю днів з відносною вологістю вище 80% та нижче 30% і т ін.

2. *Фітометричні показники* представлені різними характеристиками стану рослин на момент складання прогнозу чи оцінки: кількістю стебел на одиницю площі, висотою рослин, кількістю колосоносних стебел, кількістю колосків у колосі, індексом площі листя і ін. Стан посівів після перезимівлі характеризується кількісною характеристикою зрідженості посівів на одиницю площі (кількість живих, пошкоджених і загиблих рослин).

3. *Агротехнічні показники* враховуються через характеристики, які тою чи іншою мірою відображають рівень культури землеробства. Ці показники досить складно використовувати при складанні прогнозів Найчастіше використовуються сортові ознаки культур, їх попередники, типи ґрунтів, кількість внесених добрив, відсотки площі культур, посіяних по чорному пару і т. ін. Для того, щоб урахувати комплекс агротехнічних показників використовуються осереднені величини, за допомогою яких відображається культура землеробства, це – середня врожайність культур за який-небудь попередній період, різниця між врожаями суміжних років, урожайність попереднього року, використання років – аналогів, відношення врожайності поточного року до попереднього, або до максимального, середня динамічна величина за п’ять або десять років.

В статистичному напрямі агрометеорологічного прогнозування розроблена велика кількість прогнозів, які дозволяють оцінювати прогнозовані величини майбутніх урожаїв. Більшість статистичних методів агрометеорологічних прогнозів розроблено з використанням інтегрально-інерційних показників. Завчасність таких прогнозів становить від 1 до 3 місяців.

Динаміко – статистичні методи прогнозів засновуються на використанні математичних моделей «погода – врожай». Динаміко-статистичні моделі – це математичні моделі, в яких сформульовані причинно-наслідкові зв’язки процесів енерго- і масообміну рослин з навколишнім середовищем. Основу динаміко-статистичних моделей продуктивного процесу становить математичне описування механізмів

біохімічних процесів, які проходять впродовж визначеного часу в системі «ґрунт – рослина – атмосфера».

Основною задачею математичних моделей є вибір якомога більшої кількості основних величин, які найбільшою мірою впливають на прогнозовану величину, та математичне описування процесів, які характеризують зміну енергії і маси в системі «ґрунт – рослина – атмосфера». Рішення цієї задачі сприяли створенню динаміко-статистичних моделей, які описують формування продуктивності агрофітоценозів. Розроблена велика кількість моделей продуктивності сільськогосподарських культур. Деякі з них використовуються для агрометеорологічного прогнозування [6, 77].

Відповідно до сучасних уявлень, продуктивність агроекосистем визначається процесами енерго- і масообміну між рослинним покривом і навколишнім середовищем. При цьому посів розглядається як центральна ланка системи «ґрунт – рослина – атмосфера» і моделюється як біохімічна машина, що засвоює з навколишнього середовища енергію і необхідні субстрати та створює органічні речовини. Відповідна математична структура представляється у вигляді двох пов'язаних між собою систем рівнянь:

1) фізичної, яка описує, процеси перенесення речовини й енергії в атмосферному і ґрунтовому середовищах, а також процеси перенесення води через рослини;

2) біологічної, яка описує визначальні процеси асиміляції і дисиміляції вуглекислоти, динаміку фітомаси й архітектоніку фітоценозу в онтогенезі рослин.

Перша системи рівнянь задає умови роботи фотосинтезуючої системи, а друга – еволюцію стану цієї системи в ході розвитку рослин.

В основу побудови моделей покладено опис механізмів явища, тобто тих теоретичних уявлень про процеси, які відбуваються у природі, що склалися за всю попередню історію природознавства. Саме тому, що теорія являє собою відфільтрований і очищений від непотрібних деталей досвід усього попереднього періоду складання моделей, динамічні моделі забезпечують якісно нову ступінь у розумінні суті описуваних процесів, дозволяють глибоко аналізувати наслідки, викликані сукупністю зовнішніх впливів на агроекосистеми.

Ключовим моментом розробки динаміко-статистичних моделей є створення теоретичних моделей продуктивності сільськогосподарських культур для побудови комплексної моделі формування кількості та якості врожаю. Структури моделей визначаються метою, рівнем знань про вплив навколишнього середовища на головні фізіологічні процеси.

Динаміко-статистичні моделі мають вигляд диференційних рівнянь, за допомогою яких розраховуються всі характеристики і параметри системи «ґрунт – рослина – атмосфера» в процесі розвитку рослин. Є

короткоперіодні моделі, які описують добовий хід динаміки складових продуктивності рослин та довгоперіодні, які описують продуційний процес впродовж вегетаційного періоду з добовим або декадним кроком за часом.

Методологія динаміко - статистичного прогнозування засновується на моделюванні впливу агрометеорологічних умов на фотосинтетичну продуктивність посівів, дослідженні закономірностей часових рядків урожаїв, синтезі статистичного і динамічного підходів [Польовий А.М, Сиротенко О.Д., 1983].

Визначене коло задач, які вирішуються за допомогою динаміко статистичних моделей. Насамперед – це оцінка агрометеорологічних умов вирощування та прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур. Рішення цих задач вимагає створення базової моделі формування врожаю, розробку методів визначення параметрів моделі, які засновуються на загальних закономірностях біологічних процесів та застосуванні наявної агрометеорологічної інформації.

Динаміко-статистичні моделі продуктивності, які адекватно описують вплив агрометеорологічних умов на формування кількості і якості врожаю, дозволили розробити теоретичні основи прогнозування.

Застосування динаміко-статистичних моделей в агрометеорологічному прогнозуванні врожаїв сільськогосподарських культур викладено у п’ятому розділі [82, 87].

Синоптико- статистичні методи агрометеорологічних прогнозів. Цей напрям агрометеорологічного прогнозування почав розвиватись у зв’язку з необхідністю раннього прогнозування з великою завчасністю очікуваних урожаїв сільськогосподарських культур.

Синоптико-статистичні методи агрометеорологічного прогнозування засновуються на використанні математичних моделей, які створені в результаті досліджень особливостей циркуляції атмосфери в різні періоди року та на встановленні кількісних зв’язків між характеристиками циркуляційного режиму і продуктивністю сільськогосподарських культур. Основні дослідження виконані Пасовим В.М., ним же і запропонований синоптико-статистичний метод прогнозу врожаїв ярих культур. Базовим положенням цього прогнозу є гіпотеза про те, що існує певний зв'язок урожайності з циркуляційним режимом над Північною півкулею. Синоптико-статистичний метод дозволяє прогнозувати урожайність ярих культур до сівби, тобто в березні місяці, тобто завчасність прогнозу становить 5 – 6 місяців [82, 87].

Методика прогнозу засновується на кількісній оцінці Атлантичного та Тихоокеанського синоптичних гребенів, а також циркуляційного вихору та його улоговини з грудня по лютий місяць.

3.3 Мінливість урожаїв сільськогосподарських 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 управлінням 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 посідають перше місце. Це – яра пшениця, ярий ячмінь, овес, кукурудза, гречка, просо, рис та ін. 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 урожайності щорічно. Вивченню динаміки врожаїв, виявленню основних агрометеорологічних факторів і показників стану рослин, а також створенню методів прогнозів врожайності ярих культур присвячені роботи А.І. Маннеля,І.В. Свісюка, В.П. Дмитренка, А.М. Польового, М.І. Гойси ,В.М. Пасова, М.С. Кулика, К.В. Кирилічевої, А.В. Процерова та багатьох інших авторів [20, 39, 54, 72, 87, 92].

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, поділяється 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 спричиняє плавну мінливість врожаїв, та що ця мінливість підлягає цілком визначеному закону. Це дозволяє апроксимувати зміну врожайності з часом будь-якою формою залежності (пряма, парабола і ін.). Питання вибору виду кривої тренда досліджувались в роботах А. Маннеля, В.М. Обухова, В.М. Пасова, І.В. Свісюка та ін. [54, 92].

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.

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.

$$\sigma^2 = \sigma_a^2 + \sigma_m^2 \tag{3.1}$$

$$\sigma_m^2 = \sigma^2 - \sigma_a^2 \tag{3.2}$$

Розрахунок величини σ^2 виконується за формулою:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(y_i - \bar{y}\right)^2}{n-1}, \tag{3.3}$$

$$\sigma_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\tilde{o}_з - \bar{o}\right)^2}{n-1}, \tag{3.4}$$

$$\sigma_m^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(ó_з - \bar{o}\right)^2 - \sum_{i=1}^{n}\left(\tilde{o}_з - \bar{o}\right)^2}{n-1}, \tag{3.5}$$

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 $C_б$:

$$C_б = \sigma / \bar{y} \qquad (3.6)$$

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

$$C_m = \frac{1}{ó}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(ó_з - \bar{ó}\right)^2 - \sum_{i=1}^{n}\left(\tilde{ó}_з - \bar{ó}\right)^2}{n-1}} \qquad (3.7)$$

Величина стандартної похибки коефіцієнту варіації m_{cm} розраховується за формулою

$$m_{cm} = C_{б,m} / \sqrt{2n}, \qquad (3.8)$$

де n – тривалість періоду (роки).

За величиною коефіцієнта варіації виділені градації мінливості врожаїв зернових культур:

- менше 0,20 – незначна мінливість урожайності;
- 0,21 – 0,30 – помірна мінливість урожайності;
- 0,31 – 0,40 – висока мінливість урожайності;
- більше 0,40 дуже висока мінливість урожайності.

Значення $C_{б,m}$ 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

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 агрометеорологічних 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 сільськогосподарської продукції.

3.4 Оцінка справджуваності прогнозів урожайності

На разі в мережі української гідрометеорологічної служби оцінка справджуваності агрометеорологічних прогнозів виконується за формулою відносної похибки [87].

$$P = | U_p - U_ф / U_ф | 100\% \quad , \qquad (3.23)$$

де P – відносна похибка агрометеорологічних прогнозів, %;

U_p – прогнозована величина врожаю;

$U_ф$ – фактична величина врожаю.

Справджуваність прогнозу розраховується як 100 – P. Якість агрометеорологічних прогнозів оцінюється за шкалою: справждуваність більше 91 % – 5 балів; 90 – 81 % – 4 бали; 80 – 70 – 3 бали; менше 70 % – 0 балів, прогноз не виправдався. За виразом 3.23 розраховується справджуваність прогнозів для окремих культур. Для оцінки справджуваності прогнозів валових зборів урожаїв сільськогосподарських культур використовується величина відхилення від середнього значення прогнозованої величини.

Якщо абсолютна похибка $(U_p - U_ф)$ більше фактичної величини врожаю, то для оцінки прогнозу використовується формула

$$P = | U_p - U_ф / (U_ф - Uc_ф) | 100\% \quad , \qquad (3.24)$$

де $Uc_ф$ – середнє значення фактичної величини за останні п’ять років.

Для оцінки справджуваності прогнозів дат настання фаз розвитку сільськогосподарських культур використовується відхилення

розрахованої дати від фактичної. Прогноз вважається виправданим, якщо різниця між прогнозованою датою настання фази розвитку і фактичною не перевищує ± 2 дні.

При розробці нових методів прогнозів та їх впровадженні у виробництво використовується інший підхід до справджуваності прогнозів. Нові методи оцінюються шляхом порівняння отриманих значень прогнозованих величин з фактичними значеннями. При цьому враховується точність розрахунків і розміри території, на якій можна буде використовувати запропонований метод. Висновки щодо якості методу прогнозу визначаються за двома критеріями: справджуваність методу прогнозу ($\acute{Y}$) та його похибка ($P_м$).

Справджуваність методу прогнозу визначається з формули

$$\acute{Y} = n/N \cdot 100 \quad , \qquad (3.25)$$

де n – кількість виправданих прогнозів;

N – кількість усіх прогнозів, складених за даним методом.

Якщо прогноз складається із завчасністю два місяці, то похибка елементу розраховується як величина, що становить σ = 0,67, якщо завчасність прогнозу більше двох місяців, але менше чотирьох – σ = 0,8, при завчасності прогнозу більше чотирьох місяців При цьому розраховується за формулою

$$\acute{Y} = \sqrt{\sum(y_i - y_{cp})^2 / n - 1} \, , \qquad (3.26)$$

де $\sum(y_i - y_{cp})^2$ – сума квадратів різниці значень елемента за кожен рік та середнього багаторічного його значення;

n – кількість випадків

Похибка методу ($P_м$) розраховується як виражена у відсотках середня відносна похибка виправданих прогнозів

$$P_м = \sum P_i / n \quad , \qquad (3.27)$$

де P_i – відносна похибка у відсотках виправданого прогнозу, яка розраховується за формулою (3.23).

Висновки про можливість використання методу для оперативного гідрометеорологічного обслуговування складаються на підставі випробовувань впродовж 5 – 7 років.

Контрольні питання.

1. В чому полягає наукова база агрометеорологічних прогнозів?

2.Як вибираються фактори для оцінки початкового стану системи?
3. Що є основою статистичних методів агрометеорологічних прогнозів?
4.Що є основою динаміко-статистичних методів агрометеорологічних прогнозів?
5.Які показники використовуються в статистичних методах агрометеорологічних прогнозів?
6.Як оцінюється мінливість урожаїв сільськогосподарських культур в часі та просторі?
7.Які ви знаєте методи розрахунку трендів?
8.Як складається оцінка справджуваності агрометеорологічних прогнозів?
9. З якою завчасністю прогнозується урожай при використанні синоптико-статистичного методу?
10. Що є основою синоптико-статистичного методу?

ЧАСТИНА 2

РОЗДІЛ 4. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПРОГНОЗІВ

4.1 Фенологічні прогнози

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

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

Фенологічний прогноз – це передбачення настання сезонних явищ та процесів в житті рослин, основане на статистичних розрахунках.

Прогнози дат настання фаз розвитку сільськогосподарських культур є важливою та невід'ємною частиною агрометеорологічного обслуговування сільського господарства [3, 27, 46, 50, 57, 83, 87, 92, 96].

Фази розвитку рослин – це послідовні етапи розвитку рослини від проростання насіння до дозрівання та відмирання організму.

Прогнози дат настання фаз розвитку складаються як самостійно, так і можуть бути складовою частиною багатьох інших прогнозів, де необхідно виконувати оцінку агрометеорологічних умов по міжфазних періодах розвитку сільськогосподарських культур [76, 87].

4.1.1 Наукові основи методів фенологічних прогнозів

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

Багатьма дослідженнями [2, 7, 8, 13, 14, 17, 32, 34 – 41] встановлено, що швидкість розвитку рослин найчастіше визначається ходом термічного режиму. Слід відрізняти поняття "ріст рослин" та " розвиток рослин". Ріст

рослин – це збільшення маси рослин незалежно від того, внаслідок розвитку яких органів це збільшення відбулось.

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

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

Швидкість настання більшості фаз розвитку рослин (тобто появи нових морфологічних ознак) значною мірою залежить від температури навколишнього середовища. Ще Т.Д. Лисенко [3] встановив, що:

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

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

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

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

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

$$N = \frac{A}{(t - B)} \quad , \qquad (4.1)$$

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

B – біологічний нуль розвитку рослини в певній фазі, °C;

A – постійна сума температур, необхідна для настання цієї фази, підрахована від значення B, ° C.

При складанні прогнозів дат настання фаз розвитку сільськогосподарських культур необхідно знати постійні суми температур вищих від біологічного нуля, які необхідні для настання визначених фаз розвитку та значення біологічного нуля.

Рослини, біологічні особливості яких складалися з далекого минулого під постійним впливом клімату, починають розвиток за одних і тих же значень біологічного нуля. Так, дерева, чагарники, трави та більшість польових культур помірного клімату починають та закінчують розвиток при температурі 5 °С. Тому О.О. Шиголев запропонував вважати температуру 5 °С за біологічний нуль усіх холодостійких рослин помірного клімату. О.О. Шиголев [3, 75], використовуючи формулу

Т.Д. Лисенко, запропонував розраховувати очікувані дати настання фаз розвитку за формулою

$$D = D_1 + \frac{A}{(t - B)} \quad , \qquad (4.2)$$

де D – очікуваний термін настання наступної фази, дні;

D_1 – дата настання попередньої фази розвитку;

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

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

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

$$D = D_1 + \frac{A - \Sigma t}{(t - B)} \quad , \qquad (4.3)$$

де D_1 – дата розрахунку фази розвитку;

Σt – сума ефективних температур, що накопичилась за час від дати настання попередньої фази до дати складання прогнозу.

При складанні прогнозів дат настання фаз розвитку сільськогосподарських культур слід пам’ятати, що при високій температурі повітря відхилення розрахованої дати від фактичної менше, ніж при низькій температурі. Це свідчить про те, що в періоди з високими температурами прогнози фаз розвитку можна складати з більшою завчасністю [3].

Л.М. Бабушкін [87] запропонував формулу для розрахунку швидкості розвитку рослин

$$\frac{1}{N} = t - \frac{B}{A} \, , \qquad (4.4)$$

де $1/N$ – середня швидкість розвитку рослин. Інші позначки у формулі ті ж, що у формулі (4.2).

Розрахунок дат початку фаз розвитку рослин за значеннями сум ефективних температур дає дуже добрі результати у випадках, коли запаси продуктивної вологи у ґрунті не досягають критичних значень, а температури повітря не дуже високі. Високі температури (вищі від оптимальних) не прискорюють розвиток рослин, і якщо розраховувати дати настання за такими температурами, то помилка збільшується, тому що міжфазний період за розрахунками буде значно коротший від фактичного. Такі випадки трапляються найчастіше у південних районах. Тому продовжують розроблятись методи розрахунку дат настання фаз

розвитку не тільки з використанням значень температури повітря, а і з використанням значень запасів продуктивної вологи, тривалості дня та ін.

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

4.1.2 Прогнози дат настання фаз розвитку зернових культур

Озима пшениця. Після відновлення вегетації навесні на розвиток озимих культур впливають не тільки температурні умови та зволоження ґрунту, але і умови проходження світлової фази. Тому постійні суми ефективних температур за міжфазні періоди встановити досить складно, тим більше, що зміна сортів відбувається інтенсивно і різниця у вимогах до температури повітря досить суттєва. О.О. Шиголевим були встановлені середні багаторічні суми ефективних температур від відновлення вегетації до виходу у трубку (табл. 4.1), але надійним показником вони не можуть бути у зв'язку з вищевказаними причинами.

Після виходу у трубку швидкість настання подальших фаз розвитку рослин залежить головним чином від температури повітря. Тому для настання фаз колосіння та воскової стиглості були встановлені постійні суми ефективних температур для більшості сортів озимого жита та озимої пшениці. Для для більшості сортів озимої пшениці О.О. Шиголев запропонував від виходу у трубку до колосіння – 330° С; від колосіння до воскової стиглості – 490° С; від виходу у трубку до воскової стиглості – 820° С. Для сортів Безоста 1 та Миронівська 808 від виходу у трубку до колосіння необхідна сума ефективних температур 312 °С; від колосіння до воскової стиглості – 445 °С; від виходу у трубку до воскової стиглості – 757 °С. Суми ефективних температур від колосіння до цвітіння для озимої пшениці не встановлені, оскільки цвітіння відбувається відразу ж після колосіння.

Розрахунок очікуваних фаз розвитку озимих зернових культур починається після масового настання попередньої фази розвитку. За кожен день підсумовується ефективна температура і день, коли набереться необхідна сума температур вважається днем настання очікуваної фази розвитку. Температура повітря для розрахунків визначається із синоптичного прогнозу погоди.

Повна стиглість озимої пшениці – це чисто фізичний процес просихання зерна і він залежить від температури повітря. Встановлено, що повна стиглість озимої пшениці настає через 10 – 12 днів після воскової стиглості.

Таблиця 4.1– Суми ефективних температур, необхідні для періодів репродуктивного розвитку зернових культур (за О.О. Шиголевим)

Міжфазний період	Сума ефективних температур ºС, необхідна для настання фаз розвитку						
	оз.пшениці	оз.жита	ярої пшениці	яр.ячменю	вівса	проса	гречки
Сівба – сходи	67	52	67	67	67	150	75
Сходи – кущіння	67	67	67	67	67	–	–
Сівба – воскова стиглість			1000(р) 1100 (с) 1200 (п)				
Сходи - викидання волоті						600	-
Сходи-початок цвітіння							275
Відновлення вегетації – вихід у трубку:							
у південно-східних районах	100-150	100-150					
у західних районах	50	50					
Вихід у трубку (викидання волоті)– колосіння	330(для сортів Миронівська 808 та Безоста 1) 312	183	283-305(р) 330-355(с) 375-400(п)	330	378		
Вихід у трубку – воскова стиглість	(ті ж сорти) 757	-	-	-	-	-	-
Колосіння – молочна стиглість	230	319	230	–	–	–	–
Колосіння (цвітіння гречки) – воскова стиглість	490	544	490(м)	388	428	-	470
Молочна стиглість – воскова стиглість	260	225	260(м) 310(т)				
Викидання волоті – повна стиглість						440	

Примітка: р – ранньостиглі сорти; с – середньостиглі сорти; п – пізньостиглі сорти; м – м’які сорти; т – тверді сорти.

Приклад. Розрахувати дату воскової стиглості озимої пшениці сорту Безоста 1 на ст. Фастів Київської області. Розрахунки в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Приклад розрахунку дат настання воскової стиглості озимої пшениці .Станція Фастів, сорт Безоста 1

Дата колосіння	Температура повітря							Сума ефективних температур	Очікувана дата воскової стиглості
	травень	червень			липень				
	3	1	2	3	1	2	3		
20.V	13,5	16,7	16,9	19,3	19,0	20,1	21,1	490	28,06

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

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

О.О. Шиголевим встановлено [3, 76, 87], що від сівби до сходів та від сходів до кущіння ярих культур, як і для озимих, необхідна сума ефективних температур 67° С. У подальшому розвитку культур ці суми вже значно відрізняються (табл. 4.1).

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

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

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

Таким же чином розраховуються очікувані дати настання фаз розвитку ячменю та вівса. Суми ефективних температур по міжфазних періодах визначаються з табл. 4.1.

Якщо терміни сівби зернових культур були тривалими (більше 20 днів), то і терміни воскової стиглості теж будуть тривалими. У такому випадку для прогнозу дат настання фази воскової стиглості по території використовуються матеріали статистичного управління про розміри площ за кожен тиждень сівби. Якщо ж для сівби використовувалось насіння сортів різних,за скоростиглістю, то також необхідні розміри площ з цими сортами. Очікувані терміни настання воскової стиглості розраховуються від дати сівби кожного терміну за сумами ефективних температур.

Ці дані наносяться на карту території, для якої виконуються розрахунки. На схематичну карту наносяться терміни сівби, розміри засіяної площі , а потім розраховані дати настання воскової стиглості. Очікувані терміни настання воскової стиглості підраховуються окремо для кожного терміну сівби, потім узагальнюються.

Приклад. Розрахувати дати настання воскової стиглості ярої пшениці скоростиглого сорту, посіяної в різні терміни для Київської області за сумами ефективних температур, розрахунок яких наводиться в табл. 4.3 та 4.4. Дата складання прогнозу 25 червня. Дата колосіння 24 червня. До дати колосіння від дати сівби для розрахунку використовувались фактичні значення температури повітря. Після 25 червня – за прогнозом погоди (табл. 4.4). Після розрахунків дати воскової стиглості складаються карти настання цієї дати на кожен термін сівби (рис. 4.1). Площі полів з настанням воскової стиглості визначаються з карт, які складаються після проведення сівби. Карти з розмірами засіяної площі складаються для всіх термінів сівби до 5 травня.

Таблиця 4.3 Сівба ярої пшениці у Київській області

Район	Терміни сівби				
Київська обл.	до 30.квітня	1- 6 травня	7 – 13 травня	14 – 20 травня	Всього
Відсоток засіяної площі,%	10	32	72	100	747,7 тис.га
Очікувана дата воскової стиглості					
	20 липня	31 липня	5 серпня	10 серпня	

Таблиця 4.4 – Розрахунок сум ефективних температур

Показники	Декади вегетаційного періоду											
	квітня	травень			червень			липень			серпень	
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Середня температура повітря, °С	10,3	11,1	12,2	16,0	21,5	20,4						

Продовження табл.4.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
фактична												
Очікувана за прогнозом							21,2	21,2	21,0	18,6	16,8	12,9
Сума ефективних температур за декаду, °С	53	66	79	110	165	154	162	162	160	150	118	79
Сума ефективних температур наростаючим підсумком,°С	53	113	192	302	467	621	783	945	1105	1255	1373	1452

Рис. 4.1 – Очікувані дати настання воскової стиглості середньостиглих сортів ярої пшениці та площі під нею засіяні до 6 – 12 травня.

З рис. 4.1 встановлюється, що пшениця, посіяна до 30 травня, досягне воскової стиглості на більшості території районів до 20 липня і площа з таким станом рослин становитиме 8,1 тис.га. Потім за іншими картами підраховуються розміри площі з термінами сівби до 10 травня і т.д. Розрахунки виконуються в робочій табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Площі ярої пшениці (тис.га), на яких очікується настання фази воскової стиглості

№п/п	Дата сівби	Всього посіяно тис.га	Дата воскової стиглості			
			20 липня	1 серпня	6 серпня	11 серпня
1	До 30 квітня	45,7	8,1	22,1	9,3	6,2
2	30.IV – 6.V	109,4	-	51,8	37,0	20,6
3	6 – 12.V	329,3	-	-	120,7	208,6
4	12 – 18.V	263,3	-	-	-	263,3
5	Сума	747,7	8,1	73,9	167,0	498,7
6	% посівної площі		1	10	23	66
7	Наростаючим підсумком (тис.га)	-	8,1	82,0	249	747,7
8	% наростаючим підсумком	-	1	11	34	100

Контрольні питання.

1. Дайте визначення фенологічного прогнозу.
2. Що є основою фенологічних прогнозів?
3. Які суми ефективних температур необхідні для появи сходів зернових культур?
4.Які прогнози складаються для озимих і ярих зернових культур?
5.Як складаються обласні карти строків сівби ярих зернових культур?
6. Як розраховується дата воскової стиглості озимої пшениці?
7. Як визначається очікувана температура повітря?
8. Як розраховується середня температура повітря за міжфазний період?

4.1.3 Прогнози дат настання фаз розвитку кукурудзи

Прогноз дати настання фази викидання волоті. Пізні ярі культури (просо, гречка, кукурудза, рис, овочеві) – це теплолюбні культури. Нестача тепла призводить до того, що культури не визрівають. Крім того, пізні весняні та ранні осінні заморозки спричиняють пошкодження цих культур.

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

Методи прогнозів дат настання фаз розвитку кукурудзи розроблені Ю.І. Чирковим [87, 99, 114, 115], які грунтуються на зв'язку темпів розвитку кукурудзи з термічним режимом. Найчастіше у виробництві для кукурудзи розраховуються прогнози дат настання викидання волоті, молочної та воскової стиглості. Ю.І. Чирковим встановлено, що різні за скоростиглістю сорти кукурудзи потребують різної кількості тепла за вегетаційний період, яка виражається сумами ефективних температур вище 10 °С.

Між кількістю листків, що утворюються на стеблі кукурудзи від сходів до викидання волоті, та сумою температур (вищих за 10 °С) за період утворення цих листків існує тісний зв’язок. Кількість листків на головній стеблині у кукурудзи є ознакою скоростиглості сорту (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Кількість листків у сортів та гібридів кукурудзи різної скоростиглості (за Ю.І. Чирковим)

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

Середня сума ефективних температур за один міжлистковий період становить 30° ± 2 °С. Тривалість періоду утворення листків у кукурудзи розраховується за рівнянням

$$n = \frac{30(N+1)}{C(t-10)}, \qquad (4.5)$$

де *n* – тривалість періоду;

N – кількість міжлисткових періодів;

t – середня температура періоду;

C – поправковий коефіцієнт, який визначається з табл. 4.7.

Дослідженнями Ю.І. Чиркова [114] встановлено, що оптимальною температурою для розвитку кукурудзи у період від 3-го листка до викидання волоті є температура 20 – 24 °С. Більш висока температура не сприяє прискоренню розвитку, а тільки збільшує розміри «баластних» температур, тобто температур, які не прискорюють розвиток рослин навіть в умовах високої забезпеченості вологою.

Таблиця 4.7 – Залежність поправкового коефіцієнта (С) від середньої температури повітря ($t_{сер}$) (за Ю.І. Чирковим)

$t_{сер}$ ^{0}С	С	$t_{сер}$ ^{0}С	С
20	1.00	24	0.90
21	0.98	25	0.87
22	0.96	26	0.84
23	0.93	27	0.80

Суми ефективних температур від різних етапів розвитку кукурудзи до дати настання фази викидання волоті, розраховані Ю.І. Чирковим починаючи з утворення будь-якого листка, представлені в (табл. 4.8).

Таблиця 4.8 – Сума ефективних температур (ºС), необхідна для настання фази викидання волоті з врахуванням появи листків (за Ю.І. Чирковим)

Період розвитку	Сорт		
	Пізньостиглий	середньостиглий	середньоранньо-стиглий
3-й лист – викидання волоті	540	480	420
5-й лист – викидання волоті	480	420	360
7-й лист – викидання волоті	420	360	300
9-й лист – викидання волоті	360	300	240
11-й лист – викидання волоті	300	240	180
13-й лист – викидання волоті	240	180	120
15-й лист – викидання волоті	180	120	60
17-й лист – викидання волоті	120	60	–
19-й лист – викидання волоті	60	–	–

Прогноз дати настання фази викидання волоті складається майже завжди після проведення спостережень із визначення кількості листків, що ще не вийшли. Визначивши кількість листків, що не вийшли, та використовуючи суму ефективних температур одного міжлисткового періоду, можна від дати появи наступного листка розрахувати суму температур, необхідну для настання фази викидання волоті, і розрахувати дату настання цієї фази. Кількість закладених листків у залежності від сорту визначається з табл. 4.6.

Дату викидання волоті також можна розрахувати за формулою

$$Д = Д_1 + \frac{30(N+1)}{c(t-10)}, \qquad (4.6)$$

де $Д_1$ – дата визначення кількості листків, які ще не вийшли;
N – кількість міжлисткових періодів.

Інші позначки у формулі (4.6) ті ж, що і у формулі (4.5).

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

Техніка складання прогнозу дати викидання волоті кукурудзи.

1. Із агрометеорологічних щорічників виписується назва сорту, дата сівби, дата появи 3-го листка, дата визначення листків, що не вийшли, та їх кількість, середні багаторічні дати фаз розвитку кукурудзи.

2. З агрокліматичних довідників виписується середня багаторічна температура повітря.

3. Із синоптичного прогнозу погоди розраховується значення температури за кожну декаду ,починаючи з дати визначення кількості листків, що ще не вийшли, або з дати появи третього листка.

3. Розраховується середня температура повітря від дати розрахунку (дата настання фази третього листка або дата визначення листків, що не вийшли).

4. Розрахунок дати настання фази викидання волоті виконується за формулою (4.6), або за сумами ефективних температур. Необхідна сума ефективних температур вищих за 10 °С визначається з табл.4.8.

5. Виконується аналіз розрахованих величин і складається текст прогнозу, в якому подається аналіз розвитку кукурудзи від сівби до прогнозованої дати у порівнянні із середніми багаторічними величинами.

Приклад. Скласти прогноз настання дати викидання волоті на ст. Гуляй Поле. Сорт – гібрид Вір – 42. На перше липня утворилось 11 листків. У гібрида ВІР – 42 утворюється 18 листків до викидання волоті. Розрахунок дати викидання волоті виконується за накопиченням суми ефективних температур. Згідно з табл. 4.6 сума температур, необхідна для появи волоті, становить 240 °С. За синоптичним прогнозом у першій декаді липня очікується середня температура 23 °С, у другій – 21° С, у третій – 20 °С. З врахуванням поправок (табл. 4.5) сума ефективних температур за дев'ять днів першої декади становитиме:

0,93 (23 – 10) х 9 =109 °С, за другу декаду 0,98 (21 – 10) х 10=108 °С, за третю декаду - 1,0 (20 – 10) х 11 =110 °С

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

Прогноз настання дат фаз молочної та воскової стиглості кукурудзи. Прогноз строків настання молочної стиглості має важливе виробниче значення, оскільки завчасно інформує сільськогосподарські організації про строки збирання кукурудзи на силос і зерно. Прогноз складається після отримання даних фактичних спостережень про настання дати фази викидання волоті. Для розрахунку очікуваної дати настання молочної стиглості кукурудзи Ю.І. Чирков запропонував два методи.

Перший метод. Період викидання волоті – молочна стиглість поділено на два періоди: 1 – викидання волоті – поява ниток качана; 2 – поява ниток качана – молочна стиглість. У період від викидання волоті до появи ниток качана швидкість розвитку кукурудзи залежить від температури повітря (t) і вологості ґрунту (W), особливо в районах недостатнього зволоження. Для розрахунку тривалості періоду викидання волоті – поява ниток качана використовується рівняння

$$n = 0{,}6t - 0{,}15W + 4{,}4 \quad , \qquad (4.7)$$

де n – тривалість періоду викидання волоті – поява ниток качана, дні;

t – середня температура повітря за 10 – 15 днів після викидання волоті, °С;

W – запаси продуктивної вологи в шарі 0 – 50 см, мм.

В практичній роботі для визначення періоду викидання волоті – поява ниток користуються графіком (рис. 4.2).

Друга половина періоду – поява ниток качана – молочна стиглість значною мірою залежить від температури повітря і його тривалість розраховується за формулою

$$n = 42{,}5 - 0{,}6t \qquad (4.8)$$

Позначки у формулі 4.8 такі ж як у формулі 4.7.

Зручніше тривалість другої половини періоду визначати з графіка (рис. 4.3) за даними середньої температури повітря за 10 – 15 днів після появи ниток. Температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

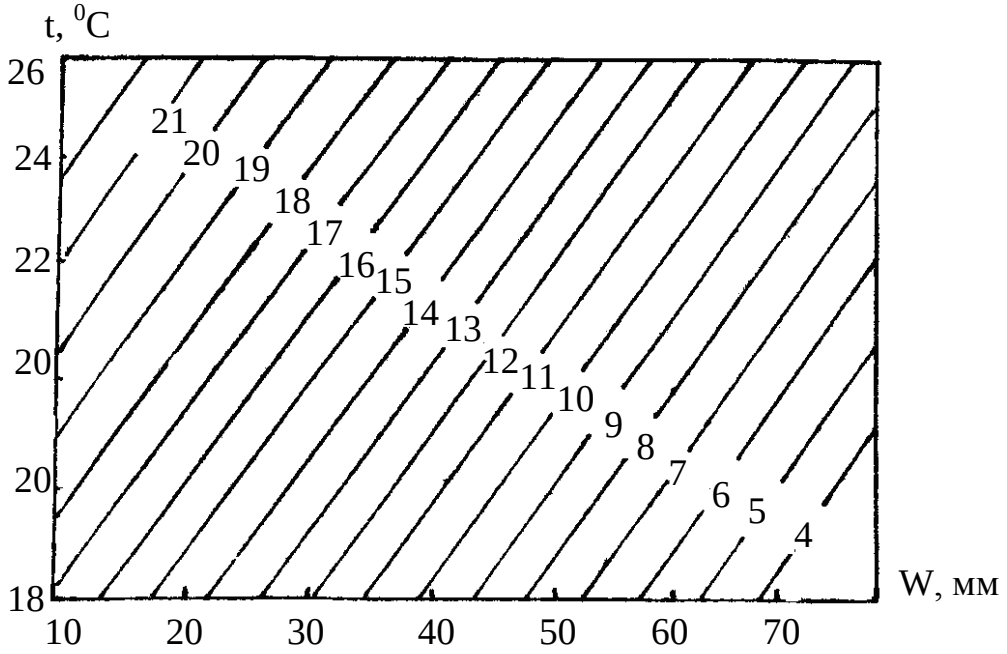


Рис. 4.2 – Залежність тривалості періоду викидання волоті – поява ниток качана кукурудзи від середньої температури та вологості ґрунту

Другий метод. Дата настання молочної стиглості розраховується за сумами ефективних температур вищих за 10 °С. За даними Ю.І. Чиркова для ранньостиглих сортів ця сума складає 240 °С; середньостиглих – 260°С, пізньостиглих – 280 °С. При підрахуванні сум обов'язково користуються значеннями поправкового коефіцієнта (табл. 4.7) на температуру повітря.

Техніка складання прогнозу дати настання молочної стиглості.

1. Із агрометеорологічного щорічника виписуються фактичні спостереження за датою настання фази викидання волоті кукурудзи, запасами вологи у шарі 0 – 50 см на цю дату, середньою температурою повітря і сумою опадів.

2. Із синоптичного прогнозу визначається очікувана температура повітря на місяць. Розраховується середня температура повітря за період (15 діб) від дати настання фази викидання волоті до появи ниток качана.

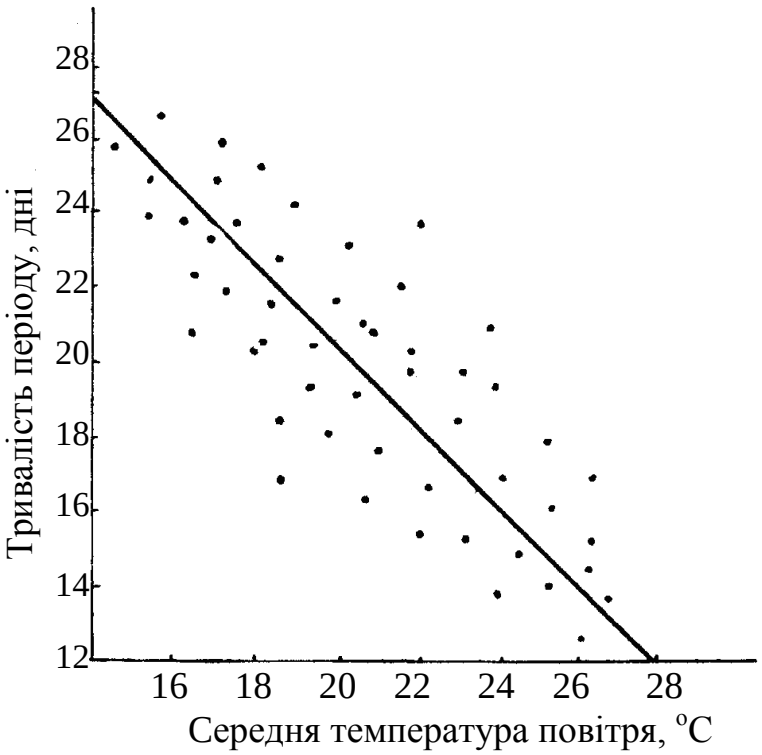


Рис. 4.3 – Залежність тривалості періоду поява ниток – молочна стиглість від середньої температури повітря.

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

4. Розраховується тривалість підперіодів викидання волоті – поява ниток качана та поява ниток качана – молочна стиглість (за рис. 4.2 та 4.3, або за формулами (4.7 та 4.8).

5. Розраховується дата настання фази молочної стиглості шляхом додавання тривалості обох підперіодів до дати настання фази викидання волоті.

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

$\sum T = 0{,}98(21–10) \times 6 + 0{,}98(21–10) \times 10 + 1{,}0(19–10) \times 10 + 1{,}0(14–10) \times 11 =$
$= 307$ °С.

Для середньопізніх сортів потрібно 280 °С для настання фази молочної стиглості. Різниця складає 27 °С. За добу сума ефективних температур становитиме 4 °С. (Розділити 27 °С на середню арифметичну ефективну температуру третьої декади серпня (14 – 10 = 4) (27 : 4 = 7). Таким чином бачимо, що 27 °С накопичиться за сім днів. Від тривалості серпня (31 день) віднімається 7 днів і дата настання фази молочної стиглості буде 24 серпня (31 – 7 = 24).

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

$$n = \frac{\Sigma t_{>10}}{(t-10)\cdot C} \quad , \qquad (4.9)$$

де $\Sigma t_{>10}$ – сума ефективних температур вищих за 10º С за період викидання волоті – воскова стиглість;

t – середня температура повітря;

C – поправковий коефіцієнт (табл. 4.7).

Сума ефективних температур вищих за 10 º С визначається з табл. 4.8.

При розрахунках дати настання фази воскової стиглості кукурудзи температура повітря визначається з синоптичного прогнозу після настання фази викидання волоті. За визначеною температурою повітря підраховується сума ефективних температур, відповідній табл. 4.9 в залежності від середньої температури за період.

Таблиця 4.9 – Суми ефективних температур за період від викидання волоті до воскової стиглості в залежності від середньої температури повітря за період (за Ю.І.Чирковим)

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

Приклад. Розрахувати дату настання воскової стиглості кукурудзи середньостиглого сорту. Дата викидання волоті спостерігалась 20 липня, молочної стиглості – 14 серпня. З синоптичного прогнозу погоди очікується середня температура повітря: на третю декаду липня 22 °С, на серпень – 19 °С, на першу декаду вересня 18 °С. Середня температура за липень-серпень становитиме 20,5 °С. З табл. 4.7 визначається сума ефективних температур, яка необхідна для настання воскової стиглості за середньої температури 20,5 °С. Для середньостиглих сортів вона становить 400 °С. Розрахунок виконується: (20,5 – 10 х 41)= 430,5° С. 430,5 – 400 = 30,5 : 10,5= 3 дні. Тривалість періоду становитиме (41 – 3)= 38. Якщо додати 38 днів до 20 липня (дата викидання волоті), то дата воскової стиглості настане 27 серпня.

4.1.4 Оцінка агрометеорологічних умов по міжфазних періодах розвитку льону - довгунцю

Льон має найбільші посівні площі у центрі Європейської території Росії (32,0 %), у Білорусі (19,9 %), в Україні (16,6 %) та на Північному заході Росії (15,5 %).

Розрізняється два найбільш поширені види льону – льон - довгунець та льон – кудряш. Льон-довгунець вирощується як олійно-прядивна культура, льон – кудряш – як олійна. Площі посівів льону – кудряшу незначні у порівнянні з площами посіву льону-довгунцю.

Льон-довгунець вирощується для виробництва волокон, які застосовуються у текстильній промисловості, машинобудівній, для виробництва технічних волокон високої якості та у канатному виробництві.

Насіння льону вирощується для отримання високотехнічних масел для хімічної, машинобудівної та харчової промисловості.

Високі і сталі врожаї льону можливі тільки за високої агротехніки вирощування та при врахуванні відповідності погодних умов території вимогам культури до умов навколишнього середовища.

Дослідженнями впливу агрометеорологічних умов на ріст та формування продуктивності займались Л.В. Комоцька, А.А. Андреєв та ін. [1, 34, 35].

Оцінка агрометеорологічних умов вирощування льону по міжфазних періодах. Період від сівби до сходів. Дослідженнями Л.В. Комоцької встановлено, що дружна поява сходів льону тісно пов’язана з тривалістю періоду сівба – сходи. Збільшення тривалості періоду за рахунок несприятливих агрометеорологічних умов зменшує схожість насіння льону, інколи у два рази в порівнянні з кількістю висіяного повноцінного посівного матеріалу. Внаслідок цього густота посівів льону значно зменшується, а це, в свою чергу, призводить до зменшення врожаю та погіршення його якості навіть при подальших сприятливих умовах вирощування.

Середня багаторічна тривалість періоду сівба – сходи становить 10 – 12 днів. В окремі роки спостерігаються значні відхилення тривалості періоду від середньої величини. Оптимальні умови для появи сходів льону складаються при запасах продуктивної вологи у шарі 0 – 20 см близьких до значень найменшої вологомісткості (30 – 50 мм) та при температурі повітря впродовж 10 днів після сівби не нижчій 14º С. За таких умов сходи льону з’являються через 6 – 8 днів.

Дуже часто при оптимальних умовах сходи запізнюються через утворення ґрунтової кірки, яка не дає можливості сходам з’явитись на поверхні ґрунту. Кірка з’являється після інтенсивних злив (більше 15 мм). Л.В. Комоцькою [34] встановлена чітка залежність тривалості періоду

сівба – сходи від середньої температури повітря за перші 10 діб після сівби при оптимальному зволоженні ґрунту (рис. 4.4).

Крім того, Л.В. Комоцька розробила метод оцінки агрометеорологічних умов вирощування льону в залежності від тривалості періоду сівба – сходи.

Якщо тривалість періоду менша за 10 днів, то умови формування сходів будуть дуже добрими. Густота рослин буде оптимальна, якщо вона становить 80 – 90 % від загальної кількості висіяного насіння.

Добрі умови спостерігаються при тривалості періоду сівба – сходи 10 – 12 днів, задовільні – від 13 до 15 днів. Збільшення тривалості періоду сівба – масові сходи до 20 днів є показником поганих та дуже поганих умов формування густоти посіву. При тривалому періоді сходи дуже зріджуються – до 25 – 30 %, іноді до 50 %.

Період від сходів до цвітіння. Цей період є найбільш відповідальним для формування волокна високої якості, особливо в період від утворення суцвіть до цвітіння. Як і у попередньому випадку, на тривалість періоду впливають умови зволоження та температурний режим (рис. 4.5).

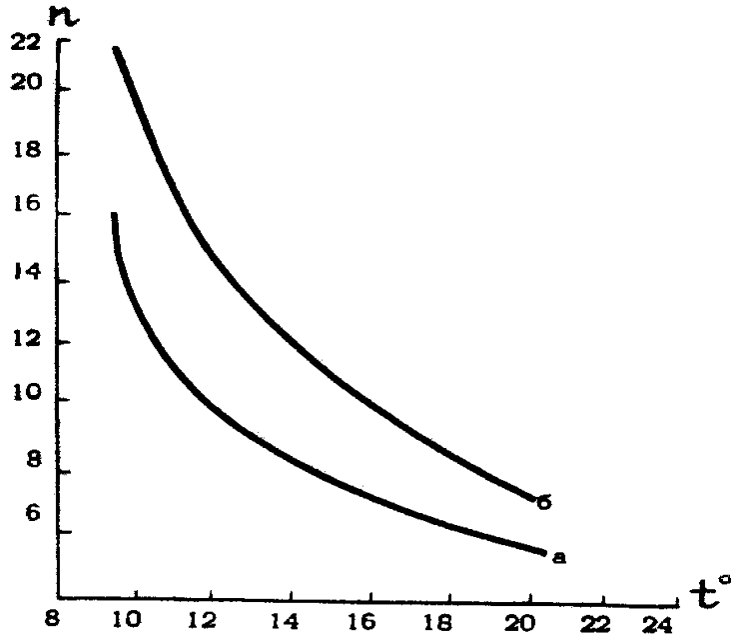


Рис.4.4 – Залежність тривалості періоду сівба – сходи в днях (n) від середньої температури повітря за перші 10 днів після сівби (t): а – за оптимального зволоження ґрунту; б – за зливових опадів (більше 15 мм)

Найбільш сприятливі умови для росту та розвитку льону складаються, якщо тривалість періоду сходи – цвітіння становить 30 – 45 днів. Така тривалість періоду спостерігається при середній температурі повітря 15 – 17 ºС та сумі опадів не менше 100 мм. При підвищенні температури та

зменшенні кількості опадів умови вирощування значно погіршуються. Теж саме спостерігається і при зниженні температури нижче 15 ºС та збільшенні кількості опадів більше 100 мм.

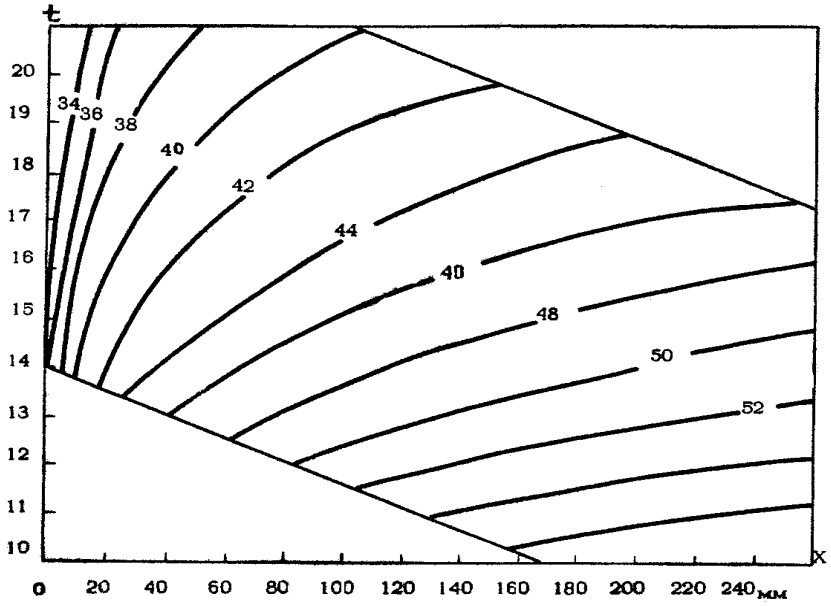


Рис.4.5 – Залежність тривалості періоду сходи – цвітіння льону (n) відсередньої температури за період (t) та суми опадів (x) (у полі графіка тривалість періоду в днях) (за Л.В Комоцькою)

У період від початку утворення суцвіть до масового цвітіння спостерігається інтенсивний ріст стебел. Тривалість періоду зростання стебел в залежності від агрометеорологічних умов змінюється від 10 до 25 днів.

Оптимальні умови для інтенсивного росту стебел складаються при запасах продуктивної вологи не менших ніж 30 мм в орному шарі ґрунту та температурі повітря 14 – 17 ºС (табл. 4.10).

За дослідженнями І.О. Сизова [32, 87]. при оптимальних умовах вирощування висота льону у період від сходів до утворення суцвіть становить 25 % кінцевої висоти, а інші 75 % приросту висоти припадають на період від утворення суцвіть до цвітіння.

Період від цвітіння до ранньої жовтої стиглості. У період після цвітіння льону ростові процеси майже закінчуються, у рослин починається формування та дозрівання насіння, а волокно набуває технічної стиглості. Тривалість періоду цвітіння – рання жовта стиглість знаходиться у тісній залежності від тепло- та вологозабезпеченості які виражаються значеннями середньої температури повітря та сумою опадів за період (табл. 4.11).

Таблиця 4.10 – Залежність тривалості періоду початок утворення суцвіть – цвітіння від запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 20 см (W) та середньої температури повітря (t)

Середня температура повітря	Запаси продуктивної вологи, мм										
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	17	18	19	20	21	23	23	24	24	25	–
16	15	16	17	18	19	20	21	22	22	23	23
18	14	15	16	16	17	18	19	19	20	21	21
20	12	13	14	15	16	17	17	18	18	19	20
22	11	12	13	14	15	15	16	17	18	18	18

Таблиця 4.11 – Залежність тривалості періоду цвітіння – рання жовта стиглість льону від середньої температури повітря та суми опадів (за Л.В. Комоцькою)

Температура повітря, ºС	С у м а о п а д і в, мм									
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
14	32	33	35	37	38	39	42	43	45	46
16	29	31	33	34	35	37	39	41	42	43
18	26	28	30	31	33	34	36	38	39	41
20	23	25	27	28	30	31	33	34	37	38
22	20	22	24	26	27	29	30	32	34	36

Оптимальними умовами в цей період є середня температура повітря 20 – 22 ºС та сума опадів 20 – 60 мм.

Розрахунок запасів продуктивної вологи на полі з посівами льону. Спостереження за запасами вологи на посівах льону майже не проводяться і дуже обмежені, тому виникає необхідність у їх розрахунках .

Більша частина коріння льону розташована у шарі ґрунту 0 – 50 см. Тому величина запасів продуктивної вологи у шарі розповсюдження коріння є одним із вирішальних факторів формування врожаю волокна льону. Основні дослідження формування запасів продуктивної вологи на посівах льону виконані Л.В. Комоцькою.

Л.В. Комоцька, використовуючи основні закономірності, встановлені С.О. Веріго, розробила статистичні рівняння для розрахунку запасів продуктивної вологи на полі льону за декаду (W) в залежності від

початкових запасів вологи в декаду початку розрахунку (W_1), суми опадів за декаду (x) та середньої температури повітря за декаду (t). Рівняння були розраховані для суглинкових та супіщаних полів по окремих міжфазних періодахрозвитку льону для шарів ґрунту 0 – 20 см та 0 – 50 см (табл.4.12).

Оцінка вологозабезпеченості посівів льону. Вологозабезпеченість (V) посівів льону, як і інших сільськогосподарських культур, розраховується як відношення величини сумарного випаровування (E) до величини випаровуваності (E_o), (яка береться за вологопотребу рослин), виражене у відсотках

$$V = \frac{E}{E_o} \cdot 100 \quad . \qquad (4.10)$$

Таблиця 4.12 – Рівняння для розрахунку запасів вологи в ґрунті на посівах льону

Тип ґрунту	Рівняння	Шар ґрунту	Номер рівняння
1	2	3	4
а) сходи – утворення суцвіть			
Суглинкові грунти	$W = 0{,}81W_1 + 0{,}20r - 0{,}75t + 11{,}72$	0 – 20 см	(4.11)
	$W = 0{,}91W_1 + 0{,}36r - 0{,}78t + 6{,}31$	0 – 50 см	(4.12)
Продовження табл. 4.12			
Супіщані грунти	$W = 0{,}79W_1 + 0{,}22r - 0{,}03t + 1{,}01$	0 – 20 см	(4.13)
	$W = 0{,}86W_1 + 0{,}54r - 2{,}83t + 40{,}06$	0 – 50 см	(4.14)
б) утворення суцвіть – цвітіння			
Суглинкові ґрунти	$W = 0{,}66W_1 + 0{,}36r - 1{,}10t + 17{,}70$	0 – 20 см	(4.15)
	$W = 0{,}78W_1 + 0{,}42r - 2{,}26t + 35{,}36$	0 – 50 см	(4.16)
Супіщані ґрунти	$W = 0{,}82W_1 + 0{,}35r - 0{,}74t + 3{,}85$	0 – 20 см	(4.17)
	$W = 0{,}85W + 0{,}61r - 1{,}07t + 5{,}56$	0 – 50 см	(4.18)
в) після цвітіння для всіх типів ґрунтів:			
	$W = 0{,}84W_1 + 0{,}58r - 1{,}14t + 10{,}8$	шар 0 – 50 см	(4.19)

де W – запаси продуктивної вологи на кінець розрахункової декади, мм;
W_1 – запаси продуктивної вологи на початок декади, мм;
r – сума опадів за декаду, мм;
t –середня температура за декаду, °С.

Для розрахунків випаровуваності E_o використовується формула А.М. Алпатьєва

$$E_o = K \cdot \sum d \quad , \qquad (4.20)$$

де K – коефіцієнти біологічної кривої, безрозмірні;

$\sum d$ – сума дефіцитів насичення повітря вологою, мм.

Коефіцієнти біологічної кривої для льону визначені Л.В. Комоцькою. Вони становлять: у період від сходів – до початку утворення суцвіть – 0,53, від початку утворення суцвіть до цвітіння – 0,74, після цвітіння до настання ранньої жовтої стиглості – 0,58.

Величина фактичного випаровування розраховується за спрощеною формулою водного балансу:

$$E = (W_n + r) - W_к \quad , \qquad (4.21)$$

де E – фактичне випаровування, мм;

$W_п$ – запаси продуктивної вологи у шарі 0 – 50 см на початок декади, мм;

r – сума опадів за декаду, мм;

$W_к$ – запаси продуктивної вологи у шарі 0 – 50 см на кінець декади, мм.

Для розрахунку запасів продуктивної вологи використовуються рівняння (4.10 – 4.18).

Середня вологозабезпеченість за період інтенсивного росту стебел є показником росту технічної довжини стебел льону. Крім того, технічна довжина стебел льону також залежить від умов зволоження періоду перед початком інтенсивного росту стебел який триває дві декади від утворення суцвіть до масового цвітіння.

Л.В. Комоцька були розробила статистичні залежності технічної довжини льону (y) від суми опадів за дві декади до початку інтенсивного росту стебел (x) та середньої вологозабезпеченості цього періоду (V):

а) для суми опадів менші за 30 мм

$$y = 0{,}002V + 0{,}31V^2 + 25{,}88, \qquad (4.22)$$

б) для суми опадів 30 – 60 мм

$$y = 0{,}0014V + 0{,}45V^2 + 39{,}15 \qquad (4.23)$$

в) для суми опадів більшої за 60 мм

$$y = 0{,}0063V + 1{,}45V^2 - 0{,}46 \qquad (4.24)$$

Величина врожаю лляного волокна знаходиться в тісному зв’язку з технічною довжиною стебел.

4.1.5 Метод прогнозу термінів цвітіння сіяних та лугових трав

В період початку цвітіння сіяних та лугових трав (бобові – конюшина, люцерна, еспарцет та ін.) або у фазі колосіння (закові – тимофіївка, вівсяниця, лисохвіст, м'ятлик луговий і ін.) дають найбільш цінне за харчовими якостями сіно. Під час повного цвітіння та під час утворення насіння, стебла трав грубішають, втрачають харчову цінність і погано споживаються тваринами. Крім того, пізно скошені трави погано відростають, не дають повноцінної отави та зменшують врожаї повторних укосів.

Встановлено, що показником потреби трав у теплі можуть бути суми ефективних температур вищих за 5 °С. Оскільки потреби в теплі різних трав різні, а також різні потреби сіяних трав різних сортів та різних років життя, то для кожного виду та сорту необхідно встановити суми ефективних температур від відновлення вегетації до початку цвітіння.

На території України найбільш поширені сорти конюшини двох видів: одно укісний та ранній двохукісний, люцерна синя та синя гібридна.

Дослідженнями А.М. Могильової, А.В. Десяткової, М.В. Савинського [87, 96 – 98] встановлені середні багаторічні суми ефективних температур від відновлення вегетації до для початку цвітіння трав (табл. 4.13).

Дослідженнями А.М. Могильової також встановлено, що для цвітіння злакових трав в низинних луках суми ефективних температур повинні бути вищі на 30 – 50 °С у порівнянні з суходолом. Слід відзначити, що розрахунок початку цвітіння трав за наведеними в табл. (4.13) сумами температур добре виправдовується, якщо спостерігаються запаси продуктивної вологи не менші за 60 мм у метровому шарі ґрунту та фактичні температури, близькі до середніх багаторічних.

В роки з підвищеними температурами в період стеблування – цвітіння конюшини рослини зацвітають раніше розрахованих термінів.

Крім того, якщо в зимовий період будуть спостерігатись несприятливі умови перезимівлі для трав, то терміни їх зацвітання запізняться.

Техніка складання прогнозу.

Завчасність прогнозу становить 20 – 30 днів. Для складання прогнозу необхідні такі матеріали:

1) – дати відновлення вегетації або дати стійкого переходу температури повітря через 5 °С навесні;

2) – прогноз погоди на термін від дати складання прогнозу на 30 днів;

3) – види сіяних та лугових трав та їх сорти.

Суми ефективних температур, необхідні для початку зацвітання трав, визначаються з табл. 4.13. Підраховуються суми ефективних температур від дати відновлення вегетації до дати складання прогнозу за фактичними спостереженнями за температурою повітря. Від дати складання прогнозу –

за температурою повітря, визначеною із синоптичного прогнозу погоди. Якщо прогноз погоди відсутній, то розрахунки виконуються за середніми багаторічними температурами повітря.

Таблиця 4.13 – Середні багаторічні суми ефективних температур від початку вегетації до початку цвітіння сіяних та лугових трав (за Г.І. Страшною)

Район	Середня багаторічна сума температур, °С
Конюшина двохукісна	
Захід України	400 – 430
Північ України	450 – 470
Конюшина одно укісна	
Захід і північ України	500 – 520
Люцерна	
Люцерна синя	400 – 420
Люцерна синя гібридна	450 – 475
Еспарцет	300
Лугові трави	
Тимофіївка	470
Вівсяниця лугова	450
Мятлик луговий	400
Лисохвіст	350

Приклад: Скласти прогноз цвітіння сіяних і лугових трав в районі ст. Фастів Київської області. Дата складання прогнозу 25 травня. Сума ефективних температур необхідних для настання цвітіння конюшини двохукісної 450 – 470°С, люцерни синьої 400 – 420 °С, еспарцету – 300 °С, тимофіївки – 470 °С, вівсяниці лугової – 450 °С. Розрахунки виконуються в табл. 4.14.

Таблиця 4.14 – Приклад розрахунку терміну цвітіння одноукісної конюшини. Станція Фастів.

Температура повітря, °С	Квітень			Травень			Червень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фактична	0,7	3,1	7,7	10,3	17,0				
Середня багаторічна						11,6	13,3	14,6	16,0
За прогнозом						13,6	14,2	15,6	17,0
Ефективна температура а за декаду	1,0	4,2	29,6	53	120	86	92	105	120
Сума температур наростаючим підсумком		5,2	35	88	208	314	406	507	519

Необхідна сума ефективних температур для зацвітання конюшини двохукісної накопичується 15червня, люцерни синьої – 10 червня, еспарцету – 31 травня, тимофіївки – 17 червня, вівсяниці лугової – 15 червня, тобто і початок цвітіння трав буде в ці ж терміни.

Якщо прогноз складається не по одній станції, а по території області, то подібні розрахунки виконуються для всіх метеорологічних станцій. Розрахунки виконуються для 2 – 3 видів трав (окремо для злакових і бобових). Після закінчення розрахунків складається текст прогнозу для користувачів. В тексті прогнозу спочатку надається характеристика тих умов, що склалися: рік зростання, сорти, види трав, стан трав після перезимівлі, терміни відновлення вегетації трав, агрометеорологічні умови розвитку трав та очікувані терміни початку цвітіння. Характеристика умов поточного року надається у порівнянні з середніми багаторічними.

4.1.6 Прогноз дат настання фаз розвитку гороху

Розрахунок дат настання фаз розвитку гороху також базується на використанні сум ефективних температур вищих за 5 °С. Розробка щодо визначення термічних показників по міжфазних періодах розвитку гороху виконувалась М.З. Івановою–Зубковою і Д.П. Федюшиною [27, 87]. Ці автори визначили суми ефективних температур, необхідні для настання основних фаз розвитку гороху (табл. 4.15).

Таблиця 4.15 – Суми ефективних температур, необхідні для настання основних фаз гороху (за М.З. Івановою-Зубковою)

Міжфазний період	Суми температур, ºС	
	середньостиглі сорти	пізньостиглі сорти
Сівба – сходи	90	120
Сходи – цвітіння	290	330
Цвітіння – дозрівання	360	410

Розрахунок дат настання фаз розвитку гороху виконується шляхом накопичення відповідних сум ефективних температур. При цьому за біологічний мінімум взято температуру 5 ºС.

Найчастіше розраховується дата цвітіння гороху. Для складання прогнозу дати настання фази цвітіння необхідні такі матеріали:

- дати сівби гороху різного ступеня скоростиглості та дати появи сходів;
- сорти гороху;
- відсоток засіяної площі сортами гороху різної скоростиглості;
- синоптичний прогноз погоди на місяць після сходів;
- значення температури повітря від сівби до сходів та запасів продуктивної вологи.

- сума ефективних температур від сходів до цвітіння гороху визначається з табл. 4.15.

Приклад розрахунку наводиться в табл. 4.16.

Таблиця 4.16 – Розрахунок дати цвітіння гороху в Одеській області

АМС	Сорт	Дати настання фаз розвитку гороху					
		фактичні спостереження					
		сівба		сходи		3-й лист	
		2013 рік	середня багатор.	2013 рік	середня багатор.	2013 рік	середня багатор.
1	2	3	4	5	6	7	8
Сербка	Світло	22.03	27.03	13.04	13.04	6.04	24.04
Одеса	Світло	21.03	29.03	14.04	14.04	25.04	31.05
Болград	Девіз	7.03	29.03	6.04	14.04	20.04	28.04
Ізмаїл	Мадонна	6.04	21.03	20.04	6.04	20.04	17.04
Татарбу-нари	Мадонна	1.04	2.04	20.04	16.04	30.04	24.04
Розраховані дані							
АМС	Сорт	цвітіння		середня тривалість періоду від сходів до цвітіння	середня сума ефе-киивеих темпера-тур повітря від сходів до цвітіння	очікувана дата цвітіння	
		2012 рік	середня багато-річна			за сумою темпе-ратур	за три-валістю періоду
Сербка	Світло	18.05	31.05	45	420 °С	21-23.05	28.05
Одеса	Світло	18.05	31.05	45	420 °С	22-24.05	28.05
Болград	Девіз	20.05	30.05	45	420 °С	20-22.05	20.05
Ізмаїл	Мадонна	31.05	27.05	45	420 °С	26-28.05	3.06
Татарбу-нари	Мадонна	26.05	29.05	45	420 °С	24-26.05	3.6
Суми ефективних температур вище 5 °С							
АМС	Сорт	Квітень			травень		
		1	2	3	1	2	3
Сербка	Світло		41	108	110	126	145
Одеса	Світло		42	108	111	127	140
Болград	Девіз	13	63	125	124	137	148
Ізмаїл	Мадонна			128	124	137	152
Татарбу-нари	Мадонна			125	120	135	146

Приклад тексту прогнозу. Після закінчення розрахунків складається текст прогнозу для споживачів.Березень в Одеській області характеризувався вкрай нестійкою з різкими перепадами температури повітря і недостатньою кількістю опадів погодою.

Стійкий перехід температури через 5 °С відбувся 30 – 31 березня, що на 9 – 19 днів пізніше середнього багаторічного. Кількість опадів становила 77 % місячної норми – 23 мм. Масова сівба гороху проводилась у третій декаді березня – на початку квітня, що близько до середніх багаторічних термінів. Запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту на початок сівби були 26 – 31 мм, що було цілком достатньо для появи сходів гороху.

У першій та другій декаді квітня спостерігалась помірно тепла погода, яка сприяла доброму розвитку зерно – бобових. В більшості районів Одеської області випало 10 – 16 мм опадів, що становило 45 – 80 % норми. В північних районах сума опадів була вищою – 20 – 22 мм, тобто 90 – 100 % норми. За станом на 18 квітня запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту були задовільними і становили 25 – 29 мм.

Сходи гороху з'явились 14 – 20 квітня, а 26 – 28 квітня утворися третій лист, що на тиждень пізніше середніх багаторічних термінів. Висота рослин становила 5 – 8 см, густота рослин становила 100 – 200 рослин на кв.м, стан посівів оцінювався як задовільний та добрий.

В третій декаді квітня опади були відсутні, а температурний режим підвищений, що сприяло висушуванню верхніх шарів ґрунту. За розрахунками цвітіння гороху очікується на більшості території області 22 – 26 травня, що на 5 – 8 днів раніше середніх багаторічних дат. Агрометеорологічні умови в період цвітіння гороху та формування бобів будуть задовільними.

4.1.7 Прогноз термінів цвітіння плодових культур

За початок розвитку плодових культур вважається перехід середньої за добу температури повітря через 5 ºС. Однією з основних фаз у розвитку плодових культур є цвітіння. Від умов погоди в цей період залежить родючість плодових. Прогноз цвітіння плодових одним із перших розробив О.О. Шиголев [3, 87]. Ві визначив показники швидкості розвитку плодових дерев, які відображались сумами температур.

У плодових дерев час настання фази цвітіння добре співпадає з часом накопичення певних сум ефективних температур (табл. 4.17).

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

Окрім сум температур, складання прогнозу цвітіння плодових культур виконується також за формулою, яку запропонував Л.М. Бабушкін [87]

$$n = \frac{\Sigma t_{>5}}{(T-5)} \quad , \qquad (4.25)$$

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

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

T – середня температура повітря за прогнозований період, ºС.

Слід зауважити, що навесні, коли складається прогноз цвітіння плодових, в окремі дні середня добова температура повітря може бути нижчою ніж 5 ºС. Тому суми ефективних температур у такому випадку визначаються з табл. 4.18.

Таблиця 4.17 – Суми ефективних температур (вищих за 5^0С) від початку вегетації до цвітіння плодових культур (за Л.Н. Бабушкіним)

Культура, сорт	$\Sigma t_{>5}$ °С
Абрикос краснощокий	88
Груша – усі сорти	125 ± 10
Вишні – Володимирська, Людська	150 ± 10
Яблуня – Антонівка звичайна, білий налив, жовтий налив, Апорт, Кальвіль, Папіровка, Джанатан, Пепін	185 ± 10
Яблуні – усі інші сорти	125 ± 10

Допустима помилка прогнозу ± 3 дні.

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

Таблиця 4.18 – Суми ефективних температур (вищих за 5 ºС) за декаду при різних значеннях середньої декадної температури повітря

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

Для розрахунку імовірності припинення заморозків на дату цвітіння плодових необхідно знати середню багаторічну дату припинення заморозків для даного району та коефіцієнти для різних значень імовірності. Коефіцієнти розраховані (a) І.А. Гольцберг [87] (табл. 4.19).

І.А. Гольцберг також розрахувала значення середньоквадратичних відхилень (σ) дат заморозків і побудувала карту значень σ для всієї території СНД (табл. 4.19).

Перемножуючи коефіцієнт (a) на значення σ отримують відхилення у днях від середньої багаторічної дати припинення заморозків навесні відповідно різної імовірності припинення заморозків.

Таблиця 4.19 – Значення коефіцієнтів (a) (за І.А. Гольцберг)

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

Порівнюючи очікувані дати цвітіння з датами припинення заморозків різної імовірності, визначають імовірність припинення заморозків на дату цвітіння.

Контрольні запитання.

1.Як визначається тривалість періоду листкоутворення у кукурудзи?
2.Яка сума ефективних температур необхідна для одного між листкового періоду?
3. Що є показником скоростиглості кукурудзи?
4. Чому вводиться поправка на температуру повітря?
5. Як можна розрахувати дату викидання волоті кукурудзи?
6.Від чого залежить тривалість періоду «викидання волоті – молочна стиглість»?
7.За якими показниками розраховується дата воскової стиглості кукурудзи?
8.За якими даними складається оцінка агрометеорологічних умов вирощування льону від сходів до утворення суцвіть?
9. За якими даними складається оцінка агрометеорологічних умов вирощування льону від утворення суцвіть до цвітіння?
10. Як розраховуються запаси продуктивної вологи на посівах льону?
11. Як розраховується вологозабезпеченість льону?
12. Які сіяні трави мають найбільше поширення?
13. За якими даними складається прогноз цвітіння трав?

РОЗДІЛ 5. МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ОПТИМАЛЬНИХ ТЕРМІНІВ СІВБИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

5.1 Методи прогнозів оптимальних термінів сівби озимих культур

Розвиток озимих культур восени та їх стан на момент припинення вегетації залежить від термінів сівби та агрометеорологічних умов від сівби до припинення вегетації. Оптимальними термінами сівби озимих культур вважаються такі, за яких на дату припинення вегетації озимих культур утвориться 3 – 6 пагонів, дуже ранніми – такі, за яких озимі закінчать вегетацію з кущистістю 6 і більше пагонів на одну рослину, дуже пізніми – такі, за яких на припинення вегетації озимі не досягли фази «кущіння».

Несприятливі агрометеорологічні умови осені, несвоєчасні терміни сівби призводять до того, що озимі культури завершують осінню вегетацію в незадовільному стані. Дослідженнями Є.С. Уланової, В.О. Мойсейчик та В.П. Дмитренка [62, 105, 20] встановлено, що озимі, які закінчили вегетацію восени нерозкущеними, навесні не можуть утворити відповідну сортам кількість продуктивних стебел, що спричиняє зменшення врожаю. Крім того, погано розкущені або переросли озимі погано переносять несприятливі умови взимку, що спричиняє значну їх загибель. За даними В.О. Мойсейчик рослини ранніх та дуже пізніх термінів сівби зберігаються на 20 % менше, ніж рослини оптимальних термінів сівби. За даними О.П. Федосєєва при відхиленні термінів сівби озимих від оптимальних на 15 – 20 днів урожайність їх зменшується в залежності від грунтово – кліматичних умов на 10 – 30 % і більше.

Методика прогнозу термінів сівби озимих культур, агрометеорологічних умов їх розвитку до припинення вегетації розроблена Є.С. Улановою [105] для Європейської території країн СНД. Для України методика прогнозу термінів сівби озимих розроблена В.П.Дмитренком та І.Г. Грушкою [3, 20].

Вирішальне значення для зростання та розвитку озимих восени має температура повітря і ґрунту. У зв’язку з цим кількісні розрахунки термінів сівби озимих культур та очікуваної кущистості на дату припинення вегетації восени виконуються з врахуванням цих двох факторів. У районах достатнього зволоження (коли запаси вологи в орному шарі ґрунту становлять 30 мм і більше) для розвитку озимих вирішальним є забезпеченість теплом. Для визначення термінів сівби, сходів, початку кущіння і міри кущистості використовуються суми ефективних температур вищі за 5 °С, встановлені О.О. Шиголевим (табл. 5.1) [87]:

При недостатньому зволоженні ґрунту восени терміни настання фаз розвитку озимих культур залежать від температури повітря та запасів вологи у орному шарі ґрунту. Є.С. Уланова встановила залежності

тривалості у днях періодів «сівба – сходи» від зволоження ґрунту за температури вище 14 ºС (табл. 5.2) та «сходи – кущіння» від вологості у шарі ґрунту 0 – 20 см та середньої температури повітря (табл. 5.3).

Таблиця 5.1 – Суми ефективних температур по міжфазних періодах розвитку озимих культур восени (за Є.С. Улановою)

Між фазний період	Озиме жито	Озима пшениця
Сівба – сходи	52	67
Сходи – початок кущіння	67	67
Сівба-початок кущіння	119	134
Сівба – три пагони кущистості	200	200
Сівба – шість пагонів кущистості	300	300

Запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту розраховуються за методом С.О. Веріго [4, 5] (рис. 5.1) або за відповідними рівняннями:

для чорноземних ґрунтів

$$Ó = -0{,}19t + 0{,}44b - 0{,}22c \quad , \qquad (5.1)$$

для опідзолених ґрунтів

$$У = -0{,}23t + 0{,}53b - 0{,}24c \quad , \qquad (5.2)$$

де $У$ – зміна запасів вологи за декаду, мм;
t – середня температура повітря за декаду,° С;
b – сума опадів за декаду, мм;
c – запаси продуктивної вологи на початок декади, мм.

Таблиця 5.2 –Залежність тривалості періоду сівба-сходи від запасів вологи у шарі ґрунту 0 – 20 см (за С.О. Веріго)

Запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 20см, мм																
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	20	25	30	35	40
Тривалість періоду																
24	22	20	18	16	14	13	12	11	10	9	8	6	5	4	4	4

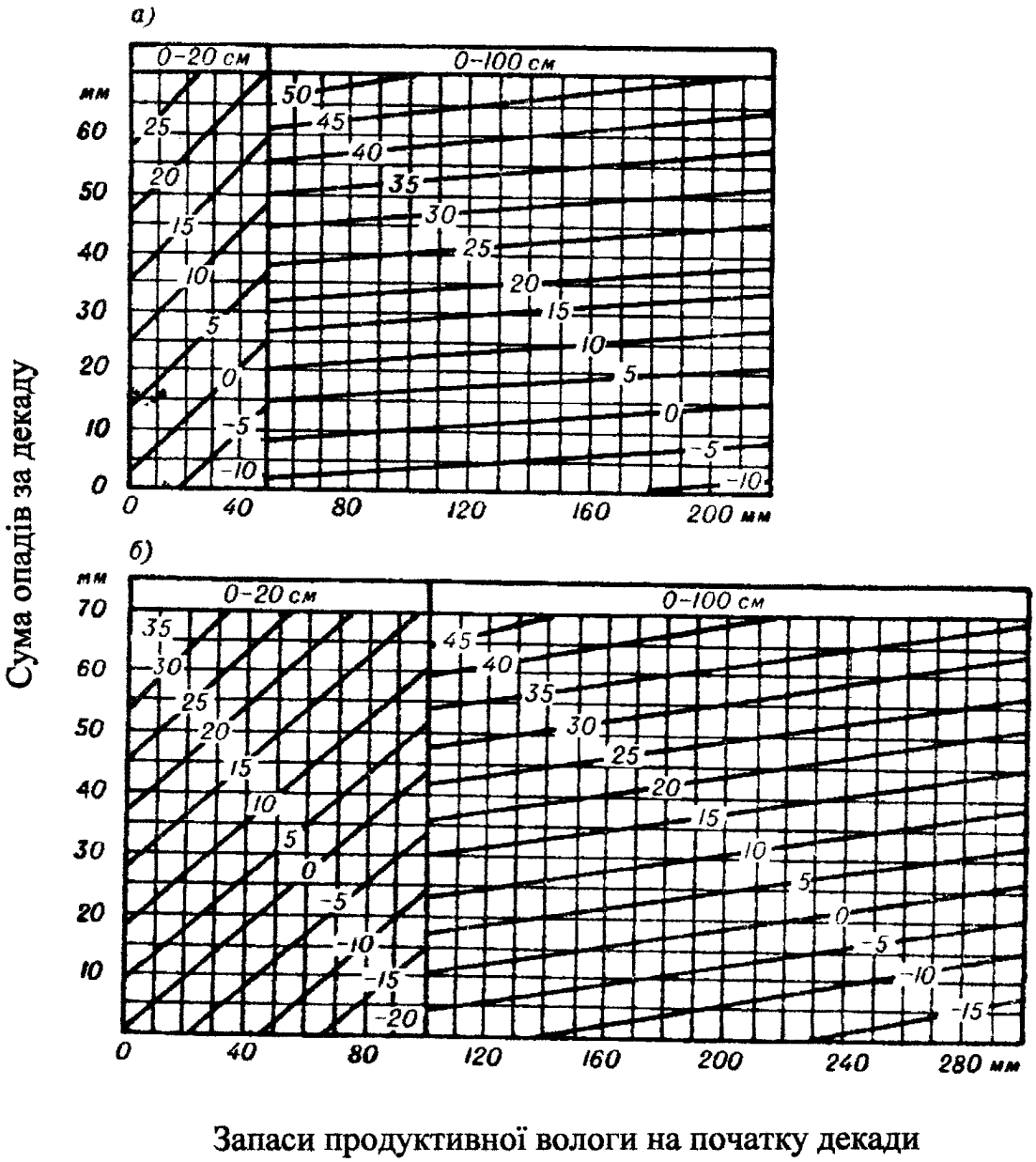


Рис. 5.1 – Зміна запасів ґрунтової вологи в шарах ґрунту 0 – 20 та 0 – 100 см у період осінньої вегетації:

а – під озимою пшеницею в зоні чорноземних ґрунтів;

б – під озимими культурами в зоні підзолистих ґрунтів.

Дата настання фази кущіння розраховується з табл. 5.3 за значеннями запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту та середньої температури повітря.

У районах достатнього зволоження (де запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту становлять 30 мм і більше) терміни сівби озимих розраховуються за сумами ефективних температур, які підраховуються від дати припинення вегетації в сторону літніх місяців. За дату припинення

вегетації береться дата стійкого переходу температури повітря через +5 °С восени.

Таблиця 5.3 – Залежність тривалості періоду “сходи-кущіння” від запасів вологи у шарі ґрунту 0 – 20 см та температури повітря

Запаси вологи у шарі 0 – 20 см, мм	Середня температура повітря у період "сходи – кущіння", ºС											
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10		30*	28	25	25	23	23	23	23	23	23	22
15	29	25	23	23	23	23	22	21	21	21	21	21
20	25	23	21	19	17	16	15	13	123	12	12	12
25	25	25	23	21	19	17	15	13	12	12	12	12
30	25	23	20	17	15	13	12	10				
35	25	23	20	17	15	13	10					
40	25	23	20	17	15	13	10					
45	25	23	20	17	15	13	10					
50	25	23	20	17	15	13	10					

*Примітка: в полі таблиці тривалість міжфазного періоду «сходи – кущіння), дні.

Пізній термін сівби визначається за сумою ефективних температур 119 °С для жита та 134 °С для озимої пшениці. Дати накопичення вказаних сум температур будуть відповідати пізньому терміну сівби, бо озимі закінчать вегетацію в фазі третього листка, тобто нерозкущеними.

За відсутності відомостей про запаси вологи С.О. Веріго запропонувала графіки для їх розрахунку (рис. 5.1).

При використанні рис.5.1 необхідно вводити поправки на температуру повітря (табл. 5.4).

Таблиця 5.4– Поправки на температуру для різних шарів ґрунту

Поправки для шару ґрунту, мм	Середня за декаду температура повітря, ° С												
	для зони чорноземних ґрунтів			для зони опідзолених ґрунтів									
	5–7	8–12	13–17	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0 – 20	1	0	-1	1	1	1	0	0	0	0	0	-1	-1
0 – 100	0	0	0	6	5	4	2	1	0	-1	-2	-4	-5

Для визначення оптимального терміну сівби підраховуються суми ефективних температур 200° – 300 °С, надмірно ранніх термінів сівби – суми 400 °С.

Озимі культури, які будуть посіяні у термін між датами накопичення сум температур 400 °С та 300 °С, закінчать вегетацію переростлими, з кущистістю більше 6 пагонів.

У районах недостатнього зволоження спочатку встановлюється дата початку кущіння для оптимального та раннього термінів сівби за значеннями сум ефективних температур, які підраховуються від дати припинення вегетації.

Дата початку кущіння для оптимального терміну сівби, що забезпечує 3 пагони кущистості, визначається за сумою температур 81° С для озимого жита та 66 °С для озимої пшениці, що забезпечує 6 пагонів кущистості – за сумами ефективних температур 181 °С (300° – 119 °С) – для озимого жита та 166 °С (300° – 134 °С) – для озимої пшениці.

Дата початку кущіння раннього терміну сівби, що забезпечує більше 6 пагонів кущистості, визначається за сумами ефективних температур 281 С для жита, та 266 °С – для озимої пшениці (відповідно 400 °С – 119 °С та 400 ° – 134 °С).

Після визначення дати кущіння розраховується дата появи сходів для оптимального та раннього термінів сівби за даними табл. 5.3. Для визначення тривалості періоду кущіння-сходи запаси продуктивної вологи беруть середні за 2 – 3 декади від кущіння в сторону літніх місяців. Визначена тривалість міжфазного періоду віднімається від дати початку кущіння і визначається дата сходів.

Далі розраховується дата сівби. Для цього спочатку розраховуються середні запаси продуктивної вологи від дати сходів за 2 – 3 декади в сторону літніх місяців. Потім з табл. 5.2 визначається тривалість періоду сівба-сходи, яка віднімається від дати сходів. Одержані дати і будуть датами сівби тих термінів, для яких визначалась дата сходів.

В районах недостатнього зволоження пізній термін сівби визначається, як і в районах достатнього зволоження, за сумами ефективних температур 119 °С для озимого жита та 134 °С для озимої пшениці.

Приклад. Необхідно розрахувати терміни сівби озимих культур у Рівненській області. Розрахунок виконується в робочій таблиці 5.5.

Спочатку визначається з синоптичного прогнозу погоди очікувана температура повітря в осінні місяці та розраховується дата припинення вегетації озимих культур восени. Для цього знаходиться дата переходу температури повітря через 5° С. У прикладі це буде 1 листопада.

Очікувана температура повітря у вересні місяці 16,5°С. За жовтень використовуються середні багаторічні значення температури повітря 12,8° С. Запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 20 см становлять наприкінці серпня 46 мм.

Район Рівненської області відноситься до зони достатнього зволоження. Тому терміни сівби розраховуються за сумами ефективних температур від першого листопаду в сторону літніх місяців.

Сума ефективних температур 200° С накопичується 25 вересня, 300° С – 15 вересня. Таким чином, оптимальні терміни сівби у Рівненській області з 15 серпня по 25 вересня. З 5 по 15 вересня – надмірно ранні строки сівби, а після 25 вересня – надмірно пізні. Спочатку розрахунки виконуються по кожній агрометеорологічній станції і потім визначаються середні по області. Після закінчення розрахунків складається текст прогнозу, в якому наводяться відомості про очікувану температуру повітря у вересні та середня багаторічні значення її у жовтні. Потім характеризується дата переходу температури повітря через 5 °С в порівнянні з середньою багаторічною і очікувані терміни сівби озимих культур у поточному році теж в порівнянні з середніми багаторічними.

Таблиця 5.5 – Розрахунок термінів сівби озимих в Рівненській області

Станція/показники	Середня за декаду температура повітря, °С						
	вересень			жовтень			листопад
Декади	1	2	3	1	2	3	1
Середня багаторічна температура повітря	16,5	14,5	12,5	11,8	9,9	7,8	4,6
Очікувана температура повітря в поточному році, °С	18,5	16,5	15,5	11,8	9,9	7,8	
Дата переходу температури повітря через 5 °С восени							1 листо-пада
Сума ефективних температур за декаду, °С	135	115	105	68	49	31	
Сума ефективних температур наростаючим підсумком, °С	503	368	253	148	80	31	
Очікувані дати сівби:	Ранні - 5-15 вересня Оптимальні - 15-25вересня Пізні - після 25 вересня						
Прогноз температури на вересень	Температура повітря у вересні очікується у першій декаді на 3 °С вищою, у другій декаді – на 2 °С, у третій декаді на 1 °С вищою від середньої багаторічної. Сума опадів в межах норми.						

5.2 Розрахунок оптимальних термінів сівби озимих в Україні

Метод прогнозу оптимальних термінів сівби озимих культур в Україні розробили в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті В.П. Дмитренко та І.Г. Грушка [20].

В основу методу розрахунку оптимальних термінів сівби покладено емпіричні залежності тривалості міжфазних періодів розвитку озимих від температури повітря та вологості ґрунту. Прогноз складається у термін за 20 днів по відношенню до середніх багаторічних термінів сівби. Оптимальні терміни сівби озимих визначаються шляхом введення поправок (Δ_1) до середнього багаторічного оптимального терміну сівби на відхилення фактичної температури повітря від середньої багаторічної за серпень, відхилення дати переходу температури повітря через 5° С у поточному році від середньої багаторічної та на значення запасів продуктивної вологи у період сходи – кущіння (Δ_2).

Авторами методу були визначені оптимальні терміни сівби озимих культур майже для всієї території України (табл.5.6).

При складанні прогнозу спочатку визначається з синоптичного прогнозу погоди очікувана температура повітря та сума опадів. Потім розраховується дата переходу температури повітря через 5° С у поточному році та її відхилення від середньої багаторічної. Розраховується середня багаторічна температура за серпень і середня температура за серпень поточного року і також визначається різниця між ними.

Таблиця 5.6 – Оптимальні терміни сівби озимих культур в Україні (за В.П. Дмитренко та І.В. Грушкою)

№ п/п	Станція	Дата оптимального терміну сівби	№ п/п	Станція	Дата оптимального терміну сівби
1	Ніжин	29. VIII	15	Берегове	1.X
2	Суми	1.IX	16	Коломия	15.IX
3	Ковель	14.IX	17	Чернівці	20.IX
4	Рівне	7.IX	18	Кіровоград	4.IX
5	Житомир	2.IX	19	Синельникове	6.IX
6	Бориспіль	1.IX	20	Волноваха	31.VIII
7	Кам’янка-Бузька	16.IX	21	Луганськ	26.VIII
8	Тернопіль	5.IX	22	Затишшя	8.IX
9	Хмельницький	11.IX	23	Одеса	17.IX
10	Вінниця	30.VIII	24	Базаринка	19.IX
11	Озерна	1.VX	25	Баштанка	3.IX
12	Гребінка	27.VIII	26	Асканія Нова	14.IX
13	Полтава	2.IX	27	Мелітополь	8.IX
14	Приколотне	19.VIII	28	Клепініно	1.IX

За розрахованими значеннями відхилень середньої температури повітря за серпень від середньої багаторічної визначається перша поправка з табл. 5.7 (Δ_1).

Таблиця 5.7 – Поправка (Δ_1) до оптимальних термінів сівби за відхиленнями температури повітря та дати припинення вегетації

Відхилення температури повітря від середньої багаторічної за серпень,° С	Відхилення дати переходу температури повітря через 5° С восени від середньої багаторічної, дні										
	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
-6	-27	-24	-22	-18	-15	-13	-10	-7	-4	-1	2
-5	-25	-22	-19	-16	-13	-10	-8	-6	0	2	3
-4	-23	-20	-17	-14	-10	-7	-4	-1	2	5	9
-3	-22	-18	-15	-12	-8	-5	-2	-1	4	7	11
-2	-20	-17	-14	-10	-7	-4	0	3	6	9	13
-1	-19	-16	-12	-9	-6	-3	1	4	8	11	15
0	-18	-14	-11	-7	-4	0	3	6	10	13	17
1	-17	-13	-10	-6	-2	1	5	8	12	15	19
2	-16	-12	-9	-5	-1	2	6	10	13	17	20
3	-15	-11	-7	-4	0	4	7	11	15	19	22
4	-14	-10	-7	-3	1	5	9	12	16	20	23
5	-14	-10	-6	-2	2	5	9	13	17	21	24
6	-13	-9	-5	-2	2	6	10	14	18	22	26

Запаси продуктивної вологи визначаються з рис. 5.1 для кожної декади. Потім визначаються середні запаси продуктивної вологи за період «сходи – кущіння».За значеннями середніх запасів продуктивної вологи із табл. 5.8 визначається друга поправка (Δ_2). Потім розраховується сумарна поправка.

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 \qquad (5.3)$$

Очікуваний оптимальний термін сівби розраховується шляхом введення отриманої сумарної поправки до оптимального середнього багаторічного терміну сівби.

Складання прогнозу відбувається за 20 днів до середньої багаторічної дати сівби. Для складання прогнозу необхідні: значення середньої температури повітря за серпень, очікувані її значення за прогнозом у

вересні, дата переходу температури повітря через 5 °С восени поточного року та її середнє багаторічне значення, запаси продуктивної вологи в шарі 0 – 20 см на кінець серпня.

Таблиця 5.8 – Значення поправок Δ_2 (дні) до середніх багаторічних термінів сівби озимих на вологість ґрунту у шарі 0 – 20 см

Запаси продуктивної вологи, мм	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Δ_2	-6	-3	-2	-1	0	-1	-2	-3	-6

Приклад. Розрахувати оптимальні терміни сівби для ст. Полтава. Середні багаторічні оптимальні терміни сівби визначаються з табл. 5.6, це буде 2 вересня. Середня багаторічна температура повітря за серпень становить 20,0 °С. Середня багаторічна дата переходу температури повітря через 5 °С спостерігається 29 жовтня. Температура повітря в серпні поточного року становила 21,5 °С.

Дата переходу температури повітря через 5 °С у поточному році визначається за методом Ф.Ф.Давітая та Ю.С. Мельника. Вона буде очікуватись 15 листопаду. Потім розраховується відхилення середньої температури за серпень поточного року від середньої багаторічної (21,5 – 20,5 = 1 °С) і відхилення дати переходу температури повітря через 5 °С у поточному році від середньої багаторічної (15 листопада – 29 жовтня = 16 днів). За цими відхиленнями з табл. 5.7 визначається поправка Δ_1. В нашому випадку вона буде рівною 13 дням. Далі за методом С.О. Веріго розраховуються запаси продуктивної вологи у шарі 0 – 20 см (рис. 5.1) на кожну декаду і визначаються середні запаси вологи за вересень місяць. В нашому випадку вони становитимуть 15 мм. За значеннями запасів вологи із табл.5.8 визначається друга поправка Δ_2, вона становитиме – 3 дні. Сумарна поправка визначається за формулою (5.3), $\Delta = \Delta_1 - \Delta_2$ = 13днів – 3дні = 10 днів. Оптимальний термін сівби в Полтаві визначається шляхом додавання загальної поправки Δ до середнього багаторічного терміну сівби, тобто 2 вересня + Δ (10) днів = 12 вересня.

5.3. Метод прогнозу термінів сівби озимих культур з урахуванням зміни агрокліматичних умов

У зв’язку з потеплінням клімату, яке інструментально зафіксовано з 70-х років минулого століття, майже на всій території України терміни сівби озимих культур зміщувались на більш пізні строки. Найчастіше зміщення відбувалось через надто посушливі умови. Внаслідок потепління терміни сівби змістились по всій території України майже на декаду, в південних районах навіть більше. В центральній частині України і в північних областях внаслідок такого зміщення в період осінньої вегетації озимим культурам недостає тепла для закінчення вегетації добре

розкущеними. В південних і південно-східних районах підвищилась посушливість.

В останнє десятиріччя підвищення температури повітря спостерігалось у вересні і в жовтні. За даними розрахунків за існуючими сценаріями зміни клімату дата переходу температури повітря через 5 °С восени в середньому спостерігалась в усіх природно - кліматичних зонах України, окрім Полісся, пізніше майже на 20 днів. Період осінньої вегетації озимих культур збільшився, отже озимі припиняли вегетацію перерослими, особливо в умовах достатнього вологозабезпечення. Сівба озимих культур на території України починається в серпні в Поліссі і Лісостеповій зоні і у вересні – в інших зонах.

В період від дати переходу температури повітря через 5 °С до дати переходу її через 0 °С в окремі роки спостерігалась слабка вегетація озимини в денні години. Дослідженнями Г.І. Страшної встановлено, що така слабка вегетація не спричиняла помітних змін в стані озимих посівів.
Із досліджень Є.С. Уланової та В.П. Дмитренка відомо, що для розвитку озимих до стану 3-4 пагонів необхідна сума ефективних температур 200 – 300 °С. Г.І. Страшна [100] встановила, що в середньому ця сума від сівби до припинення вегетації становить 250 °С. Тому для уточнення оптимальних термінів сівби необхідно визначити суму ефективних температур 250 °С від дати припинення вегетації в сторону літніх місяців [100].

Встановлені таким чином оптимальні терміни сівби можуть використовуватись в роки, коли відхилення в агрометеорологічних умовах наприкінці серпня і у вересні від середніх багаторічних незначні. В інших випадках необхідно визначати щорічну дату переходу температури повітря через 5 °С восени.

Г.І. Страшною встановлені статистичні залежності тривалості періоду осінньої вегетації озимих культур (N) від дати переходу температури повітря через 15 °С в серпні (D_{15}):

для нечорноземних районів ця залежність описується рівнянням

$$N = 0{,}015D^2_{15} - 1{,}74D_{15} + 79{,}55 \quad , \qquad R = 0{,}77, \qquad (5.4)$$

для чорноземних районів

$$N = 0{,}014D^2_{15} - 1{,}78D_{15} + 87{,}43 \quad , \qquad R = 0{,}71, \qquad (5.5)$$

де R – коефіцієнт множинної регресії.

Розрахувавши тривалість періоду активної вегетації озимих культур, можна визначити дату її закінчення. Відрахувавши від дати закінчення

активної вегетації в сторону літніх місяців суму ефективних температур 250 °С, можна визначити оптимальну дату сівби.

Приклад. На півночі Чернігівської області перехід температури повітря через 15 °С спостерігався 22 серпня. В рівняння (5.5) підставляємо значення 22 (за одиницю підрахунку, береться 1 серпня).

$$N = 0{,}014 \cdot (22)^2 - 1{,}78 \cdot 22 + 87{,}43 = 55 \text{ днів}$$

Таким чином припинення вегетації озимих культур відбудеться через 55 днів від 1 серпня, тобто 16 жовтня. Від 16 жовтня в сторону літніх місяців визначаємо суму ефективних температур 250 °С. Дата накопичення цієї суми буде 30 серпня. Отже, оптимальним терміном сівби озимих культур буде 30 серпня.

Г.І. Страшна запропоновала ще один підхід до визначення термінів сівби озимих культур. В роки з аномальними агрометеорологічними умовами необхідно враховувати агрометеорологічні умови поточного року і сезонних прогнозів погоди.

Для розрахунків термінів сівби озимих культур в аномальні роки були одержані статистичні залежності дат сівби озимих від середньої температури повітря за період з третьої декади серпня по третю декаду вересня ($T_{8\text{-}9}$) та від сум опадів за серпень (P_8). R – коефіцієнт кореляції:

для нечорноземних районів ця залежність описується рівнянням

$$D_c = 1{,}09\, T_{8\text{-}9}^3 - 37{,}51\, T_{8\text{-}9}^2 + 429{,}5\, T_{8\text{-}9} - 1604{,}7 \quad , \quad R = 0{,}79 \qquad (5.6)$$

для чорноземних районів

$$D_c = 0{,}37\, T_{8\text{-}9}^2 - 5{,}00\, T_{8\text{-}9} + 0{,}036 P_8 + 31{,}60 \quad , \quad R = 0{,}83 \qquad (5.7)$$

Для розрахунку оптимальних термінів сівби за цими рівняннями використовується сезонний прогноз погоди або середні багаторічні дані.

5.4. Метод прогнозу стану озимих культур на момент припинення вегетації

Прогноз стану озимих культур на дату припинення вегетації восени має дуже велике значення, оскільки у ньому подається агрометеорологічна характеристика всього осіннього періоду вегетації озимих та вказуються відсотки площі поля з різним станом кущистості рослин. А це, в свою чергу, дає можливість уявити можливість пошкодження озимини взимку, бо стан озимих культур восени багато в чому визначає міру цього пошкодження.

Кущіння озимих зернових культур триває до припинення вегетації. Темпи його визначаються температурними умовами, умовами зволоження орного шару ґрунту та біологічними особливостями сортів. А.Я. Грудєвою виділено чотири групи сортів озимої пшениці та озимого жита за інтенсивністю темпів кущистості при достатньому зволоженні ґрунту та знайдені статистичні залежності темпів кущистості (*У*) від сум позитивних температур за період кущіння (*x*)

1) найменша інтенсивність – у озимої пшениці сортів Безоста 1, Білоцерківська 198 та Лютесценс 230

$$У = 0{,}0085x + 1{,}0 \quad . \tag{5.8}$$

2) слабка інтенсивність кущіння – у озимої пшениці сортів Одеська 3, Степова 135 та озимого жита сорту Лисиціна

$$У = 0{,}01x + 1{,}0 \quad . \tag{5.9}$$

3) середня інтенсивність кущіння – у озимого жита сортів Саратовське, Харківське та Безенчукське

$$У = 0{,}01x + 2{,}0 \ , \tag{5.10}$$

4) найбільша інтенсивність кущіння – у озимої пшениці сортів Миронівська 808 та Миронівська 264

$$У = 0{,}017x - 0{,}45 \ , \tag{5.11}$$

в озимого жита сорту Лисиціна

$$У = 0{,}0065x + 1{,}0 \tag{5.12}$$

найкраще всього переносять умови зимівлі озимі культури у стані кущистості 3 – 6 пагонів. Озимі у фазі сходів, третього листка а також кущистості більшої за 6 пагонів зимують значно гірше.

При складанні прогнозу стану озимих культур на дату припинення вегетації визначається кущистість рослин та оцінка стану посівів, яка розраховується за таблицею С.О. Веріго (табл.5.9) [8, 9].

Було визначено статистичні залежності між середньою по області кількістю рослин на один м^2 (*u*) та середніми по області значеннями запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту (*w*)

для України та Молдови

$$u = 178{,}68 + 21{,}735w - 0{,}459w^2 \tag{5.13}$$

для нечорноземної зони

$$u = 117{,}35 + 22{,}29w - 0{,}361w^2 \tag{5.14}$$

Таблиця 5.9 – Середні оцінки стану сходів озимих культур при різних значеннях запасів вологи

Природні зони	Запаси продуктивної вологи, мм											
	5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-50	51-60	61-70	71-80
Чорноземні ґрунти	–	2,0	2,8	3,1	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	–	–	–
Опідзолені ґрунти	1	1,4	3,0	3,6	3,9	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0

Оцінки: 1 – дуже поганий; 2 - поганий; 3 – задовільний; 4 – добрий; 5 – відмінний.

У поганому стані восени вважаються посіви озимих, які не дали сходів, слабко розвинені (у фазах сходи, третій лист, початок кущіння), зріджені на 30 % і більше, а також добре розкущені але зріджені на 50 % посіви [51].

Залежність розмірів площі (у відсотках від посівної) з поганим станом озимини восени (S_o) від середньої по області кількості рослин на м^2 (u) для різних зон можна розрахувати за рівняннями (табл. 5.10). За наявності даних фактичних спостережень кількості рослин на 1 м ^{2} на дату припинення вегетації прогноз стану озимих восени уточнюється. За цією методикою можна розраховувати площі з поганим станом озимих на окремих полях.

Таблиця 5.10 – Залежність стану озимих культур від кількості рослин на м^2 (за Т.А. Максименковою)

Територія	Рівняння	Номер рівняння
Південні райони України	$S_0 = -0{,}0218u + 102{,}38$	(5.15)
Інші райони України	$S_0 = -0{,}103u + 51{,}17$	(5.16)

Приклад. Скласти прогноз стану озимої пшениці на момент припинення вегетації сортів Миронівська 808, Безоста 1 та Одеська 51 у Київській області .

Загальна площа посіву 53 тис.га. На 5 вересня засіяно 20% площі. Запаси продуктивної вологи на 5 вересня становили: в Баришівці – 36 мм, у Фастові – 32 мм, Поліському – 38 мм, Білій Церкві - 28 мм, Яготині – 26 мм, Броварах – 24 мм.

Порядок розрахунків: Розраховуються середні по області запаси продуктивної вологи на 5 вересня: (36 + 32 + 38 + 28 + 26 + 24) : 6 = 31 мм. Підставляються значення запасів вологи в рівняння (5.12) u = 178,68 + 2,1375 х 31 – 0,459 х 961 = 400,2 і визначається очікуваний стан озимих на дату припинення вегетації, тобто кількість рослин на один м^2, у нашому випадку кількість рослин становить 400,2. За рівнянням (5.14) визначається відсоток площі з поганим станом озимих культур S_o = (- 0,103 х

400,2) + 51,7 =9,95 %. У задовільному стані – 100% - 10 % = 90 %. Наприкінці осінньої вегетації за фактичними спостереженнями площа посівів у поганому стані уточнюється. Після визначення стану озимих на дату припинення вегетації складається текст прогнозу, в якому характеризуються агрометеорологічні умови сівби, особливості розвитку озимих культур восени, очікувана кущистість та площа з різним станом посівів. До тексту прогнозу додається робоча таблиця, в якій виконувались розрахунки.

Т.О. Максименкова запропонувала прогностичні рівняння, які дозволяють визначити загальні по області розміри площі з поганим станом посівів на дату припинення вегетації з двомісячною завчасністю

Центральні чорноземні області України

$$S_o = 37{,}02 - 3{,}5ДП - 0{,}07ДП^2 - 0{,}37\,R_{vш} + 0{,}002\,R^2_{vш}, \qquad (5.17)$$

Південні і південно – східні області України

$$S_o = 2{,}29 - 0{,}006W_{0\text{-}20,}1x + 0{,}008W^2_{0\text{-}20,1x,} \qquad (5.18)$$

де S_o – площа посівів в області з поганим станом восени (%);

ДП – дата початку сівби озимих (за початок сівби береться дата, коли засіяно 20% площі);

$R_{vш}$ – середня по області сума опадів, (%) від середньої багаторічної суми за серпень;

$W_{0\text{-}20,1x}$ – середні по області запаси продуктивної вологи за вересень, мм.

Прогноз стану озимих на момент припинення їх вегетації по області уточнюється через місяць після складання прогнозу з двомісячною завчасністю. Для прогнозу з місячною завчасністю пропонуються рівняння:

Центральні чорноземні області України

$$S_o = -23{,}0 + 1{,}42ДП - 0{,}48\,R_{vш+1x} + 0{,}003\,R^2_{vш+1x}, \qquad (5.19)$$

Південні і південно – східні області України

$$S_o = 65{,}12 - 0{,}20ДН - 4{,}20W_{0\text{-}20,1x+x} + 0{,}08W^2_{0\text{-}20,1x+x,}, \qquad (5.20)$$

де $R_{vш+Ix}$ – сума опадів у відсотках від середньої багаторічної за вересень – жовтень, мм;

$W_{0\text{-}20,Ix+x}$ – запаси продуктивної вологи за вересень, жовтень, мм.

Приклад розрахунку очікуваної площі озимих культур з поганим станом по Харківській області**.**

А) *з двомісячною завчасністю***.** Початок сівби озимих культур 12 вересня**.** Середня багаторічна сума опадів за серпень в Харківській області становить 56 мм. В поточному році сума опадів за серпень становила 84 мм, тобто 150 % від середньої багаторічної суми опадів. Кількість днів від 1 серпня до початку сівби становила 43. За рівнянням (5.17) розраховується очікувана площа з поганим станом озимих: S_o= 37.02 – 3,5 х 43 + 0,07 х $(43)^2$ + 0,37 х (150) – 0,002 х $(150)^2$ = 37.02 – 150,5 + 129,43 + 55,5 – 45,0 = 20,95 %.

Б) *з місячною завчасністю***.** Початок сівби 12 вересня. Середня багаторічна сума опадів за серпень і вересень становить 112 мм. В поточному році сума опадів за серпень і вересень становила 90 % від середньої багаторічної. За рівнянням (5.19) визначається площа посівів озимих культур з поганим станом по Харківській області S_o = -23,0 + 1,42 х 43 – 0,48 х 90 + 0,003 х $(90)^2$ = -23,0 + 61,06 – 43,2 + 24,3 =19,4 %.

Фактична площа з поганим станом озимих культур восени становила 16 %.

5.5.Прогноз початку польових робіт та сівби ранніх ярих культур

5.5.1 Прогноз початку польових робіт в районах капілярного насичення ґрунту вологою

В районах Північного та Північно-Західного економічних районів Росії, у Білорусі, в 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 вологи [14]. 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 дружними, 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 обмежуючими, тому що 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'янко дозволили отримати метод довгострокового прогнозу просихання ґрунту до м'якопластичного стану для зони нечорноземних ґрунтів. Метод грунтується на встановлених закономірностях, що умови залягання снігу і промерзання ґрунту в період першого зниження температури повітря до –10 ºС 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:

для супіщаних ґрунтів – $y = -0{,}95n - 0{,}74x_1 - 0{,}06h + 186{,}71$ **(**5.21)

для суглинків – $y = -1{,}12n - 0{,}14x_1 - 0{,}09h + 177{,}17$**,** **(**5.22)

де y – тривалість періоду від кінця першого зимового похолодання, коли температура повітря сягає – 10º 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 ºС 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 ^{o}С восени до кінця першого зимового похолодання знаходиться в межах від 26 до 60 днів. За рівняннями (5.19 та 5.20) побудовано графіки для зручності у використанні (рис. 5.2 а, б), на яких по осі абсцис – тривалість періоду у днях від переходу температури повітря через 0 º С до кінця першого зниження температури повітря до –10 ºС і нижче впродовж 10 днів і більше.

***Приклад*:** Виконаємо розрахунок для поля, де переважають суглинки. Температура повітря перейшла через 0 ºС 30 листопада. Перше зимове похолодання відмічено з 10 по 21 грудня. Таким чином ,тривалість періоду від дати переходу температури повітря через 0 ºС 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 з рис. 5.2, 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.

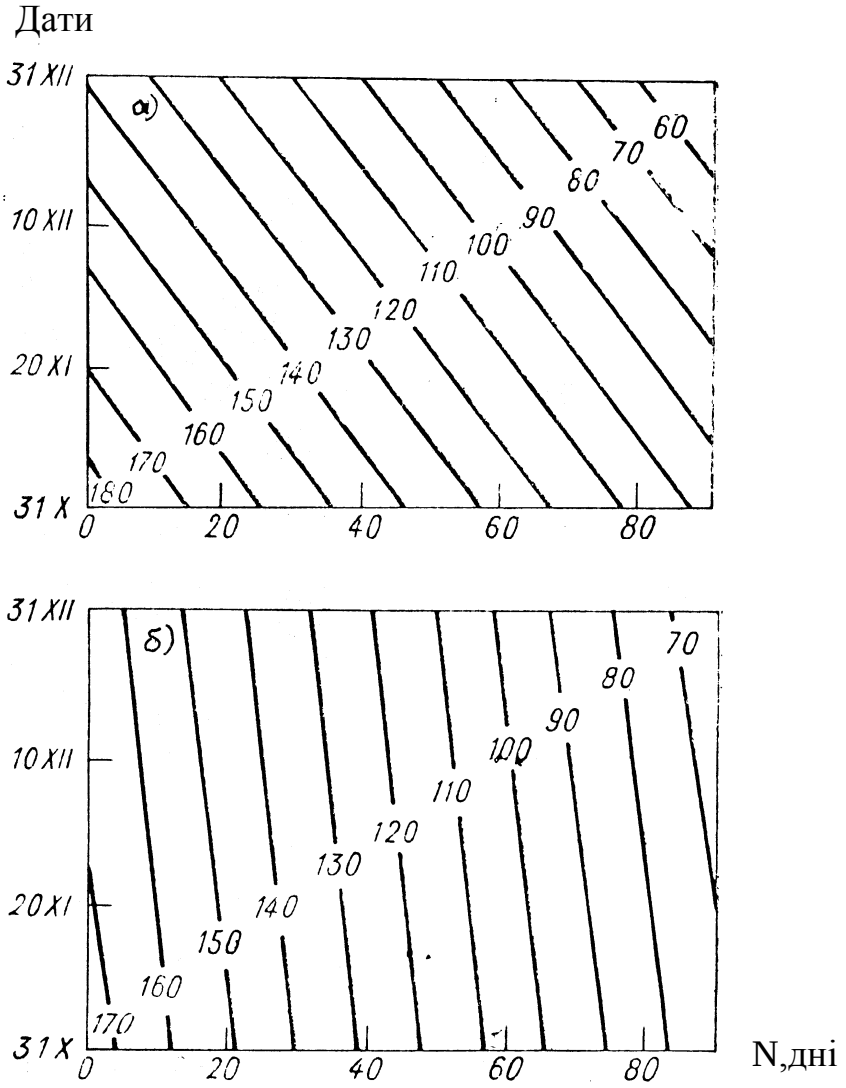


Рис.5.2 – Графік для розрахунку часу просихання орного шару ґрунту до м'якопластичного стану. а – суглинкові, б – супіщані ґрунти.

5.5.2. Метод прогнозу оптимальних строків початку польових робіт і сівби ранніх ярих культур у Білорусі і північно-західних районах України

Територія Білорусі та деяких областей північного заходу України також відносяться до районів капілярного насичення ґрунту вологою. Для цих районів метод прогнозу початку польових робіт розробила Л.К. Пятовська [87]. Дослідження Л.К. Пятовської показали, що оптимальні строки початку польових робіт у Білорусі та на північному

заході України співпадають з моментом просихання ґрунту до м'якопластичного стану. В різні роки відмічається різний характер ходу весняних процесів. Поряд із середніми значеннями факторів, що характеризують весну, відмічаються аномально відмінні значення. Аномальною вважається весна з аномальними строками настання весняних процесів.

Повторність аномальних весен у Білорусі та у північному заході України складає 20 %. Дослідженнями встановлено, що в цих районах 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 зумовлюється 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. Пятовська також встановила, що термін просихання верхнього шару ґрунту залежить від температури повітря. Причому, 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

$$y = 87{,}17 - 1{,}73t_3 - 0{,}64t_3^2 \qquad (5.23)$$

Для нормальних та пізніх весен Л.К Пятовська встановила залежність між датою просихання верхнього шару ґрунту до м'якопластичного стану (у) і середньою за місяць температурою квітня (t_4) (рис.5.3):

для легких ґрунтів

$$y = 137{,}9 - 7{,}18t_4 + 0{,}32t_4^2, \qquad (5.24)$$

для важких ґрунтів

$$y = 133{,}08 - 3{,}97t_4 + 0{,}07t_4^2 \qquad (5.25)$$

Для розрахунків температура повітря визначається з прогнозу погоди. У випадку ненадійності прогнозу погоди початок польових робіт уточнюється за інерційними факторами. Таким фактором для Білорусі та Північного Заходу України 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

$$y = 24{,}72 + 0{,}89n \quad , \qquad (5.26)$$

для важких ґрунтів

$$y = 123{,}3 - 1{,}01n + 0{,}09n^2 \qquad (5.27)$$

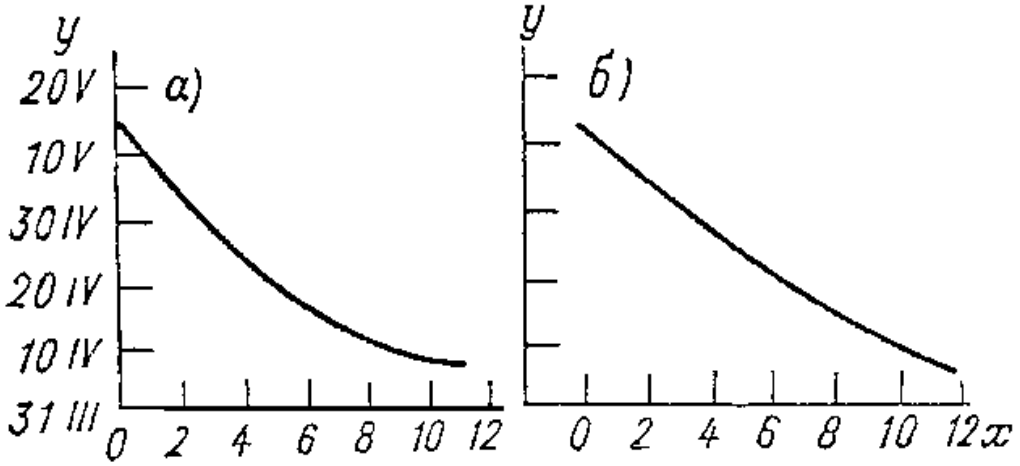


Рис.5.3 – Залежність дати настання (*y*) першого просихання ґрунту до м'якопластичного стану від середньої температури повітря (*x*) за квітень (для нормальних та пізніх весен для супіщаних (а) та суглинкових ґрунтів (б)).

***Приклад*:** Розрахувати строки початку польових робіт на полях з суглинковими ґрунтами. Прогноз на квітень надійшов 20 березня. За прогнозом у квітні очікується середня температура 6º С. За рис 5.3 (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 та на північному заході України починається пізніше початку польових робіт. Найкращі агрометеорологічні умови для сівби складаються тоді, коли верхній шар ґрунту не тільки достигне м'якопластичного стану а і прогріється до + 5 ºС. При сівбі ярих культур в оптимальні строки на мінеральних ґрунтах загроза заморозків на

рівних полях практично відсутня. Заморозки спостерігаються на півдні Білорусі та північному заході України 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 достигання верхнього шару ґрунту для сівби ранніх ярих культур (у):

для легких ґрунтів

$$y = 136{,}87 - 5{,}16t_4 + 0{,}09t_4^2 \qquad (5.28)$$

для важких ґрунтів

$$y = 136{,}1 - 4{,}76t_4 + 0{,}12t_4^2 \qquad (5.29)$$

***Приклад*:** Розрахувати оптимальні терміни сівби ярих культур. З врахуванням прогнозу погоди визначити середню температуру квітня. Вона становить 6º С. За рівнянням (5.26) розраховується значення у, яке відповідає температурі 6º С, і визначається дата достигання верхнього шару ґрунту – це 21 квітня. Вона і буде оптимальним строком сівби ярих культур. Рівняння (5.28 та 5.29) 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 строків сівби на осушених торф'яниках полягає у тому, що сівба повинна початись рано і закінчитись дуже швидко, поки не розтанула так звана «мерзла підошва», 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 найшвидше.

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

$$y = 86{,}89 - 2{,}7t_3 - 0{,}19t_3^2 \ , \qquad (5.30)$$

де t_3 – середня температура повітря за березень, ºС;

y – оптимальний строк сівби на осушених торф'яниках.

Приклад: Розрахувати оптимальні строки проведення польових робіт навесні в районі Дрогобичі. Розрахунки виконуються після одержання прогнозу погоди на березень. За прогнозом у березні очікується температура повітря 1,8 ºС. За рівнянням

(5.30) визначається дата від танення торф'яників на 10 см, тобто дата початку сівби. Це буде 22 березня.

Контрольні питання.

1. З якою завчасністю складається прогноз початку польових робіт?

2. На чому грунтується метод початку польових робіт Дерев'янко?

3. За якими даними визначаються поправки до оптимальних термінів сівби в Україні?

4. Які райони вважаються районами достатнього забезпечення вологою?

5.В якому стані озимі культури найкраще переносять несприятливі умови зими?

6. За якими даними розраховуються запаси продуктивної вологи?

РОЗДІЛ 6. МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ПЕРЕЗИМІВЛІ ОЗИМИХ КУЛЬТУР

6.1 Морфофізіологічна характеристика стану озимих культур восени

Озимі культури (пшениця, жито, ячмінь) – однолітні рослини, зростання яких відбувається впродовж двох циклів, відмежовань між собою досить тривалим відрізком часу (від 3 до 7 місяців) примусового спокою, який зумовлюється 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 [2, 9, 10, 22, 40, 50, 56, 62 – 65, 87, 92, 98]. Зменшення інтенсивності зростання наприкінці вегетації призводить до зміни напрямку та інтенсивності процесу обміну речовин, а також накопиченню інгібіторів зростання, що сприяють переходу рослин в стан зимового покою.

З усіх озимих зернових культур найбільш стійким до несприятливих умов зимівлі є жито. Це пояснюється менш вимогливим ставленням цієї культури до зовнішніх умов вирощування, більшою інтенсивністю кущистості та ін. Критична температура вимерзання різних сортів озимого жита в залежності від умов осінньої вегетації коливається у межах від –18 до – 24° С. 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 ºС. 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 нижча, ніж у жита та озимої пшениці. Критична температура вимерзання більшості сортів ячменю становить –13 – 16 ºС. Вирощується озимий ячмінь в районах, де умови зимівлі значно м’якші. Площі посівів озимого ячменю набагато менші, ніж озимої пшениці та жита [9, 64].

Восени озимі культури формують коріння, пагони та листя. Головними факторами агрометеорологічних умов розвитку озимих культур восени є температура повітря та вологість ґрунту [65, 66].

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. Переростлі рослини восени мають висоту близько 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 грунту до -18 – -22° С.

В залежності від морозостійкості висіяних сортів, агрометеорологічних умов осені, рельєфу полів зрідженість посівів взимку має досить різноманітний характер. Вона може бути невеликою та рівномірно розповсюджуватись по полю. Це буде дифузійна зрідженість. Найчастіше вона спричиняється 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 льодяної 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 льодяної кірки поглиблює дію всіх вищеназваних факторів.

Вимерзання рослин – це пошкодження або загибель зимуючих рослин через порушення обміну речовин та утворення кристалів льоду у протоплазмі за низьких температур ґрунту на глибині залягання вузла кущіння озимих культур або кореневої шийки багаторічних трав при відсутності снігу або його незначній товщині під час морозів.

Випрівання рослин – це пошкодження або загибель озимих культур внаслідок тривалого перебування їх під товстим шаром снігу при температурі ґрунту на глибині вузла кущіння близької до 0 °С, при слабкому промерзанні ґрунту, коли рослини інтенсивно витрачають питомі речовини на дихання, виснажуються а потім пошкоджуються грибковими захворюваннями, ушкоджуються сніговою пліснявою і гинуть.

Вимокання рослин – це пошкодження або загибель озимих культур через порушення процесів дихання та фотосинтезу, нестачу кисню та вуглекислого газу під час затоплення рослин водою впродовж тривалого часу, переважно в період розтавання снігу навесні.

Льодяна кірка утворюється на поверхні ґрунту внаслідок поперемінного настання відлиг і морозів. Вона може бути притертою (безпосередньо утворюватись на поверхні ґрунту) або підвісною (утворюватись на поверхні снігу). Для озимих культур більш небезпечна притерта льодяна кірка. Пошкодження рослин відбувається через порушення газообміну та механічного тиску льоду. Для озимих культур має велике значення товщина льодяної кірки та тривалість її залягання.

Випирання рослин – це механічне пошкодження озимих посівів внаслідок винесення вузла кущіння на поверхню ґрунту. Винесення вузла кущіння і частини кореневої системи рослин на поверхню ґрунту відбувається за частої зміни відлиг і морозів.

Видування рослин – це знесення сильним вітром (більше 10 – 15 м/с) верхнього шару ґрунту разом з посіяним насінням, сходами, слабко укоріненими рослинами.

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 спричиняє ще більшу зрідженість посівів.

За дослідженнями В.М. Лічикакі [41, 42] вимерзання озимих культур в Україні найчастіше спостерігається в північних та північно-східних районах, рідко – в центральних та південних районах, випрівання – в північно-західних та західних районах. В південних та південно-східних районах в малосніжні зими може спостерігатись видування та випирання рослин.

6.2. 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 відображає рівень агротехніки (строки сівби, якість обробітку 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 [41] значення критичної температури вимерзання тісно пов'язане із середньою за пройдений період зимівлі мінімальною температурою ґрунту на глибині залягання вузла кущіння.

Стан озимих посівів восени після припинення вегетації дуже впливає на перезимівлю озимих культур. Мало розвинені рослини, так. як і переростлі, значно більше пошкоджуються при несприятливих умовах зимівлі. Критична температура їх вимерзання майже завжди на 1 – 3 ºС вища, ніж у добре розвинених рослин. Погано розвинені рослини з кущистістю 1 – 2 пагони мають мало поживних речовин і тому скоріше пошкоджуються через вимокання та випрівання, а також від льодяної кірки. У переростлих рослин (з кущистістю 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 причиняє затримку проходження першої стадії загартування рослин. Встановлено [2, 9, 10, 22, 40, 50, 56, 62 – 65], що найбільшу зимостійкість мають рослини, у яких на момент припинення вегетації є 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 кущіння 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,

критична температура вимерзання та ін. Вплив цих факторів на перезимівлю озимини займались Ф.М. Куперман [40], В.М. Лічикакі [41, 42], В.О. Мойсейчик [62], І.М. Петунін , О.М. Шульгін , А.А. Окушко [87] та інші.

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

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 ºС восени та закінчується переходом її через 0 ºС навесні. Температура повітря взимку особливо негативно впливає на перезимівлю озимих культур за відсутності снігу.

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.

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 займались І.М. Петунін, О.О. Окушко, О.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.

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. На глибину промерзання ґрунту впливають механічний склад ґрунту, його вологість, рельєф, агротехніка, рослинний покрив, висота снігу, мінімальна температура повітря 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 менша

товщина снігу і вища сума негативних температур, тим глибше промерзає ґрунт.

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

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

Велика просторова та часова мінливість мінімальної температури ґрунту не дозволяє обмежуватись лише фактичними спостереженнями через малу кількість вимірювань. Тому для використання цієї величини в прогнозах та оцінках було розроблено декілька методів розрахунку температури ґрунту на глибині 3 см [62, 87]. О.О. Шиголев встановив залежність мінімальної температури на глибині вузла кущіння від мінімальної температури повітря при різній висоті снігу (рис. 6.1). Крім того О.М. Шульгін виділив сім макрорайонів з різними типами зим за температурним режимом грунту на глибині 3 см (табл. 6.1).

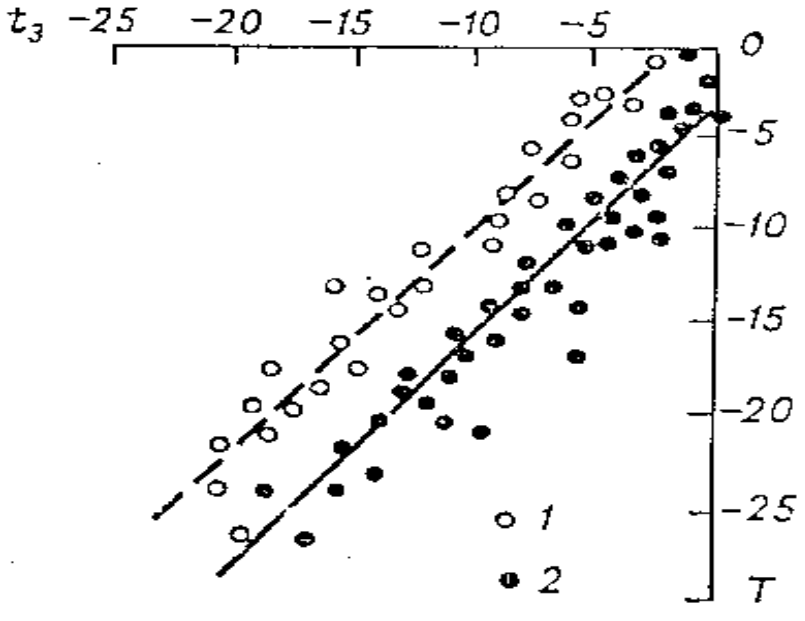


Рис. 6.1 – Значення мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см в залежності від мінімальної температури повітря при відсутності снігу, 1 – при підвищенні температури повітря, 2 – при зменшенні.

В.О. Мойсейчик встановила залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння від мінімальної температури повітря (Т) при різній висоті снігу та різній глибині промерзання ґрунту (Н). Рівняння зв’язку – у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Оцінка кліматичних умов перезимівлі озимих культур за температурою ґрунту на глибині 3 см

Райони клімату ґрунту	Снігові меліорації	Оцінка умов перезимівлі озимих культур	Абсолютний мінімум темпера-тури,°С			Ймовірність температури в окремі роки (%)			
			середній	найбіль-ший	наймен-ший	вище 5°С	-5, - 15°С	нижче -16°С	нижче -20°С
1.Дуже м'який	Не потрібні	Відмінні	-4, -8	-1, -3	-11, - 14	10-20	80 - 90	-	-
2.Мякий	В окремі зими	Добрі	-8, -12	-1, -8	-12, -20	5 - 10	70 - 90	5 - 20	5
3.Помірно холодний	Потрібно в в багато зим	Задовільні	-12, -16	-2, -10	-2, -22	-	50 - 80	20 – 50	5 – 20
4.Холод-ний	Потрібно в у більшості зим	Нижче задовіль-них	-16, - 20	-10, - 15	-20, -30	-	20 - 50	50 - 80	20 - 50
5.Дуже холодний	Потрібно щорічно	Погані	-20, -24	-12, -17	-25, - 30	-	10 - 20	80 - 90	50 – 70
6.Суворий	Потрібно щорічно	Погані	-20, -28	-15	-30	-	-	100	70 – 80
7.Дуже суворий	Потрібно щорічно	Погані	-28, -32	-15	-35	-	-	100	100

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 (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 – Рівняння зв'язку мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см з мінімальною температурою повітря та глибиною промерзання ґрунту (за. В.О. Мойсейчик)

Висота снігу, см	Рівняння зв'язку
5	$t_3 = 0{,}64T - 0{,}07H + 5{,}2$
10	$t_3 = 0{,}25T - 0{,}06H + 0{,}48$
15	$t_3 = 0{,}17T - 0{,}60H + 1{,}9$
20	$t_3 = 0{,}12T - 0{,}05H + 1{,}56$

Аналітично ці залежності описуються багатофакторними рівняннями, в які окрім температури повітря (*T*), глибини промерзання (*H)* входять висота снігу (*h)* та кількість пагонів на 1 м^2 (*P*):

для зони з чорноземними ґрунтами

$$t = 0{,}618T - 0{,}082H - 0{,}008h^2 + 0{,}658h + 0{,}0007P - 0{,}366 \quad ; \qquad (6.1)$$

для зони нечорноземних земель з добре зволоженим суглинковими ґрунтами

$$t = 0{,}274T - 0{,}052H + 0{,}444h - 0{,}009h^2 + 0{,}004P - 5{,}960 \quad ; \qquad (6.2)$$

для нечорноземної зони з добре зволоженими супіщаними ґрунтами

$$t = 0{,}372T - 0{,}057H + 0{,}425h - 0{,}003h^2 + 0{,}005P - 2{,}328 \quad ; \qquad (6.3)$$

для західних районів нечорноземної зони з суглинковим добре зволоженим ґрунтом:

$$t = 0{,}205T - 0{,}074H + 0{,}171h^2 - 0{,}003h + 0{,}0004P - 0{,}965 . \qquad (6.4)$$

Примітка: За цими рівняннями розраховується мінімальна температура грунту на глибині 3 см, якщо: Т = - 10 – - 40º С, Н = 20 – 150 см, h = 0 – 40 см, Р = 100 – 2000 пагонів на один метр.

За рівняннями (6.1 – 6.4) визначається також товщина снігу, за якої мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння 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 із загиблими посівами.

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

Дослідження І.В. Свісюка [92] щодо виявлення закономірностей зрідженості посівів озимої пшениці, посіяної по парових та непарових попередниках, показали, що є тісний зв'язок між зрідженістю посівів та мінімальною температурою ґрунту на глибині 3 см при сівбі по парових та непарових попередниках. При сівбі по різних попередниках морозостійкість озимини змінюється. При цьому також враховується міра кущистості посівів (табл. 6.3).

6.3. Розрахунок критичної температури вимерзання озимих культур

Критична температура вимерзання – це така температура при якій загибель рослин становить 50 % і більше. Найчастіше величина критичної температури вимерзання визначають за допомогою проморожування зразків у холодильних камерах. Але існує ціла низка методів розрахунку критичної температури [42, 92] вимерзання озимих культур. В сьогоденні гідрометеорологічного обслуговування критичну температуру вимерзання визначають за методом В.М. Лічикакі.

В.М.Лічикакі встановив залежність критичної температури вимерзання озимих культур від сум середніх за добу температур повітря та сум мінімальних температур ґрунту на глибині залягання вузла кущіння. Для використання цієї залежності в оперативній роботі була розрахована табл. 6.3.

За табл. 6.4 розраховується критична температура вимерзання в першу половину зими, тобто після дати стійкого переходу температури повітря через -10º С. Закінчення періоду проходження другої фази загартування рослин приблизно співпадає з цією датою.

Результати перевірки цієї методики на великому матеріалі спостережень показали, що визначена за табл. 6.4 критична температура вимерзання забезпечується точністю ± 1º С.

Для того, щоб була можливість розраховувати значення критичної температури не тільки для першої половини зими, а і для всієї зими, В.М. Лічикакі встановив статистичні залежності критичної температури вимерзання ($T_{кр}$) від середньої із мінімальних температур ґрунту (t_3) на

Таблиця 6.3 – Відсоток загибелі розкущеної озимої пшениці в залежності від мінімальної температури на глибині залягання вузла кущіння, попередника і морозостійкості сорту

Сорт	Попередник	Мінімальна температура на глибині залягання вузла кущіння, °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%	–	–

глибині вузла кущіння за період від переходу її через 0º С восени до дати визначення критичної температури.

Залежності описані рівняннями:

для сортів Миронівська 808, Миронгівська 264 та ін.

$$Ò_{êð} = 0{,}172t_3^2 + 1{,}916t_3 - 14{,}05 \qquad (6.5)$$

для сортів Одеська 3, Одеська 15 і ін.

$$Ò_{êð} = 0{,}191t_3^2 + 2{,}454t_3 - 13{,}929 \qquad (6.6)$$

для сортів Безоста 1 і ін.

$$Ò_{êð} = -0{,}0289t_3^4 - 0{,}344t_3^3 - 1{,}0t_3^2 + 0{,}164t_3 - 13{,}8 \qquad (6.7)$$

для сортів високої морозостійкості

$$T_{кр} = -13{,}929 + 2{,}454t_3^2 + 0{,}191t_3 \;; \qquad (6.8)$$

Таблиця 6.4– Критична температура вимерзання розкущеної озимої пшениці морозостійких сортів в залежності від середньої мінімальної температури повітря за листопад та сум температур за листопад – грудень (за В.М. Лічикакі)

Середня мінімальна темпера-тура за листопад	ΣТ нижче 0 ºС 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

для сортів слабкої морозостійкості:

$$T_{кр} = -13{,}8 + 0{,}164t_3^2 - 1{,}00t_3 - 0{,}344t^2 - 0{,}0289t \ ; \qquad (6.9)$$

озиме жито:

$$T_{кр} = -0{,}14t_3^2 + 2{,}65t_3 - 14 \ ; \qquad (6.10)$$

озимий ячмінь:

$$T_{кр} = -0{,}488t_3^2 + 3{,}263t_3 - 9{,}25 \ ; \qquad (6.11)$$

Таблиця 6.5 – Залежність критичної температури вимерзання озимих культур у другій половині зими 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 ºС	Розрахована критична температура вимерзання (ºС)	
	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

В.М. Лічикакі встановив, що зменшення критичної температури вимерзання залежить від тривалості та величини максимальної температури при відлигах, а також розрахував величини відхилення фактичної критичної температури вимерзання від розрахованої в

залежності від середньої із максимальних температур повітря за декаду (табл. 6.6).

Таблиця 6.6 – Поправка на розраховану критичну температуру при відлигах у другій половині зими

Місяць	Декада	Середня максимальна температура повітря за декаду (в ºС)						
		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

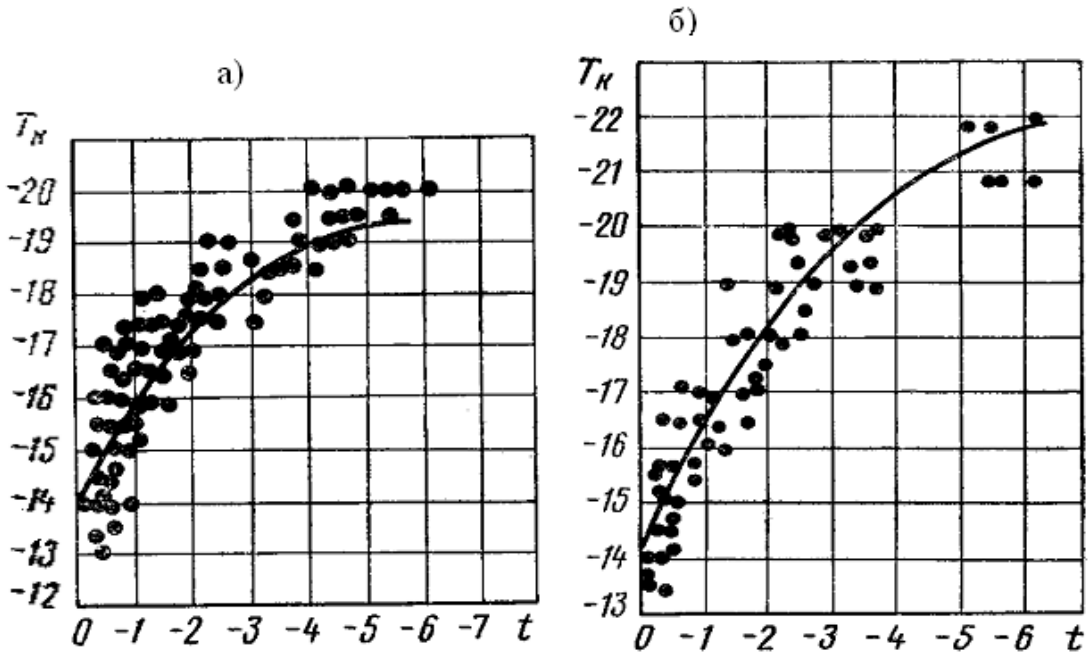


Рис. 6.2 – Залежність критичної температури вимерзання озимої пшениці сортів середньої (а) та високої (б) морозостійкості від середньої з мінімальних температур ґрунту на глибині вузла кущіння. а – сорти Білоцерківська 198, Миронівська 808; б – сорти Одеська 3, Одеська 16 (за В.О. Мойсейчик).

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 близько 20 ºС. Сума позитивних температур вище 5º С

незалежно від наявності снігу зменшує морозостійкість озимої пшениці у першій половині зими на 1 – 1,5º С, у другій половині зими на 2 – 3º 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.

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

6.4 Прогнози площі вимерзання озимих культур

Метод прогнозу вимерзання озимих культур на окремих полях. 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 величини мінімальної температури на глибині вузла кущіння буває нижчою за величину критичної температури вимерзання впродовж однієї-двох діб. Повна загибель рослин спостерігається при пошкодженні вузла кущіння – єдиного органа озимини, здатного навесні регенерувати нові пагони та коріння.

Метод прогнозу розробила В.О.Мойсейчик. Він грунтується 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 [62, 66]. Такі залежності визначені для найбільш поширених сортів Миронівська 808 і Безоста 1 та їх модифікацій.

Загальна залежність між зрідженістю посівів навесні (*У*), мінімальною температурою ґрунту на глибині 3 см (x) та коефіцієнтом кущистості восени (*К*) для озимої пшениці сорту Миронівська 808 носить нелінійний характер та описується рівнянням

$$\lg У = 2{,}660 \lg x - 0{,}129 \lg K - 1{,}733 \qquad (6.12)$$

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

Для сорту Безоста 1 рівняння має вигляд

$$\lg У = 0{,}269(x - 5) + 0{,}921 \qquad (6.13)$$

де lg У – зрідженість озимої пшениці навесні,%;

x – мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння до 20 лютого – поворотним знаком, °С;

К – середня по полю кущистість озимої пшениці восени.

За цими рівняннями розрахована табл. 6.7.

Таблиця 6.7 – Залежність зрідженості озимої пшениці (%) від мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння та розвитку рослин восени (за В.О. Мойсейчик)

Сорт	Фаза розвитку	Мінімальна температура ґрунту, ºС								
		-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
Миронівсь-ка 808	сходи –3-й листок	0	8	25	30	35	50	70	100	100
	кущіння	0	4	8	10	15	30	50	75	100

В.О. Мойсейчик також визначені температури, при яких необхідно підсівати або пересівати пшеницю (табл. 6.8).

Таблиця 6.8 – 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 виконала В.А. Шавкунова [64]. Вона також визначила прогностичні залежності зрідженості посівів озимого жита різних сортів (*U*) від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см до 20 лютого (t_3), та стану рослин восени (*К*):

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

$$U = 0{,}374t_3^2 + 9{,}487t_3 + 70{,}181 \quad , \qquad (6.14)$$

з врахуванням стану посівів восени

$$U = 9{,}076t_3 + 0{,}379t_3^2 - 4{,}898K + 0{,}474K^2 + 71{,}201 \qquad (6.15)$$

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

$$U = 9{,}399t_3 + 0{,}369t_3^2 + 60{,}012 \quad , \qquad (6.16)$$

з врахуванням стану восени

$$U = 9{,}001t_3 + 0{,}365t_3^2 - 5{,}536K + 0{,}693K^2 + 66{,}411 \qquad (6.17)$$

Рівняння дійсні при значеннях t_3 = -10 ... -25º С; та К = 1,0 - 5,0 пагонів.

Техніка складання прогнозу і приклад.

Для визначення площі зрідження посівів спочатку розраховується температура ґрунт на глибині вузла кущіння, за якої зрідженість становитиме 30 або 50 %. Потім за рівняннями (6.3 – 6.4) 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. 6.9.

Як видно з табл. 6.9, найгірші умови перезимівлі склались у третій декаді грудня, коли мінімальна температура повітря становила - 30º С, а мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см складала -18º С, 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. 6.8 видно, що при температурі ґрунту на глибині 3 см – 18º С, 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 менша за 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 6.9 – 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							
Продовження табл. 6.8								
Кількість стебел на 1м^2	1000							
Мінімальна температура повітря, ºС	-20	-16	-30	-25	-18	-30	-25	-20
Мінімальна температура ґрунту на глибині 3см, t_3 ºС	-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 ,%	4	2	30	4	2	4	1	1
Температура ґрунту (ºС) і висота снігу (см), при яких пшениця зріджу-ється на								
30%	-18	8см						
50%	-19	5						
>50%	нижче -19	4						
Площа (% поля) з зрідженістю посівів на весні								
≤30%		42						
31-50%		29						
>50%		13						

Метод прогнозу площі вимерзання озимих культур по території областей та регіонів (за середніми показниками). Інтегральним показником агрометеорологічних умов в зимовий період може бути температура ґрунту на глибині вузла кущіння. Між площею загиблих рослин від вимерзання і середньою по області або регіону мінімальною температурою ґрунту на глибині вузла кущіння до 20 лютого існує кореляційна залежність (рис. 6.3).

Аналіз кривих на рис. 6.3 показав, що площі з загиблими посівами (%) швидко збільшуються при зменшенні температури ґрунту на глибині вузла кущіння до – 10º С. Для більш точного розрахунку площі загибелі озимих посівів слід розраховувати мінімальну температуру по області не менш як по 10 станціях. За меншої кількості станцій помилка збільшується на 15 %.

Очікувана площа загибелі посівів озимих культур від вимерзання підраховується окремо для озимого жита та для озимої пшениці, потім підсумовується. Розміри очікуваної площі загибелі озимого жита розраховуються за рівнянням В.А. Шавкунової [64]:

$$S_м = 0{,}313(t_З + 5)^2 + 1{,}336(t_З + 5) + 2{,}238 \,, \qquad (6.18)$$

де $S_м$ – площа із загиблими посівами озимого жита (у відсотках від загальної посівної площі озимих по області);

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

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 ± 5 %, озимого жита – ± 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 загиблих посівів.

При складанні прогнозу розмірів площ загиблих озимих культур від вимерзання середня по області мінімальна температура грунту на глибині вузла кущіння до 20 лютого повинна розраховвуватись не менше ніж по 10 агрометеорологічних станціях. За меншої кількості станцій похибка прогнозу зростає, а точність визначення середньої по області мінімальної температури грунту на глибині вузла кущіння перевищуватиме ±1 °С.

Очікувана площа загиблих посівів озимої пшениці визначається із рис. 6.3 *а* , озимого жита – 6.3 *б.* або за рівнянням (6.16).

При використанні рис. 6.3 слід пам’ятати, що крива 1 відноситься до посівів пшениці сорту Миронівська 808 (60 -80 % і більше) при доброму

стані посівів восени. Крива 2 відноситься до посівів з пшеницею сорту Миронівська 808, але які восени були в задовільному стані, а також до посівів тих сортів озимої пшениці, морозостійкість яких нижча ніж у сорту Миронівська 808 і які восени були у доброму стані.

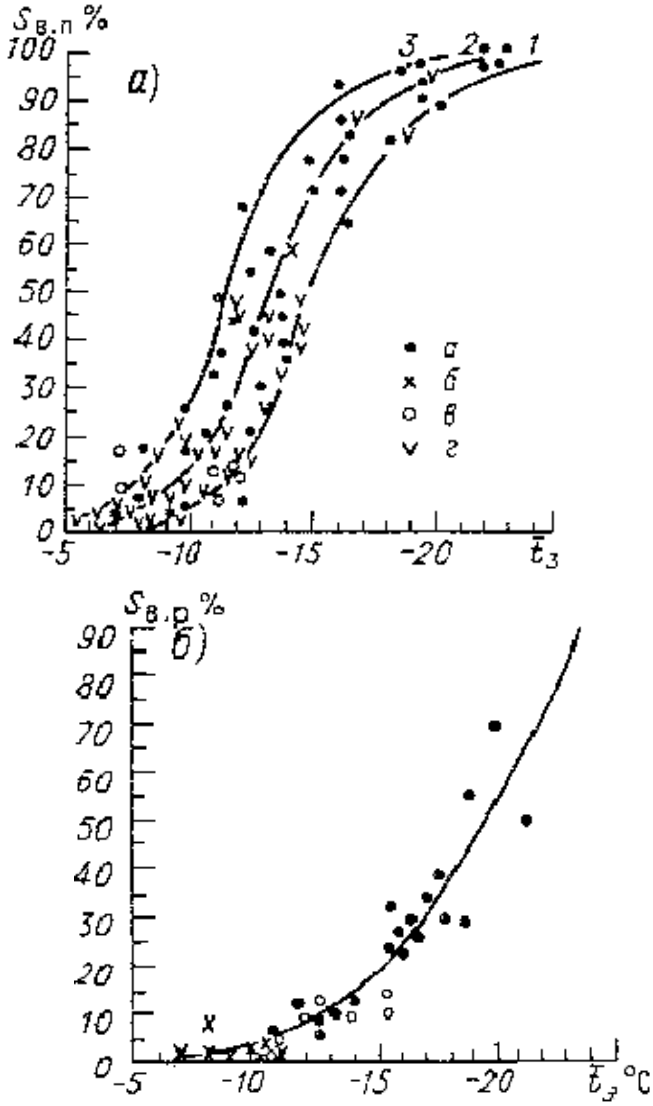


Рис. 6.3 – Залежність площі із загиблими посівами ($S_{в)}$ озимих культур (%) від середньої по області мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння (t_3) до 20 лютого: а) посіви озимої пшениці; б) посіви озимого жита (за В.О. Мойсейчик).

Крива 3 (рис. 6.3, а) виражає залежність між площею загиблих посівів озимої пшениці і середньою мінімальною температурою ґрунту на глибині вузла кущіння для областей, де вирощуються слабко морозостійкі сорти пшениці і де восени стан її був поганим (на 10 – 25 % площі і більше).

6.5 Метод прогнозу загибелі озимих культур за результатами відрощування (уточнення основного прогнозу)

Однією з характеристик стану озимини в різні періоди зими є результати відрощування зразків рослин 25 грудня, 25 січня та 20 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 і ранньою весною зовсім гинуть за різких коливань температури повітря, перезволоження та багаторазового замерзання і відмерзання ґрунту.

Враховуючи добру кореляційну залежність між зрідженістю посівів при відрощуванні зразків рослин, взятих 20 лютого та станом їх навесні на ділянках спостереження, В.О. Мойсейчик визначила прогностичні залежності між площею з загиблими посівами навесні та результатами відрощування зразків рослин. 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 %.

Залежності між площею із загиблими посівами (%) озимих культур по території окремих областей ($S_в$) та відсотком площ з підвищеною зрідженістю за результатами відрощування на 20 лютого (x) розроблені окремо для полів з доброю та поганою вологозабезпеченістю посівів восени:

для випадків з поганою вологозабезпеченістю

$$S_{\hat{a}} = 0{,}82x + 18{,}68, \qquad (6.19)$$

з доброю вологозабезпеченістю:

$$S_в = 1{,}12x - 1{,}36 \qquad (6.20)$$

Ці рівняння дозволяють розраховувати площу із 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, рівномірно розташованих по території.

Залежність розмірів площі ($S_в$) загиблих посівів озимої пшениці під час перезимівлі від середньої зрідженості її посівів при відрощуванні зразків (x), взятих з поля 20 лютого, виражається рівнянням

$$S_в = 1{,}74\,x + 7{,}29. \qquad (6.21)$$

Прогноз площ вимерзання озимих культур складається за зиму двічі: перший – 22 – 25 лютого, другий, уточнюючий – 15 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.

Техніка складання прогнозу.

Очікувані площі з поганим станом озимої пшениці визначаються з рис. 6.3 (а), а озимого жита – 6.3 (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 визначеної 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.

Прогноз складається із короткого тексту та таблиці розрахунків. Інколи, якщо прогноз подається по території регіону, або країни в цілому до тексту, окрім таблиці додається карта, на якій відзначаються райони загибелі озимих культур і основні причини їх пошкодження. В тексті прогнозу обов'язково подається коротка характеристика стану озимих посівів восени після припинення вегетації, відокремлюються райони з поганим станом та вказується його причини. Крім того, в тексті обов'язково характеризуються агрометеорологічні умови зимівлі та очікуваного стану озимих культур на початок весни. Наприкінці тексту прогнозу доцільно навести порівняння очікуваного стану озимих в поточному році з фактичним станом його навесні минулого року. Текст уточнюючого прогнозу складається за тією ж схемою, що і основного, але він трохи коротший і ,в основному, в ньому приділяється увага порівнянню показників, розрахованих 20 лютого та 15 березня.

Приклад розрахунку наводиться в табл. 6.10.

Таблиця 6.10 – Приклад розрахунку площі з різним станом озимих культур навесні

Область	Загальна площа озимих на зерно	Площа посівів								
		оз. жито		оз. ячмінь		озима пшениця				
		тис. га	%	тис.га	%	Ми-рон. 808	Бе-зост 1	інші сорти	всього	
						тис.га	тис. га	тис.га	тис. га	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Дніпропетровська	475,0	76,9	16	0	0	318,4	0	79,7	398,1	84

добрих і відмінних				задовільних				поганих (в тому числі ті, що не зійшли)			
жито		пшениця		жито		пшениця		жито		пшениця	
тис.га	%	тис.га	%	тис. га	%	тис.га	%	тис.га	%	тис. га	%
69,2	90	370,2	93	7,7	10	27,9	7	0	0	0	0

Середні значення по області			Більше 10 % рослин 23 лютого у озимих		
мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння до 20 лютого, °С	зрідженість посівів до 23 лютого		жита	пшениці	загальна (%)
	жита	пшениці			
23	24	25	26	27	28
-12,0	7	8	12,5	20	18,8

область	Очікуваний стан озимих посівів навесні							
	озиме жито				озима пшениця			
	добрих і задовільних		поганих		добрих і задовільниїх		поганих	
	тис.га	%	тис.га	%	тис.га	%	тис.га	%
	29	30	31	32	33	34	35	36
основний прогноз	69,2	90	7,7	10	338,3	85	59,8	15
уточнення	72,0	94	4,9	8	313,3	78,8	84,8	21,2

область	Очікуваний стан всіх озимих посівів навесні						Площа поганих посівів (%) за попередній
	добрих і задовільних		поганих				
Харківська	тис.га	%	найбільш імовірна площа, $S_в$		можливі межі		п'ятирічний період
	тис.га	%	тис.га	%	тис.га	%	найбільша-найменша
основний прогноз	37	38	39	40	41	42	43
	407,5	85,8	67,5	14,2	25-110		86,0 – 0,3
уточнення	385,7	81,2	89,3	18,8	55-120		86,0 – 0,3

Очікувана площа посівів з поганим станом розраховується як сума площ з поганим станом озимих восени та площ загиблих рослин взимку (рис. 6.3). В роки з теплою зимою в південних районах можлива вегетація озимих взимку і стан озимих може покращитись. В такому випадку із отриманої сумарної площі віднімається площа, на якій стан озимини покращився.

Після розрахунків складається текст прогнозу**.** Нижче наводиться зразок тексту прогнозу перезимівлі озимих культур взимку 2013 – 2014 рр.

Текст прогнозу надано Дніпропетровським ГМЦ.

Стійке припинення вегетації озимих зернових культур восени 2013 року відбулося в середині останньої декади листопада, на два тижні пізніше середніх багаторічних строків. За даними метеостанцій області на час стійкого припинення вегетації озима пшениця знаходилась у фазі кущіння. Висота рослин дорівнювала 12 – 20 см. У однієї рослини утворилося 1,8 – 2,4 стебла. Стан посівів був добрий.

За даними обстеження сільськогосподарських органів сходи озимих зернових культур були одержані на 100 % від засіяної площі, з них на час припинення вегетації в доброму стані знаходилися 43 % площі, в задовільному 51 % і слабкі та зрідженні 6 %.

Агрометеорологічні умови за минулий зимовий період 2013 – 2014 рр. для перезимівлі озимини на переважній частині області були задовільні. Стійкий перехід середньої температури повітря через 0 ^{o}C, в бік зниження відбувся в першій декаді грудня, в середньому по області на тиждень пізніше звичайного.

Холодний період 2013-2014 рр. характеризувався переважанням підвищеного температурного режиму та значним дефіцитом опадів. Постійне надходження теплого повітря з Атлантики на територію Дніпропетровщини зумовило в другій половині грудня та в перших двох декадах січня аномально теплий для цієї пори року підвищений температурний режим. Середні добові температури повітря здебільшого на 2 – 9 ^{o}C перевищували норму і знаходилась у межах від 2 ^{o}C морозу до 4 ^{o}C тепла. Максимальна температура повітря в найтепліші дні досягала 6 – 11°C тепла. Днів з відлигою нараховувалось в середньому по області 33.

Кількість опадів в середньому по області за даними метеостанцій за період з 1 грудня 2013 року по 20 січня 2014 р. склала 26 мм або 32 % норми.

Внаслідок теплої погоди в більшості часу грунт був талий, а сніговий покрив відсутній.

Мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузла кущіння (3 см) під час найбільшого похолодання нижче 0 – 1 ^{o}C морозу по області не знижувалась.

В зв’язку з тривалою відлигою зимуючі культури знаходились у стані неглибокого зимового спокою. Тепла погода негативно впливала на морозостійкість рослин – відбувалася витрата цукру, знижувалася стійкість рослин до низьких температур повітря та ґрунту.

Надзвичайно холодна погода встановилась з 20 січня і утримувалася до 7 лютого. Середні добові температури повітря здебільшого на 3 – 17 °C були нижчі за норму і знаходились у межах 7 – 23 ^{o}C морозу. Мінімальна температура повітря в найхолодніші ночі знижувалась до 22 – 27 ^{o}C морозу.

В останній п’ятиденці січня на Дніпропетровщині спостерігались стихійні та небезпечні гідрометеорологічні явища:сильні опади, в окремих районах дуже сильні снігопади, хуртовини та ожеледь. Максимальна швидкість вітру досягала 17 – 22 м/с.

Кількість опадів в середньому по області за останню декаду січня за даними метеостанцій склала 34 мм або 282 % декадної норми, але слід відзначити, що опади розподілялись по території області дуже нерівномірно.

20 січня по області встановився сніговий покрив переважно висотою 1 – 3 см. Внаслідок хуртовин сніг на полях залягав дуже нерівномірно. На кінець січня висота його здебільшого становила 7 – 15 см, на півдні області 2 – 4 см, в центральних районах області 25 – 35 см. 16 лютого сніговий покрив скрізь з полів зійшов.

Максимальна глибина промерзання ґрунту за зиму відмічалась в першій декаді лютого здебільшого 40 – 52 см, на півдні та північному – сході області 81 – 90 см. На початку третьої декади лютого грунт по всій території області відтанув на повну глибину. У зв'язку з нерівномірним заляганням снігового покриву умови для перезимівлі озимих культур склалися по області неоднорідні. Мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузла кущіння (3 см) під час найбільшого похолодання (в останній декаді січня та першій п'ятиденці лютого) знижувалась здебільшого до 6 – 11 ^{o}C морозу. На півдні області, де висота снігового покриву становила 3 см, мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см на полі з озимою пшеницею та озимим ячменем знижувалась до 14 ^{o}C морозу. Такі температури загрозливі для слаборозвинутих посівів озимих культур, особливо для озимого ячменю.

Результати відрощування озимої пшениці, проби якої були відібрані метеостанціями області 25 січня 2014 року, показали, що загибелі рослин немає. Слід відзначити, що зразки монолітів бралися до сильних морозів.

8 лютого різко потепліло, встановився підвищений температурний режим, який утримувався до кінця місяця. Середньодобові температури повітря на 2 – 10 ^{o}C перевищували звичайну і коливались від мінус 2 до плюс 6 ^{o}C. Максимальна температура повітря в найтепліші дні в середині лютого підвищувалась по області переважно до 8 – 11 ^{o}C тепла.

9 лютого, в середньому по області на три тижні раніше кліматичних строків, середня добова температура повітря стійко перейшла через 0 ^{o}C – почалась метеорологічна весна.

Перезимівля озимих культур відбувалась при задовільних умовах, небезпечні для зимуючих культур явища не спостерігались. Мінімальна температура ґрунту на глибині залягання вузла кущіння (3 см) озимої пшениці в період похолодання нижче 1 – 2 ^{o}C морозу не знижувалась. За розрахунками критична температура вимерзання на цей час становила: для середньозимостійких сортів озимої пшениці у фазі кущіння 13,5 – 15,0 ^{o}C морозу, у фазі 3-й лист – 11,5 – 13,0 ^{o}C морозу.

Посіви озимих культур впродовж зими переважно знаходилися в стані спокою.

Враховуючи фактичний стан озимини і прогноз погоди, за агрометеорологічними розрахунками очікується, що на час відновлення вегетації озимі зернові культури будуть знаходиться в незадовільному та ослабленому стані на 12 % площі.

6.6. Прогноз умов перезимівлі озимих культур в Україні

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

- – західний (Волинська, Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Рівненська, Тернопільська та Чернівецька області) – середня

багаторічна загибель озимої пшениці на цій території не перевищує 10 %;

- – центральний (Вінницька, Київська, Кіровоградська, Одеська, Сумська, Хмельницька, Черкаська, Чернігівська, Херсонська та західна частина Полтавської області) – середня загибель озимої пшениці не перевищує 20 %;
- східний (Луганська, Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Харківська, Миколаївська та більша частина Полтавської області) – середня загибель озимої пшениці перевищує 20 %.

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

В.М. Лічикакі визначив залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння від середньої температури повітря за добу та висоти снігу (табл. 6.11). Якщо відома середня за добу (декаду) температура повітря і висота снігу, то з табл. 6.11 легко визначається мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння[41, 42].

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

У другу половину зими морозостійкість озимих культур зменшується завдяки цілій низці факторів, серед яких провідне місце займають відлиги та втрата цукру клітинами вузла кущіння. За значеннями критичної температури сорти озимої пшениці, що вирощуються в Україні, поділяються на три групи:

1 – зимостійкість вища від 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 нижч від 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 *К*. Він розраховується як відношення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння ($T_{мін}$) до критичної температури вимерзання рослин ($T_{кр}$), тобто

Таблиця 6.11 – Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння від середньої за добу температури повітря і висоти снігу (за В.М. Лічикакі)

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

Продовження табл. 6.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
-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	

$$K = \frac{T_{\min}}{T_{kp}} \qquad (6.22)$$

Були встановлені кількісні зв'язки між коефіцієнтом морозонебезпечності та зрідженістю озимих посівів від вимерзання (табл. 6.12).

Таблиця. 6.12 – Залежність зрідженості U (%) озимих культур до весни від коефіцієнта морозонебезпечності *К* (за В.М. Лічикакі)

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

За рівняннями (табл. 6.12) розрахована (табл. 6.13) для визначення площі загибелі озимих культур (%) від вимерзання, а також площі можливого пересіву озимої пшениці (табл. 6.14).

Таблиця. 6.13 – Коефіцієнт морозонебезпечності *К* і відповідна йому зрідженість U озимих культур від вимерзання (за В.М. Лічикакі)

Коефіцієнт морозонебезпечності *К*			Зрідженість U, % на $1м^2$
озиме жито	озима пшениця	озимий ячмінь	
0,55 – 0,79	0,55 – 0,75	0,45 – 0,68	1 – 20
0,80 – 0,95	0,76 – 0,87	0,69 – 0,79	21 – 40
0,96 – 1,06	0,88 – 0,96	0,80 – 0,88	41 – 60
≥1,07	≥0,97	≥0,89	>60

Таблиця 6.14 – Коефіцієнт морозонебезпечності *К* і відповідна йому площа можливого пересіву S, га озимої пшениці по району (за В.М. Лічикакі)

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

Для 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 розраховане рівняння зв'язку між коефіцієнтом морозонебезпечності (К) та площею пересіву озимих, що загинули взимку (S):

$$S = 0{,}479K + 158{,}5 \qquad (6.23)$$

Техніка складання прогнозу перезимівлі озимих культур в Україні.

Для складання прогнозу перезимівлі озимих культур та їх стану навесні необхідно використовувати такі дані:

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

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

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

Приклад: скласти прогноз зрідженості озимої пшениці взимку від вимерзання для ст. Луганськ (табл. 6.15). Із табл.6.15 видно, що в районі агрометеорологічної станції Луганськ спостерігались найбільш несприятливі умови для перезимівлі озимої пшениці наприкінці січня та у першій і другій декадах лютого. Коефіцієнт морозонебезпечності розраховується за формулою (6.22). Критична температура вимерзання розраховується за методом В.М. Лічикакі. У цьому прикладі коефіцієнт морозонебезпечності на другу декаду лютого мав максимальне значення (0,89), що відповідає більше 60 % зрідження посівів навесні.

У наведеному прикладі (табл. 6.15) за величини коефіцієнта морозонебезпечності 0,98 площа полів, на яких необхідно пересівати озиму пшеницю, становить близько 70 %. Після закінчення розрахунків складається текст прогнозу, в якому надається характеристика агрометеорологічних умов осінньої вегетації, стану озимих на момент припинення вегетації та агрометеорологічних умов зимівлі озимих культур.

Таблиця 6.15 - Приклад визначення коефіцієнта морозонебезпечності можливої загибелі озимої пшениці вище середньої морозостійкості за даними гідрометеорологічної станції Луганськ

Місяць	Декада	Температура повітря, ºС			Середня висота снігового покриву на озимих посівах,см см)	Товщина притертої льодової кірки см	Мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см , ºС				Критична температура, ºС			Коефіцієнт морозонебезпечності	Загибель рослин (%)	
		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

6.7 Прогноз загибелі озимих культур від льодяної кірки

Льодяна 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 льодяна кірка також утворюється внаслідок застою води після танення снігу та подальшого її замерзання.

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

Притерта льодяна кірка утворюється безпосередньо на поверхні ґрунту, часто спостерігаються випадки змерзання ґрунту з кіркою. Така кірка спричиняє значне пошкодження посівів озимих культур [41, 42].

Міра пошкодження озимих посівів льодяною 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 льодяної кірки береться її товщина. Крім того, на пошкодження озимини впливає також тривалість залягання льодяної кірки на полях. В.М. Лічикакі на основі обробки багаторічних даних спостережень побудував графік залежності загибелі озимих культур від товщини льодяної кірки при тривалості її залягання більше чотирьох декад (рис. 6.4), а також розраховані відповідні рівняння (табл.6.16), які використовуються за середньої товщини льодової кірки від 1,0 до 6,5 см.

Таблиця 6.16 – Прогностичні залежності зрідженості посівів від середньої товщини льодяної кірки (за В.М. Лічикакі)

Озима культура	Рівняння зв’язку	Номер рівняння	Похибка рівняння, E_u	Кореляційне відношення
Пшениця	$U = 1{,}8m^2 + 2{,}8m + 5{,}4$	(6.24)	±10	0,831±0,043
Жито	$U = 2{,}03m^2 + 0{,}81m + 7{,}99$	(6.25)	±10	0,810±0,030

За цими рівняннями для зручності використання була побудована табл. 6.17.

Якщо тривалість залягання льодяної кірки менша від чотирьох декад, то пошкодження посівів буває незначним або зовсім не відбувається.

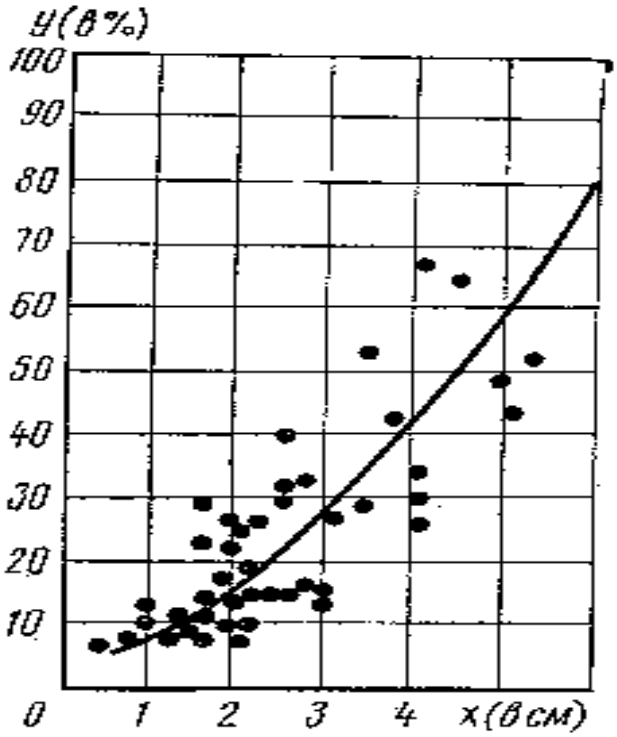


Рис. 6.4– Залежність загибелі озимої пшениці (У) від середньої товщини льодяної кірки (Х) за час її залягання впродовж 4-х і більше декад.

Таблиця 6.17 – Залежність зрідженості озимих посівів *U* від середньої товщини притертої льодової кірки *m* (за В.М. Лічикакі)

m, см	Зрідженість посівів,%	
	пшениця	жито
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 – 38
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
більше 6,0	більше 81	більше 86

Техніка складання прогнозу і приклад.

Розрахунок загибелі озимих культур від льодової кірки виконується у такій послідовності:

- спочатку із матеріалів спостережень виписуються відомості про наявність та товщину льодяної кірки;

- розраховується середня товщина притертої льодяної кірки за весь період спостережень поточного року;

- визначається зрідженість посівів (%) із табл. 6.17.

Приклад. Скласти прогноз зрідженості посівів озимої пшениці по ст. Суми Сумської області. Розрахунки у табл.6.18.

У прикладі розрахунку головною причиною загибелі рослин була притерта льодяна кірка. Вона утворилась у третій декаді січня. Якби кірка утворилась у першій та третій декаді грудня, то вона б не враховувалась. З третьої декади січня і починається розрахунок її середньої товщини. На метеорологічних станціях товщина льодяної кірки відзначається двома цифрами: 11 – 20 мм, 21 – 30 мм та ін. В робочій таблиці товщина льодяної кірки записується у см. Для визначення середньої товщини льодяної кірки за кожну декаду підсумовуються межові значення товщини і потім поділяється отримана сума на 2. Потім послідовно підсумовуються щодекадні 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 отримують шляхом поділу суми на кількість декад та записують у графу 5. Таким же чином розраховується товщина кірки у подальшому. За величиною середньої товщини льодяної кірки визначається зрідженість посівів озимих культур.

Таблиця 6.18 – Приклад прогнозу зрідженості озимої пшениці від льодяної кірки

Декада	Висота снігового покриву озимих посівів, см	Товщина льодяної кірки в останній день декади, см	Сума декадних значень товщини льодяної кірки наростаючим підсумком,см	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

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

6.8 Розрахунок загибелі озимих культур від вимокання

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 [87].

Є.Д. Остаплюком встановив, що затоплення рослин водою восени та взимку менш небезпечне, ніж навесні, коли ослаблені рослини вийшли із зимового спокою. При затопленні рослин на неповну їх висоту (верхня частина знаходиться над водою) зрідженість посівів буде меншою,проте вона значно зростає при повному затопленні рослин, а також із збільшенням тривалості періоду застою води та підвищенням її температури. Загибель озимих до вимокання представлена в табл. 6.19.

Таблиця 6.19 – Загибель озимих культур від затоплення в осінньо–зимовий та весняний періоди (за Є.Д. Остаплюком)

Період проведення досліду	Тривалість затоплення, дні	Кількість живих рослин, %		
		пшениці	жита	ячменю
Фаза двох листків	6	89,3	67,2	54,6
Закінчення осінньої вегетації	8	93,4	73,6	69,4
Після другої фази загартування	8	100	100	84,7
Відновлення вегетації	4	78,6	42,4	36,6
Початок виходу у трубку	3	82,7	39,4	30,6

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

$$U = 3{,}50n + 5{,}20t_в - 22{,}62 \qquad (6.26)$$

Рівняння дійсне при n = від 5 до 35 днів, $t_в$ – від 0 до 5 ºС.

За рівнянням (6.27) 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 ºС навесні (x) за рівнянням

$$У = 0{,}97x + 5{,}5 \qquad (6.27)$$

Закінчення періоду затоплення талими водами (у) за відсутності прямих спостережень розраховується за датою повного відмерзання ґрунту (x)

$$У = 0{,}88x + 10{,}4 \qquad (6.28)$$

Рівняння використовується, якщо глибина промерзання ґрунту становить не менше 30 см і не більше 80 см. При підрахунках в рівняннях за дату повного відмерзання ґрунту кількість днів береться від першого січня до дати розрахунку.

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

$$T_в = 0{,}80T - 0{,}24\ , \qquad (6.29)$$

де Т – середня температура повітря за період затоплення рослин, ºС.

Площа із загиблими від вимокання рослинами ($S_в$) розраховується за даними зрідженості посівів (u) від вимокання за рівнянням

$$S_в = 0{,}37u + 0{,}04 \qquad (6.30)$$

В Україні вимокання найчастіше спостерігається у північно-західних областях.

6.9 Метод прогнозу площі випрівання озимих культур

Дослідженнями В.О. Мойсейчик та В.М. Лічикакі [41,62].встановлено, що головними агрометеорологічними показниками, за яких відбувається випрівання озимих культур є:

- висота снігового покриву;
- глибина промерзання ґрунту;
- тривалість залягання снігу на полях;
- мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння.

Температура ґрунту на глибині вузла кущіння за висоти снігу більшої за 30 см і глибини промерзання ґрунту меншої за 50 см має дуже малу добову амплітуду та зовсім мало змінюється з часом. Тому тривалість періоду зі снігом висотою більше 30 см (більше 80 днів) при глибині промерзання ґрунту меншій за 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 [87].

Найбільше пошкоджуються випріванням перерослі посіви.

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

$$n = 17{,}540 - 1{,}128h \quad . \qquad (6.31)$$

Встановлено, що пошкодження рослин спостерігається при тривалості періоду з високим снігом 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 (Р) має тісний зв’язок з тривалістю залягання снігу вище 30 см (n):

$$P = 123n - 5{,}4 \qquad (6.32)$$

Як встановлено дослідженнями В.О. Мойсейчик, мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння 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 розробила статистичні залежності площі з загиблими посівами озимої пшениці (S) від середньої по області мінімальної

температури ґрунту на глибині 3 см (t_3) до 20 лютого та кущистості озимої пшениці восени

$$S = 59{,}07 + 6{,}82t_3 + 0{,}22t_3^2 + 0{,}40K^2 - 5{,}14K \qquad (6.33)$$

де S – зрідженість посівів весною, %;

t_3 – мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см, °С;

K – середня кущистість озимих восени.

Загальна прогностична залежність площі із загиблими посівами при випріванні (S) від середньої по області мінімальної температури на глибині вузла кущіння до 20 лютого (t_3) та тривалості періоду (в декадах) з висотою снігу більшою за 30 см (n) має вигляд

$$S = 6{,}32\, t_3 + 0{,}29\, t_3^2 + 0{,}11\, n + 0{,}07\, n^2 + 30{,}93 \qquad (6.34)$$

Такі ж рівняння розраховані В.В. Шавкуновою для озимого жита для більшості вирощуваних сортів з врахуванням міри кущистості жита восени (K)

$$U = 7{,}039t_3 + 0{,}093t_3^2 - 27{,}514K + 4{,}796K^2 + 93{,}106 \qquad (6.35)$$

Для зручності роботи була розрахована табл. 6.20.

Таблиця 6.20 – Залежність зрідженості (%) озимого жита при випріванні від мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см та кущистості посівів восени (K) (за В.В. Шавкуновою)

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

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 (6.33) і починається в наступну декаду після встановлення на полі снігу висотою 30 см і більше.

Площа поля, на якій буде спостерігатись пошкодження або загибель рослин і стебел внаслідок випрівання, прогнозується аналогічно площі вимерзання або за залежністю площі (у % від загальної площі) зі снігом вищим 30 см від середньої висоти снігу за снігозйомкою (рис. 6.5).

Розрахунок площ із загиблими рослинами виконується 20 – 22 лютого, коли період із снігом вищим за 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 вищим від 30 см розраховується за рівнянням (6.30). або за рис. 6.5.

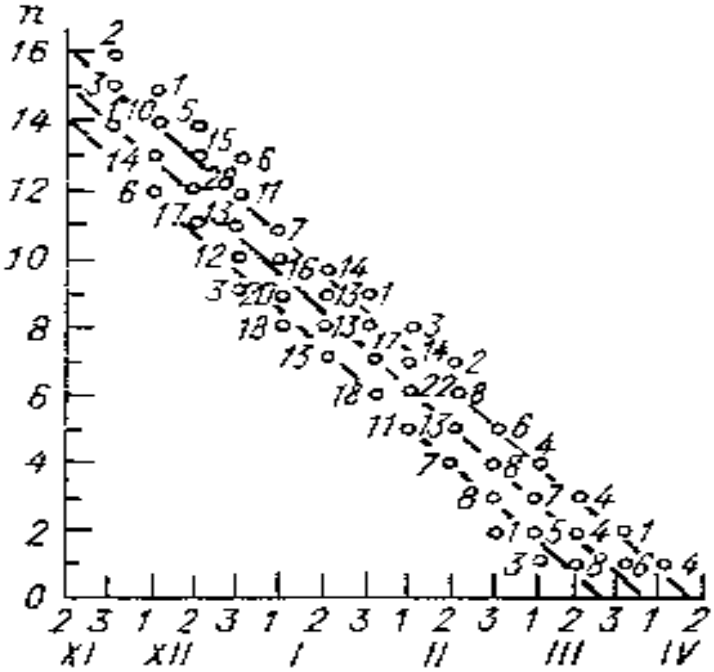


Рис. 6.5. – Залежність між тривалістю періоду зі снігом вищим за 30 см та терміном його встановлення на полях

Приклад складання прогнозу випрівання озимих культур на окремих полях наводиться у табл. 6.21.

Як видно з табл. 6.21 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.

Прогноз площі із загиблими від випрівання посівами озимих культур по області розраховують за рівнянням (6.34) в роки з дуже високим снігом (максимальна висота за зиму більша ніж 50 см) та тривалим його заляганням (більше 10 декад), коли стає зрозумілим, що буде спостерігатись не тільки випрівання посівів, а і вимокання. В усі інші роки краще користуватись рівнянням (6.33).

Таблиця 6.21 – Прогноз стану озимої пшениці Миронівська 808 навесні. Кущистість восени К = 3, кількість стебел на один кв. метр – 1000 штук.

Фактичні та очікувані значення величин	Жовтень		Листопад			Грудень			Січень		
	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Мінімальна температура повітря, ºС	-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, ºС	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 снігозйомкою,см				8	15	13	35	42	48	50	60
Кількість промірів висоти снігу більше 30 см	0	0	0	0	0	0	80	98	100	100	100
Глибина промерзання ґрунту,см	0	0	4	14	20	19	17	15	14	15	17
Очікувана кількість декад з снігом вищим за 30 см	(за рівнянням 6.31)										
	0	0	0	0	0	0	12	11	10	9	8
Очікувана зрідженість посівів навесні,%	(за рівнянням 6.33)										
	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

З отриманих рівнянь та залежностей стає зрозумілим, що і вимерзання і випрівання не спостерігаються за температури ґрунту на глибині вузла кущіння у межах -7,0 – -8,0 º С. 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 ($S_в$) з загиблими посівами озимих культур на території областей від результатів відрощування зразків розрахувала В.О. Мойсейчик

$$S_{\hat{a}} = 0{,}51\tilde{o} + 3{,}04, \qquad (6.36)$$

де x – кількість проб (%) зі зрідженістю озимих (пшениці і жита) більше 10 % рослин.

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 більшою за 30 см). Уточнення прогнозу проводиться 22 лютого.

Техніка і приклад складання прогнозу випрівання озимих культур.

Необхідні початкові матеріали для складання прогнозу:

– дата встановлення снігу висотою 30 см і більше: для прикладу 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: в доброму та задовільному стані – 552 тис.га (97 %); поганих –39 тис.га (7 %);

– середня глибина промерзання ґрунту в першу декаду з снігом більшим за 30 см – 35см;

Розраховується:

1 – очікувана тривалість періоду зі снігом вищим за 30 см в декадах за формулою (6.31). У нашому випадку це буде 11 декад;

2 – середнє значення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння розраховується за даними спостережень до 20 лютого – це буде -3,3º С;

3 – середня висота снігу на 20 лютого – 55 см;

4 – середня товщина льодяної кірки – 1,4 см;

5 – очікувана площа загибелі озимих навесні розраховується за формулою (6.33);

6 – розрахунки показали, що очікувана площа озимих в доброму та задовільному стані буде становити 534,8 тис.га (90,5%); у поганому стані посіви – 90,8 тис.га

(15,4 %). Таким чином, загибель озимих культур становить в цілому від 60 до 120 тис.га.

Слід зазначити, що в районах випрівання з поганим станом посівами вважаються ті, що будуть списані і не ввійдуть до розмірів збиральної площі. До таких відносяться повністю загиблі посіви та посіви із зрідженістю більшою за 50 % рослин на більшій частині поля.

6.10 Комплексний метод довгострокового прогнозу 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 кожну осінь за різних обставин озимі культури закінчують вегетацію у різному стані – від дуже доброго до поганого. Причому, 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 льодяної кірки, тривалості залягання на полях потужного снігового покриву, осінньої посухи або нестачі тепла, а також стану 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.

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

вологозабезпеченістю посівів, особливо посіяних по непарових попередниках.

Кущистість озимих після припинення вегетації є побічним показником міри підготовленості рослин до зимівлі. Добре розвинені посіви мають більш високу зимостійкість, ніж слабкі або перерослі. Середня по області кущистість рослин характеризує забезпеченість рослин восени теплом та вологою, а також терміни сівби і розміри площ по чорних парах, оскільки ці посіви завжди добре розвинені і навіть перерослі збільшують значення кущистості по області.

В.О. Мойсейчик розрахувала прогностичні рівняння окремо для різних грунтово-кліматичних зон з врахуванням районованих сортів у цих зонах [62].

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

$$S_в = 0{,}989S_o - 0{,}691K - 0{,}189K^2 + 0{,}270t_3 + 0{,}196t_3^2 + 4{,}865m - 0{,}34 \qquad (6.37)$$

де $S_в$ – очікувана навесні площа озимих з поганим станом, що вимагає пересіву ярими культурами, %;

$S_о$ – 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 га глибині вузла кущіння до 20 лютого;

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

Рівняння застосовується при значеннях t_3 нижче – 5 С. Похибка цього рівняння 5 % площі посіву забезпечена у 75 % випадках, а менше 10 % площі посіву – у 93 % випадках.

У північних районах України вирощуються більш морозостійкіші сорти озимої пшениці. Головним чином це Миронівська 808. Вирощується також озиме жито на більших площах, ніж на півдні.

Для розрахунків очікуваної площі із загиблими посівами озимих культур в цілому внаслідок сильних та довготривалих морозів (коли середня по області мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння становить –15 С та нижче) і притертої льодяної кірки використовується рівняння (6.38)

$$S_в = 0{,}11S_o - 0{,}132K - 0{,}59K^2 - 3{,}10t + 0{,}02t^2 + 5{,}45m - \\ - 0{,}07S_n + 0{,}002S_{n^2} - 14{,}50 \qquad (6.38)$$

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 ($S_п$). Інші позначки в рівнянні ті ж, що і у (6.37).

В ті зими, які характеризуються значеннями мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння вищими від –15 ºС, на озимі культури впливає також притерта льодяна 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 % від площі посіву цієї культури) розраховується за рівнянням

$$S_{в.п.} = 1{,}017 S_o - 1{,}060 t + 5{,}34 m - 3{,}689 \ . \qquad (6.39)$$

У цьому рівнянні значення складових ті ж, що і у (6.37 та 6.38). Площа з поганим станом жита розраховується за рівнянням (6.34).

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

$$\begin{aligned} S_в = 0{,}643 S_0 - 3{,}388 K + 0{,}62 K^2 + 0{,}262 t_3 + 0{,}087 t_3^2 + 0{,}613 m + \\ + 0{,}150 S_n - 0{,}002 S_n^2 + 8{,}36 \end{aligned} , \qquad (6.40)$$

де $S_в$ – очікувана навесні площа озимих з поганим станом, що вимагає пересіву ярими культурами, %;

$S_о$ – 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 га глибині вузла кущіння до 20 лютого, ºС;

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

$S_о$ – площа посівів озимої пшениці,тис.га.

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

Дослідженнями В.О. Мойсейчик та Н.А. Богомолова встановлено, що умови перезимівлі озимих культур мають велику часову і просторову мінливість. На стан озимих культур впливають як окремі фактори, так і їх комплекси. Тому авторами були розроблені кількісні показники залежності

стану озимих культур від зимових агрометеорологічних умов з врахуванням часової і просторової їх мінливості, які характеризують різні типи зим. В основу типізації зим покладені залежності зрідженості посівів озимих культур і загибелі посівів від основних агрометеорологічних показників, які мали найвищі значення коефіцієнтів кореляції або кореляційних відношень. До таких показників відносяться середні по території значення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння, товщини льодяної кірки, розміри площі зі зрідженими, слабко розвиненими та з тими посівами, що не зійшли

Площа з поганим станом озимих культур визначається шляхом маршрутного обстеження або розрахунку за агрометеорологічними умовами в осінній період. Агрометеорологічні умови вважаються несприятливими, якщо площа з поганим станом посівів на дату припинення вегетації становить більше 10 % від загальної посівної площі. В Україні на переважній більшості території (окрім північно-західних областей) поганий стан озимини спричиняє осіння посуха. В північно – західних областях – пізні терміни сівби, нестача тепла для нормального розвитку і в деякі роки – перезволоження.

Встановлено, що оптимальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння становить близько - 7 °С. Тому середня температура ґрунту на глибині вузла кущіння -10 °С була визнана як межа, яка характеризує сприятливі умови зимівлі. Зі зниженням цієї температури збільшується площа загиблих посівів від вимерзання.

За товщини снігу більшою за 30 см температура ґрунту на глибині вузла кущіння вища ніж -7 °С сприяє випріванню посівів. Тому В.О. Мойсейчик запропонувала визначати не тільки типи зими, а й підтипи з температурою на глибині вузла кущіння вищою за - 7 °С, в межах - 7 … -10 °С.

Міра зрідженості посівів від льодяної кірки визначається її розповсюдженням по полю, товщиною та тривалістю залягання.

Типізація зим проведена за значеннями трьох показників: площі з поганим станом озимих восени (S_o,% посівної), середньої по області температури ґрунту на глибині вузла кущіння (t_3, °С), середньої по області за період з 1 січня по 20 лютого товщини льодяної кірки (m, см) на полях. В табл. 6.22 наведені всі варіанти типізації зим за вищевказаними показниками.

Для кожного з типів і підтипів агрометеорологічних умов зимівлі були розроблені відповідні рівняння типу (6.38), але з різними коефіцієнтами (табл. 6.22).

Для території України за типами зими використовуються рівняння, номери яких вказані в табл. 6.23.

Таблиця 6.22 – Типи агрометеорологічних умов перезимівлі озимих культур та їх кількісних показників (t_3, °С, m, см) з врахуванням стану посівів восени (S_o,%)

№ типів і під-типів	Оцінка умов зимівлі посівів	Основні причини пошкодження посівів	Кількісні показники типів зим		
			S_o,%	t_3, °С	m, см
1	Сприятливі	Нестача вологи в ґрунті або тепла	>10	Вища за -10	0
2	Несприятливі	Пошкодження восени і вимерзання взимку	>10	Нижча за-10	>0
3	Сприятливі	Пошкодження восени і в окремі роки льодяною кіркою	>10	Вища за -10	>0
4.1	Несприятливі	Вимерзання рослин	<10	Нижча за -10	0
4.2	Несприятливі	Вимерзання рослин і пошкодження льодовою кіркою	<10	Нижча за-10	>1
4.3	Несприятливі	Вимерзання рослин і часткове пошкодження льодяною кіркою	<10	Нижча за-10	<1
5.1	Несприятливі	Пошкодження льодяною кіркою а Нечорноземній зоні і випрівання	<10	Вища за -7	>1
5.2	Несприятливі	Пошкодження льодяною кіркою а нечорноземній зоні і вимокання	<10	-7…-10	>1
6.1	Сприятливі, окрім Нечорнозем-ної зони	В Нечорноземній зоні – несприятливі-випрівання рослин	<10	Вища за -7	<1
6.2	Сприятливі	На заході Нечорноземної зони – вимокання	<10	-7…-10	<1

Таблиця 6.23 – Номери рівнянь із табл. 6.22, які відповідають типам зим в Україні

Райони	Типи зим (табл. 6.22)									
	1	2	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	6.2
Центральні і північні райони України	-	12, 17, 18	23, 24	13	23, 22, 12	19, 21	17, 21	-	19	13, 9
Південні і південно-східні райони України	2, 10	7, 4, 19	7, 19, 21	12, 18	9, 2, 20	2, 3, 8	-	-	3, 9	3, 7, 20

Таблиця 6.24 – Прогностичні регресійні рівняння для розрахунку очікуваних площ загиблих посівів (за В.О. Мойсейчик)

№ п/п	Рівняння зв'язку	Середня квадратична похибка
1	2	3
1	$S_в = 6{,}351t_3 + 0{,}290\ t_3^2 + 0{,}110n + 0{,}079n^2 + 30{,}93$	6,2
2	$S_в = 1{,}766S_o + 6{,}471t_3 + 0{,}339\ t_3^2 + 1{,}068m + 36{,}601$	6,4
3	$S_в = 0{,}782S_o + 0{,}288t_3 + 0{,}306\ t_3^2 + 1{,}139m + 0{,}251Sп - 9{,}345$	7,0
4	$S_в = 1{,}885S_o + 4{,}687t_3 + 0{,}373\ t_3^2 + 3{,}267m - 0{,}011к + 0{,}045к^2 + 0{,}094Sп - 0{,}001\ Sп^2 + 13{,}662$	6,4
5	$S_в = 1{,}765S_o + 6{,}699t_3 + 0{,}346\ t_3^2 + 33{,}544$	6,2
6	$S_в = 1{,}663S_o + 5{,}310t_3 + 0{,}275\ t_3^2 - 0{,}025m - 4{,}697л + 37{,}612$	2,2
7	$S_в = 0{,}979S_o + 3{,}086t_3 + 0{,}306\ t_3^2 + 1{,}553m + 0{,}206Sп - 8{,}515$	2,5
8	$S_в = 1{,}022S_o + 7{,}017t_3 + 0{,}463\ t_3^2 + 0{,}830m + 0{,}173Sп + 7{,}958$	5,7
9	$S_в = 0{,}935S_o + 2{,}650t_3 + 0{,}288\ t_3^2 + 4{,}078m + 1{,}210к + 0{,}245к^2 - 0{,}071Sп - 0{,}001\ Sп^2 + 6{,}599$	5,2
10	$S_в = 0{,}971S_o - 0{,}217t_3 + 0{,}001\ t_3^2 + 1{,}575к - 0{,}2825к^2 + 0{,}139$	6,0
11	$S_в = 0{,}977\ S_o - 0{,}252t_3 + 0{,}009\ t_3^2 + 11{,}643$	4,0
12	$S_в = 0{,}970S_o - 0{,}772t_3 + 0{,}02\ t_3^2 - 6{,}116к + 1{,}195к^2 + 38{,}609$	5,0
13	$S_в = 0{,}767\ S_o + 0{,}014\ t_3 + 0{,}109\ t_3^2 + 0{,}078\ m + 28{,}857$	5,0
14	$S_в = 0{,}122S_o - 0{,}001\ S_o^2 + 4{,}377t_3 + 0{,}228\ t_3^2 + 24{,}857$	4,7
15	$S_в = 0{,}555\ S_o - 6{,}513t_3 + 0{,}290\ t_3^2 + 35{,}916$	3,1
16	$S_в = 4{,}033t_3 + 0{,}215\ t_3^2 - 4{,}211к + 0{,}521к^2 + 31{,}451$	4,3
17	$S_в = 0{,}516S_o - 0{,}005\ S_o^2 + 0{,}157t_3 + 0{,}090\ t_3^2 - 3{,}381$	6,5
18	$S_в = 1{,}437S_o + 6{,}670t_3 + 0{,}489\ t_3^2 + 1{,}552m - 0{,}114\ Sп + 29{,}798$	7,8
19	$S_в = 1{,}004S_o + 5{,}661t_3 + 0{,}425\ t_3^2 + 0{,}057m + 0{,}077\ Sп + 29{,}286$	5,0
20	$S_в = 1{,}031S_o + 6{,}105t_3 + 1{,}007\ t_3^2 + 0{,}513m - 0{,}058\ Sп + 32{,}840$	5,1
21	$S_в = 1{,}047S_o + 1{,}317t_3 + 0{,}095\ t_3^2 + 0{,}279m - 0{,}071\ Sп + 5{,}070$	6,0
22	$S_в = 0{,}954S_o - 0{,}288t_3 - 0{,}009\ t_3^2 - 0{,}716к + 0{,}297к^2 + 5{,}320$	5,4
23	$S_в = 0{,}897S_o + 3{,}542t_3 + 0{,}218\ t_3^2 + 0{,}973m - 1{,}426к - 0{,}3595к^2 + 33{,}821$	2,5
24	$S_в = 9{,}708t_3 + 0{,}535\ t_3^2 + 23{,}709к + 4{,}368к^2 + 78{,}853$	5,7

Примітка: Складові у рівняннях як у рівнянні (6.39)

Приклад *розрахунку площ з поганим станом озимих культур комплексним методом для Чернігівської та Запорізької областей (табл. 6.24).*

Для розрахунку площ з поганим станом по території області необхідні вихідні матеріали:

- розміри площі по області з поганим станом озимих і тих, на яких зерно не зійшло восени ($S_о$, %);
- розміри площі усіх посівів озимої пшениці за появи на полях притертої льодової кірки ($S_п$), %;
- кущистість озимих восени;
- середня по області мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння рослин за зиму до 20 лютого, °С;
- товщина льодяної кірки за 5 декад з першого січня до 20 лютого, см;
- визначається тип зими, у прикладі – це тип 4.1 для Чернігівської області та 1 для Запорізької;
- рівняння для розрахунку (табл. 6.24) для Чернігівської – 19 – 21; для Запорізької – 2,8;
- розраховані величини наводяться в табл. 6.25;
- $S_в$ – фактичні розміри площі з поганим станом навесні, %.

Таблиця 6.25 – Приклад розрахунку площі з поганим станом озимих культур

Область	Показники					
	$S_в$	$S_о$	$S_п$	K	$T_З$	M
Чернігівська	16,2	78	0	2,3	-13,7	0,7
Запорізька	56	98	48	2,4	-7,4	0

Розраховані площі з поганим станом озимих навесні за прогнозом:

Чернігівська область, рівняння 19 – 17,1 %, рівняння 21 – 18,1%, допустима похибка ±2,3 %;

Запорізька область, рівняння 2 – 54,4 %, рівняння 8 – 53 %, допустима похибка 10,6 %.

Як видно із табл. 6.25 прогноз площ з поганим станом навесні виправдався.

Аналіз рівнянь та коефіцієнтів регресії показав, що значення одних і тих же факторів в різних грунтово-кліматичних зонах та за різних агрометеорологічних умов зимівлі посівів неоднакові. Так, роль притертої льодяної кірки у нечорноземних районах значно менша, 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 уточнюватись.

6.11. Метод прогнозу перезимівлі багаторічних сіяних трав

В структурі посівів багаторічних сіяних бобових трав переважають посіви конюшини та її сумішей. На більшості території України

переважають посіви двохукісної конюшини. Значні також посіви люцерни та злакових трав. Злакові трави і люцерна мають вищу морозостійкість, ніж конюшина. Тому оцінка умов зимівлі виконується саме для посівів конюшини.

Морозостійкість конюшини залежить від її типу (одно чи двохукісна), сорту рослин, їх віку, технології вирощування та термінів останнього укосу.

Дослідженнями Г.І. Страшної [96, 97]. встановлені основні агрометеорологічні величини, які визначають морозостійкість двохукісної конюшини першого року життя. Встановлено, що на критичну температуру вимерзання конюшини впливають умови зволоження в період осінньої вегетації, термічні умови в період проходження першої стадії загартування рослин і ступінь охолодження рослин у другій стадії загартування (на початку зими). Критична температура вимерзання конюшини ($t_{кр}$) залежить від середніх запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту за вересень-жовтень ($W_{9\text{-}10}$), середньої амплітуди температур повітря (A) за період від дати переходу температури повітря через 10 та 5 °С та суми середніх добових температур повітря за період від дати переходу через 0 °С до 31 грудня ($\sum t_{0\text{-}12}$) і визначається з рівняння

$$t_{кр} = 0{,}078 W^2_{9\text{-}10} + 0{,}228\, A_{10\text{-}5} - 0{,}006 \sum t_{0\text{-}12} + 9{,}78 \quad , \qquad (6.41)$$

Рівняння застосовується в межах: $W_{9\text{-}10}$ – від 5 до 40 мм; А – від 6 до 14 °С; $t_{0\text{-}12}$ – від -40 до -280 °С.

Зрідженість конюшини на конкретних полях визначається за сумою мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см за рівнянням

$$S_k = 0{,}056 \Sigma t^2_{3\ 0\text{-}12} + 3{,}4 \Sigma t_{3\ 0\text{-}12} + 58{,}03 \qquad (6.42)$$

Окрім вимерзання багаторічні сіяні трави взимку також зріджуються внаслідок випрівання. В цілому очікувані по області площі з поганим станом трав ($S_в$) навесні внаслідок випрівання розраховуються за рівнянням

$$S_{\hat{a}} = 0{,}024 \Sigma t_3^2 + 1{,}781 \Sigma t_3 + 38{,}62 \qquad R = 0{,}79\,, \qquad (6.42)$$

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

Відомо, що при несприятливих умовах найбільше пошкоджується конюшина. Г.І. Страшною розроблена шкала оцінок умов перезимівлі конюшини в теплі багатосніжні зими (табл. 6.26).

Таблиця 6.26 – Оцінка умов перезимівлі конюшини при випріванні в центральних областях ЄЧ (за Г.І.Страшною)

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

І.І. Яшкіна [118] пропонує очікувану зрідженість конюшини першого року життя (у) розраховувати за рівнянням

$$У = 9{,}47t + 5{,}22K + 84{,}9 \quad , \qquad (6.43)$$

де t − середня мінімальна температура ґрунту на глибині залягання кореневої шийки;

K − коефіцієнт кущистості рослин після припинення вегетації.

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 прогнозу вимерзання трав використовується рівняння

$$S_в = 1{,}06\ x + 2{,}10 \qquad (6.44)$$

При уточненні прогнозу випрівання використовується рівняння

$$S_в = 1{,}08x + 3{,}10 \qquad (6.45)$$

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, які складалися після 20 лютого до 15 березня. До тексту додається таблиця з розрахунками.

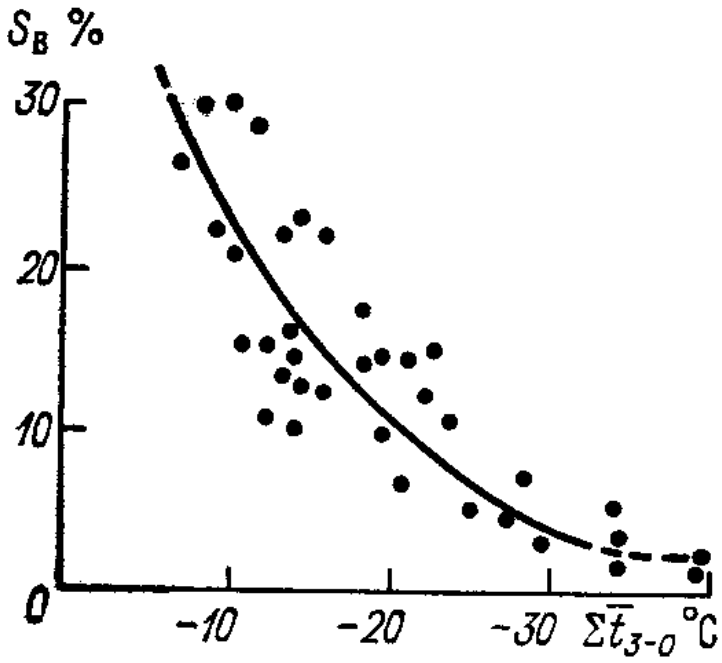


Рис. 6.6 – Залежність площі із загиблими травами ($S_в$) від середньої по області мінімальної температури ґрунту (Σt_3) на глибині 3 см на полях з озимими культурами

Контрольні питання.

1. Які основні показники використовуються для характеристики умов перезимівлі озимих культур?
2. В якому стані перед припиненням вегетації озимі культури найкраще всього переносять перезимівлю?
3. Які ви знаєте стадії загартування озимих культур?
4.Які зимові пошкодження озимих культур найчастіше спостерігаються?
5. Що називається критичною температурою вимерзання озимих?
6. Які ви знаєте методи визначення критичної температури вимерзання?
7 Як розраховується коефіцієнт морозонебезпечності?
9. Як впливає льодяна кірка на перезимівлю озимих культур?
10. Від чого залежить вимерзання озимих культур?
11. Як враховуються в прогнозі вимерзання результати відрощування зразків?
12. Які ви знаєте методи розрахунку температури ґрунту на глибині 3 см?
13. Як розраховується площа вимерзання озимої пшениці і жита?
14. В яких випадках взимку спостерігається випрівання озимих культур?
15. Перелічіть основні причини випрівання озимих культур.
16. Як розраховується кількість декад з висотою снігу більшою за 30 см?
17. Чому відбувається вимокання озимих культур?
18. Як розраховується площа рослин, які вимокли?

19. Які типи зим за умовами перезимівлі відзначаються?
20. В чому полягає комплексний метод прогнозу зрідження посівів ?
21. Перелічіть причини зрідженості сіяних трав взимку?
22. Як розраховується площа зрідженості сіяних трав?

РОЗДІЛ 7. МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ЗАПАСІВ ПРОДУКТИВНОЇ ВОЛОГИ ТА ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ПОСІВІВ

7.1 Прогноз запасів продуктивної вологи на початок весни

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 ґрунтом у польових умовах, визначається його властивостями: механічним складом, структурою, кількістю органічної речовини та глибиною залягання ґрунтових вод.

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

Запаси вологи у ґрунті постійно змінюються. Поповнення запасів вологи в ґрунті в основному відбувається взимку. Це поповнення залежить від пересування води всередині ґрунту та проникнення в ґрунт опадів і талих вод у період відлиг. Поповнення ґрунтової вологи в різних грунтово-кліматичних зонах різне. Це зумовлює необхідність прогнозу запасів вологи на початок весни. У південних районах країни запаси продуктивної вологи в ґрунті на весну мають чи не найбільш 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 [5, 87]. На разі відомі методи розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи Л.О. Разумової – за сумою опадів за холодну пору року та І.В. Свісюка – за глибиною промочування ґрунту.

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

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

$$\Delta W = HB - W \qquad (7.1)$$

Для розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи на початок весни Л.О. Разумова розрахувала статистичні залежності між сумарними змінами запасів вологи за осінньо-зимово-весняний період (*у*), кількістю опадів, які випали за цей же період (*x*), та нестачею насичення ґрунту вологою (*ΔW*) восени. Статистичні залежності встановлені для районів з стійкою зимою і глибоким заляганням ґрунтових вод (7.2) та для районів з нестійкою зимою і глибоким заляганням ґрунтових вод (7.3):

$$У = 0{,}21x + 0{,}62\Delta W - 33 \quad , \qquad (7.2)$$

$$У = 0{,}11x + 0{,}56\Delta W - 20 \quad , \qquad (7.3)$$

де *У* – зміна запасів продуктивної вологи за період від останнього визначення запасів вологи в ґрунті восени до даи переходу температури повітря через 5 °С весною, мм;

x – сума опадів за цей же період, мм;

ΔW – нестача вологи в ґрунті восени, мм (визначається з формули (7.1)).

На Європейській частині 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 райони ЄЧ СНД. В районах, де спостерігаються як стійкі, так і нестійкі зими, розрахунки виконуються за вказаними формулами з врахуванням характеру зими; при стійкій зимі розрахунки виконуються за формулою (7.2), при нестійкій – за формулою (7.3).

У зв’язку з потеплінням клімату (підвищення річної температури на 0,5°С кількість районів з нестійкою зимою збільшилася.

Розрахунок очікуваних запасів вологи на весну виконується за даними усіх станцій, розташованих на території обслуговування, або тих, де визначаються запаси вологи під озимими зерновими культурами, посіяними 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 на дату останнього осіннього визначення. 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 ºС навесні. Якщо ж з будь-якої причини прогнозом скористуватись неможливо, то у цьому випадку використовуються середні багаторічні величини опадів із кліматичних довідників, але обов'язково з врахуванням можливої аномалії опадів. Значення найменшої вологомісткості, яка необхідна для визначення дефіциту насичення ґрунту восени, розраховується за даними агрогідрологічного обстеження полів або за середніми даними: найменша вологомісткість суглинків становить 170 – 190 мм, супіщаних ґрунтів – 150 – 170 мм, піщаних – 80 – 120 мм.

При складанні прогнозу розрахунки зміни запасів вологи за холодну пору року виконуються за формулами (7.2 – 7.3).

Техніка складання прогнозу.

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 або на зяблевій оранці – 28 жовтня;

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

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

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

Розраховані величини:

1 – нестача насичення ґрунту вологою становить (за формулою 7.1): 160 мм – 83 мм = 77мм;

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 ºС навесні сума опадів визначається з синоптичного прогнозу погоди. В нашому випадку дата переходу температури повітря через 5 ºС навесні буде 5 квітня. 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 87 мм + 43 мм =130 мм;

3 – за рівнянням (7.2) розраховується зміна запасів вологи за осінньо-зимово-весняний період y = 0,21 х 130 + 0,62 х 77 = 44мм. Зміна запасів у нашому випадку становить 44 мм. Очікувані на весну запаси вологи розраховуються як сума запасів вологи на останнє визначення восени та зміна запасів за холодну пору року (83 + 44 = 127 мм), що становить приблизно 78 % від значення НВ.

Розрахунок очікуваних запасів продуктивної вологи по території області виконується за тією ж схемою. Після розрахунків запасів вологи по станціях області (не менше 8) будується карта очікуваних запасів вологи по області. При цьому, окремо підраховуються очікувані запаси вологи під озимими культурами і окремо по зябу. Далі складається текст прогнозу, в якому вказуються агрометеорологічні умови від останнього визначення

запасів продуктивної вологи до початку весни, а розраховані величини запасів продуктивної вологи на початок весни порівнюються із середніми багаторічними значеннями запасів продуктивної вологи та з *НВ*. Отримані розрахунки очікуваних запасів продуктивної вологи наносяться на карту окремо під озимими культурами та на зябу. Виділяються зони із запасами продуктивної вологи: меншими за 80 мм (погані запаси); 80 – 100 мм (недостатні); 101 – 120 мм (задовільні); 121 – 160 мм (добрі) і більшими за 160 мм (відмінні). Очікувані запаси вологи оцінюються в порівнянні з середніми багаторічними за градаціями менше 80 мм, 80 – 120 мм, більше 120 мм і в порівнянні з *НВ* за градаціями менше 50%, 50 – 80% , 81 – 100% і більше 100 %. До карт додається короткий текст прогнозу, де вказуються умови зволоження восени, характеризується нестача зволоження та очікувані запаси продуктивної вологи, наводиться їх порівняння з середніми багаторічними величинами та *НВ*. Техніка розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи по області така ж, як і для окремих станцій (приклад розрахунку в табл.7.1).

В районах, де взимку відбувається значний перерозподіл снігу на полях через сильні вітри, прогноз запасів вологи на весну складається за запасами води в 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:

$$W_C = 10 \cdot h \cdot d \quad , \qquad (7.4)$$

де h – середня висота снігу, см;
d – щільність снігу, г/см;
W_c – запас води в снігу, мм.

7.2. Методи розрахунку запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами

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

Таблиця 7.1 – Розрахунок очікуваних запасів продуктивної вологи на початок весни. Область – Кіровоградська, дата складання прогнозу 20.02. 2014, поле – озима пшениця

Станції області	Початкові дані			Розраховані дані						
	запаси продуктивної вологи восени,мм		найменша волого-місткість, мм	кількість опадів від дати визн. запасів вологи до 20.02, мм	дата переходу температури повітря через 5°восени,навесні	кількість опадів від 20.02 до дати переходу т-ри через 5° навесні, мм	дефіцит вологи у шарі 0-100 см, мм	зміна запасів вологи за осінньо-зимово-весняний період, мм	очікувані запаси вологи навесні	
	дата визн.	запаси вологи							мм	% від НВ
Новомиргород	27.11	70	179	72	1.11./1.04	40	109	58	128	72
Знамянка	«	85	207	70	1.11/1.04	39	122	65	150	72
Кіровоград	«	75	180	84	1.11/1.04	52	105	61	136	75
Гайворон	«	80	192	78	1.11/ 1.04	37	112	62	142	74
Помічна	«	73	193	71	1.11/ 1.04	42	120	65	138	72
Долинська	«	64	153	84	1.11/ 1.04	45	89	49	109	71
Бобринець	«	69	176	105	1.11/ 1.04	40	107	79	148	84

культур спостерігається збільшення запасів вологи. Витрати вологи залежать від характеру розвитку коріння, а також розмірів надземної маси рослин. Це призводить до того, що швидкість витрат ґрунтової вологи у вегетаційний період рослин дуже змінюється. В районах, де грунтові води залягають глибоко і капілярний підтік відсутній, найбільша кількість вологи витрачається через транспірацію із шару ґрунту, в якому розташоване коріння. Витрати сягають найбільших значень у репродуктивний період [2– 8].

7.2.1. Розрахунок запасів вологи під ярими та озимими культурами

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

С.О. Веріго запропонувала кількісну закономірність зміни (ΔW) запасів продуктивної вологи під озимими і ярими зерновими культурами в залежності від метеорологічних факторів [4, 5]:

$$\Delta W = aW_i + br - ct + d \quad , \qquad (7.5)$$

де W_1 – початкові запаси продуктивної вологи, мм;

t – середня температура повітря за декаду, ºС;

r – сума опадів за декаду, мм.

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

Розробляючи прогноз запасів продуктивної вологи для ярих зернових культур, С.О. Веріго розбила вегетаційний період на 3 періоди, які відрізняються потребою рослин у воді та розмірами і будовою надземної маси і коріння[4, 5]:

1 – формування сходів і листя (від сівби до виходу в трубку);

2 – формування колосу і цвіту (від виходу в трубку до цвітіння);

3 – формування зерна (після цвітіння).

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

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

Розрахунок зміни запасів продуктивної вологи під ярими зерновими культурами виконується за рівнянням (7.5), а числові коефіцієнти наводяться у табл. 7.2.

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

Таблиця 7.2– Коефіцієнти *a, b, c, d* рівняння (7.5)

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

Якщо в розрахунках отримано від′ємний результат для величин запасів продуктивної вологи, то вони прирівнюються до 0.

Очікувані запаси продуктивної вологи під озимою пшеницею розраховуються за рівняннями табл.7.3.

7.2.2. Метод прогнозу запасів продуктивної вологи під кукурудзою

Закономірності зміни запасів продуктивної вологи в ґрунті під кукурудзою такі ж, як і для інших культур, тобто визначаються величиною рослинної маси, температурою повітря, сумою опадів та станом ґрунту на початку розрахунків. Головні особливості розвитку коріння кукурудзи зумовлені біологією культури. Коріння розташовується головним чином у

верхніх шарах ґрунту (до 50 см). Тому Ю.І. Чирков [115] розробив рівняння (табл. 7.4) та побудував графіки для розрахунку зміни запасів вологи у шарах 0 20 см та 0 – 50 см (7.1 а, б; 7.2, 7.3).

Таблиця 7.3 – Рівняння залежності зміни запасів продуктивної вологи у ґрунті під озимою пшеницею від метеорологічних величин

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

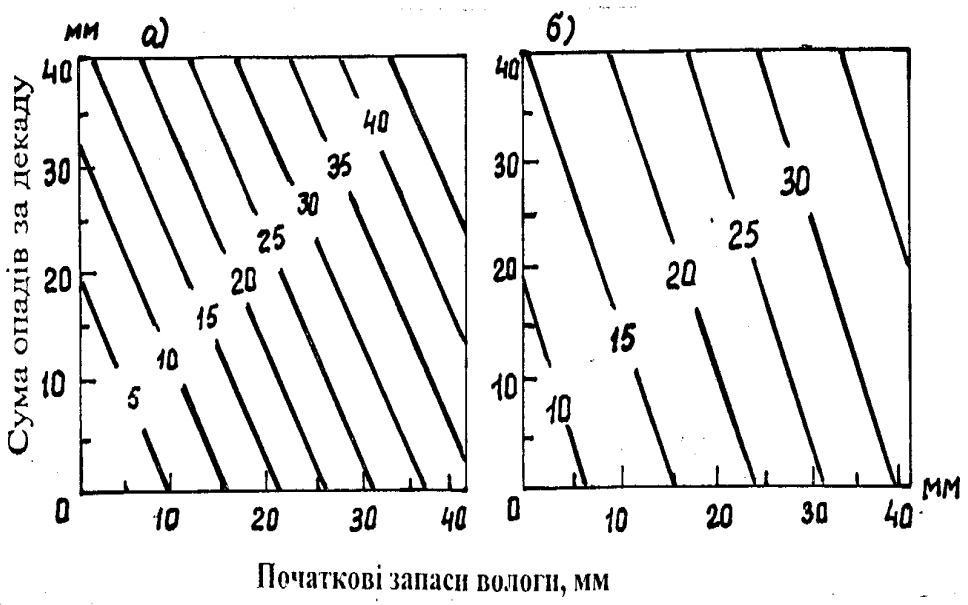
Таблиця 7.4 – Коефіцієнти *a, b, c, d* для розрахунку запасів вологи під кукурудзою, овочевими та гречкою

Кукурудза					
Сходи – 10-й лист	0-50	-0,83	+0,34	-0,15	+6,0
10-й лист – викидання волоті	0-50	+0,73	+0,56	-2,55	+55,84
Викидання волоті – молочна стиглість	0-50	+0,72	+0,65	-1,65	+29,88
Баклажани, томати, солодкий перець					
Висадка розсади у ґрунт – цвітіння	0-20	+0,76	+0,16	-1,1	+18,4
	0-50	+0,76	+0,42	-2,94	+52,8
Гречка					
Сходи – цвітіння	0-20	0,62	0,45	-0,99	+13,5

На рис. 7.1 – 7.3 на осі *x* – величини запасів вологи на початок розрахунку; *y* – сума опадів за декаду. У полі графіка очікувані зміни

запасів вологи. На визначену величину зміни запасів вводиться поправка на температуру повітря відповідно до періоду розвитку кукурудзи.

Подібні залежності отримані для овочевих культур: (баклажанів, солодкого перцю, томатів і круп'яних культур (табл.7.4).



Поправка на температуру (*а*)

Середня за декаду температура повітря, ^{0}C	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Поправка (мм)	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0	–0,2	–0,4	–0,6	–0,8

Поправка на температуру (*б*)

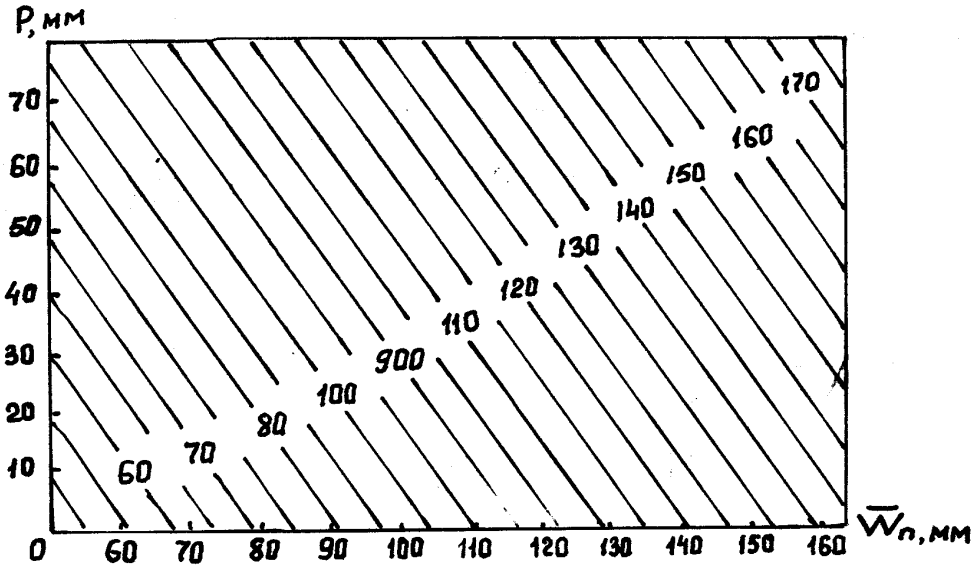
Середня за декаду температура повітря, ^{0}C	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Поправка (мм)	4,0	3,2	2,4	1,6	0,8	0	–0,8	–1,6	–2,4

Рис. 7.1 – Розрахунок запасів продуктивної вологи під кукурудзою у період від сходів до появи 10 листка:
а – у шарі ґрунту 0 – 20 см; б – у шарі ґрунту 0 – 50 см.

Поправка на температуру

Середня за декаду температура повітря, ^{0}C	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Поправка (мм)	10,4	7,8	5,2	2,6	0	–2,6	–5,2	–7,8	-10,4	-13,0

Рис. 7.2 – Розрахунок запасів продуктивної вологи під кукурудзою у період від появи 10 листка до викидання волоті у шарі ґрунту 0 – 50 см.



Поправка на температуру повітря

Середня температура повітря, °С										
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Поправка										
10,4	7,8	5,2	2,6	0	-2,6	-5,2	-7,8	-10,4	-13,0	-15,6

Рис. 7.3 – Розрахунок запасів продуктивної вологи у шарі 0 – 50 см під кукурудзою у період від викидання волоті до воскової стиглості.

7.2.3. Розрахунок запасів продуктивної вологи під картоплею і травами

Метод прогнозу запасів продуктивної вологи під картоплею розробила С.Б. Мостинська [87] на основі тих же закономірностей, які були встановлені С.О. Веріго [4]. Цей метод враховує особливості коріння картоплі не проникати глибоко у ґрунт, а розповсюджуватись у верхньому шарі та вплив температури повітря (t), опадів (r), зволоження ґрунту в попередню декаду (W_1) на зміну запасів вологи у подальшому. Рівняння для розрахунку змін запасів вологи під картоплею в різні міжфазні періоди наводяться в табл.7.5.

Таблиця 7.5 – Рівняння зміни запасів продуктивної вологи під картоплею та сіяними травами (Чорноземна зона)

Період розвитку	Шар ґрунту, см	Рівняння зв'язку
Картопля		
1. Період формування сходів	0-20 0-50 0-100	$Y = 0{,}01\,t + 0{,}24r - 0{,}42w + 6{,}5$ $Y = 0{,}21\,t + 0{,}34r - 0{,}29w + 14{,}6$ $Y = 0{,}22\,t + 0{,}56r - 0{,}18w + 5{,}0$
2. Період утворення бокових пагонів	0-20 0-50 0-100	$Y = -0{,}26\,t + 0{,}24r - 0{,}45w + 8{,}5$ $Y = 0{,}45\,t + 0{,}45r - 0{,}21w + 5{,}6$ $Y = -0{,}38\,t + 0{,}88r - 0{,}22w - 12{,}8$
3. Період бутонізації	0-20 0-50 0-100	$Y = -0{,}24\,t + 0{,}40r - 0{,}84w + 2{,}4$ $Y = -0{,}26\,t + 0{,}75r - 0{,}24w - 2{,}3$ $Y = 0{,}58\,t + 0{,}57r - 0{,}23w + 14{,}3$
4. Період цвітіння	0-20 0-50 0-100	$Y = -0{,}62\,t + 0{,}31r - 0{,}37w + 11{,}9$ $y = -0{,}85\,t + 0{,}54r - 0{,}24w + 14{,}3$ $y = -0{,}94\,t + 0{,}72r - 0{,}10w + 7{,}8$
Люцерна		
1. Ранній весняний період (від початку вегетації до встановлення Т + 15° С)	0-100	$Y = 1{,}8\,t + 0{,}70r - 0{,}06w + 4{,}05$
2. Перші три декади вегетаії	0-100	$Y = -1{,}10\,t + 1{,}06r - 0{,}1w - 5{,}8$
3. Період формування другого укосу (IV–VI декади після пере ходу температури повітря через +15° С)	0-100	$y = -0{,}6\,t + 0{,}73r - 0{,}21w + 5{,}3$
4. Період після другого укосу до кінця вегетації	0-100	$y = -1{,}1\,t + 0{,}83r - 0{,}16w + 11{,}7$

Розрахунок зміни запасів вологи під картоплею потребує відомостей про фази розвитку картоплі (сходів, утворення бокових пагонів, бутонізації і цвітіння). Дати настання вказаних фаз розраховуються за сумами активних температур (табл. 7.6).

Таблиця 7.6 – Суми активнихтемператур по міжфазних періодах розвитку картоплі, ºС

Фон дбрив	Сівба - сходи	Сходи - бутонізація	Бутонізація - Цвітіння	Цвітіння - в'янення картоплиння
Ранньостиглі сорти				
Високий	320	350	200	350
Середній	400	350	200	600
Середньостиглі сорти				
Високий	320	450	200	1000
Середній	400	450	200	700
Пізньостиглі сорти				
Високий	320	500	200	1100
Середній	400	500	200	800

Для спрощення розрахунків запасів продуктивної вологи під картоплею та сіяними травами побудовані графіки (рис. 7.4 – 7.7)

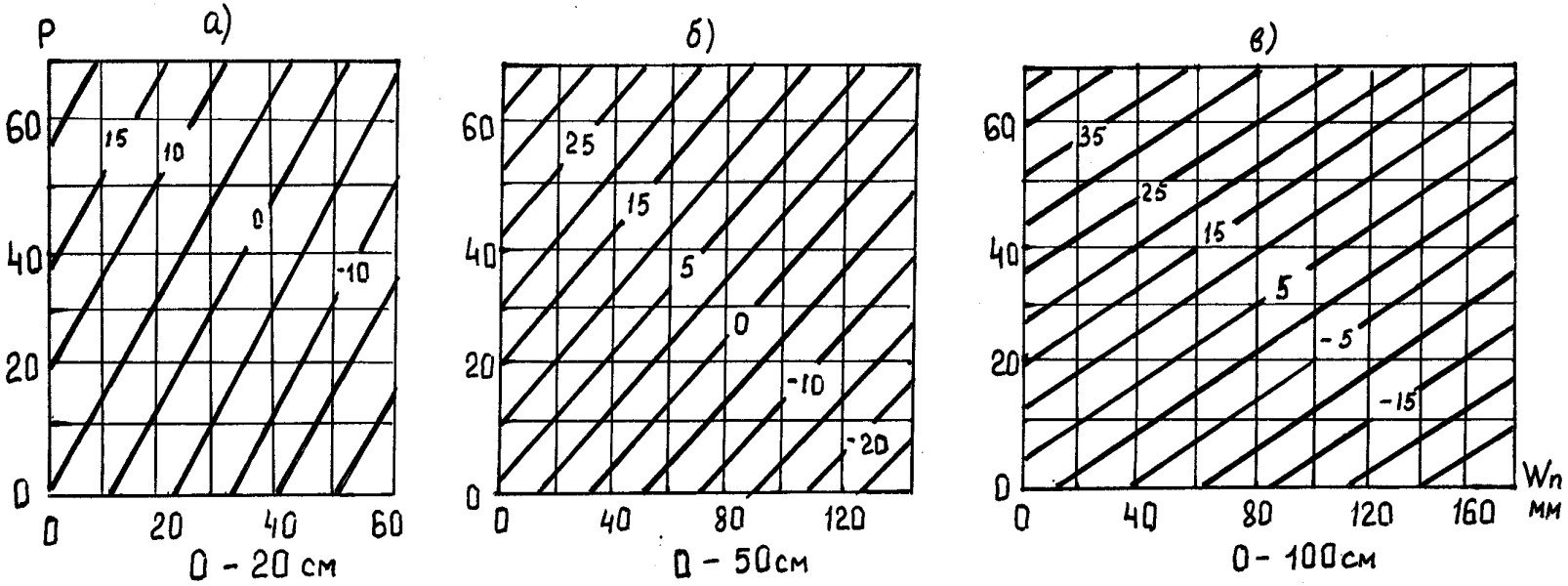
Подібна техніка виконання розрахунків запасів продуктивної вологи використовується і для полів під конюшиною та люцерною. Початок вегетації сіяних трав співпадає з переходом температури повітря через 5 ºС, а цвітіння – через 2 декади після утворення суцвіть. Перший укіс трав співпадає з цвітінням, другий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

Зміна запасів вологи під конюшиною та люцерною розраховується за графіками (рис.7.7 б – від відновлення вегетації до 1-го укосу; рис. 7.7 *г* – від першого укосу до припинення вегетації).

Техніка складання прогнозів запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами

Техніка складання прогнозів запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами майже однакова.

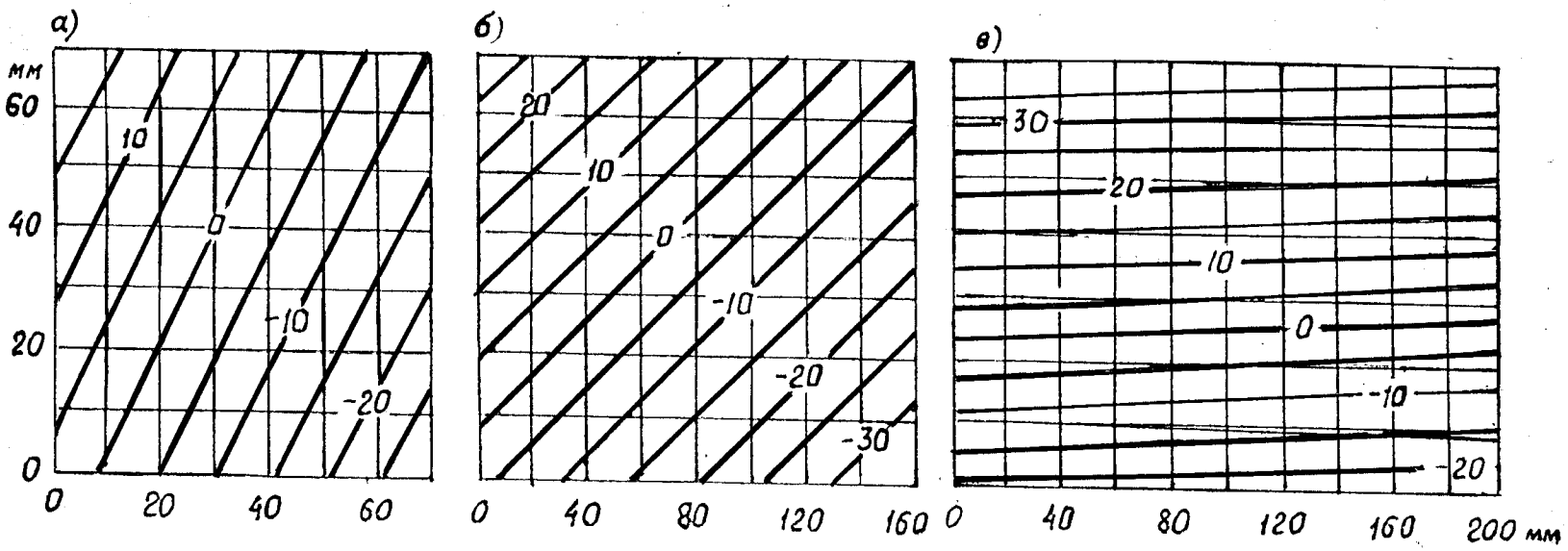
Для складання прогнозу необхідно підготувати для розрахунків такі відомості:



Поправка на температуру

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

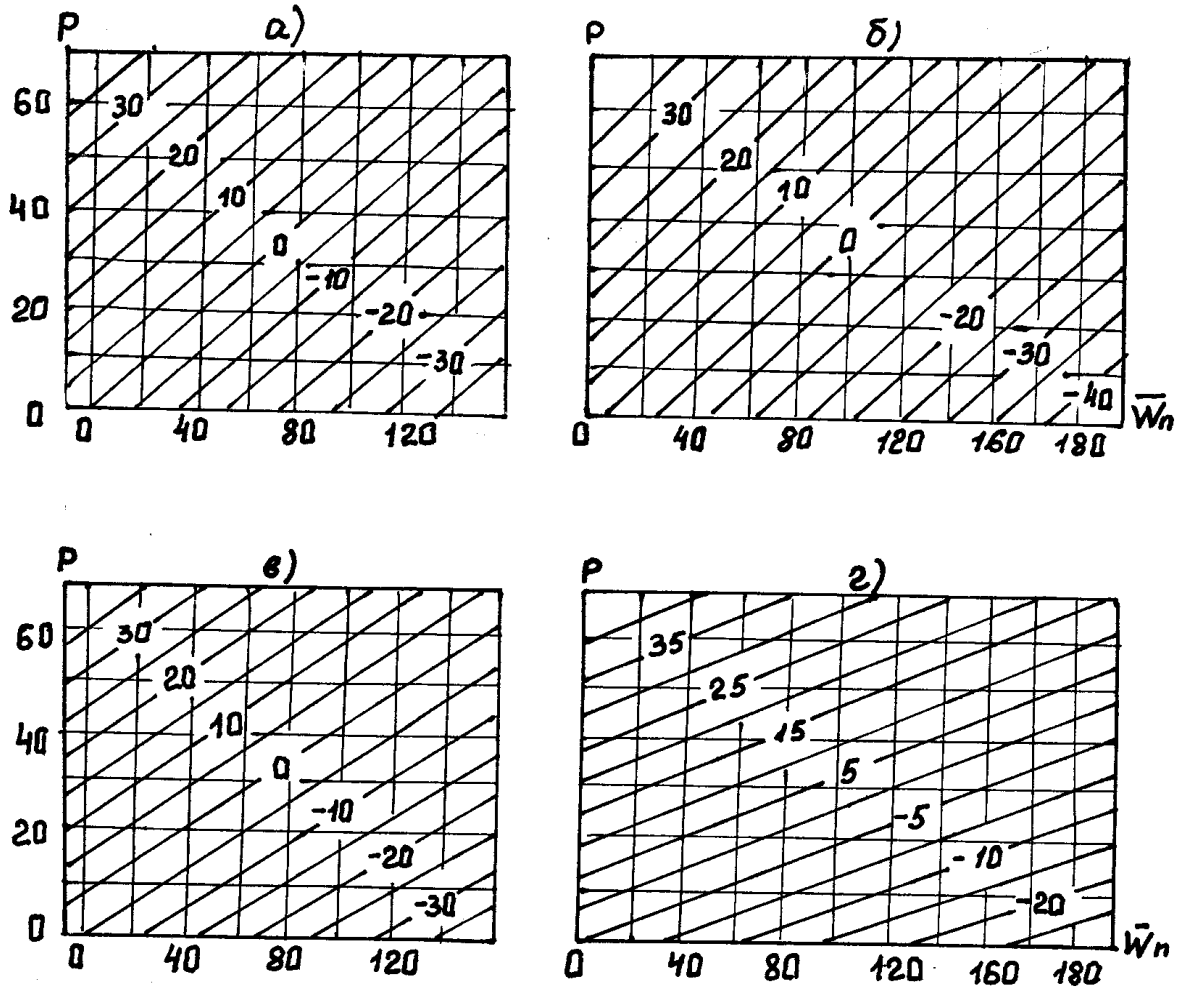
Рис. 7.4– Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період формування сходів:
а – у шарі ґрунту 0 – 20 см;
б – у шарі ґрунту 0 – 50 см;
в – у шарі ґрунту 0 – 100 см.



Поправка на температуру

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

Рис. 7.5 – Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період формування бокових пагонів (а, б, в – позначки ті ж, що на рис. 7.4.



Поправка на температуру (*а,б*)

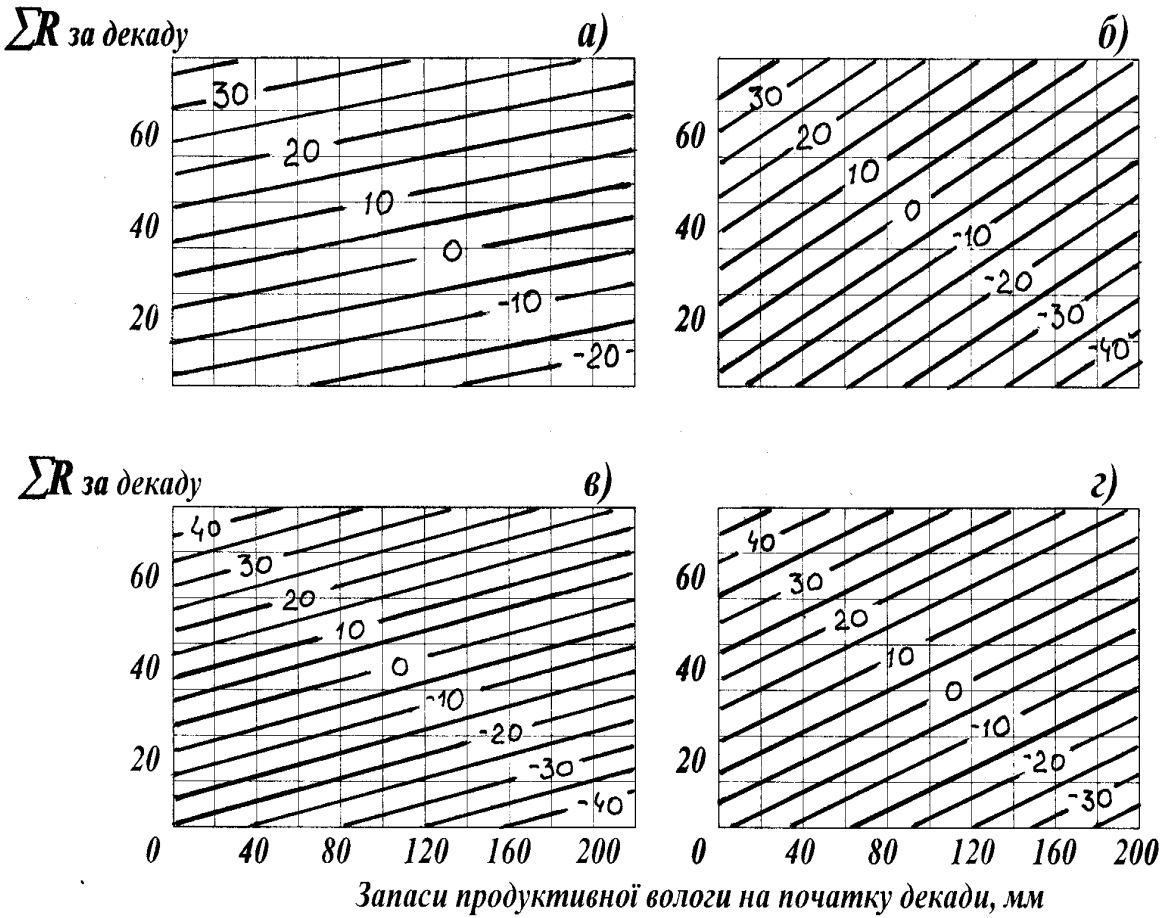
Середня за декаду температура повітря, ^{0}C	13	14-15	16-18	19-21	22-23
Поправка (мм)	3	2	1	0	–1

Поправка на температуру (*в,г*)

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

Рис. 7.6 – Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період утворення суцвіть та цвітіння:

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



Поправка на температуру а, б

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

Поправка на температуру в, г

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

Рис. 7.7 а, б, в, г – Зміна запасів продуктивної вологи під люцерною у шарі ґрунту 0 – 100 см:

а – у період середньої за добу температури повітря від 5°С до 15°С;

б – за перші три декади після переход температури повітря через 15°С;

в – за четверту, п’яту та шосту декади після переходу температури повітря через 15° С;

г – до кінця вегетації.

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

Виконати розрахунки:
- розрахувати очікувану температуру повітря та суми опадів по декадах розрахункового періоду за синоптичним прогнозом;
- визначити коефіцієнти в рівняннях для розрахунків або самі рівняння (з відповідних таблиць);
- розрахувати зміну запасів продуктивної вологи за кожну декаду розрахункового періоду за рівняннями або відповідними графіками;
- визначити величину очікуваних запасів продуктивної вологи за кожну декаду, при цьому величину зміни запасів продуктивної вологи з відповідним знаком додають до значень запасів вологи за попередню декаду.

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

7.3. Методи прогнозів вологозабезпеченості сільськогосподарських культур

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

Оцінкою вологозабезпеченості посівів займались багато дослідників: О.В. Процеров, О.С. Конторщиков, О.М. Конторщикова [3, 25, 87, 36, 37] та ін. Це дозволило розробити цілу низку методів, які дозволяють виконувати оцінку вологозабезпеченості сільськогосподарських культур в районах недостатнього та нестійкого зволоження. Такі оцінки дуже часто використовуються при прогнозуванні врожаїв сільськогосподарських культур.

Вологозабезпеченість посівів – це міра забезпечення потреб рослин у воді в природних умовах. Вона може виражатись через запаси продуктивної вологи у відсотках від найменшої вологомісткості, у відсотках від середніх багаторічних запасів продуктивної вологи, через суму опадів у відсотках від середньої багаторічної, у відносних одиницях

через випарування та випаровуваність, а також у відсотках через ті ж величини [62 – 65].

7.3.1 Розрахунок вологозабезпеченості сільськогосподарських культур за сумарним випаровуванням та дефіцитом насичення повітря

Розрахунок вологозабезпеченості (V) за сумарним випаровуванням та дефіцитом насичення повітря виконується практично для всіх сільськогосподарських культур за формулою запропонованою С.О. Веріго як відношення фактичного сумарного випаровування ($E_ф$) з поля, зайнятого культурою, до сумарного випаровування при оптимальних умовах зволоження (E_o)

$$V = \frac{E_ф}{E_o} \cdot 100 \quad . \qquad (7.6)$$

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

При виконанні розрахунків фактичне сумарне випаровування ($E_ф$) визначається за спрощеною формулою водного балансу

$$E_ф = (W_1 + x) - W_2 \quad , \qquad (7.7)$$

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

x – сума опадів за декаду, мм.

Сумарне випаровування можна розрахувати за рисунком (7.8).

Випаровування в оптимальних умовах зволоження – випаровуваність можна розраховувати за будь-яким методом. В агрометеорології найчастіше використовуються методи А.М. Алпатьєва, С.І. Харченко та С.Н. Іванова [112]. А.М. Алпатьєв запропонував випаровуваність (E_o) розраховувати через сумарний дефіцит насичення повітря (d) з врахуванням коефіцієнтів біологічної кривої водоспоживання (K)

$$E_o = K \cdot \Sigma d \qquad (7.8)$$

Значення коефіцієнтів біологічної кривої водоспоживання різні для однієї і тієї ж культури в різні періоди її розвитку, різні для різних сільськогосподарських культур і також можуть бути різними для однієї і тієї ж культури в різних грунтово-кліматичних зонах .

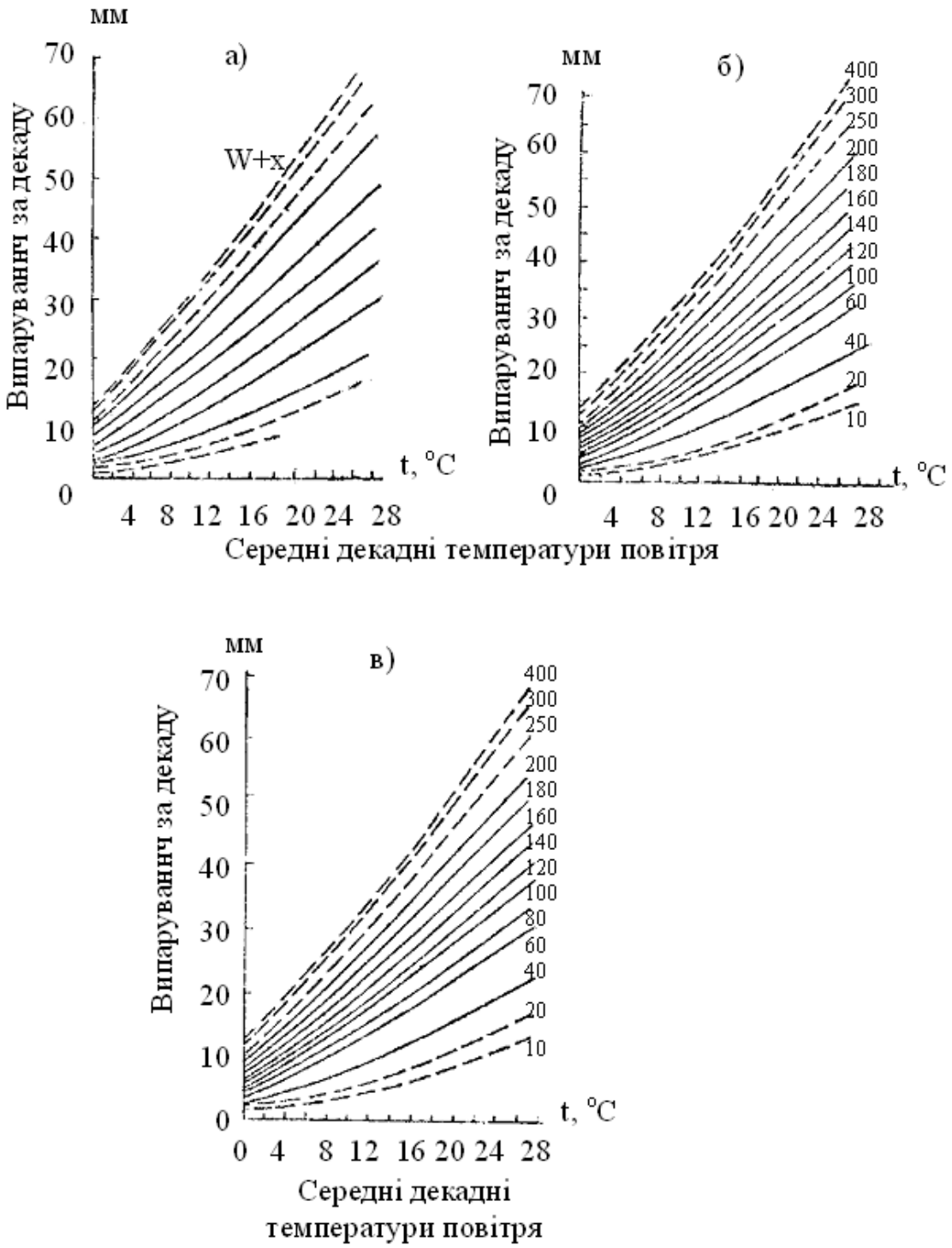


Рис. 7.8 – Сумарне випаровування за декаду ($E_ф$) на полях ярої пшениці в залежності від початкових запасів продуктивної вологи (W_1), опадів за декаду (x) та середньої температури повітря (t):

а) від сівби до виходу у трубку;

б) після виходу у трубку до колосіння;

в) після колосіння до воскової стиглості

7.3.2.Розрахунок вологозабезпеченості зернових культур

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

Таким чином, потреба культур у волозі в будь - яку декаду вегетації буде дорівнювати сумі дефіцитів насичення повітря помноженій на 0.6, якщо значення дефіциту насичення виражено у мм, та 0,45, якщо – у мілібарах, або гПа, тобто у період від колосіння до воскової стиглості $E_o = 0{,}4 \cdot \Sigma d$ *мм* або $E_o = 0{,}6 \cdot \Sigma d$ *мм*.

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

$$W_2 = (W_1 + x) - E \quad , \qquad (7.9)$$

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

x – сума опадів за декаду, мм.

Для складання прогнозу вологозабезпеченості посівів зернових культур необхідно мати синоптичний прогноз температури повітря, кількості опадів та дефіциту насичення повітря. Але дефіцит насичення не прогнозується. Тому О.В. Процеров запропонував прогнозовану величину дефіциту насичення розраховувати через відхилення від норми температури повітря (табл. 7.7). Для користування таблицею необхідно спочатку розрахувати у відсотках відхилення температури повітря від середнього багаторічного її значення і потім визначити відхилення дефіциту насичення у відсотках від його середньої багаторічної величини і визначити очікуване його значення у мм.

Таблиця 7.7 – Співвідношення відхилень температури повітря та дефіциту насичення повітря від норми

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

Якщо температура повітря очікується близькою до норми, то і дефіцит насичення теж буде близьким до норми.

Забезпечення рослин вологою розраховується по декадах періоду вегетації культури, а потім середня величина за період розраховується як середня арифметична.

С.О. Веріго розрахувала оцінку агрометеорологічних умов формування врожаю в залежності від забезпечення рослин вологою (рис.7.9).

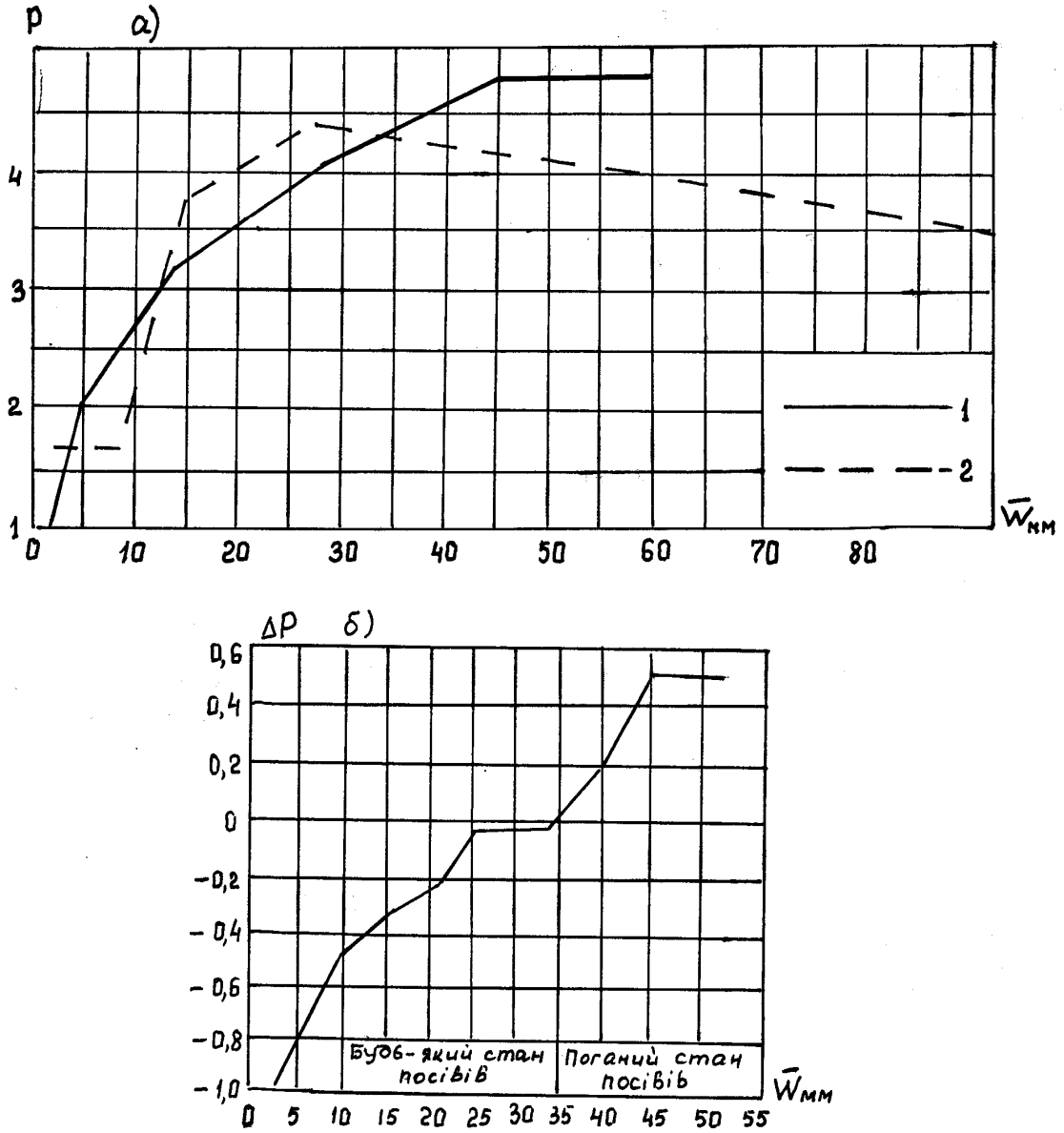


Рис. 7.9 – Відносна оцінка стану посівів ярої пшениці в залежності від забезпеченості вологою ярої пшениці в зоні:

а) недостатнього зволоження;

б) в зоні надмірного зволоження.

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

Приклад. Розрахувати середню по області вологозабезпеченість посівів ярої пшениці. Розрахунок забезпечення посівів вологою краще виконувати у робочій таблиці (табл. 7.8).

Таблиця 7.8– Приклад розрахунку вологозабезпеченості ярої пшениці

Середні по області показники	Квітень		Травень			Червень			Липень	
	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
Фази розвитку ярої пшениці	сходи		вихід у трубку			колосін -ня				
Дата	12.04			22.05		20.06				
Середня декадна температура повітря, °С	7	10	13	15	18	19	21	23	22	20
Сума опадів за декаду, мм	10	15	25	8	16	0	5	10	25	20
Запаси вологи у метровому шарі ґрунту, мм	110	105	110	90	80	50	25	15	22	27
Сума середньодобової нестачі вологи повітря за декаду, мм	22	25	34	49	60	97	90	105	82	82
Величина випарровування, яка необхідна для оптимальних умов росту, мм	13	15	20	29	36	58	54	42	33	33
Сумарне випаровування у поточному році, мм		20	20	28	26	30	30	20	18	15
Вологозабезпеченість за декаду, %		133	100	96	72	52	56	48	55	45
Середня вологозабез-печеність за весь минулий період, %		133	116	110	100	90	85	80	76	72

7.3.3. Розрахунок вологозабезпеченості цукрових буряків

Найбільші посівні площі цукрових буряків розташовані в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. В цих зонах відчувається вплив забезпечення вологою посівів на розвиток та формування продуктивності рослин впродовж всього періоду вегетації. Розрахунок забезпечення вологою цукрових буряків виконується за тими ж формулами, що і зернових культур. Однак коефіцієнти біологічної кривої для цукрових буряків будуть зовсім інші, вони визначені О.М. Конторщиковою (табл. 7.9).

В окремі роки в залежності від агрометеорологічних умов розвиток цукрових буряків може прискорюватись або уповільнюватись, тому при розрахунках потреби їх у воді коефіцієнти або зміщуються на одну декаду, або повторюються двічі за одну й ту ж декаду. У будь - якому випадку значення коефіцієнта 0,49 повинна припадати на декаду початку росту коренеплоду. Вона розраховується за сумою ефективних температури вище 5 ^{0}С, яка становить 500°С .

Таблиця 7.9 – Коефіцієнти *К* для визначення потреби у воді цукрових буряків (за О.М. Конторщиковою)

Декада вегетації	К	Декада вегетації	К	Декада вегетації	К	Декада вегетації	К
перша	0,22	п’ята	0,49	дев’ята	0,78	тринадцята	0,66
друга	0,26	шоста	0,65	десята	0,75	чотирнадцята	0,64
Третя	0,31	сьома	0,72	одинадцята	0,72	п’ятнадцята	0,61
четверта	0,39	восьма	0,80	дванадцята	0,69	шістнадцята	0,55

Фактичне сумарне випаровування з поля цукрових буряків визначається з табл. 7.10.

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

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

Для складання прогнозів врожаїв цукрових буряків необхідно знати завчасно середню вологозабезпеченість всього періоду вегетації. З цією метою О.М. Конторщикова отримала рівняння, які характеризують

залежність середньої вологозабезпеченості посівів цукрових буряків за весь період вегетації (U) від вологозабезпеченості за період від сівби до моменту складання прогнозу (U_1) (табл.7.10).

Таблиця 7.10– Сумарне випарування за декаду в залежності від початкових запасів вологи у шарі ґрунту 0 – 100 см, опадів за декаду та середньої температури повітря

Середня декадна температура повітря, ºС	Запаси вологи в метровому шарі ґрунту за попередню декаду плюс кількість опадів за поточну декаду, мм										
	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Період від 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 табл. 7.10

Середня декадна температура повітря, ºС	Запаси вологи в метровому шарі ґрунту за попередню декаду плюс кількість опадів за поточну декаду, мм										
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Після початку росту коренеплоду											
7	7	8	9	10	11	12	12	13	14	15	15
8	7	9	10	11	12	13	14	14	15	16	17
9	8	10	11	12	13	14	15	15	16	17	18
10	9	10	12	13	14	15	16	17	17	19	20
11	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21
12	10	12	14	15	16	17	19	20	21	22	23
13	11	13	15	17	18	19	20	21	22	23	24
14	12	14	17	18	19	20	21	22	23	24	25
15	13	15	18	19	20	21	22	23	24	26	27
16	14	16	19	20	21	22	23	25	26	27	28
17	14	17	20	21	22	24	25	26	27	29	30
18	15	18	21	22	24	25	26	27	29	30	31
19	16	19	22	23	25	26	27	29	30	32	33
20	17	20	23	25	26	28	29	30	32	33	34
21	18	21	24	26	27	29	31	32	33	35	36
22	19	22	25	27	28	30	32	33	34	36	37
23	20	23	26	28	30	32	33	34	35	37	39
24	21	24	28	30	31	33	34	36	37	39	40
25	22	25	29	31	32	34	36	37	38	40	42
26	23	26	30	32	34	36	37	38	40	41	43
27	24	28	31	33	35	37	39	40	41	43	44
28	25	29	32	34	36	38	40	41	42	44	46
29	26	30	33	35	37	39	41	42	43	45	48
30	27	31	34	36	39	40	42	43	44	47	49

Середня декадна температура повітря, ºС	Запаси вологи в метровому шарі ґрунту за попередню декаду плюс кількість опадів за поточну декаду, мм					
	150	160	170	180	190	200
Період після початку росту коренеплоду						
1	2	3	4	5	6	9
5	13	14	15	16	17	17
6	15	16	16	17	18	19
7	16	17	18	19	20	21
8	17	18	19	20	21	22

Продовження табл. 7.10

1	2	3	4	5	6	7
9	19	20	21	22	23	24
10	21	21	22	23	25	26
11	22	23	24	25	26	27
12	23	24	26	27	28	29
13	25	25	27	29	30	31
14	26	27	28	30	31	33
15	28	29	30	32	33	34
16	29	31	32	34	35	36
17	31	32	34	35	37	38
18	32	34	35	37	39	40
19	34	35	37	39	41	42
20	36	37	39	41	42	44
21	37	39	41	42	44	45
22	39	41	43	44	46	47
23	40	42	44	46	48	49
24	42	43	46	48	50	52
25	43	45	47	50	52	54
26	45	46	49	52	54	55
27	46	48	51	54	55	57
28	48	50	52	55	57	59
29	50	52	54	57	59	61
30	51	54	56	59	61	63

Таблиця 7.11 – Рівняння зв’язку для розрахунків очікуваної середньої вологозабезпеченості (%) посівів за вегетаційний період

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

Таблиця 7.12 – Приклад розрахунку вологозабезпеченості посівів цукрових буряків до кінця вегетації

Показники	Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Середня декадна температура повітря в поточному році середня багаторічна за прогнозом	10,3 9,2 –	14,7 12,7 –	15,2 14,4 –	16,8 15,8 –	19,3 17,2 –	19,2 18,1 –	17,4 19,1 –	18,4 20,3 –	– 20,8 19	– 21,0 18	– 20,4 20	– 19,1 18	– 16,8 14	– 14,5 13
Сума температур за прогнозом	–	–	–	–	–	–	–	–	209	389	589	787	927	1057
Сума опадів у поточному році за прогнозом (х)	29 –	19 –	28 –	13 –	2 –	13 –	77 –	6 –	– 18	– 17	– 16	– 15	– 15	– 15
Сума середньо добового дефіциту вологості повітря, мм	38	60	52	69	88	68	45	43						
Коефіцієнт для визначення потреби цукрових буряків у волозі	0,22	0,26	0,31	0,39	0,49	0,65	0,72	0,80		–	–	–	–	–
Сумарне випарування, мм Фактичне Прогнозоване (Е)	22 –	36 –	36 –	32 –	32 –	32 –	34 –	22 –	– 33	– 31	– 30	– 27	– 23	– 18
Потреба цукрових буряків у волозі	8	16	16	27	43	44	32	34	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. 7.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 100 см за період Фактичні Прогнозовані (W)	– –	175 –	167 –	148 –	118 –	99 –	142 –	118 –	– 103	– 90	– 80	– 71	– 62	– 67
Вологозабезпеченість посівів за декаду, %	100	100	100	100	75	73	100	94	72	77	58	36	–	–
Середня вологозабез-печеність (в % за період вегетації)												82	–	–

7.4 Оцінка впливу погодних умов на середню районну врожайність сільськогосподарських культур

Погода і клімат суттєво впливають на врожайність сільськогосподарських культур, і із зростанням культури землеробства залежність врожайності від умов погоди не зменшується. Тому перед агрометеорологами постає задача оцінити міру сприятливості погодних умов вегетаційного періоду для формування врожайності сільськогосподарських культур. Для зернових культур методики проведення таких оцінок уже є [23, 25]. Для цукрових буряків, соняшника та кукурудзи методики розроблені Е.К. Зоїдзе [22, 23, 24].

Теоретичною основою для розробки методики стали відомі залежності росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур від умов навколишнього середовища. За допомогою методу кореляційно – регресійного аналізу автору методу вдалось виявити найбільш впливові метеорологічні фактори по міжфазних періодах розвитку кукурудзи, соняшника, цукрових буряків:

а) для цукрових буряків: сівба – сходи, сходи – третій листок, 3–їй листок – початок росту коренеплоду, початок росту коренеплоду – пожовтіння листя, пожовтіння листя – збирання. При цьому також враховувався осінньо-зимовий період та більш тривалі періоди розвитку цукрових буряків: сівба – початок росту коренеплоду, початок росту коренеплоду – в’янення гички;

б) для соняшника: сівба-сходи, сходи-друга пара листя, друга пара листя-цвітіння, цвітіння – дозрівання, осінньо-зимовий період;

в) для кукурудзи: сівба – сходи, сходи – викидання волоті, викидання волоті – цвітіння початку, цвітіння початку – воскова стиглість, воскова стиглість – збирання.

7.4.1 Оцінка впливу погодних умов на середню районнуврожайність цукрових буряків

Кореляційний аналіз показав, що найбільш тісний зв’язок проявляється між середньою по району врожайністю цукрових буряків та сумою опадів за осінньо-зимовий період. Спостерігається також досить тісний зв’язок між врожайністю та нестачею насичення повітря вологою за період від сівби до початку росту коренеплоду. Тому було знайдено рівняння зв’язку, яке враховує ці обидва параметри:

$$У = \frac{1}{10}(-307{,}0 + 151{,}21 \ln X - 41{,}3d_1 - 8{,}1d_2 - 0{,}36t^2)\ , \quad (7.10)$$

де $У$ – середня по району врожайність цукрових буряків, т/га;

X – сума опадів за період з вересня минулого року до дати сівби у поточному році, для якого розраховується оцінка;

d_1 та d_2 – середнє значення нестачі насичення повітря вологою відповідно за періоди сівба початок росту коренеплоду та початок росту коренеплоду –в'янення гички;

t^2 –сума температур повітря за період початок росту коренеплоду – в'янення гички.

За вказаним рівнянням в кожному році розраховується можлива врожайність, а потім за допомогою табл. 7.13, знаходиться міра сприятливості погодних умов вирощуванню цукрових буряків.

Таблиця 7.13 – Шкала оцінки сприятливості погодних умов для формування середнього по району врожаю цукрових буряків

Розрахований за рівнянням (7.10) середній врожай, т/га	Оцінка міри сприятливості погодних умов
менше14,0	Дуже несприятливі умови
14,0 – 18,9	Несприятливі умови
19,0 – 26,0	Середні умови
26,01 – 31,0	Сприятливі умови
більше 31,0	Дуже сприятливі умови

Приклад. Оцінити міру сприятливості погодних умов для формування середнього по району врожаю цукрових буряків у 2003 році у Тимашівському районі Краснодарського краю. Сума опадів за період з вересня 2002 року по дату сівби 2003 року (lnX), буде 5,7. Нестача насичення повітря вологою (гПа) за період сівба – початок росту коренеплоду становить 1,3, за період початок росту коренеплоду – в'янення гички – 9,1. Сума температур за період початок росту коренеплоду – в'янення гички становить 404º С. Якщо підставити значення складових у рівняння:

$$У = \frac{-307{,}0 + 151{,}21 \cdot 5{,}7 - 41{,}3 \cdot 1{,}3 - 8{,}1 \cdot 9{,}1 - 0{,}36 \cdot 404{,}0}{10} = 26{,}33 \text{ т}/га$$

то очікуваний середній по району врожай становитиме 26,33 т/га.

З табл.7.13 знаходиться, що у 2003 році у Тимашівському районі склались сприятливі умови для формування врожайності цукрових буряків.

7.4.2 Оцінка впливу погодних умов на середню по району врожайність соняшника

Е.К. Зоїдзе встановлено, що найбільший вплив на середній врожай соняшника по району мають опади за період з вересня минулого року до дати сівби насіння у поточному році. Крім того, на врожай також впливають запаси продуктивної вологи та середня температура повітря за період від сходів до утворення другої пари листя, а також запаси вологи, сума опадів за період від другої пари листя до цвітіння та нестача насичення повітря вологою за період цвітіння – дозрівання. Рівняння регресії має вигляд

$$У = -63{,}51 - 8{,}48t_1 + 1{,}14W_1 + 1{,}27X_1 + 1{,}4t_2 + \\ + 0{,}92X_2 + 2{,}13d + 0{,}75X_3 \qquad (7.11)$$

де $У$ – середня врожайність соняшнику по району, т/га;

t_1, W_1, X_1 – відповідно середня температура повітря, запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, мм, сума опадів за період сівба – сходи;

t_2 – середня температура повітря за період сходи – друга пара листя;

X_2 – сума опадів за період друга пара листя – цвітіння;

d – нестача насичення повітря вологою за період цвітіння – дозрівання;

X_3 – сума опадів за період з вересня минулого року до дати сівби у поточному році.

За цим рівнянням у кожному конкретному році розраховується можливий середній по району врожай соняшника, потім по табл. 7.14 оцінюється міра сприятливості погодних умов для формування врожаю.

Таблиця 7.14 – Шкала оцінки сприятливості погодних умов для формування середнього по району врожаю соняшника

Розрахований врожай соняшника	Оцінка міри сприятливості погодних умов
менше 0,7	Дуже несприятливі умови
0,7 – 1,1	Несприятливі умови
1,2 – 1,6	Середні умови
1,7 – 2,2	Сприятливі умови
більше 2,2	Дуже сприятливі умови

Приклад. Оцінити міру сприятливості погодних умов вегетаційного періоду 2003 року для формування середнього по Динському району врожаю соняшника якщо:

- середня температура повітря за період сівба сходи становила 12,8º С, за період сходи – друга пара листя – 15,3º С;
- сума опадів за період сівба – сходи становила 45,1 мм, за період друга пара листя – цвітіння –107,9 мм, за період вересень 2002 року – дата сівби 2003 р. – 508 мм;
- запаси продуктивної вологи за період сівба – сходи становили – 167 мм;
- нестача насичення повітря вологою за період цвітіння – дозрівання становила 25,9 гПа.

Тоді:

$$У = -63{,}51 - 8{,}48 \cdot 12{,}8 + 1{,}1 \cdot 167 + 1{,}3 \cdot 45{,}1 + 1{,}4 \cdot 15{,}3 +$$
$$+ 0{,}92 \cdot 107{,}9 + 2{,}13 \cdot 25{,}9 + 0{,}75 \cdot 508 = 623{,}8$$

Для переводу у т/га одержана величина ділиться на 233,7 = 2,67 т/га. 233,7 це постійна величина для переводу у т/га. Таким чином, у 2003 році у районі склались дуже сприятливі умови для формування врожаю соняшника.

7.4.3 Оцінка впливу погодних умов на середню районну врожайність кукурудзи

Кукурудза досить посухостійка та вимоглива до умов забезпеченості теплом культура. І все ж вона досить чутливо реагує на нестачу вологи як у ґрунті, так і у повітрі.

Аналіз спостережень за величиною врожаю та умовами його формування показав, що середня врожайність кукурудзи ($У$) по району має найбільшу залежність від дефіциту насичення повітря за періоди від сівби до цвітіння початку (d_1) і від воскової стиглості до збирання (d_2), суми опадів за період від сівби до цвітіння початку (X_1), кількості днів з суховіями середньої ($n_1^{'}$) та сильної інтенсивності ($n_1^{'''}$) за період від цвітіння початку до воскової стиглості і за період від воскової стиглості до збирання ($n_2^{'''}$), та суми опадів за період від вересня минулого року до початку сівби кукурудзи у поточному році (X_2). Залежність виражена рівнянням:

$$У = 146 + 0{,}364X_1 + 0{,}703X_2 - 1{,}547n_1^{'} - 9{,}809n_1^{'''} -$$
$$- 10{,}282d_1 - 5{,}787n_2^{'''} + 2{,}987d_2 \qquad (7.12)$$

Метод розрахунку оцінки агрометеорологічних умов формування врожаїв кукурудзи такий же, як і цукрових буряків та соняшника. Тільки для кукурудзи розроблена інша шкала оцінок (табл. 7.15).

Таблиця 7.15 – Шкала оцінки міри сприятливості погодних умов для формування врожаїв кукурудзи

Врожай кукурудзи, розрахований за рівнянням (8.3),т/га	Оцінка міри сприятливості погодних умов
менше 0,8	*Дуже несприятливі*
0,8 – 1,4	Несприятливі
1,5 – 2,1	Середні
2,2 – 3,0	Сприятливі
більше 3,0	Дуже сприятливі

Приклад розрахунку оцінки агрометеорологічних умов для кукурудзи буде подібним до прикладів наведених для соняшнику та цукрових буряків, тому тут не наводиться.

Контрольні питання.

1. Які особливості формування запасів продуктивної вологи в теплий період року?
2. Від чого залежать витрати води з ґрунту?
3. Які особливості розрахунків запасів продуктивної вологи під різними сільськогосподарськими культурами?
4. Що називається вологозабезпеченістю сільськогосподарських культур?
5. Як розраховується волого потреба сільськогосподарських культур?
6. Що називається біологічним коефіцієнтом випаровування?
7. Як розраховується вологозабезпеченість сільськогосподарських культур?
8. Як розраховується вологозабезпеченість цукрових буряків у другу половину вегетації?
9. *На якій основі розраховуються оцінки агрометеорологічних умов формування врожаїв сільськогосподарських культур*

РОЗДІЛ 8. ПРОГНОЗИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ РОСЛИН

8.1. Прогноз теплозабезпечення вегетаційного періоду. Наукові основи методу.

Прогноз забезпечення теплом вегетаційного періоду розроблено Ф.Ф.Давітая [12]. Сутність його полягає у прогнозуванні сум температур на вегетаційний період навесні. При цьому вегетаційний період береться як період від переходу температури повітря через 10º С навесні до переходу її через 10º С восени. Ф.Ф Давітая встановив асинхронні зв'язки між строками початку весни і загальною кількістю тепла влітку. За індекс весни взята дата переходу температури повітря через 10 ºС навесні. Чим раніше настає ця дата, тим більша кількість тепла накопичується за вегетаційний період. Кількість тепла виражена через суму температур вищих від 10 ºС (Σt > 10 ºС). Між датою переходу температури повітря через 10º С та кількістю тепла існує тісний зв'язок, який характеризується високими значеннями коефіцієнтів кореляції майже в усіх географічних зонах.

Характер залежності сум температур вищих за 10 ºС 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 10º С за другий відрізок значно тісніша.

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

– очікувану суму температур вищих за 10 ºС за вегетаційний період або окремі його частини;

– тривалість вегетаційного періоду.

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

Ф.Ф. Давітая розробив цілу низку рівнянь для розрахунку очікуваних сум температур за вегетаційний період для різних районів. В цілому рівняння має вигляд

$$\Sigma t > 10^{\circ} C = A - aД \quad , \qquad (8.1)$$

де A – вільний член рівняння,

a – коефіцієнт при змінній.

В табл. 8.1 наведені значення A та a рівняння (8.1) для різних гідрометеорологічних станцій, розташованих на території України.

Таблиця. 8.1 – Значення коефіцієнтів *A* і *a* рівняння (8.1) для прогнозу $\Sigma t > 10$ ºС за весь вегетаційний період (за Ф.Ф. Давітая)

Станція	Ранній місяць переходу температури повітря через 10°С навесні	А	a_1	±σ
1	2	3	4	5
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
Умань	,,	3270	-23,82	220
Полтава	,,	3330	-21,71	240
Харків	,,	3300	-22,06	250
Луганськ	,,	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

Ранній місяць в табл. 8.1 наводиться з метою розрахунку кількості днів від першого числа найранішого раннього місяця переходу температури повітря через 10 ºС навесні в поточному році, тому що в рівнянні (8.1) замість *Д* використовується як раз така кількість днів.

Прогноз забезпеченості теплом складається відразу ж після переходу температури повітря через 10 ºС 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. 8.1), або за формулами

для весни $$S = \frac{(10 - a)}{(в - a)} + 5 \quad , \qquad (8.2)$$

для осені $$S = \frac{(в - 10)}{(в - a)} + 5 \quad , \qquad (8.3)$$

де *a* – температура повітря нижча за 10º С;

в – температура повітря вища за 10º С;
5 – кількість днів першої декади.

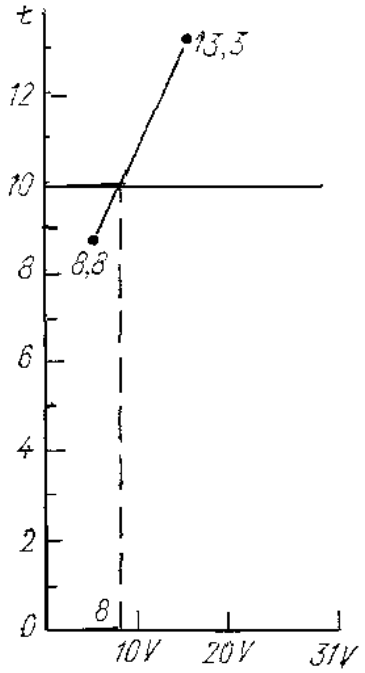


Рис.8.1 – Графічний метод визначення дати переходу температури повітря через 10 ºС за середніми декадними температурами

Визначення дати переходу температури повітря через 10 ºС за допомогою графіка виконується так [3]. Вибираються дві декади з середньою температурою нижчою за 10 ºС та вищою за 10 ºС . Ці значення температури наносяться на міліметровий папір, де на осі абсцис відкладаються дати (масштаб вибирається так, щоб 1 мм становив 1 день), а на осі ординат – значення середньої за декаду температури повітря (теж у масштабі 1 С становить 1 день). Потім на графіку на кінець кожної декади відкладається середнє значення температури повітря. Точки з'єднуються прямою лінією. З ординати точки, яка відповідає значенню температури 10 ºС проводиться пряма паралельна осі абсцис до перетину з лінією, яка сполучує два значення середньої за декаду температури. З точки перетину на вісь абсцис опускається перпендикуляр до перетину з нею. У точці перетину і буде дата переходу температури повітря через 10 ºС.

Ф.Ф. Давітая також розробив прогностичні рівняння для розрахунку сум температур на другу половину вегетаційного періоду (через два місяці після переходу температури повітря через 10 ºС). Цей прогноз також складається за даними про дати переходу температури повітря через 10 ºС навесні, а коефіцієнти в рівнянні (8.1) будуть інші (табл. 8.2).

Таблиця 8.2 – Значення коефіцієнтів *А* і *а* у рівнянні (8.1) для прогнозу Σt >10 °С на другу частину вегетаційного періоду

Станція	Найбільш ранній місяць переходу температури повітря через 10°С навесні	*А*	*а*	Середньо-квадратичне відхилення ±σ
Чернігів	„	2010	-16,20	200
Київ	„	2330	-24,64	190
Одеса	„	2820	-22,73	190

Рівняння типу (8.1) для прогнозу сум температур за весь вегетаційний період або за другу його половину можна розрахувати для будь-якої станції, яка має ряд спостережень за температурою повітря не менше ніж 50 років. Для цього спочатку за кожен рік визначають дати переходу температури повітря через 10 ºС 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 ºС навесні (*Д*). Потім підрахувати кількість днів від першого числа місяця з найранішим переходом температури повітря через 10º 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 вегетаційного періоду у Києві у 2010 р. Середня температура повітря за другу декаду квітня становила 8,8º С, а за третю декаду квітня – 13,3º С. Дата переходу температури повітря через 10 ºС визначена графічним методом (див. рис .8.1). У нашому випадку це буде 18 квітня. Рівняння для розрахунку суми температур буде

$$\Sigma t > 10^{\circ} C = 3270 - 23{,}07 Д$$

Оскільки перехід температури повітря через 10 ºС у 2010 році спостерігався у квітні, тобто в той місяць, коли спостерігається на ст. Київ найбільш рання дата переходу температури повітря через 10 ºС, 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 2010 році становитиме

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

Фактична сума температур вищих за 10 ºС у 2010 році становила 2690 ºС.

8.2. Прогноз тривалості вегетаційного періоду

Прогноз тривалості вегетаційного періоду теж грунтується на залежності тривалості періоду від дати переходу температури через 10 ºС навесні (*D)* до такої ж дати восени (*n*). Рівняння зв'язку у загальному вигляді

$$n = A_1 - a_2 D \qquad (8.4)$$

Для деяких пунктів України значення коефіцієнтів A_1 та a_2 визначені Ф.Ф. Давітая і Ю.С. Мельником (табл. 8.3) [12].

Таблиця 8.3 – Значення коефіцієнтів A_1 та a_2 рівняння (8.4) для прогнозу тривалості вегетаційного періоду з температурою повітря вищою за 10 ºС

Станція	Найбільш ранній місяць переходу температури через 10º С навесні	A_1	a_2	±σ
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 2010 році стійкий перехід температури повітря через 10 ºС спостерігався 8 травня. Найраніший перехід повітря через цю межу спостерігається в Херсоні у квітні. Тому замість D в рівняння (8.4.) підставляється значення 38 (тобто 30 днів квітня додати до 8 днів травня). З табл. 8.3. знаходиться рівняння для ст. Херсон і тоді $n = 185 - 0{,}87 \cdot 38 = 152$ дні. Таким чином, тривалість періоду з температурою повітря вищою за 10 ºС у Херсоні у 2010 році становила 152 дні.

8.3. Методи прогнозу оптимальних доз азотних добрив під зернові культури

Ефективність добрив значно змінюється з року в рік в залежності від особливостей агрометеорологічних умов вегетаційного періоду. Дослідженнями впливу агрометеорологічних умов на величину доз живлення займались О.І. Коровін, О.П. Федосєєв, З.А. Шостак, М.С Кулик та ін. [38, 39, 117]. Вони запропонували за критерій доцільності дози добрив використовувати найменшу прибавку зерна, вартість якої перевищувала б витрати на добрива та роботу по їх внесенню. Встановлено, що на 10 кг діючої речовини азотних добрив ефективна прибавка врожаю для чорноземної зони становить більше 0,3 ц/га, для нечорноземної зони – 0,2 ц/га.

Азот може попасти в грунт в зону поширення коріння тільки з водою. Тому ефективність підживлення буде залежати від вологості верхніх шарів грунту та тривалості періоду без дощів після внесення весняного добрива.

Головним показником, який визначає необхідність внесення поправок до оптимальних доз живлення, є сума опадів за осінньо-зимовий період. Встановлено, що із збільшенням суми осінніх та зимових опадів зростає необхідність збільшення оптимальних доз азотних добрив.

Крім того, було встановлено, що величини оптимальних доз добрив залежать від того, на яких полях посіяні культури. На полях, де сівба проведена по зайнятих парах або непарових попередниках, дози живлення вищі, ніж на посівах по чистих парах.

Оптимальні дози азотних добрив для культур, посіяних по чистих парах, на полях після трав і на полях, де вносились органічні добрива, значно менші, ніж по зайнятих парах або по непарових попередниках.

Для нечорноземної зони опади враховуються за період до першої весняної декади з температурою повітря 5 °С. Для лісостепових та степових районів з вилуженими звичайними та південними чорноземами опади враховуються по січень включно.

При складанні прогнозів доз живлення розраховуються поправки на норми азотних добрив, які встановлюються агрохімічними лабораторіями для полів з різними ґрунтами.

О.П. Федосєєв та З.А. [117]. Шостак побудували графіки залежності величин поправок на норми азотних добрив для нечорноземної зони для ранніх ярих зернових культур (рис. 8.2).

На рис. 8.2 x – кількість опадів за період з серпня до переходу середньої температури повітря через 5 °С восени; y – кількість опадів за період від переходу середньої температури повітря через 5 °С восени до переходу її через 5 °С весною; зона II – норми добрив нижче норми на 40 –

50 %; зона III – розрахункова доза; зона IV –кількість добрив вище норми на 40 – 60 %.

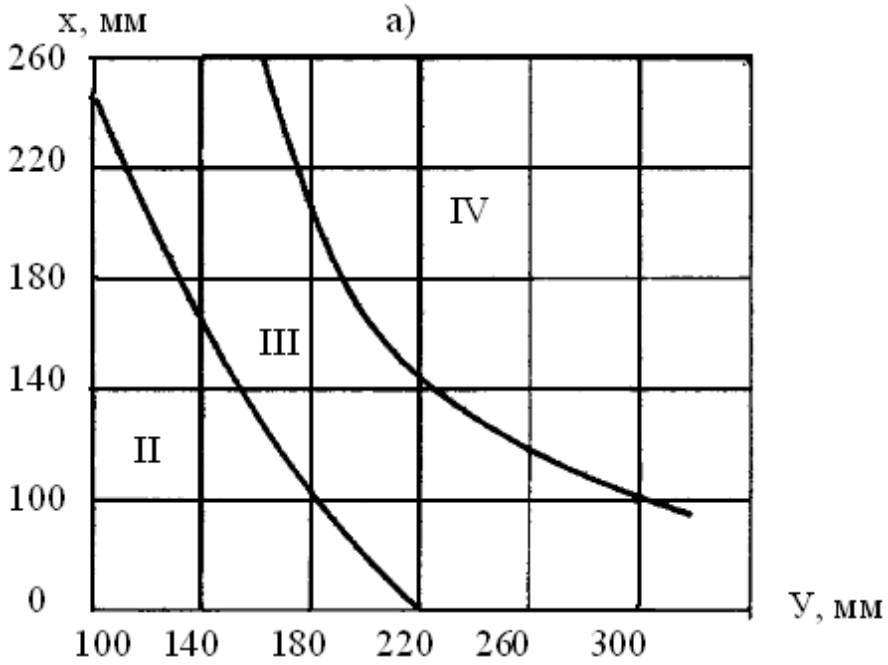


Рис. 8.2 – Поправка для встановлених доз азотних добрив під ранні ярі культури в залежності від кількості опадів за осінньо-зимово-весняний період для зайнятих парів і непарових попередників (фон P_{40-80}, K_{40-80})

Подібні графіки були побудовані для Чорноземної та Нечорноземної зон Європейської частини СНД для озимих культур (рис. 8.3, а, б, в, г).

На рис. 8.3 а, б, в, г виділено чотири зони різних сполучень осінніх та зимових опадів. Якщо дані по сумах опадів попадають у першу зону графіків, то кількість опадів була недостатня і добрива не вносяться. Якщо за кількістю опадів точка попадає в другу зону, то встановлену норму добрив зменшують на 40 – 50 %. При попаданні точки суми опадів в третю зону встановлена норма добрив не змінюється. Якщо кількість опадів на графіках попадає в четверту зону , то добрива вносяться в кількості вище норми на 40 – 60 %. Якщо розрахунок азотних добрив необхідний раніше вказаних строків, то до суми опадів на декаду розрахунку додається сума опадів за дві-три попередні декади.

Метод розрахунку доз азотного живлення може використовуватись для окремих полів і для територій районів та областей.

8.3.1. Встановлення оптимальних доз азотного живлення під ярі зернові культури.

При складанні прогнозу в Нечорноземній зоні кількість опадів розраховується за даними спостережень на станціях, розташованих від місця розрахунку на відстані не більше 40км.

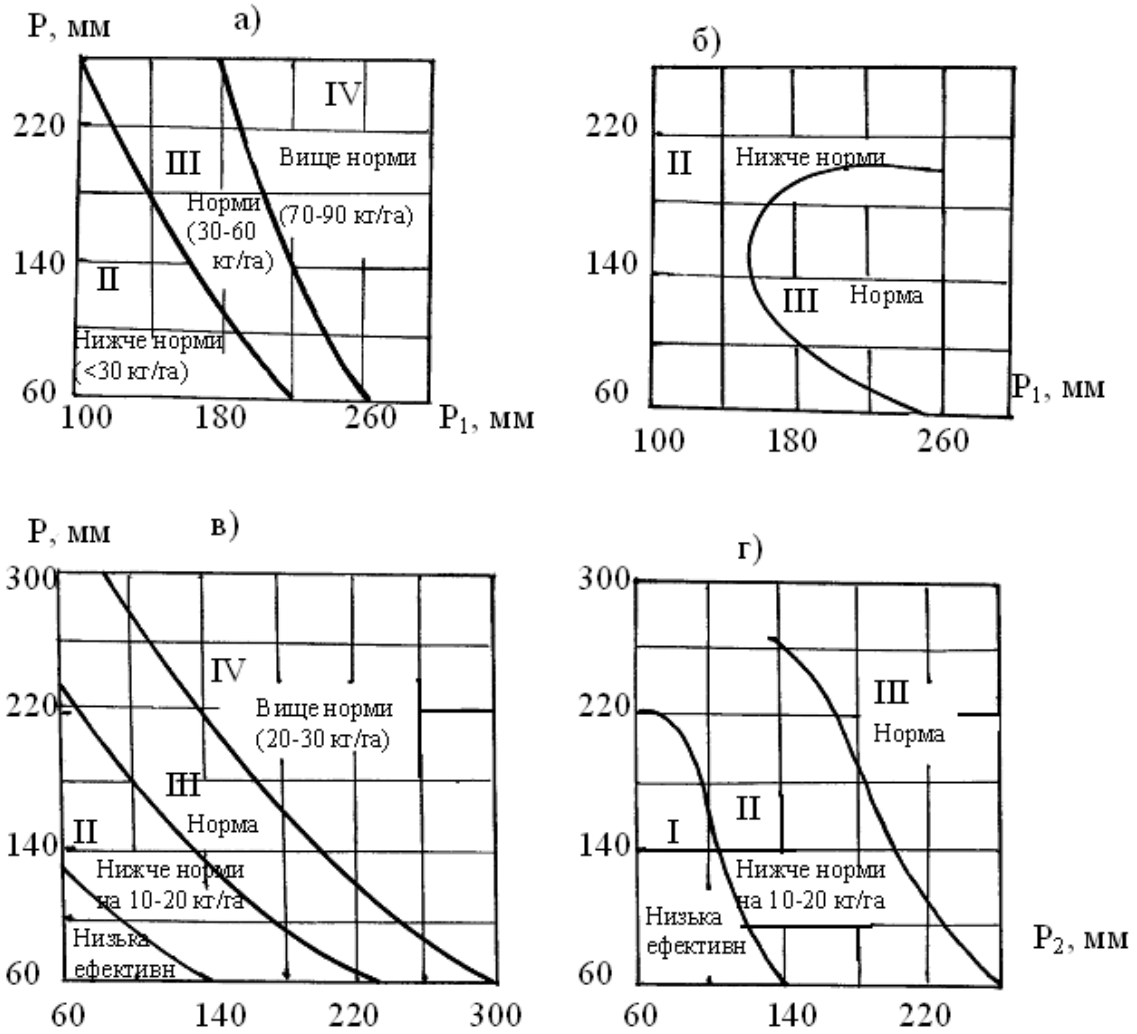


Рис. 8.3 – Поправки до встановлених доз весняного підживлення азотом озимих зернових культур: а, б – нечорноземна зона:

а) по зайнятих парах і непарових попередниках;

б) по чистих парах.

в, г – чорноземна зона:

в) по зайнятих парах і непарових попередниках;

г) по чистих парах.

Кількість опадів для прогнозу величини поправок до доз азотного живлення розраховується за два періоди: 1 – з серпня до дати переходу температури повітря через 5 ºС восени; 2 – з наступної декади після переходу температури через 5 ºС восени до першої весняної декади, після якої спостерігається перехід температури повітря через 5 ºС.

Сума опадів за перший період відкладається по вертикальній осі графіків (рис. 8.3), за другий – по горизонтальній осі. Точка перетину значень опадів попадає в ту чи іншу зону графіків, в залежності від цього і визначається поправка до доз азотних добрив у % від норми (фон $P_{40-60}K_{40-60}$). Приклад розрахунку в табл. 8.4.

Приклад : У 2010 році за даними ст. Щорс друга декада жовтня була останньою декадою осені з температурою вищою за 5 ºС. З серпня до цієї декади випало 180 мм опадів. Навесні перехід температури повітря через 5 ºС відбувся у третій декаді травня.

Таблиця 8.4– Розрахунки поправок до доз живлення під ранні ярі культури

Показник	Місяці								
	серпень	вересень	жовтень			листопад			грудень
			1	2	3	1	2	3	
Температура повітря, °С	16,0	13,1	7,6	5,2	3,5	-4,1	0,9	-1,9	-5,4
Опади, мм	40	76	46	18	54	37	17	15	36
Опади, наростаючим підсумком,мм	-	116	162	180	-	91	108	133	169
	січень	лютий	березень			квітень			травень
Температура повітря, °С	-4,2	-10,1	-9,8	-4,8	0,9	4,3	5,0	7,4	11,6
Опади, мм	28	12	12	6	16	5	6	19	8
Опади, наростаючим підсумком,мм	197	209	221	227	243	248	254	273	-

Кількість опадів від осінньої декади з температурою повітря нижчою за 5 ºС (від третьої декади жовтня) до останньої декади перед переходом температури повітря через 5º С (третя декада квітня) становила 254 мм. По вертикальній осі відкладається перша сума опадів – 158 мм (рис. 8.2), а по горизонтальній – друга сума опадів (278 мм) Точка перетину цих значень опадів попадає в четверту зону. Це свідчить про те, що за умовами зволоження норму добрив для цього поля необхідно збільшити на 40 – 60 %.

Чорноземна зона. Кількість опадів для цієї зони підраховується за два періоди: 1 – з серпня попереднього року до переходу температури повітря через 5 ºС восени; 2 – з наступної декади після переходу температури повітря через 5 ºС восени до січня місяця.

Цей метод розрахунку поправок до доз азоту в залежності від умов зволоження застосовується при внесенні азотних добрив під ярі культури навесні. Якщо добрива вносились восени, то поправку на кількість опадів доцільно вносити лише в окремі вологі роки. У випадку, коли за розрахунками дозу добрив навесні необхідно збільшити, то дозу вносять, зменшивши її на кількість добрив, внесених восени.

Приклад. На ст. Суми перехід температури повітря через 5 ºС восени спостерігався у третій декаді жовтня. З серпня по третю декаду жовтня випало 153 мм опадів (перший період). За другий період від осінньої декади з температурою повітря нижчою за 5 ºС (перша декада листопада) по січень випало 166 мм опадів. З рис. 8.2 визначається, що точка перетину значень опадів попадає в III зону, тобто, в цих умовах поправки до встановленої дози азотних добрив за рахунок зволоження не потрібні.

8.3.2 Метод прогнозу оптимальних доз весняного живлення озимих культур

Для повного забезпечення рослин елементами живлення впродовж їх розвитку необхідно правильно розраховувати строки внесення добрив: до сівби, при сівбі та після сівби (підживлення). Підживлення озимих культур навесні азотними добривами дуже ефективне.

Встановлено, що в районах Нечорноземної зони, вцентральній частині лісостепової зони та у Прикарпатті успішність підживлення озимих культур азотними добривами рано навесні за кліматичними даними забезпечується на 90 – 100 %. Далі на південь та на південний схід, де зростає посушливість, ефективність весняного підживлення зменшується до 50 – 70 %.

Техніка складання прогнозу оптимальної дози внесення добрив озимих культур ранньою весною нічим не відрізняється від такого ж прогнозу для ярих культур. Площі із загиблими посівами та ті, що будуть пересіватись, з прогнозу вилучаються.

Приклад. За даними станції Красноград (чорноземна зона) на рис. 8.2 на вертикальній осі відкладається сума опадів за перший період (186 мм), на горизонтальній – опади за другий період (75 мм). Точка перетину попадає в зону II. У цьому випадку встановлену дозу азотних добрив під озимі зернові культури зменшують на 10 – 20 кг/га.

8.3.3 Метод прогнозу літнього азотного живлення зернових культур

Літнє азотне підживлення підвищує вміст білка в зерні. Ефективність літнього підживлення залежить від метеорологічних умов.

Азот може потрапити в зону коріння тільки з водою, тому ефективність літнього азотного живлення залежить від величини запасів продуктивної вологи у верхніх шарах ґрунту та тривалості періоду без дощів після внесення азотних добрив.

З.А.. Шостак [117] запропонувала рівняння залежності підвищення вмісту протеїну (ΔП) від вологості ґрунту при літньому живленні зернових культур

$$\Delta П = 0{,}058x - 5 \cdot 10^{-6} x^3 - 0{,}55 \quad , \qquad (8.5)$$
$$R = 0{,}760, \quad S_{П} = 0{,}6\%$$

де x – вологість ґрунту в шарі 0 – 20 см під час живлення, % від НВ.

Ефективність літнього азотного підживлення забезпечена за оптимальних умов зволоження при кількості колосоносних стебел більшій ніж 360 на 1м^2. При використанні запропонованого рівняння необхідно дотримуватись таких умов:

1 – літнє підживлення рекомендується при вологості ґрунту не меншій за 50 – 80 % НВ (тобто при м'якопластичному стані ґрунту). Слід мати на увазі, що опади після підживлення більші ніж 20 мм за добу можуть зменшити ефективність підживлення;

2 – якщо вологість ґрунту становить 20 – 50 % НВ, то підживлення проводиться тільки при опадах більших за 5 мм;

3 – якщо вологість ґрунту більша за 80 % або менша за 25 % НВ (стан ґрунту твердий, сипучий), то підживлення не проводиться. В таких випадках воно проводиться пізніше, але до цвітіння, якщо погодні умови сприятимуть зменшенню вологості ґрунту менше 80 % НВ або збільшенню її до 50 % НВ.

Рекомендації щодо доцільності літнього підживлення в залежності від погодних умов складаються за даними вологості ґрунту в шарі 0 – 20 см на дату колосіння або в декаду перед колосінням. Рекомендації складаються для тих полів, де кількість колосоносних стебел на 1 м^2 становить більше 360.

За даними академіка Д.М. Прянишникова врахування впливу дози добрив меншої за 10 кг/га не забезпечується точністю польового досліду. Величини доз азотних добрив коливаються для ярих культур від 30 до 120кг/га, при весняному живленні озимих – від 20 до 90 кг/га. За допустиму похибку прогнозу при внесенні невеликих та помірних доз добрив вважається ± 10 кг/га; при підвищених дозах (більше 60 кг/га) допустима похибка становить ± 15 кг/га. Можливі відхилення в оптимізованих за рекомендаціями дозах від фактичних в межах ± 10 – 15 кг/га вважаються допустимими.

Приклад наводиться в табл. 8.5.

Таблиця 8.5 – Приклад складання рекомендацій врахування умов погоди щодо доцільності літнього азотного підживлення.

Стан-ція	Тип і механічний склад грунту	Дата коло-сіння	Кіль-кість стебел на 1 м ^{2}	Найменша воло-гоміст-кість (НВ), мм	Запаси вологи в шарі 0-20 см, мм	Воло-гість у % від НВ	Рекомен-дації
Луцьк	Сірий, лісний, середньосуглинковий	6.06	365	40	22		Рекомен-дується

8.4. Метод прогнозів оптимальних режимів зрошення сільськогосподарських культур

Зрошуване землеробство у районах нестійкого та недостатнього зволоження дедалі більше розвивається. Основною особливістю клімату в цих районах є загальний дефіцит опадів та їх вкрай нерівномірний розподіл, що зумовлює дуже сильні коливання величин запасів продуктивної вологи в період сівби та розвитку сільськогосподарських культур.

На зрошуваних землях збільшується виробництво зернових культур, рису, овочевих. Розширення зрошуваних земель потребує надійних методів розрахунку зрошувальних норм, кількості поливів за вегетаційний період та норм одного поливу.

Агрометеорологічні прогнози оптимальних режимів зрошення дозволяють враховувати закономірності витрат води із зрошуваних полів у різні моменти розвитку сільськогосподарських культур за різних умов погоди та різного стану зволоження ґрунту.

На сьогодні на мережі гідрометеорологічного обслуговування складаються три види прогнозів зрошення:

1) прогноз вологозарядкових поливів озимих зернових культур;
2) прогноз оптимальних зрошувальних норм на вегетаційний період основних зернових культур (озима та яра пшениця, кукурудза);
3) прогнози оптимальних строків та норм поливу зернових культур, картоплі та цукрових буряків, овочевих культур.

8.4.1. Метод прогнозу вологозарядкових поливів озимих культур

У районах недостатнього зволоження на момент сівби озимих культур у деякі роки запаси вологи у орному шарі ґрунту або занадто малі, щоб

забезпечити проростання насіння, або зовсім відсутні. Тому тут необхідне зрошення.

Прогноз вологозарядкових поливів під озимі культури складається за один-півтора місяці до сівби і в ньому розраховуються очікувані норми та строки поливів (Л.О.Разумова, Н.Б. Мєщанінова, 1984).

Норма вологозарядкових поливів (N) розраховується як різниця між найменшою вологомісткістю промочуваного шару ґрунту (W_o)і запасами продуктивної вологи, які спостерігалися у шарі ґрунту перед початком поливу (W_1)

$$N = W_0 - W_1 \qquad (8.6)$$

Найменша вологомісткість визначається за даними фактичних спостережень, які виконуються на агрометеорологічних станціях кожні п'ять років. Якщо такі спостереження не проводились, то вологомісткість метрового шару важких ґрунтів (глинистих та суглинків) береться рівною 170 – 180 мм продуктивної вологи, легких ґрунтів (супіщаних та легких суглинків) – 150 – 160 мм.

Дати оптимальних та надто пізніх термінів сівби озимих культур, а рівно і оптимальних та надто пізніх вологозарядкових поливів, визначаються за рівнянням

$$N = \frac{A}{t-5}\ , \qquad (8.7)$$

де N – тривалість періоду від дати сівби до настання оптимального (три-чотири пагони) або задовільного (один пагін) кущіння озимих, дні;

A – сума ефективних температур, необхідна від сівби до оптимального або задовільного кущіння, ^{o}C;

t – середня за добу температура повітря за ті ж періоди, ^{o}C.

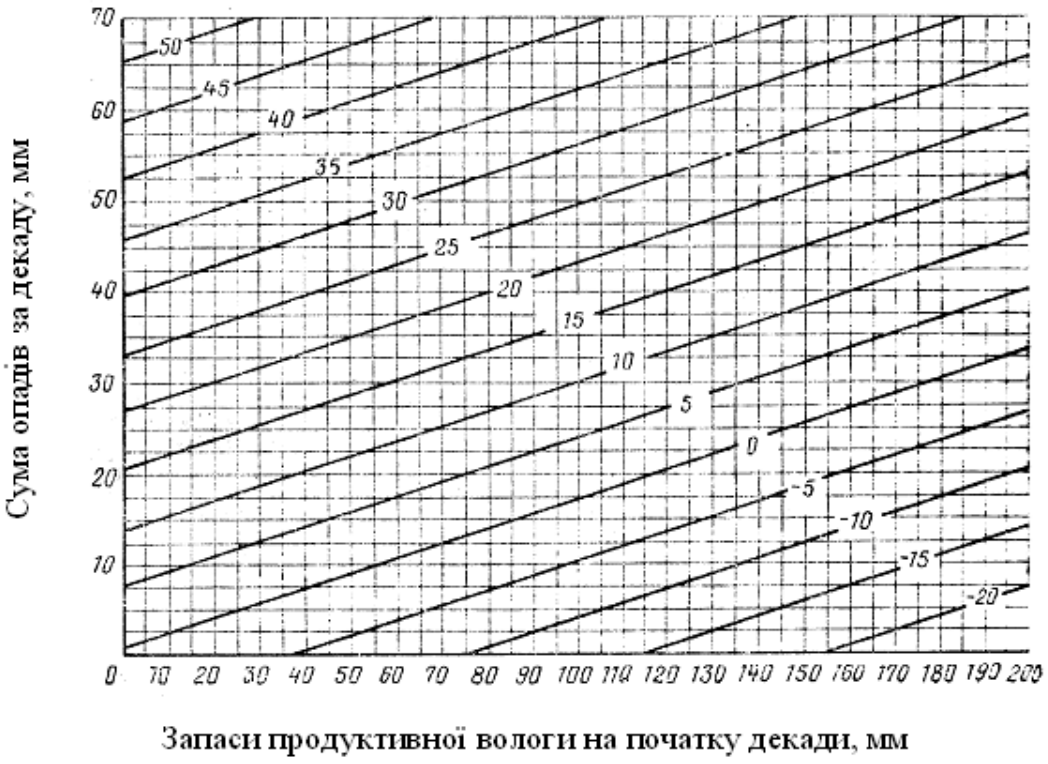
Так як вологозарядкові поливи забезпечують добре зволоження ґрунту, то при розрахунках N використовуються константи О.О. Шиголева [9, 10]. Сума ефективних температур (A), необхідна від сівби до появи першого пагону кущіння для жита становить 119° C, для пшениці – 134° C; для періоду від сівби до появи третього пагону сума становить 200 ^{o}C.

Для забезпечення доброї сівби необхідно, щоб між вологозарядковим поливом та початком сівби пройшло 5 – 10 днів, щоб ґрунт встиг звільнитися від зайвої води, підсохнути зверху і бути готовим для проведення посівних робіт.

Вологість ґрунту перед початком вологозарядкового поливу визначається інструментально або розраховується за рівняннями, наведеними у табл. 8.6 та 8.7.

Якщо поля, де повинні проводитись вологозарядкові поливи, були зайняті зерновими культурами (наприклад, під ярою пшеницею) або під

травами, то для розрахунків очікуваних запасів вологи у ґрунті до дозрівання та збирання цих культур використовується рівняння (8.8), після збирання – рівняння (8.9). Якщо ж поля знаходились під пізніми ярими пропашними культурами (наприклад під кукурудзою), то до моменту їх збирання використовуються рівняння (8.8) та (8.9) в залежності від фази розвитку, а після збирання – рівняння (8.9). Для прискорення розрахунків були побудовані графіки (рис. 8.4 – 8.6).



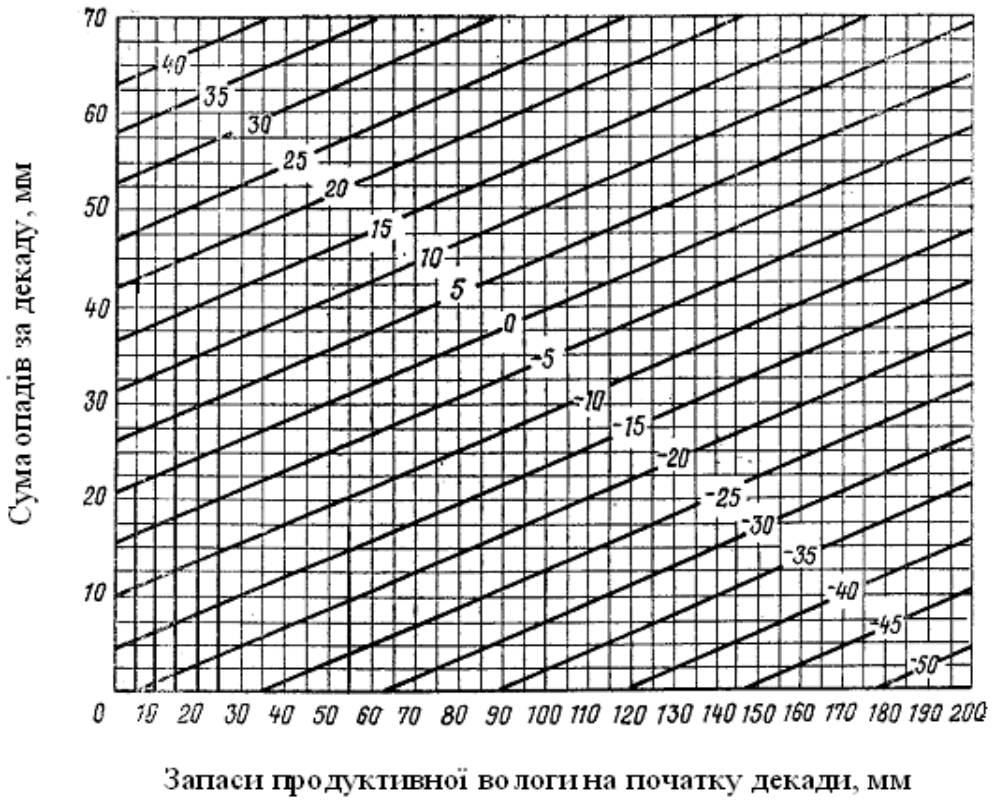
При розрахунках вводяться поправки на температуру повітря.

Температура повітря, ˚С	5 – 7	8 – 12	13 – 15	16 – 19
Поправка (мм) для шару ґрунту 0 – 100 см	1	0	-1	-2

Рис. 8.4 – Зміна запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 100 см у період формування сходів та листя у ярих культур

Таблиця 8.6 – Зміна запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на кінець декади (у) в залежності від запасів вологи на початок декади (W_1), середньої температури за декаду (t), та суми опадів за декаду (x) при вирощуванні зернових культур у богарних умовах (Разумова Л.О., Мещанінова Н.Б., 1984)

Період вегетації	Рівняння зв'язку	Номер рівняння
Формування зерна ярих (цвітіння – воскова стиглість)	$У = -0{,}229\ W_1 - 1{,}72\ t + 1{,}08\ x + 23{,}3$	8.8
Після збирання ярих культур	$У = -\ 0{,}076W_1 – 0{,}36t + 0{,}74x + 1{,}3$	8.9
Чистий пар	$У = -\ 0{,}063W_1 – 0{,}79t + 0{,}67x + 13{,}0$	8.10



Поправки на температуру повітря

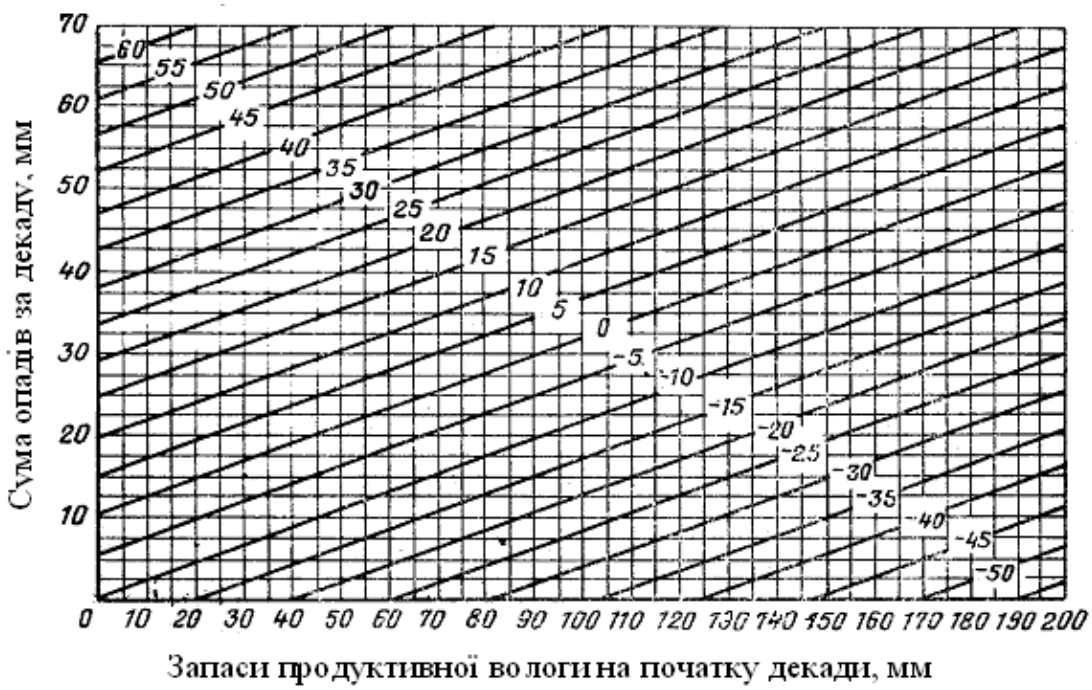
Температура повітря, ˚С	13 – 17	Вище 27
Поправка, мм	0	1

Рис. 8.5 – Зміна запасів продуктивної вологи під ярими культурами у шарі ґрунту 0 – 100 см у період формування колосу та квіток

Після розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, визначається норма вологозарядкового поливу, яку необхідно дати на поле, щоб промочити ґрунт не менше ніж на один метр. При необхідності можна розрахувати норму вологозарядкового поливу для промочування шару ґрунту до 2 м.

Таблиця 8.7 – Залежність запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на кінець декади (у) від запасів вологи на кінець попередньої декади (W_1), температури повітря за декаду (t), суми опадів за декаду (х). При вирощуванні кукурудзи у богарних умовах

Період вегетації	Рівняння зв'язку	Номер рівняння
Від викидання волоті до молочної стиглості	$У = 0,74W_1 – 3,06t + 0,57x + 60,0$	8.11
Від молочної до повної стиглості	$У = 0,76W_1 – 0,66t + 0,62x + 9,0$	8.12



Поправки на температуру

Температура повітря, °С	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Поправка, мм	9	7	5	3	2	0	-2	-3	-5	-7	-9

Рис. 8.6 – Зміна запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 100 см у період формування зерна ярих культур

Приклад. Розрахувати запаси продуктивної вологи на момент оптимального і пізнього вологозарядкового поливу озимої пшениці. Розрахунки виконуються у робочій табл. 8.8.

Таблиця 8.8 – Розрахунок запасів продуктивної вологи

Метеостанція Любашівка Одеської області. Ґрунт важко суглинистий чорнозем. Найменша вологомісткість 180 мм. Попередник – яра пшениця.
Дата та норма останнього поливу поля – не поливалось.

Показник	Серпень		Вересень	
	2	3	1	2
Середня за декаду температура повітря, ^{o}C	22,0	20,4	19,6	15,3
Сума опадів за декаду, мм	11	15	11	10
Термін сівби озимих: оптимальний дуже пізній		25,08		 15,09
Термін вологозарядкового поливу: оптимальний пізній	15,08		 5,09	 –
Зміна запасів вологи у метровому шарі ґрунту,мм	5	-6	3	–
Очікувані запаси вологи ,мм	20	14	20	–

Після визначення запасів вологи розраховується зрошувальна норма волого зарядового поливу. Найменша вологомісткість становить 180 мм. Тоді зрошувальна норма буде 180 мм – 20 мм = 160 мм – 1600 м^3/га при оптимальному терміні сівби та 180 мм –14 мм = 166 мм або 1660 м^3/га – при пізньому термії сівби.

Приклад наведено для розрахунків на конкретному полі. Якщо розрахунки виконуються для території області, то вони виконуються для декількох пунктів.

8.4.2. Прогноз норм зрошення зернових культур на вегетаційний період

Цей прогноз також розробили Л.О.Разумова та Н.Б. Мещанінова. Прогноз складається ранньою весною, як тільки будуть в перше визначені запаси продуктивної вологи.

Зрошувані норми (N) на вегетаційний період розраховуються як різниця між сумарними витратами води (Q), які забезпечують отримання урожаю певної величини,та сумарними витратами води (Q_1) у природних умовах

$$N = Q - Q_1 \qquad (8.13)$$

Сумарні витрати води (Q) у природних умовах визначаються як кількість води, що використовувалась рослинами з метрового шару ґрунту за період сівба – воскова стиглість ($W_1 - W_2$) плюс опади, які випали за цей час (X):

$$Q = (W_1 - W_2) + X \qquad (8.14)$$

Метод грунтується на залежності врожаїв зернових культур від сумарних витрат води за вегетаційний період (рис. 8.7).

При розрахунках оптимальних норм зрошення за максимально високий врожай зернових культур береться середній із максимальних урожаїв, які отримані за високої агротехніки, відсутності засолення ґрунтів та глибокого залягання ґрунтових вод.

Як видно з рис. 8.7 (а, б) для отримання високих врожаїв необхідно для ярої пшениці на важких ґрунтах 420 мм води, на легких – 460 мм; для кукурудзи на важких ґрунтах – 475 мм води, для озимої пшениці на півдні України – 500 мм води.

На момент складання прогнозу норм зрошення фактично відомі тільки запаси продуктивної вологи та середні багаторічні суми опадів за вегетаційний період. Сума опадів поточного року визначається внесенням поправки до середньої багаторічної суми за синоптичним прогнозом погоди.

Таким чином, норми зрошення (N_1) на вегетаційний період розраховуються

$$N_1 = N_o - (W_1 - W_o) - (X_1 - X_o) \quad , \qquad (8.15)$$

де N_o – середня багаторічна норма зрошення, необхідна для отримання певного врожаю;

W_1 – запаси продуктивної вологи навесні,мм;

W_o – середні багаторічні запаси продуктивної вологи навесні, мм;

X_1 – сума опадів, що очікується від сівби до воскової стиглості, мм;

X_o – середня багаторічна сума опадів, мм.

Норми зрошення, розраховані за середніми багаторічними даними, є найбільш імовірними. Разом з тим можна також розрахувати норми зрошення будь якої забезпеченості, тобто прогнозувати потребу сільськогосподарських культур у воді в різні роки (як у сухі, так і у вологі).

Для складання прогнозів норм зрошення певної забезпеченості необхідно знати повторність тих чи інших сум опадів за період вегетації та запаси вологи у ґрунті на дату воскової стиглості. Такі величини визначають із номограм (рис. 8.8).

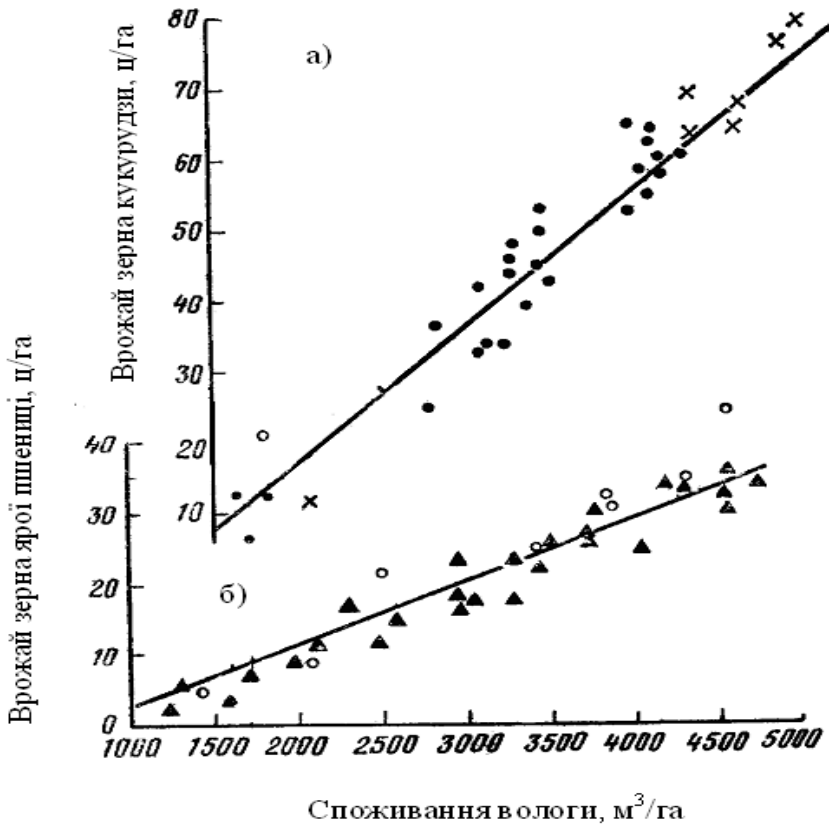


Рис. 8.7 – Залежність врожаю ярої пшениці (а) і кукурудзи (б) (у) від споживання вологи за вегетаційний період (х).

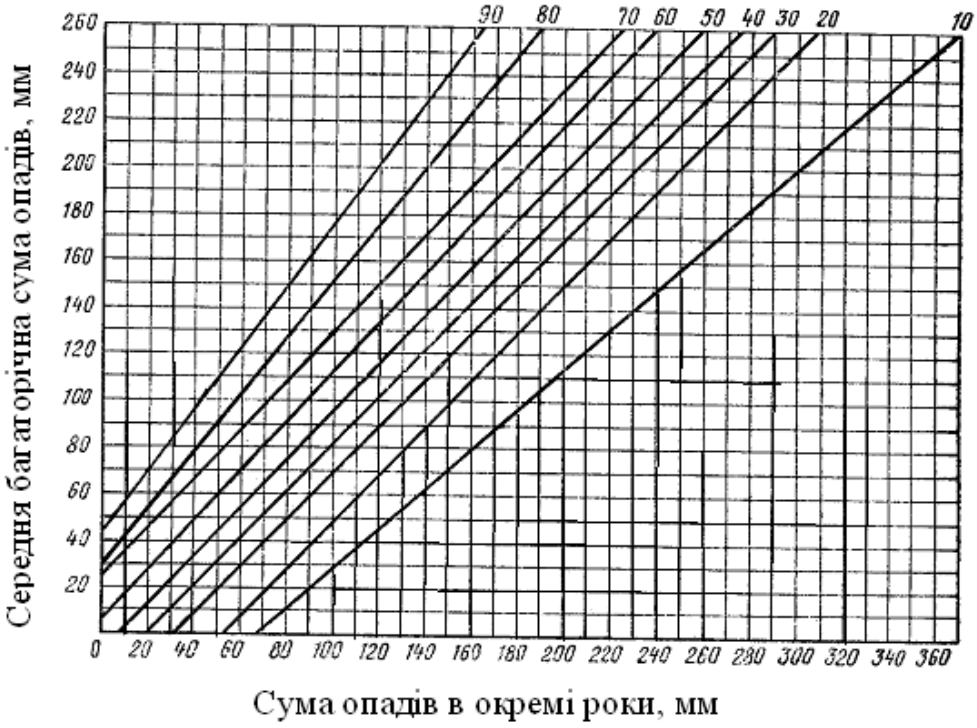


Рис. 8.8– Забезпеченість (%) різної кількості опадів за період вегетації ярої пшениці.

Приклад. Розрахувати норми зрошення ярої пшениці у 2010 році у районі станції Олександрівка Херсонської області. Ґрунт важко глинистий чорнозем. Дата складання прогнозу 20 березня. Найменша вологомісткість – 180 мм. Розрахунки краще виконувати в табл. 8.9.

Таблиця 8.9– Приклад розрахунку норм зрошення ярої пшениці

Норми зрошення	Запаси вологи у шарі 0 – 100 см, мм		Сумарні витрати води в умовах природного зволоження,мм				Норми зрошення які забезпечують врожай,м^3/га,	
	на сівбу	воскову стиглість	з ґрунту	за рахунок випаро-вування	мм	м^3/га	висо-кий	помір-ний .
Середні багаторічні	110	13	105	92	197	1970	2270	1270
Очікувані за прогнозом	135	13	140	92	232	2320	2050	1050
Уточнення прогнозу	130	3	122	92	214	2140	2135	1125

Оскільки в очікуваному році умови зволоження очікувались на 240 м^3/га більше від середніх багаторічних, то очікувана для отримання врожаю найбільш імовірна зрошувальна норма в поточному році теж буде менша від середньої багаторічної на ту ж величину.

8.4.3 Прогноз оптимальних термінів та норм поливів основних зернових культур

Метод прогнозу оптимальних термінів та норм поливів грунтується на сучасній теорії пересування вологи у ґрунті та її доступності рослинам, а також на виявлених закономірностях витрат води із зрошуваних полів за різних умов погоди.

Встановлено, що найбільш рухливою та доступною рослинам є волога, що знаходиться у ґрунті поверх розриву капілярів. Якщо вологість у ґрунті досягає цієї межі, то рух води під дією капілярних сил закінчується і рослини починають зазнавати нестачу вологи.

За даними більшості дослідників межа, за якої рослини зазнають нестачу води, становить приблизно 70 % найменшої вологомісткості. Винятком є тільки період дозрівання зерна, коли для запобігання пошкодженню насіння грибковими хворобами та забезпечення своєчасного висихання зерна на кінець воскової стиглості, запаси вологи у ґрунті у метровому шарі не повинні перевищувати 40 мм.

Зміна запасів продуктивної вологи на зрошуваних землях (y) розраховується в залежності від запасів вологи на початок періоду

розрахунку (W_1), середньої температури повітря (t)за розрахунковий період та суми опадів (x) за той же період за рівнянням вигляду

$$У = aW_1 + bt + cx + k \qquad (8.16)$$

Для багатьох сільськогосподарських культур розрахунок запасів продуктивної вологи на зрошуваних полях виконується за рівняннями з визначеними літерними коефіцієнтами (табл. 8.10), визначені для різних типів ґрунтів та різних міжфазних періодів розвитку. Ці рівняння отримані внаслідок експериментальних досліджень багатьох авторів. Для спрощення розрахунків за рівняннями табл. 8.10 побудовані графіки (рис. 8.9 – 8.11). На рисунках на осі абсцис нанесені значення запасів продуктивної вологи на початок розрахунку, по осі ординат – суми опадів за добу або за декаду. У полі графіків похилі лінії відповідають змінам запасів вологи за добу чи декаду. Поправки на температуру повітря розраховуються для кожного графіка окремо.

Таблиця 8.10 – Зміна запасів продуктивної вологи на зрошуваних полях в залежності від початкових запасів вологи (W_1), середньої температури повітря (t) та суми опадів за декаду (x)

Період вегетації	Шар ґрунту, см	Рівняння зв'язку	Номер рівня-ння
1	2	3	4
Яра пшениця, легкі ґрунти			
Сівба – вихід у трубку	0–20	$У=-0,052W_1-0,11t + 0,133x + 1,893$	(8.17)
	0–50	$У = -0,063W_1-0,16t + 0,37x + 3,80$	(8.18)
	0–100	$У =-0,04W_1-0,07t + 0,56x + 2.77$	(8.19)
Вихід у трубку – молочна стиглість	0–50 0–100	$У = -0,07W_1-0,27t + 0,44x +5,27$ $У =-0,07W_1-0,42t + 0,58x + 9,09$	(8.20) (8.21)
Молочна стиглість – воскова стиглість	0–50 0–100	$У =-0,04W_1-0,10t + 0,44x + 1,76$ $У=-0,04W_1-0,08t + 0,53x + 1,47$	(8.22) (8.23)
Важкі ґрунти			
Сівба – вихід у трубку	0–20 0–50 0–100	$У = -0,03W_1-0,06t + 0,20x + 0,84$ $У = -0,03W_1-0,11t + 0,41x – 1,99$ $У = -0,02W_1-0,04t + 0,56x + 9,09$	(8.24) (8.25) (8.26)
Вихід у трубку – молочна стиглість	0–50 0–100	$У =-0,05W_1-0,02t +0,71x +0,04$ $У =-0,03W_1-0,13t + 0,01x + 1,27$	(8.27) (8.28)
Молочна стиглість-воскова стиглість	0–50 0–100	$У =-0,04W_1-0,14t + 0,56x + 2,71$ $У= -0,04W_1-0,18t + 0,85x + 3,69$	(8.29) (8.30)

Продовження табл. 8.10

1	2	3	4
Озима пшениця			
Сівба – 3-тій листок	0–20 0–50	У=-0,44W_1-0,006t + 0,25x + 0,97 У =-0,02W_1-0,02t + 0,42x + 0,57	(8.31) (8.32)
3-тій лист – кущіння	0–20 0–50	У =-0,03W_1-0,04t + 0,41x + 0,76 У=-0,02W_1-0,07t + 0,77x + 0,91	(8.33) (8.34)
Відновлення вегетації – вихід у трубку	0–50 0–100	У= -0,03W_1-0,08t + 0,36x + 1,38 У= -0,02W_1-0,12t + 0,61x + 1,90	(8.35) (8.36)
Вихід у трубку – колосіння	0–50 0–100	У= -0,03W_1-0,16t + 0,39x + 1,92 У= -0,03W_1-0,24t + 0,50x = 3,86	(8.37) (8.38)
Колосіння – молочна стиглість	0–50	У= -0,05W_1-0,14t + 0.75x + 2,35	(8.39)
Кукурудза, легкі ґрунти			
Сівба – початок росту стебла	0–20 0–50	У=-0,53W_1-0,06t + 0,18x + 1,47 У=-0,06W_1-0,07t + 0,92x + 1,36	(8.40) (8.41)
Початок росту стебла – цвітіння	0–50 0–100	У= -0,06W_1-0,17t + 0,33x + 4,2 У=-0,06W_1-0,21t + 0,41x + 5,7	(8.42). (8.43)
Цвітіння – воскова стиглість	0–50 0–100	У=-0,05W_1-0,12t + 0,35x + 2,5 У=-0,04W_1-0,02t + 0,26x + 0,4	(8.44) (8.45)
Важкі грунти			
Сівба – початок росту стебла	0-20 0-50 0-100	У = -0,033W_1-0,045t+0,706 x+ 0,24 У = -0,015W_1-0,073t+0,924 x+ 0,19 У = -0,013W_1-0,192t+1,135 x+ 2,76	(8.46) (8.47) (8.48)
Початок росту стебла – цвітіння	0-20 0-50 0-100	У = -0,060W_1-0,132t+0,296 x-0,15x1 + 3,49 У = -0,046W_1-0,178t+0,552 x-0,046x1 +5,40 У = -0,036W_1-0,158t+0,812 + 0,84x1+ 6,50	(8.49) (8.50) (8.51)
Цвітіння – молочна стиглість	0-20 0-50 0-100	У = -0,044W_1-0,101t+0,317 x+2,16 У = -0,039W_1-0,192t+0,197 x+ 4,26 У = -0,030W_1-0,222t+0,781 x+ 4,53	(8.52) (8.53) (8.54)
Молочна стиглість – воскова стиглість	0-20 0-50 9-100	У = -0,037W_1-0,043t+0,494 x+ 0,80 У = -0,026W_1-0,086t+0,756 x+ 1,43 У = -0,021W_1-0,135t+1,022 x+ 2,12	(8.55) (8.56) (8.57)

Примітка: у зв’язку з тим, що в період початку росту стебла – цвітіння приріст рослинної маси кукурудзи відбувається дуже швидко і витрати на транспірацію зростають в розрахункове рівняння введена ще одна перемінна x1, яка враховує кількість днів, що пройшли від початку фази росту стебла до початку розрахунків.

Норма кожного поливу розраховується як різниця між верхньою (значення НВ) та нижньою (70 % НВ) межею. При цьому також враховується глибина промочування ґрунту, яка залежить від глибини проникання коріння рослин. Найчастіше – це шар 0 – 100 см.

Враховуючи це, для зернових культур при складанні прогнозу оптимальних строків та норм поливів користуються положеннями:

– дата та норма поливу встановлюється в залежності від глибини промочування ґрунту;
– за верхню межу зволоження для важких ґрунтів береться значення найменшої вологомісткості у мм продуктивної вологи; для легких ґрунтів – найменша волого місткість збільшується на 30 – 40 мм;
– нижньою межею зволоження вважається величина 70 % НВ;
– витрати вологи із зрошуваних полів досить інтенсивні і залежать від запасів вологи у ґрунті на початок розрахунку та умов погоди, тому запаси вологи розраховуються не по декадах, а по п’ятиденках і дата поливу розраховується з точністю до однієї доби.

Необхідні для розрахунків відомості на момент складання прогнозу отримують із інформації агро- та гідрометеорологічних станцій. Температура повітря та опади визначаються із синоптичного прогнозу погоди або з агрокіматичних довідників.

Приклад Розрахунок запасів вологи, норм та термінів зрошення озимої пшениці наводяться у табл.8.11. Дата складання прогнозу 30 квітня, ґрунт важкий суглинковий чорнозем. Шар ґрунту 0 – 100 см. Верхня межа зволоження 180 мм, нижня – 80 мм.

Таблиця 8.11 – Приклад складання норм і термінів поливу озимої пшениці.

Показники метеорологічних величин	1 – 5.V	6 – 10.V	11 – 15.IV	16– 20.IV
Середня температура повітря , С	10,3	12,6	14,3	18,1
Опади, мм	4,8	0	0	0
Фаза розвитку	Вихід у трубку 30. IV			
Номер рівняння для розрахунку зміни запасів вологи	(8.35)			
Зміна запасів вологи, мм	-12	-16	-14	-20
Запаси вологи на кінець п’ятиденки	130	114	100	80
Дата поливу	21.V			
Норма поливу, ($м^3$/га)	1000			

При наближенні до термінів поливу у розрахунки вносять поправки на минулі умови погоди за фактичними даними про температуру повітря та опади.

Слід враховувати, що на важких ґрунтах витрати води відбуваються повільніше, ніж на легких. Тому кількість поливів та кількість зрошуваної води будуть значно меншими .

Метод розрахунку норм та термінів поливів придатна тільки для районів з глибоким заляганням ґрунтових вод.

8.5 Методи оцінки полягання зернових культур

Полягання посівів зернових культур призводить до великих втрат врожаю, бо воно спричиняє проростання насіння, осипання зерна та низьку якість збирання.

Боротьба з поляганням посівів здійснюється за допомогою агротехнічних заходів – виведення стійких до полягання сортів та обробки посівів ретардантами. Зменшує втрати від полягання перебудова жаток та спеціальна підготовка полів з полеглими рослинами. Для підвищення ефективності цих заходів необхідне завчасне попередження про розміри площ з полеглими посівами. З цією метою і було розроблено методику прогнозу полягання ярого ячменю О.Д. Пасечнюком [68 – 71].

Під поляганням стеблостою розуміють такий його стан, коли під впливом несприятливих явищ погоди (дощ, вітер, мокрий сніг і т. ін.), які механічно впливають на рослини, стеблостій в тій чи іншій мірі нахиляється до землі і не повертається у вертикальне положення відразу ж після припинення дії цих явищ. На гідрометеорологічних станціях відмічається площа з полеглими посівами у відсотках від загальної площі поля. Крім цього, також визначається інтенсивність полягання.

Інтенсивність полягання оцінюється у балах за шкалою:

– 5 балів – полягання відсутнє;
– 4 бали – слабке полягання, місцями (не більше 30 % площі поля);
– 3 бали – середнє полягання, не заважає машинному збиранню хлібів (31–60 %);
– 2 бали – сильне полягання, яке ускладнює збирання хлібів (більше 61 % площі поля);
– 1 бал – дуже сильне полягання, посіви не придатні до збирання.

Стійкість рослин до полягання залежить від сорту, агрометеорологічних умов вирощування та тієї агротехніки, яка застосовується при вирощуванні.

Головною причиною полягання посівів є сильні дощі та вітер, які механічно впливають на рослини. Однак можливість полягання хлібів великою мірою залежить від агрометеорологічних умов попереднього періоду.

Агрометеорологічні умови впливають на полягання як безпосередньо, так і на формування елементів стійкості стебла. Формування елементів стійкості стеблостою до полягання починається

приблизно у фазу колосіння і до кінця цвітіння становить 80 – 90 %. Пізніше відбувається тільки збільшення маси і міри збільшення одрев'яніння стебла.

Стійкість рослин до полягання знаходиться у прямій залежності від середньої температури повітря, амплітуди температури повітря, нестачі насичення повітря вологою та у зворотній залежності – від кількості опадів, кількості днів з опадами, гідротермічного коефіцієнта Г.Т. Селянінова. Найменшу стійкість стеблостою до полягання мають зернові культури в роки з підвищеною вологозабезпеченістю та зниженим температурним режимом.

Інтенсивність полягання посівів залежить від декількох факторів: фази розвитку рослин, густоти посівів, висоти рослин, сортових відзнак, агрометеорологічних умов та агротехнічних заходів.

За показник стійкості рослин до полягання беруть висоту рослин та густоту стеблостою, бо інші параметри в полі не визначаються або визначаються дуже рідко.

Дослідженнями встановлено, якщо у фазі виходу у трубку у озимої пшениці кількість стебел не перевищувала 600 на один м^2, а у ярого ячменю – 700, то рослини не полягають або полягають слабко. Збільшення густоти посівів збільшує імовірність полягання. Значно полягають посіви при густоті більше 1300 стебел на м^2 (табл. 8.12).

Таблиця 8.12 – Імовірність (%) полягання посівів за різної густоти стеблостою

Кількість стебел на 1м^2	Відсутність полягання	Міра полягання, %		
		слабка	середня	сильна
Озима пшениця				
< 500	82	18	0	0
500 – 700	60	34	5	1
701 – 1000	50	22	14	14
1001 – 1300	45	24	14	17
> 1300	10	11	34	45
Ячмінь				
< 700	57	43	0	0
700 – 900	29	40	19	12
901 – 1100	12	16	23	49
1101 – 1300	14	14	14	58
>1300	14	0	0	86

Після виходу у трубку озимої пшениці та ярого ячменю на міру полягання посівів починає впливати висота рослин. Найбільше впливає на розміри площ полягання висота рослин від колосіння до молочної стиглості. Якщо висота стеблостою ячменю в цей період менша ніж 70 см, а пшениці – менша ніж 90см, то полягання посівів не буде. Збільшення висоти рослин збільшує імовірність полягання. У озимої пшениці висота рослин 100 см і більше спричиняє полягання до 100 % поля.

Як було вказано вище, головною причиною полягання посівів є сильні зливові дощі, їх кількість та сильний вітер. Оскільки надійних синоптичних прогнозів цих явищ нема, то прогнози полягання зернових культур розроблялись у ймовірнісній формі з розрахунком на те, що в період формування та наливу зерна агрометеорологічні умови будуть близькими до середніх багаторічних. У таких випадках інтенсивність полягання рослин характеризується їх стійкістю до полягання, тобто висотою, густотою стеблостою, довжиною міжвузля, товщиною стінки соломи і т. ін. Ці показники стеблостою до полягання визначаються агротехнікою вирощування та метеорологічними умовами попереднього періоду розвитку. Ймовірність полягання розраховується за початковим станом посівів.

О.Д. Пасечнюк розробив метод прогнозу полягання посівів ячменю та озимої пшениці на конкретному полі [60 – 63].

8.5.1. Прогноз полягання посівів ячменю

Міра полягання посівів ячменю перед збиранням залежить від стійкості рослин до полягання та від наявності метеорологічних явищ, які спричиняють полягання.

Спостерігається чіткий зв’язок інтенсивності полягання зі стійкістю стеблостою. А стійкість стеблостою, попри все інше, визначається висотою стеблостою.

За густотою стеблостою складається ймовірнісний прогноз полягання посівів ячменю на супіщаних ґрунтах. На суглинках інтенсивність полягання прогнозується за густотою посівів тільки у двох випадках:

1. Якщо у фази виходу у трубку або появи нижнього вузла соломини стеблостій ячменю зріджений (менше 700 стебел на 1 м^2), то полягання не буде або буде дуже слабке і подальші умови розвитку рослин його не збільшать.

2. Імовірність полягання загущених посівів (більше 1300 стебел на 1 м^2) складає 86 %, тому слід чекати сильного полягання рослин.

Інтенсивність полягання ячменю на полях з густотою від 700 до 1300 стебел на 1 м^2 прогнозується за значеннями запасів продуктивної

вологи у шарі ґрунту 0 – 50 см через декаду після настання фази виходу в трубку (рис. 8.9).

Якщо запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту через декаду після настання фази виходу в трубку становлять менше 60 мм, то ймовірність полягання дуже мала (на рис. 8.9 точка попала в сектор 1), тому необхідності у прогнозі нема.

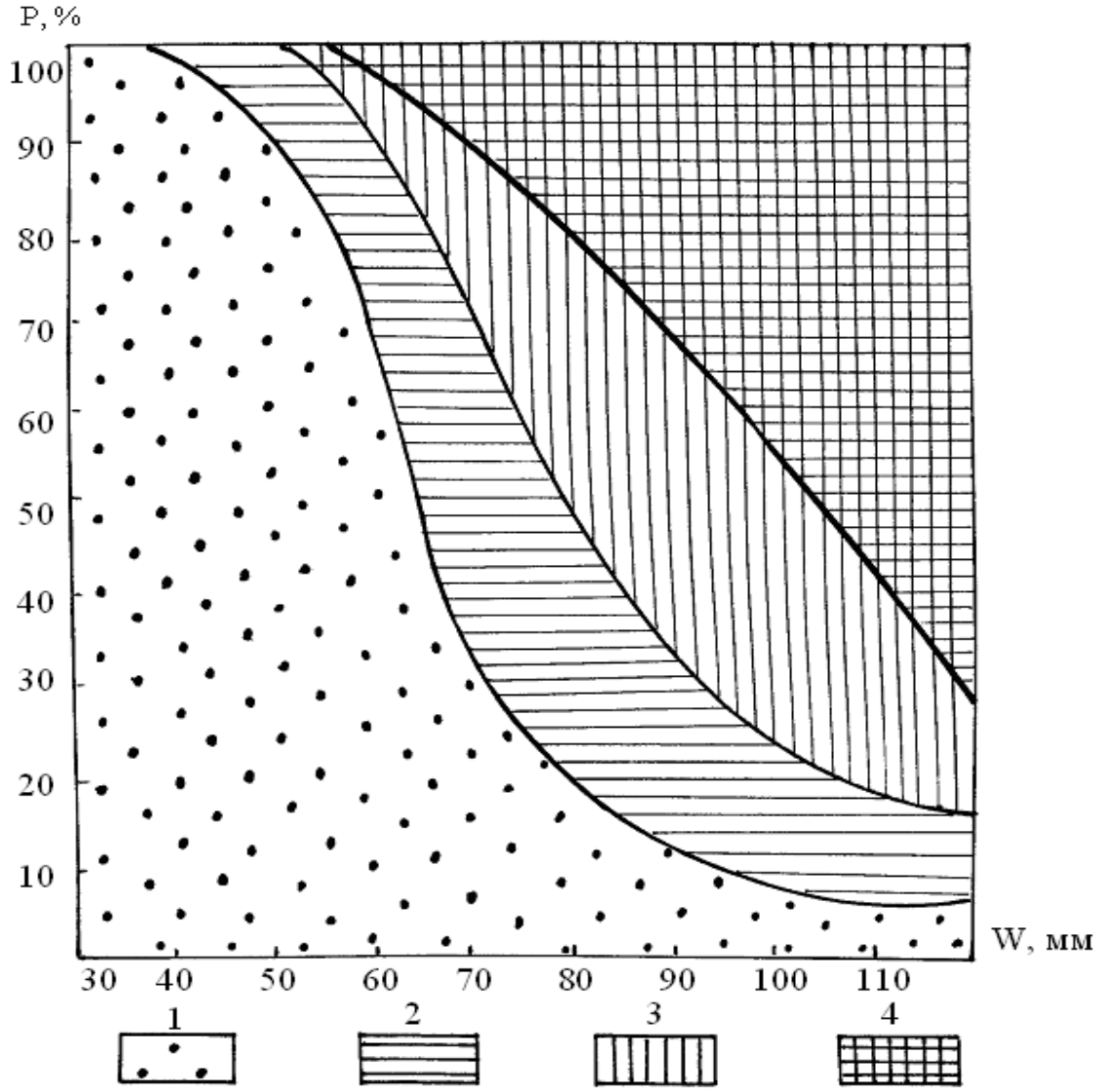


Рис. 8.9 – Імовірність полягання ярого ячменю в залежності від запасів продуктивної вологи (W) у шарі ґрунту 0 – 50 см через декаду після настання фази виходу в трубку: 1 зона-полягання відсутнє; 2 зона – слабке полягання; 3 зона-середнє полягання; 4 зона – сильне полягання

При запасах вологи більших ніж 100 – 110 мм існує дуже велика ймовірність полягання посівів ярого ячменю на великих площах (точка попадає в сектор 4). Якщо спостерігаються проміжні значення запасів продуктивної вологи (більше 60 мм та менше 100 мм), то прогнозується найбільша ймовірність полягання (сектор 2 та 3 на рис. 8.9). У випадках, коли ймовірності полягання посівів у різних секторах відрізняються мало, то для прогнозу полягання необхідно враховувати температуру повітря за період кущіння – колосіння (фактичну та прогнозовану). Якщо температура повітря очікується у межах 12 – 16 °С, то буде очікуватись велика інтенсивність полягання.

При температурі 18 °С та вище qмовірність полягання майже відсутня. У випадках, коли на рис. 8.9 чітко виділити градацію імовірності полягання не можливо, прогноз складається за величинами двох суміжних градацій.Якщо імовірність двох або трьох суміжних градацій дуже близька, то необхідно враховувати температурний режим періоду кущуння – колосіння. Якщо температура очікується в межах 12 – 16 °С, то слід надати перевагу більш значному поляганню. За середньодобової температури більше 18 °С більш імовірним буде відсутність полягання, або слабке полягання.

Слід зазначити, що при розрахунках справджуванності прогнозу полягання ячменю, у випадках відсутності полягання, слабкого або сильного полягання, відхилення фактичної величини полягання на одну градацію від прогнозованої вважається допустимим. При прогнозі середнього полягання помилка на одну градацію не допускається, тому що при середньому поляганні характер підготовки техніки до збирання зовсім інший, ніж при сильному та слабкому поляганні.

Метод прогнозу ймовірності полягання ячменю О.Д. Пасечнюк розробив для нестійких до полягання сортів ячменю. Співвідношення площі поля з полеглими посівами не стійких сортів ячменю з площею поля середньостійких сортів до полягання показало: у роки з середнім та сильним поляганням воно становить 80 % та 48 % площі, у роки з слабким поляганням – відповідно 98 % та 67 %. Тому при складанні прогнозу ймовірності полягання посівів при очікуванні сильного полягання на полях з середньостійкими сортами ячменю слід прогнозувати середнє полягання.

Початковими даними для складання прогнозу є: тип ґрунту за механічним складом, густота сходів, густота стеблостою у фазу виходу у трубку, запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту (для суглинків) через декаду після настання фази виходу у трубку. Розраховується середня температура повітря за період кущіння – колосіння. Дата колосіння визначається за сумою ефективних температур, яка для ячменю становить 330 °С.

8.5.2 Прогноз полягання озимої пшениці

Вплив агрометеорологічних умов осіннього періоду на полягання озимої пшениці майже не вивчено, але вважається, що врахувати їх неможливо. Тільки агрометеорологічні умови зимового періоду впливають на стійкість рослин озимої пшениці до полягання. Дослідження показали, що загибель більше 20 % рослин майже повністю виключає можливість полягання.

Якщо загибель рослин становить менше 20 %, то полягання озимої пшениці прогнозується по густоті посіву у фазу виходу в трубку. Якщо гущина менше 600 стебел на м^2, то посіви практично не полягають або полягають слабко. Із збільшенням густоти стеблостою збільшується ймовірність полягання озимої пшениці та його інтенсивність. При густоті посівів 1300 стебел на 1 м^2 посіви сильно полягають у більшості випадків. При густоті посівів від 600 до 1300 стебел на 1м^2 прогноз полягання складається за середньою за добу температурою повітря (табл.8.13) за період від виходу в трубку до цвітіння.

Таблиця 8.13 – Імовірність полягання озимої пшениці за різних значень температури повітря

Температура повітря, °С	Відсутність полягання	Міра полягання		
		слабка	середня	сильна
за період вихід у трубку – колосіння				
< 12,5	0	0	50	50
12,5 – 13,4	42	21	13	24
13,5 – 14,4	50	25	20	5
> 14,4	77	17	3	3
за період з 21 травня по 20 червня				
11,5 – 13,0	12	24	29	35
13,1 – 14,5	50	16	18	16
14,6 – 15,5	60	28	12	0
>15,5	83	17	0	0

Складання прогнозу полягання за температурою повітря починається з розрахунку дати настання фази колосіння, яка розраховується за сумами ефективних температур від дати виходу в трубку 312 °С (Миронівська 808) та 330 °С (інші сорти). Середня температура повітря при цьому визначається з синоптичного прогнозу погоди. Після розрахунків дати колосіння до неї додається середня багаторічна тривалість періоду колосіння – цвітіння , яка становить 5 – 8 днів,і таким чином знаходиться дата цвітіння. Після цього розраховується середня температура повітря за

період вихід у трубку – цвітіння і по табл. 8.13 визначається ймовірність полягання озимої пшениці. Прогноз полягання озимої пшениці складається наприкінці травня – початку червня, після отримання прогнозу погоди на липень. Якщо переваги не має ні одна градація, то у такому випадку об'єднуються дві суміжні градації. Схема складання прогнозу на рис. 8.13.

У нечорноземних районах міжфазний період від виходу в трубку до цвітіння триває приблизно місяць (третя декада травня та дві декади червня). Тому за критичний період береться період від 21 травня по 20 червня, і полягання прогнозується по середній температурі повітря за цей період без розрахунку дати цвітіння.

Послідовність складання прогнозу полягання на рис.8.13. Прогноз полягання складається наприкінці травня – початку червня, після отримання прогнозу погоди на червень. За сезонним прогнозом погоди складати прогноз полягання не рекомендується, оскільки це зменшує його надійність.

Техніка складання прогнозу полягання зернових культур

1. Виписати із щорічників: – дати настання виходу в трубку, цвітіння зернових культур;– середні за декаду, максимальні та мінімальні температури повітря; зимове зрідження озимих; – суми опадів за декаду; – запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 50 см; – висоту і густоту стеблистою на дату виходу в трубку.

2. Розрахувати:

– дати настання фаз колосіння та воскової стиглості за накопиченням сум фективних температур. Від виходу в трубку до колосіння необхідна сума ефективних температур: для ярого ячменю – 330 ^{0}С; озимої пшениці – 312 ^{0}С; ярої пшениці – 350 ^{0}С.

– дата настання цвітіння розраховується шляхом додавання середньої багаторічної тривалості періоду колосіння – цвітіння до дати колосіння (для ярого ячменю та ярої пшениці 8 днів, озимої пшениці – 5 днів).

3. Розрахувати середню температуру повітря за період вихід в трубку – колосіння, колосіння – цвітіння та середні амплітуди температур.

4. Розрахувати імовірність полягання: а) озимої пшениці за даними табл. 8.13;

б) ярого ячменю (рис. 8.12) за запасами продуктивної вологи через декаду після виходу в трубку;

в) розрахувати % зменшення врожаю зернових культур за датами настання полягання та його інтенсивностю;

г) скласти схему прогнозу полягання і текст прогнозу (приклад рис. 8.13).

Приклад: Розрахувати ймовірність полягання озимої пшениці. Сорт Миронівська 808. Дата виходу в трубку 4 травня. Очікувана температура у травні: I дек.– 13,4 ^{0}С; II дек. – 15,4 ^{0}С; III дек.– 16,8 ^{0}С; у червні: I дек.– 18,0 ^{0}С. Густота посівів на дату виходу в трубку – 820 стеб/м^2. Зимові пошкодження посівів – 15 %.

1. Розраховується:

- Очікувана дата колосіння набором сум ефективних температур 312 ^{0}С.

$(13{,}4^0 – 5^0)$ x 6 + (15,4 – 5) x 10 + (16,8 – 5) x 11+ $(17{,}2^0 – 5)$ x 3 = 313 ^{0}С

Дата колосіння – 3 червня. Дата цвітіння – 3.VI + 8 дн = 11 червня.

- Очікувана середня температура за період вихід у трубку – цвітіння

$(13{,}4\ ^0 + 15{,}4\ ^0 + 16{,}8\ ^0) : 3 = 15{,}2^0$С

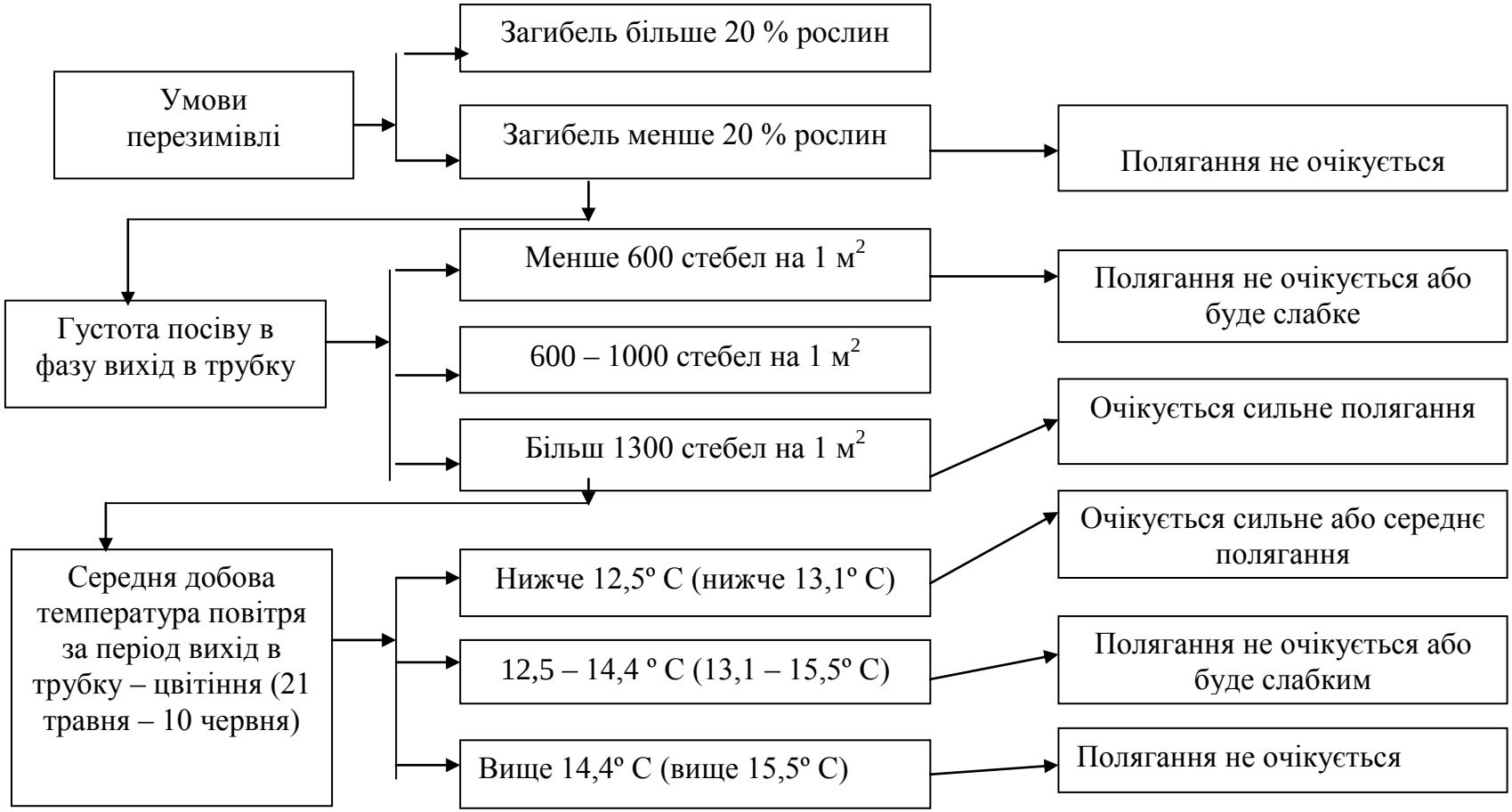


Рис. 8.10 – Схема складання прогнозу полягання озимої пшениці

- З табл. 8.13 визначається міра полягання:

відсутнє полягання – 77%, слабке – 17%, середнє – 3%, сильне – 3%.

У тексті прогнозу вказується загальний відсоток очікуваного полягання: від 3 до 20%.

8.6. Методи оцінки агрометеорологічних умов в період збирання врожаю зернових культур

Для оцінки агрометеорологічних умов у період збирання теж необхідно знати дефіцит насичення повітря. Значення його розраховується за формулою

$$\lg y = 1{,}3636 + 1{,}701 \lg x \qquad (8.58)$$

де y – середня за період збирання нестача насичення повітря вологою за 30 днів періоду збирання хлібів, гПа;

x – середня температура повітря за той же період, °С.

Температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

В цілому для просихання хлібів у валках від скошування (вологість зерна 35 – 37 %) до кондиційної вологості зерна (14 – 15 %) потрібна сума середніх за добу значень нестачі насічення повітря вологою 4 – 45 гПа, для нескошених – 70 гПа.

Розрахунок вологості зерна і соломи та проростання зерна у валках

В період збирання хлібів агрометеорологічні умови суттєво впливають на величину втрат врожаю та погіршення його якості за рахунок проростання зерна у валках. Зерно у валках проростає при значній вологості зерна та соломи. Дослідження показали, що вологість зерна і соломи знаходиться у тісній залежності від дефіциту насичення повітря. Ці залежності встановлювалися також з врахуванням кількості опадів (рис. 8.11). Для зручності користування побудована табл. 8.14.

Встановлено, що найчастіше спостерігається проростання зерна у валках коли середня за добу температура повітря утримується у межах 5 – 14° С. За більш високих температур проростання не спостерігається через нестачу вологи, а за більш низьких – через нестачу тепла. Насіння у валках починає проростати, коли дефіцит насичення вологою повітря впродовж декількох днів буде нижче 4 гПа. Якщо при такому значенні дефіциту насичення повітря накопичиться сума ефективних температур 40 – 50° С, то у колоссі утворюються навіть листя.

В тих випадках, коли після підвищення дефіциту насичення повітря вологою він знову стане менше 4 гПа, розрахунок можливого проростання зерна продовжується, якщо валки ще не обмолотили.

Таблиця 8.14 – Залежність вологості зерна і соломи від дефіциту вологості повітря

Дефіцит вологості повітря	Вологість, %		Дефіцит вологості повітря	Вологість, %	
	зерна	соломи		зерна	соломи
2	24,3	46,0	15	12,5	14,8
3	21,2	-“-	16	12,2	-“-
4	19,2	32,0	17	12,0	
5	18,0	32,0	18	11,6	14,0
6	16,8	25,0	19	11,5	-“-
7	16,0	25,0	20	11,3	13,1
8	15,3	22,3	21	11,1	13,1
9	14,6	22,3	22	11,0	12,2
10	14,2	19,2	23	10,9	12,2
11	13,7	19,2	24	10,7	11,8
12	13,4	17,8	25	10,5	11,8
13	13,0	17,8	26	10,3	10,4
14	12,7	16,0	27	10,1	10,0

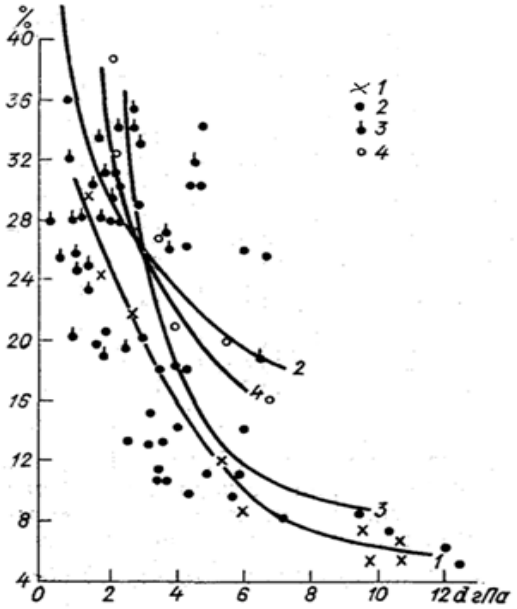


Рис. 8.11 – Залежність вологості зерна у стеблостої та валках (%) від дефіциту насичення повітря в період збирання врожаю:
1 – валок без опадів;2 – валок з опадами;
3 – стеблостій без опадів; 4 – стеблостій з опадами.

Приклад. На ст. Ковель повна стиглість зерна у валках настала 9 серпня. З 10 серпня починається розрахунок очікуваного проростання зерна. На 12 серпня накопичилась сума ефективних температур 14 °С, тобто, складись умови для початку проростання зерна, а на 14 серпня зерно проросло (сума ефективних температур

складала 28 °С). В усі дні з 10 по 15 серпня нестача насичення повітря вологою була менше 4 гПа. Починаючи з 15 серпня значення дефіциту насичення повітря вологою зросло і проростання зерна припинилось (розрахунки див. табл. 8.15).

Таблиця 8.15 – Розрахунок можливого проростання зерна у період збирання. серпень.

Показник	Дата										
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Середня за добу температура повітря, ° С	18	14	10	11	13	11	15	16	16	16	17
Дефіцит насичення, гПа	8	4	3	3,5	4	2	6	7	7	7	8,7
Опади, мм	–	9,6	–	2,5	–	–	–	–	–		
Сума ефективних температур вище 5 С наростаючим підсумком	–	9	14	20	28	33	43				

Оцінка очікуваних агрометеорологічних умов роботи комбайну.

Робота комбайнів значною мірою залежить від підготовки їх матеріальної частини до збирання, наявності пального, організації збирання. Дослідження А.В. Процерова показали, що в період збирання хлібів робота комбайнів та іншої техніки також знаходитеся в залежності від агрометеорологічних умов. На виробність комбайнів найбільше впливає дефіцит насичення повітря, оскільки від нього залежить вологість зерна та соломи. При значенні його більше 8 гПа добре підготовлена техніка працює з найбільшою виробністю, зерно та солома мають невисоку вологість. Зменшення дефіциту насичення повітря нижче 8 гПа призводить до збільшення вологості зерна та соломи, підвищуються втрати зерна через недомолот, погіршуються умови роботи комбайнів. Дефіцит насичення нижче 3гПа спричиняє припинення роботи комбайнів.

У зв’язку з тим, що дефіцит насичення повітря має добовий хід, була розроблена таблиця часу з різною якістю агрометеорологічних умов впродовж доби за середніми за добу значеннями дефіциту насичення повітря (табл. 8.16).

Як видно з табл.8.16 найгірші умови збирання врожаю складаються при зменшенні нестачі насичення повітря вологою до 3 гПа та нижче.

Встановлено, що при добрій технічній підготовці комбайнів виробність (*W*) їх можна розрахувати за рівнянням

$$w = 1{,}27d + 7{,}5 \quad (\text{т} / \textit{день}) \qquad (8.59)$$

де d – дефіцит насичення повітря, гПа , за добу.

Таблиця 8.16 – Кількість годин на добу з різними метеорологічними умовами при різних значеннях середнього за добу дефіциту насичення повітря

Середній за добу дефіцит, гПа	Кількість годин з різними умовами			
	добрими	середніми	поганими	умовно добрими
1	2	3	4	5
3	0	10,5	13,5	5,3
1	2	3	4	5
4	3,5	9,0	11,5	8,0
5	6,5	7,5	10,0	10,2
6	8,5	7,0	8,5	12,0
7	10,0	7,0	8,5	13,5
8	11,0	8,0	5,0	15,0
9	12,0	9,0	3,0	16,5
10	13,0	11,0	0	13,5
11	14,0	10,0	0	19,0
12	15,0	9,0	0	19,5
13	15,5	8,5	0	20,0
14	16,6	7,5	0	20,3
15	17,5	6,5	0	20,8
16	18,5	5,5	0	21,3
17	20,0	4,0	0	22,3
18	22,0	2,0	0	23,0

Крім технічного стану комбайнів на виробність також впливають: рельєф поля, складність конфігурації поля, висота та гущина стеблостою, засміченість бур’янами тощо.

Приклад. Приклад розрахунку оцінки агрометеорологічних умов роботи комбайнів наводиться у табл. 8.17.

Таблиця 8.17 – Оцінка метеорологічних умов для роботи комбайнів у період збирання зернових культур. - серпень.

Параметри	Місяць, число										Середнє за 10 днів
	Серпень										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Дефіцит насичення повітря, мб	3,0	2,8	2,8	6,5	4,0	3,1	5,3	10,0	13,0	4,6	5,5

Продовження табл. 8.17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кількість умовних годин роботи комбайна	5,0	4,1	4,1	13,2	8,0	5,3	11,1	17,8	20,1	9,8	9,8
Середня багато-річна кількість умовно добрих годин роботи комбайна	13,5	13,3	13,1	12,9	12,7	12,5	12,3	12,1	11,9	11,7	12,6
Оцінка у % від середніх бага-торічних умов	37	31	31	110	62	42	90	146	168	84	78

Розрахунок кількості втрат зерна за збирання в несприятливих агрометеорологічних умовах Під час збирання хлібів в несприятливих агрометеорологічних умовах збільшуються втрати зерна. Дослідження М.Г. Лубніна [68] дають змогу розраховувати такі втрати.

Втрати зерна відбуваються, головним чином, від обсипання на корінні та при комбайнуванні

$$B = \sum_{вк} - \sum_{во}, \qquad (8.60)$$

де B – загальні втрати;

$\sum_{вк}$ – втрати при комбайнуванні;

$\sum_{во}$ – втрати від обсипання.

Втрати зерна від обсипання, починаючи з дати повної стиглості і до початку збирання комбайном, розраховуються для кожної доби за рівняннями для декади:

озимина:

I декада – $y = 0{,}05d + 0{,}10 \ (\sigma = \pm 0{,}1\ \%)$, (8.61)

II декада – $y = 0{,}09d + 0{,}15 \ (\sigma = \pm 0{,}1\ \%)$, (8.62)

III декада – $y = 0{,}18d + 0{,}20 \ (\sigma = \pm 0{,}2\ \%)$, (8.63)

IV декада – $y = 0{,}21d + 0{,}25 \ (\sigma = \pm 0{,}2\ \%)$ (8.64)

ярі культури (пшениця, ячмінь):

I декада – $y = 0{,}45d + 0{,}11 \ (\sigma = \pm 0{,}15\ \%)$, (8.65)

II декада – $y = 0{,}94d + 0{,}20 \ (\sigma = \pm 0{,}20\ \%)$, (8.66)

де y – величина щоденних втрат зерна на залишках площі, %;

d – зміна середнього за добу дефіциту насичення повітря поточного дня відносно до попереднього, мб.

Втрати зерна за комбайном щоденно від початку збирання розраховуються за формулою:

$$B_{вк} = 0{,}021S^2 - 0{,}06S + 5{,}76, \qquad (8.65)$$
$$R = 0{,}98;\ S_B = \pm 1{,}6\%\ ,$$

де $B_{вк}$ – втрати зерна, %, ;

S – вологість зерна, %

Розрахунок середніх втрат врожаю по області. Середні по області найменші втрати врожаю спостерігаються у межах 0,5 – 0,9 ц/га і бувають у випадках, коли тривалість періоду збирання становить 15 – 20 діб при оцінці агрометеорологічних умов не менше 100 %. Середні по області великі втрати зерна (4 – 7 ц/га) спостерігаються, якщо тривалість періоду збирання складає більше 30 діб при оцінці агрометеорологічних умов 50 % і менше. Встановлено також, що чим більший врожай, тим більші втрати зерна.

Загальні втрати зерна при різній величині врожаю розраховуються за рівняннями:

озимина і ярі культури, якщо врожай становить 10 – 25 ц/га:

$$y_1 = 1{,}49 - 4{,}41x_1 + 0{,}80x_2 \qquad (8.66)$$

озимина, якщо врожай становить 16 –25 ц/га:

$$y_2 = 1{,}38 - 4{,}61x_1 + 0{,}010x_2; \qquad (8.67)$$

де y_1, y_2 – втрати зерна, ц/га;

x_1 – обласна тривалість періоду збирання, дні;

x_2 – середня обласна оцінка агрометеорологічних умов, % (не більше 100 %).

Для спрощення розрахунків за рівняннями (8.63– 8.65) були побудовані графіки (рис. 8.12), на яких на осі абсцис відкладені оцінки агрометеорологічних умов (в % від норми), на осі ординат – середня по області тривалість періоду збирання (в днях), у полі графіка – середні по області втрати врожаю (ц/га).

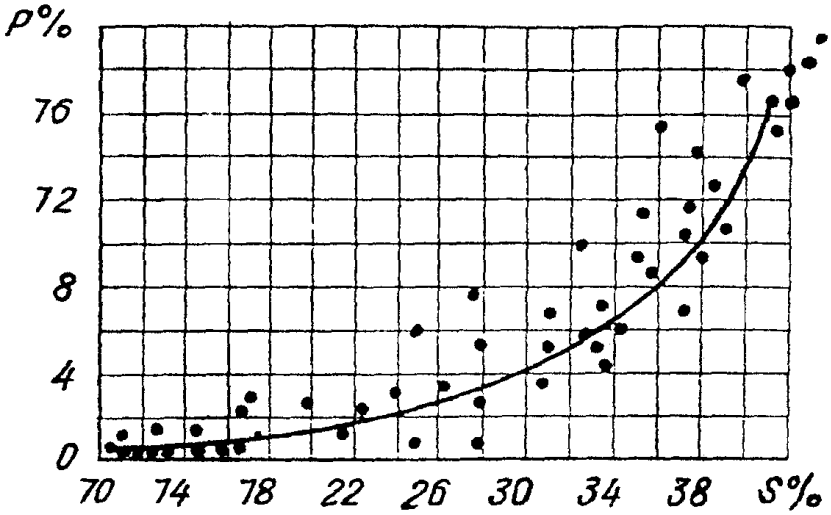


Рис. 8.12 – Залежність втрат врожаю пшениці ($В_к$, %) від недомолоту при різній вологості зерна (S, %)

Приклад. *Р*озрахунку втрат зерна наводиться у табл. 8.18. Повна стиглість озимої пшениці –18 серпня, збирати почали 28 серпня, закінчили збирати 8 вересня. Втрати зерна згідно з формулою щоденно становили 0,8 % протягом 5 днів, бо дефіцит насичення повітря становив 2 – 4 мб. За останні десять днів втрати становили 0,2 %. Якщо середній врожай складав 24 ц/га, то загальні втрати (2,5 %) складали 0,6 ц/га до 28 серпня. З 28 серпня по 8 вересня втрати становили 1 %. В цілому за несприятливих агрометеорологічних умов на площі 25 га за 22 дні, починаючи з дати воскової стиглості, втрати становили 13 % або 5,85 т.

Приклад. Розрахунку середніх по області втрат зерна наводиться у табл.8.19.

Таблиця 8.19 – Приклад розрахунку середніх по області втрат врожаю (Київська область)
Дата початку збирання – 1.VIII,кінець збирання – 10.IX, тривалість збирання – 41 день

Декада від початку збирання	Середня декадна оцінка періоду збирання, % норми			
	Фастів	Б.Церква	Миронівка	Сер. обласні
I	70	75	100	85
II	96	90	120	60
III	45	38	90	120
IV	100	90	140	92
Середня оцінка за період, %	70	77	120	90

З графіків (рис. 8.13) визначається величина втрат зерна за період збирання. У даному випадку втрати становлять 2.7 ц/га.

Таблиця 8.18 – Приклад розрахунку втрат врожаю (ст. Миронівка)

Параметри	Серпень										
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Середній за добу дефіцит насичення повітря, мб	8,3	8,0	7,4	11,6	14,2	10,4	12,7	8,3	6,9	9,1	12,8
Перевищення дефіциту насичення повітря наступного дня в порівнянні з попереднім днем, мб	-	-	-	4,2	2,6	-	2,3	-	-	2,2	3,7
Опади, мм	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Середня добова тривалість опадів, год.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Залишилось зібрати 25 га	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
0 т	59,88	59,76	59,64	59,46	59,28	59,16	59,98	58,86	58,74	58,56	58,38
Вологість зерна, яке зібрали, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Втрати від недомолоту, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Кг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Втрати від осипання, %	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3
Кг	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сума втрат: %	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,4	1,7	1,9	2,1	2,4	2,7
Т	0,12	0,24	0,36	0,54	0,72	0,84	1,02	1,14	1,26	1,44	1,62

Продовження таблиці 8.18

Параметри	Серпень			Вересень							
	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8
Середній за добу дефіцит насичення повітря, мб	13,5	12,8	11,2	7,8	3,4	1,8	0,7	1,2	4,4	4,7	7,0
Перевищення дефіциту насичення повітря наступного дня в порівнянні з попереднім днем, мб	0,7	-	-	-	-	-	-	0,5	3,2	0,3	2,3
Опади, мм	-	-	-	-	-	0,8	14,5	17,5	0,1	10,	-
Середня добова тривалість опадів, год.	-	-	-	-	-	6	14	15	3	3	-
Хід збору по днях, га	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
Залишилось зібрати: 25 га	22,5	20,0	17,5	15,0	12,5	10,0	7,5	5,0	2,5	-	-
60 т	42,67	36,37	30,31	24,31	17,50	11,0	6,0	4,0	2,0	-	-
Вологість зерна, яке зібрали, %	12,8	13,1	13,7	15,4	26,6	25,0	28,9	27,5	18,7	18,4	16,0
Втрати від недомолоту, %	1,0	1,0	1,0	1,7	5,3	14,0	24,0	15,0	3,7	3,5	-
Кг	60	64	32	85	270	760	1250	770	160	154	
Втрати від осипання, %	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,35	0,5	0,38	0,38
Кг	172	120	115	90	55	33	18	30	10	-	-
Сума втрат: %	3,20	3,60	4,00	4,47	5,30	7,00	9,70	11,55	12,42	13,15	
т/га	1,85	2,02	2,19	2,36	2,69	3,47	4,72	5,52	5,69	5,85	

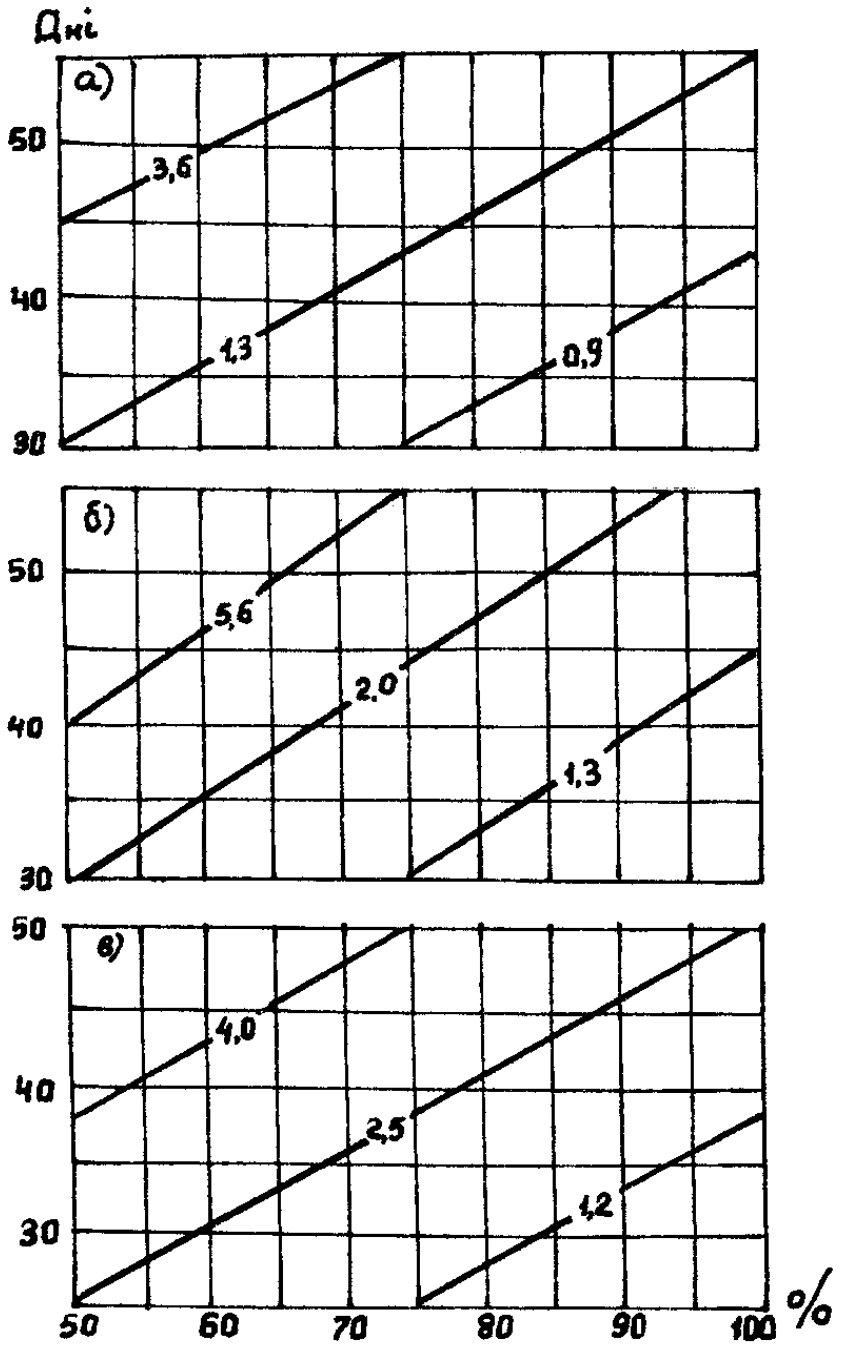


Рис. 8.13 – Залежність середніх по області втрат зерна від середньої тривалості періоду збирання і середньої оцінки агрометеорологічних умов (не більше 100 %):
а – озимі, врожай 10 – 15 ц/га; б – озимі, врожай 16 – 25 ц/га; в – ярі, врожай 10 – 15 ц/га.

8.7 Оцінка агрометеорологічних умов проведення польових робіт

На проведення сільськогосподарських робіт впливає температура повітря, опади та зволоженість ґрунту.

Можливість проведення обробки ґрунту як восени, так і навесні обмежується зниженням температури до –2, –5° С. Температура ґрунту і повітря також впливає на роботу окремих вузлів сільськогосподарської техніки та споживання пального. Витрати пального при переході від зими до літа змінюються на 5 – 10 %. А витрати пального це суттєвий економічний показник рентабельності роботи техніки. Негативно на витрати пального впливають різкі перепади температури повітря. Навесні та восени у пальному утворюються кристалики льоду, які ускладнюють роботу техніки.

Вологість верхніх шарів ґрунту визначає умови перекочування та зціплення ходової частини машин, а вологість більш глибоких шарів впливає на питомий тягловий опір.

Випадання дощу зменшує якість сільськогосподарських робіт, або зовсім їх припиняє. Тут відіграє роль як кількість опадів, так і їх інтенсивність.

Дослідження агрометеорологічних умов проведення сільськогосподарських робіт показали, що їх можна оцінювати за декількома показниками: за вологістю грунту, за сумою опадів за добу, за температурою повітря.

Оцінка за вологістю ґрунту. Оцінка умов виконується у балах.

– Ґрунт надмірно вологий, об’ємна вологість 45 – 50 %. У таких умовах робота техніки неможлива. Виробнича оцінка 1 бал.
–- Ґрунт дуже зволожений (липкий), вологість 35 – 44 %, робота техніки ускладнена, але можлива. Оцінка виробності становить 50 % – 2 бали.
– Ґрунт добре зволожений (м’якопластичний, спілий), вологість 21 – 34 %. Якість роботи сільськогосподарських машин висока, оцінка виробності становить 100 % – 3 бали.
– Ґрунт слабко зволожений (твердо пластичний), вологість 10 – 20 %, обробіток ґрунту потребує додаткових зусиль, якість роботи задовільна, виробність становить 80 – 90 % – 4 бали.
– Ґрунт сухий, твердий, вологість менше 10 %, робота сільськогосподарської техніки дуже ускладнена, оцінка виробності становить 60 – 70 % – 5 балів.

Оцінка за сумою опадів за добу. Оцінка агрометеорологічних умов проведення сільськогосподарських робіт за сумою опадів за добу виконується у %. Незалежно від кількості опадів при надмірному зволоженні ґрунту оцінка виробності становить 0 %.

За відсутності опадів та при м’якопластичному стані ґрунту оцінка виробності становить 100 % (день без опадів буде тоді, коли їх зовсім не було або випало менше 1 мм).

При сумі опадів за добу 1 – 4 мм і мякопластичному та твердопластичному стану ґрунту оцінка виробності зменшується до 80 %, при липкому – до 50 %.

За суми опадів за добу 5 – 8 мм при м’яко та твердо пластичному стану ґрунту оцінка виробності зменшується до 60 %, а при липкому – роботи призупиняються, оцінка виробності становить 0 %.

Опади, сума яких за добу перевищує 9 мм, переважають роботі сільськогосподарських машин при будь якому стані ґрунту, оцінка виробності – 0 %.

Оцінка агрометеорологічних умов за температурою повітря. Виконується також у відсотках. Температура повітря вище 5 ºС дозволяє виконувати сільськогосподарські роботи з оцінкою 100 %. Зниження температури на кожен градус зменшує виробність на 20 %.

Оцінку виробності за температурою слід виконувати тільки до того періоду, поки не буде стійкого переходу температури повітря через 5° С (навесні і восени). В інші сезони оцінка виробності за температурою не виконується.

Приклад. Для зручності розрахунки виконуються у робочій таблиці (табл.8.19). Як видно з табл. 8.19, 4 квітня температура повітря перейшла через 5° С і оцінка

Таблиця 8.19 –Приклад розрахунку оцінки агрометеорологічних умов

Показник	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Стан грунту, бали	1	2	2	2	3	4	4	4	4	3
Опади, мм	0	10	2	0	0	0	0	15	0	0
Середн за добу температура повітря, °С	2,8	3,9	4,0	7,3	7,2	8,5	7,7	6,1	12,0	11,6
Оцінка, % за станом грунту за сумою опадів за температурою повітря	 0 0 60	 50 0 80	 50 50 80	 50 100 0*	 100 100	 80 100	 80 100	 80 0	 100 100	 100 100
Сумарна оцінка, %	60	130	180	150	200	180	180	80	200	200
Середня оцінка,%	20	43	60	75	100	90	90	40	100	100
Кількість умовних робочих днів за декаду										7,0

Примітка 0* – Температура повітря стійко перейшла через 5 °С і більше не враховується в розрахунках.

агрометеорологічних умов за температурою припинилась. У наступні дні сумарна оцінка складається із оцінки стану ґрунту та оцінки опадів. У тих випадках, коли

сумарна оцінка становить 100 %, день визначається як повний робочий день. У відповідності з отриманими середніми оцінками розраховуються умовно робочі дні в цілому за тиждень, декаду, місяць за схемою:

– оцінка 100 % (відмінна) 9 робочих днів у декаді або 27 робочих днів за місяць;

– оцінка 80 % (добра) – 7 – 8 робочих днів у декаді та 22 – 26 робочих днів за місяць;

– оцінка 60 % (задовільна) – 5 – 7 робочих днів у декаді та 15 – 21 робочий день за місяць;

– оцінка 40 % (погано) – 3 – 4 робочих дні у декаді та 8 – 14 за місяць;

– оцінка 20 % (дуже погано) – менше 3 робочих днів у декаді та менше 8 – за місяць.

8.8. Методи прогнозів появи шкідників сільськогосподарських культур

8.8.1 Прогноз появи та розвитку колорадського жука

Колорадський жук відомий в багатьох країнах світу як шкідник картоплі та пасльонових культур. На Україні колорадський жук розповсюджений в усіх зонах і завдає значних збитків картоплярам.

В онтогенезі колорадського жука розрізняють фази жуків: (J_m), яєць (O_v), личинок першого, другого, третього і четвертого віку ($Л_1$, $Л_2$, $Л_3$, $Л_4$) і лялечок (P). Найбільш шкідливі з них дорослі жуки, личинки третього та четвертого віку. Колорадський жук за один вегетаційний період здатен давати від одного до трьох поколінь.

Метод прогнозу появи і розвитку жука розроблений В.В. Вольвачем. Задача прогнозу термінів розвитку тих фаз колорадського жука, які використовуються в якості індикаторів оптимальних термінів проведення хімічних обробок посівів картоплі, зводиться до встановлення зв’язку між їх тривалістю та метеорологічними факторами [43]. На розвиток жука найбільше впливає температура повітря та ґрунту. Вихід жуків із ґрунту співпадає із встановленням середньої за добу температури повітря близько 10 °С. Таким чином, для визначення появи жуків навесні, необхідно визначити дату стійкого переходу температури повітря через 10 °С. (Методику визначення дати переходу температури повітря через 10 °С. дивись розділ 8.1).

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

$$У = 94{,}6 + 0{,}221t^2 - 8{,}738t + 4{,}15ħ£ \quad , \qquad (8.68)$$

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

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

$\hbar£$ – показник виходу жуків із ґрунту у вигляді різниці між максимальною тривалістю дня на широті станції та тривалістю дня на дату виходу жуків із ґрунту.

Рівняння застосовується для значень температури повітря від 11 до 21 °С, та $\hbar£$ від 0 до 3 годин.

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

Залежність тривалості розвитку яєць, личинок, лялечок і покоління в цілому виражена рівнянням параболи другого порядку. В табл. 8.20 наведені рівняння та їх статистичні характеристики.

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

Таблиця 8.20 – Статистичні характеристики рівнянь зв'язку вигляду $У = at^2 - bt + c$

Фази і періоди розвитку	Коефіцієнти рівнянь зв'язку			R	$\pm S_y$	Температура, °С
	a	b	c			
Яйцекладка ($О_v$)	0,109	-4,92	61,4	0,80	1,9	12 – 26
Личинки ($Л_1 – Л_4$)	0,135	-6,51	91,8	0,78	2,7	13 – 25
Лялечки ($Р$)	0,188	-8,96	117,6	0,95	2,8	13 – 25
Від яйцекладки до $Л_2$($О_v – Л_2$)	0,171	-7,68	95,3	0,80	2,7	14 – 25
$Л_3$ ($О_v – Л_3$)	0,204	-9,09	113,3	0,80	2,7	14 – 25
$Л_4$ ($О_v – Л_4$)	0,213	-9,77	126,6	0,80	3,1	14 – 25
$Р_р$ ($О_v – Р_р$)	0,470	-20,20	236,8	0,84	3,2	14 – 25
J_m($О_v$ -. J_m)	0,378	-18,54	253,7	0,92	4,0	14 – 25

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

$$У = 79{,}9 – 0{,}46t – 0{,}062\ \hbar, \qquad (8.69)$$

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

8.8.2 Прогноз строків розвитку колорадського жука

Для складання прогнозу термінів розвитку шкідника необхідна така інформація:

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

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

в – прогноз температури повітря;

г – середні багаторічні значення температури повітря;

д – дати настання фаз розвитку картоплі;

ж – тривалість дня на широті агрометеорологічної станції.

При виконанні розрахунків спочатку визначається дата переходу температури повітря через 10 °С. Потім визначається тривалість дня (n_1) на дату стійкого переходу температури повітря через 10 °С. Потім розраховується тривалість дня через 10 діб після переходу температури повітря через 10 °С (n_2). Тривалість дня визначається з таблиць сходу і заходу Сонця. Знаходиться різниця між першою та другою тривалістю дня (n_1 - n_2). Після цього розраховується початок яйцекладки першими жуками, які перезимували. Для цього використовується рівняння (8.68). Для полегшення розрахунків побудовані таблиці (8.21, 8.22).

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

Для визначення терміну обробки за описаною вище схемою розраховується термін початку кладки яєць жуками масового терміну виходу. Прогнози масової появи личинок другого та четвертого віку та жуків літньої регенерації розраховуються за допомогою робочої табл. 8.21.

За допомогою табл. 8.22 визначається в кожному конкретному випадку термін складання прогнозу, який забезпечував би його декадну завчасність. Після складання прогнозу термінів початку масового відродження личинок другого віку за даними температури повітря встановлюється термін складання прогнозу початку масового розвитку личинок четвертого віку, який забезпечує його п’ятиденну завчасність. Розраховані терміни проведення хімічних обробок посівів будуть оптимальними для полів з ранніми та середніми строками висадки.

Таблиця 8.21 – Залежність тривалості дозрівання жуків, які перезимували (дні), від температури повітря та показника терміну їх виходу (n_1 - n_2)

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

Таблиця 8.22 – Тривалість розвитку колорадського жука (дні) в залежності від температури повітря

№	Фаза і період розвитку (А)	Температура повітря,° С						
		12	13	14	15	16	17	18
1	Яйцекладка ($О_v$)	18	16	14	12	11	9	8
2	Личинки ($Л_1 – Л_4$)	-	30	27	25	22	20	18
3	Лялечки ($Р$)	-	33	29	25	22	20	18
4	Від яйцекладки до ($О_v – Л_2$)	-	25	21	21	16	14	12
5	($О_v – Л_4$)	-	-	33	28	25	22	20
6	($О_v$ -. J_m)	-	-	69	60	53	48	44
	Фаза і період розвитку (Б)	Температура повітря,° С						
		19	20	21	22	23	24	25
1	Яйцекладка ($О_v$)	7	7	6	6	6	6	6
	Продовження табл. 8.30							
2	Личинки ($Л_1 – Л_4$)	17	16	15	14	13	13	13
3	Лялечки ($Р$)	16	14	12	11	11	10	10
4	Від яйцекладки до ($О_v – Л_2$)	11	10	10	9	9	10	10
5	($О_v – Л_4$)	18	17	16	15	15	14	15
6	($О_v$ -. J_m)	40	36	33	31	30	29	29

Контрольні питання.

1. Які метеорологічні показники враховуються при внесенні добрив?
2.Що є критерієм доцільності внесень добрив навесні, влітку?
3. Як враховуються опади осінньо-зимового періоду при визначенні оптимальних доз добрив?
4.За який період розраховуються опади для встановлення поправок на величину доз живлення зернових культур?
5. Як встановлюються оптимальні дози азотних добрив під ярі культури?
6. Як встановлюються оптимальні дози азотних добрив під озимі культури?
7. Як розраховується розміри доз літнього живлення зернових культур?
8. Від чого залежать прибавки протеїну в зерні озимих культур?
9.Які види прогнозів складаються для розрахунку оптимального режиму зволоження?
10.Які вихідні дані використовуються для складання прогнозу термінів і норм зрошення?
11.Якскладається оцінка і прогноз полягання зернових культур?
12.Як впливає вологість повітря на стан зернових культур та ефективність збирання хлібів?
13.Як розраховуються втрати зерна при збиранні?
14. За яких умов спостерігається розвиток лугового метелика?
15. Що покладено в основу прогнозу розвитку лугового метелика?
16.Як впливають погодні умови на розвиток колорадського жука?
17. В які періоди розвитку колорадський жук найбільш шкодочинний?

РОЗДІЛ 9. МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ УРОЖАЙНОСТІ ТА ВАЛОВОГО ЗБОРУ ОСНОВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

9.1 Метод прогнозу врожаїв озимої пшениці в головних районах вирощування

В системі агрометеорологічного обслуговування сільського господарства особливе місце належить прогнозам урожайності і валового збору основних сільськогосподарських культур. В різних установах СНД були розроблені статистичні методи прогнозів урожайності. Вони відзначаються методичною основою, використовуваною інформацією, технологією складання прогнозів. В останні часи розробка нових статистичних методів для території України проводиться в Укр НДГМІ, в агрометеорологічному відділі Українського гідрометеорологічного центру та на кафедрі агрометеорології і агрометеорологічних прогнозів Одеського державного екологічного університету.

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. Озима пшениця має більш високу врожайність, ніж ранні ярі зернові культури. Основні посівні площі озимої пшениці розташовані в районах нестійкого та недостатнього зволоження, спостерігаються значні коливання врожайності щорічно. Тому прогнози врожайності озимої пшениці мають велике значення.

Прогноз врожайності озимої пшениці по областях та регіонах є головним агрометеорологічним прогнозом. Методика цього прогнозу розроблена Є.С. Улановою в 1984, і уточнена у 1994 рр [107].

Є.С. Улановою розроблені кількісні прогностичні залежності врожаїв озимої пшениці від головних інерційних факторів: густоти рослин, запасів продуктивної вологи у різні періоди розвитку, висоти рослин у фазу колосіння, кількості загальних стебел на 1 м^2 навесні і у фазу виходу у трубку, кількості колосоносних стебел у фазу колосіння, кількості колосків у колосі. Ці прогностичні залежності дозволяють розраховувати очікуваний врожай з різною завчасністю без використання синоптичного прогнозу погоди, який майже завжди зменшує справджуваність розрахованих величин. Для озимої пшениці отримані статистичні залежності врожаїв від агрометеорологічних факторів в різні періоди розвитку. Вони мають завчасність три місяці, два місяці та місяць. Ці статистичні залежності дають можливість прогнозувати врожаї озимої пшениці як для окремих полів, так і для великих територій – областей, регіонів то що.

Прогноз врожаю озимої пшениці для окремих полів. З тримісячною завчасністю очікуваний врожай розраховується за рівнянням:

$$y = 0{,}59W + 0{,}024m - 2{,}97 \qquad (9.1)$$

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

m – кількість стебел озимої на 1 м^2.

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

$$y = -12{,}8 + 0{,}29W - 10^{-3}W^2 + 0{,}04m - 10^{-5}m^2 - 0{,}72t + 0{,}03t^2 \qquad (9.2)$$

де у – врожайність озимої пшениці, ц/га;

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

m – кількість стебел на 1 м^2 в фазу виходу у трубку;

t – середня температура повітря за період від відновлення вегетації до виходу у трубку, ^{0}С.

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

$$\begin{aligned} y = -49{,}67 + 0{,}32W - 10^{-3}W^2 + 0{,}04m_k - 2\cdot 10^{-5}m_k^2 + 0{,}14h_k + \\ + 6\cdot 10^{-4}h^2 + 0{,}54n - 4\cdot 10^{-3}n^2 + 0{,}06E - 2\cdot 10^{-4}E^2 \end{aligned} \qquad (9.3)$$

де W – запаси продуктивної вологи на весну, 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.

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. Для складання прогнозу врожаю по території області необхідні осереднені агрометеорологічні показники не менше, ніж для 8 станцій.

Навесні після весняного обстеження посівів для розрахунку очікуваного врожаю з завчасністю три місяці розроблено рівняння:

$$y = -21{,}14 + 0{,}31W - 7 \cdot 10^{-4} W^2 + 0{,}023 m_в - 8 \cdot 10^{-6} m_в^2 \quad (9.4)$$

де W – середні по області запаси продуктивної вологи в декаду весняного обстеження, мм;

$m_в$ – середня по області кількість стебел на 1 м^2 в декаду весняного обстеження.

Рівняння застосовуються при запасах продуктивної вологи від 60 до 280 мм та кількості стебел від 100 до 2000 на 1 м^2 в декаду весняного обстеження.

Очікуваний врожай озимої пшениці з 3-и місячною завчасністю можна розрахувати також за результатами авіаспостережень за станом посівів навесні та запасами продуктивної вологи. В роки з високими врожаями (більше 30 ц/га) більш ніж на 70 % площі переважають посіви озимої пшениці в хорошому та відмінному стані; в роки з низькими врожаями – на 70 % площі озимина знаходиться в задовільному та поганому стані. Враховуючи це, були одержані прогностичні залежності:

$$y = -2{,}8 + 0{,}13W + 0{,}12S_5 + 0{,}3S_3 \quad (9.5)$$

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, розрахованого за рівнянням (9.4).

для центральних і південних областей України

$$y = -35{,}75 + 0{,}55W - 0{,}0017W^2 + 0{,}03 m_T - 9 \cdot 10^{-6} m_T^2 \quad \ldots (9.6)$$

для західних і північних областей України

$$y = -11{,}32 + 0{,}3W - 8 \cdot 10^{-4} W^2 + 0{,}014 m_T - 4 \cdot 10^{-6} m_T^2 \quad \ldots.(9.7)$$

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

$$y = -19{,}92 + 0{,}29W_k - 0{,}0013W_k^2 + 0{,}045m_k - 3\cdot 10^{-5}m_k^2 + 0{,}23h_k - \\ -14\cdot 10^{-5}h_k^2 - 0{,}805K + 0{,}057K^2 \qquad (9.8)$$

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

$$y = -19{,}13 + 0{,}32W_в - 8\cdot 10^{-4}W_в^2 + 0{,}002m_в - 6\cdot 10^{-6}m_в^2 - \\ -0{,}06\sum O_V + 9\cdot 10^{-4}\sum O_{\text{v}}^2 + 0{,}02\sum O_{\text{vi}} + 7\cdot 10^{-5}\sum O_{\text{vi}}^2 \qquad (9.9)$$

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;

$m_в$ – середня кількість стебел навесні;

ΣO_v – сума опадів у травні;

ΣO_{vi} – сума опадів у червні.

Підтвердження величини очікуваного врожаю середнього по області також розраховується за рівнянням

$$У = -26{,}72 + 0{,}031W + 0{,}064\,\Sigma O_{т\text{-}к} - 0{,}003\Sigma O_{к\text{-}вс} + \\ +0{,}016\,m_k + 0{,}12\,h_k + 1{,}76\,K \qquad (9.10)$$

де W – середні по області запаси продуктивної вологи в декаду виходу у трубку;

$\Sigma O_{т\text{-}к}$ – середня по області сума опадів від виходу у трубку до початку масового колосіння, мм;

$\Sigma O_{к\text{-}вс}$ – середня по області сума опадів від початку колосіння до воскової стиглості, мм;

m_k – середня кількість колосоносних стебел у фазу початку колосіння;

K – середня кількість розвинених колосків у колосі;

h_k – висота рослин на колосіння.

При складанні прогнозу у фазу колосіння з використанням рівняння (9.10) 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 в області більше 50% площі займають нові сорти інтенсивного типу, то очікувану середню врожайність слід підвищити відповідно на 2 – 4 ц/га за середніх та сприятливих умов.

Отримані Є.С. Улановою статистичні рівняння мають добру справджуваність, однак в аномальні роки помилки розрахунків були досить значними. У зв'язку з цим, а також у зв'язку із введенням у виробництво нових сортів і використанням інтенсивних технологій, у 1994 році Є.С. Улановою був удосконалений метод прогнозу врожайності озимої пшениці. Нею було встановлено, що значний вплив на формування врожаїв озимої пшениці чинять опади травня та червня. Є.С. Улановою було розроблено декілька комплексних показників:

1) – коефіцієнти зволоження (К), які розраховуються за формулами:

від відновлення вегетації до колосіння

$$K_1 = W_{в.о} + \sum R_{в.о\text{-}к} / 0.01 \sum_{tв.о.\text{-}к1} \quad , \qquad (9.11)$$

від відновлення вегетації до кінця червня

$$K_2 = W_{в.о} + \sum R_{у\text{-}у1} / 0.01 \sum t_{у\text{-}у1} \, , \qquad (9.12)$$

$$K_{у1} = W к_{1у} + \sum R_{у\text{-}у1} / 0.01 \sum t_{у\text{-}у1} \quad , \qquad (9.13)$$

…….. $K_{у2} = W к_у + \sum R_{у1} / 0.01 \sum t_{у\text{-}у1}$, (9.14)

2) – коефіцієнт біомаси пшениці ($К_{біом}$)

$$K_{біом} = 0{,}0001 r_{kck} \cdot h_k \cdot r_{pkk}, \qquad (9.15)$$

3) – коефіцієнт продуктивності озимої пшениці ($К_{пк}$)

$$K_{ПК} = 0{,}0001 \, r_{kck} \cdot r_{pkk} \, , \qquad (9.16)$$

де K_1, K_2, K_{y1}, K_{y2} – коефіцієнти зволоження за різні періоди вегетації;

$K_{біом}$ – коефіцієнт біомаси пшениці;

$K_{пк}$ – коефіцієнт продуктивності озимої пшениці;

$W_{в.о}$ – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту в декаду весняного обстеження посівів, мм;

$Wк_{1у}$ –запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на кінець квітня, мм;

$Wк_{у}$ – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на кінець травня, мм;

$\sum R_{в.о-к}$ – сума опадів від весняного обстеження до колосіння, мм;

$\sum R_{V-V1}$ – сума опадів за травень – червень, мм;

$\sum R_{V1}$ – сума опадів за червень, мм

$\sum_{tв.о.-к1}$ – сума температур від весняного обстеження посівів до колосіння, °С;

$\sum t_{у-у1}$ – сума температур за травень – червень, °С;

r_{kck} – кількість колосоносних стебел на 1 м^2 у фазу колосіння;

h_k – висота рослин у фазу колосіння,см;

r_{pkk} – кількість розвинених колосків в колосі у фазу колосіння.

Були розраховані матриці коефіцієнтів кореляції врожайності з різними показниками. Аналіз матриць показав, що найбільш тісні зв'язки урожайності озимої пшениці в Україні спостерігаються з середньою висотою стеблостою, кількістю розвинених колосків у колосі у фазу колосіння, сумою опадів і середньою температурою повітря за період від виходу у трубку до колосіння та з комплексним показником біомаси, в інших регіонах країни – з запасами продуктивної вологи у метровому шарі весною , показником зволоження (K_2), з сумою опадів та середньою температурою повітря за травень та з ГТК за травень – червень. Крім того, наряду з комплексними агрометеорологічними показниками для врахування культури землеробства та інтенсивних технологій у прогностичні рівняння було введено предиктором, як один із складових номер року за трендом (N), який відображає зростання врожайності озимої пшениці по роках. Оскільки тенденції зростання врожайності по території різні, то статистичні рівняння були отримані для деяких регіонів України. В прогностичних рівняннях номер року за трендом за 1980 рік було прийнято за одиницю.

Прогностичні рівняння з різними комплексними показниками були отримані для розрахунків урожайності з двомісячною та місячною завчасністю.

З двомісячною завчасністю отримані рівняння:

для центральних областей України

$$У = -7.07 + 0{,}238W_{в.т.} - 0{,}694 \cdot 10^{-3} W^2_{в.т} + 0{,}179 \cdot 10^{-2} r_{ст} + 0{,}341 \cdot 10^5 r^2_{ст} + \\ + 1{,}835ГТК_5 + 0{,}157ГТК_5^2 + 0{,}704 N - 0{,}007 N^2, \qquad (9.17)$$

для південних і південно-східних областей України

$$У = 1{,}66 - 0{,}116W_{5.} + 0{,}114 \cdot 10^{-2} W_5^2 - 0{,}022 \cdot 10r_{ст} + 0{,}193 \cdot 10^{-4} r^2_{ст} + \\ + 29{,}997ГТК_5 - 11{,}67ГТК_5^2 - 0{,}061N + 0{,}953 \cdot 10^2 N^2, \qquad (9.18)$$

для північних і північно-східних областей України

$$У = 4{,}34 - 0{,}001W_{5.} + 0{,}5 \cdot 10^{-4} W^2_5 - 0{,}006r_{ст} + 0{,}1 \cdot 10^{-4} r^2_{ст} - 8{,}132ГТК_5 - \\ - 1{,}65ГТК_5^2 + 0{,}892N - 0{,}012N^2, \qquad \ldots\ldots(9.19)$$

З місячною завчасністю отримані рівняння:
для центральних областей України

$$У_1 = -11{,}17 + 0{,}227K_{1.} + 0{,}246 \cdot 10^{-2} K_1^2 + 0{,}013 \cdot K_{біом} - \\ -0{,}607 \cdot 10^{-2} K^2_{біом} + 0{,}518N - 0{,}386 \; 10^{-2} N^2, \qquad (9.20)$$

для південних і південно-східних областей

$$У_1 = 24{,}11 + 1{,}723K_1 - 0{,}020K_1^2 - 1{,}047 \cdot Kпк + \\ +0{,}615 \cdot 10^{-2} K^2 пк + 0{,}378N - 0{,}423 \; 10^{-2} N^2, \qquad (9.21)$$

для північних і північно-східних областей України

$$У_1 = -26{,}763 + 2{,}285 K_{у2.} - 0{,}040 K_{у2.}^2 + 0{,}147 \cdot K_{біом} - \\ -0{,}0001K^2_{біом} + 1{,}414N - 0{,}035N^2, \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(9.22)$$

За рівняннями (9.17 – 9.19) прогноз урожайності і валового збору пшениці складається після виходу у трубку, приблизно з двомісячною завчасністю до дозрівання. Уточнення цього прогнозу розраховується після настання фази колосіння, приблизно з місячною завчасністю за рівняннями (9.20 – 9.22).

Приклад. Скласти довгостроковий прогноз середнього по області врожаю озимої пшениці із завчасністю два місяці в Дніпропетровській області.

Вихід у трубку по Дніпропетровській 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 ºС, 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:

$$У = -35{,}75 + 0{,}55 \cdot 110 - 0{,}0017 \cdot 110^2 + \\ + 0{,}03 \cdot 850 - 0{,}000009 \cdot 850^2 = 23{,}2 \, ц/га$$

Таким чином, очікуваний врожай по Дніпропетровській області за даними з двомісячною завчасністю становить 23,2 ц/га.

Завчасність один місяць. (уточнення прогнозу із завчасністю 2 місяці).

Масове колосіння озимої пшениці на Дніпропетровщині у 2013 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

$$У = -19{,}92 + 0{,}29 \cdot 61 - 0{,}0013 \cdot 61^2 + 0{,}045 \cdot 464 - 0{,}00003 \cdot 464^2 +$$

$$+ 0{,}23 \cdot 70 - 0{,}00014 \cdot 70^2 - 0{,}805 \cdot 16 + 0{,}057 \cdot 16^2 = 24{,}5 \ ц/га$$

Таким чином, очікуваний врожай озимої пшениці становить 24,5 ц/га. Фактичний врожай був 22,3 ц/га. Помилка розрахунків становить 2,2 ц/га, при можливій – 3 ц/га.

Після розрахунків складається текст прогнозу, в якому надається характеристика агрометеорологічних умов формування врожаю озимої пшениці.

Розрахунки залежності відхилень прогнозованих урожаїв від фактичних дозволили розробити статистичні рівняння типу $У = а + вх$ де $х$ – розрахований урожай за вказаними вище рівняннями. Це дало можливість для уточнення прогнозу, складеного із місячною завчасністю, визначати поправки до очікуваних за прогнозом врожаїв. Ці поправки розраховуються за рівняннями:

для центральних областей України

$$У = - 0{,}1537 + 0{,}9764\ У_1 \qquad (9.23)$$

для південних і південно-східних областей

$$У = - 0{,}082 + 0{,}9693\ У_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \ \ldots\ldots\ldots \qquad (9.24)$$

для північних і північно-східних областей України

$$У = - 0{,}5152 + 0{,}9221\ У_1 \qquad (9.25)$$

9.2 Прогнози врожаю 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 колосоносних 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 елементи продуктивності.

Кількість колосоносних стебел та кількість колосків у колосі – це величини, що характеризують вплив агрометеорологічних умов на формування врожаю та розвиток рослин від сходів до колосіння.

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 вологозабезпеченісті посівів (у відсотках від оптимальної), що розраховується за періоди сівба – вихід у трубку (U_1) та сівба – колосіння (U_2):

$$У = 0{,}28U_1 - 1{,}40 \qquad (9.26)$$

$$У = 0{,}26U_2 - 3{,}10 \qquad (9.27)$$

Прогноз врожаїв ярої пшениці у основній зоні вирощування складається двічі: у фазу виходу у трубку (з двомісячною завчасністю) та у фазу колосіння (завчасність 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, запропонованою С.О. Веріго:

$$V = \frac{E}{E_0} \cdot 100 \quad , \qquad (9.28)$$

$$E = (W_1 + x) - W_2 \quad , \qquad (9.29)$$

$$E_o = k \cdot \sum d \quad , \qquad (9.30)$$

де E – сумарне випаровування за декаду;

E_0 – випаровуваність за декаду, коефіцієнт $к$ від сівби до колосіння становить – 0,45, від колосіння до воскової стиглості – 0,35;

d – сума дефіцитів насичення за декаду, мм.

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'явились 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 переводу 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 середнє арифметичне. У нашому випадку це буде – 69 %.

На вихід у трубку очікуваний врожай розраховується: $ó = 0{,}28 \cdot 69 - 1{,}40 = 17{,}92\ ö / ãà$. Прогноз уточнюється після настання фази колосіння. Вологозабезпеченість посівів від сівби до колосіння становить 77 %, тоді врожай за рівнянням (9.27) буде: $ó = 0{,}26 \cdot 77 - 3{,}10 = 16{,}92\ ö / ãà$.

Дослідженнями Плучек Л.С. встановлено, що у посушливих районах вирішальним інтегральним фактором майбутнього врожаю ярої пшениці є запаси продуктивної вологи в період сівби (W_c). Крім того існує тісний зв'язок урожаїв ярої пшениці з кількістю опадів за травень (R_5) та червень (R_6) і дефіцитом насичення повітря вологою (d_4) та травень (d_5). Встановлено також, що на формування врожаїв у посушливих районах впливають також опади попередньої зими та ранньої весни. Н.В. Гуліновою встановлена чітка залежність врожаїв ярої пшениці від коефіцієнта зволоження, запропонованого нею ж. Він розраховується як відношення суми опадів (R_1) за осінньо-зимовий період (листопад – березень) з коефіцієнтом 0,5 і за весняний період (R_2) (квітень – травень) до суми дефіцитів насичення (d, гПа) за квітень – травень з коефіцієнтом 0,5.

$$K_г = (0{,}5\, R_1 + R_2) / 0{,}5 \sum d \quad . \qquad (9.31)$$

Л.С. Плучек були отримані багатофакторні статистичні рівняння для розрахунку очікуваного урожаю ярої пшениці з різною завчасністю.

з двомісячною

$$У = 10,94 + 0,028\ W_c - 0,716\ d_5 + 0,\ 046\ R_6 \quad . \qquad (9.32)$$

з місячною

$$У = 29,58 - 0,271\ d_5 - 0,758\ d_6, -\ 413\ t_7 \qquad (9.33)$$

За вказаними вище рівняннями прогнози врожаю ярої пшениці складаються двічі: в період фази виходу у трубку – появи нижнього вузла соломини та в період фази колосіння – налив зерна.

Приклад. Скласти прогноз середнього по області урожаю ярої пшениці. Для виконання розрахунків спочатку необхідно визначити середні обласні значення запасів продуктивної вологи в період сівби, дефіциту насичення за травень, суму опадів за червень, середню температуру повітря за липень. Початкові дані: W_c = 120 мм; d_5 = 6,4 гПа, d_6=12,6гПа, R_6 = 28 мм, середня температура за липень = 20,6 °С. Розрахунки виконуються із завчасністю 2 місяці за рівнянням (9.32), із завчасністю 1 місяць за рівнянням (9.33).

$$У_{p1} = 10,94 + 0,028 \cdot 120_c - 0,716 \cdot 6,4 + 0,\ 046 \cdot 28 = 11,02 ц/га$$

$$У_{p2} = 29,58 - 0,271\ 6,4 - 0,758\ 12,6 - 0,413 \cdot 20,6 = 9,8\ ц/га.$$

Уточнення прогнозу з місячною завчасністю виконується за рівнянням

$$У = -0,0263 + 0.9697\ У_{p2}. \qquad (9.34)$$

тоді очікуваний урожай буде $У = -0,0263 + 0,9697 \cdot 9,8 = 9,5$ ц/га.

9.3. Методи прогнозів врожаю ярого ячменю

Нечорноземна зона. Ярий ячмінь відносять до культур найбільш ранніх термінів сівби, тому що він 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 ярого ячменю з 10 – 12 днів до 20 – 25 спричиняє зменшення цього відношення.

У період від сходів до виходу у трубку висока температура повітря спричиняє 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 – 12º С та запаси вологи у шарі 0 – 20 см становлять 50 – 60 мм, якщо ж запаси вологи менше 20 – 15 мм і температура коливається в межах 15 – 18º С, то врожай значно зменшується.

Те ж саме спостерігається якщо у період від виходу у трубку до колосіння буде спостерігатись температура повітря вище 17º 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 висоти рослин 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 в 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 отримане рівняння для ранніх, пізніх та нормальних весен:

для нормальних весен

$$y/y_{\max} = -0{,}0042\,t_2 - 0{,}0077\,t_3 + 0{,}0008W_1 + \\ + 0{,}0031W_2 + 0{,}0015\,h + 0{,}5878 \qquad (9.35)$$

для ранніх весен

$$y/y_{\max} = -0{,}0030\,t_1 - 0{,}0052\;t_2 - 0{,}007\,t_3 + 0{,}001W_1 + \\ + 0{,}001W_2 + 0{,}0003\,h + 0{,}71 \qquad (9.36)$$

де враховується температура за період сівби;

для пізніх весен

$$y/y_{\max} = -0{,}008\,t_2 - 0{,}0072\,t_3 + 0{,}001W_1 + \\ + 0{,}0012W_2 + 0{,}0014\,h - 0{,}0009d - 0{,}0040l + 0{,}80 \qquad (9.37)$$

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 з середньою багаторічною. Якщо відхилення складає не більше 9 днів, то прогноз складається за головним рівнянням (для нормальної весни). Якщо ж ця дата відзначається на 10 днів і більше раніше, то використовуються рівняння: для ранньої весни. Якщо ж пізніше – то використовується рівняння для пізньої весни;

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 (не менше, ніж за 5 років). Приклад в табл. 9.1.

Чорноземна зона. Метод прогнозу врожаїв ячменю для чорноземної зони був розроблений Н.Н. Жовтою. Для того щоб виявити більш чітку залежність врожайності від основних агрометеорологічних факторів чорноземна зона України поділена на дві зони:

I – Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Одеська, Луганська та Херсонська області України та АР Крим;

2 –Вінницька, Кіровоградська, Миколаївська, Полтавська, Харківська та Черкаська області України, Саратовська, Пензенська обл.

Графічний аналіз залежностей врожайності ярого ячменю від основних агрометеорологічних факторів дозволив зробити висновок, що в усіх 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. 9.2.

Приклад. Скласти прогноз середнього по області врожаю ячменю у Сумській області. Всі фактори, що необхідні для складання прогнозу, заносяться у табл. 9.1

Таблиця 9.1 – Складання прогнозу врожаю ячменю для нечорноземої зони (Сумська область)

Станція	Дата наступу фаз розвитку			Середня температура повітря за період, ºС		Середні запаси вологи (мм) в шарі 0 – 20 см за період		Висота, см
	сходи	вихід в трубку	колосіння	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	–	–	71
Шостка	16.V	12.VI	28.VI	13,7	15,5	–	–	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	4.VII	14,3	15,4	–	–	45
Ромни	4.V	22.VI	18.VI	12,9	14,1	–	–	70
Лебедин	12.V	8.VI	30.VI	13,5	15,6	30	12	67
Середнє				13,5	15,3	32	16	61

Таблиця 9.2 – Межові значення агрометеорологічних показників, які забезпечують найбільші та найменші врожаї ярого ячменю

Характеристика	Найбільш несприятливі умови	Найбільш сприятливі умови
1. Кількість опадів за перед вегетаційний період (P_0), мм	< 70	150 – 175
2. Кількість опадів за період сівба – колосіння (P_1), мм	< 30	120 – 150
3. Весняні запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту (W_1), 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, ºС)	> 23	17 – 19
8. Нестача насичення повітря в декаду масового колосіння, (d, гПа)	> 18	8 – 10
9. Кількість колосоносних стебел на 1м^2 на дату колосіння, (L_2)	< 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

Середня по області температура повітря за період сівба – вихід у трубку становить 13,5 °С, за період – вихід у трубку – колосіння – 15,3 °С. 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.

Кореляційний аналіз дозволив відокремити агрометеорологічні фактори, які найбільш суттєво впливають на формування врожаю. При цьому у різних регіонах це будуть різні фактори. Для України найбільш впливовими є опади другої половини вегетаційного періоду та кількість колосоносних стебел, висота рослин.

Були отримані багатофакторні прогностичні рівняння для розрахунку очікуваних врожаїв у кожному регіоні. За цими рівняннями прогноз очікуваного врожаю складається двічі: 1 – у період виходу рослин у трубку, другий – у фазу колосіння (табл. 9.3).

При складанні прогнозів середніх по області врожаїв інформативність початкових даних повинна складати не менше ніж по шести станціях.

Таблиця 9.3 – Рівняння для розрахунку врожаю ячменю

Райони	Рівняння
	Після виходу у трубку
1	$ó = 0{,}326W_1 - 0{,}001W_1^2 + 0{,}288P_1 - 0{,}002P_1^2 +$ $+ 0{,}088L_2 - 0{,}0006L_2^2 - 48{,}2$ $S = \pm 2{,}5$ ö/ãà
2	$y = 0{,}240P_0 - 0{,}0007P_0^2 - 0{,}6P_1 - 0{,}006P_1^2 + 0{,}02L_2 + 28{,}7$ $S = \pm 3{,}5$ ц/га
	Після колосіння
1	$y = 0{,}085P_0 - 0{,}0003P_0^2 + 0{,}038W_3 + 0{,}194h - 0{,}012d + 1{,}3$ $S_y = \mp 3{,}9 ц/га$
2	$ó = 0{,}173P_3 - 0{,}001P_3^2 - 0{,}443h + 0{,}005h^2 + 0{,}02L_3 - 0{,}573d + 18{,}6$ $S_ó = \mp 3{,}6 ö/ãà$

Примітка: позначка складових у рівняннях в табл. 9.3 така ж як у табл.9.2.

Техніка складання прогнозу врожаю ячменю у чорноземній зоні.

1. Підготовити 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, кількість колосоносних стебел.

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 дефіциту насичення повітря вологою та середню по області висоту рослин на дату колосіння.

5. Розрахувати очікувану врожайність ярого ячменю, використовуючи формули з табл. 9.3. Проаналізувати виконані розрахунки та скласти текст прогнозу.

9.4.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 [78].

С.Л. Плучик займався цими дослідженнями для основної зони вирощування вівса. В цілому територія вирощування вівса розділена на 2 зони: 1 – зона нечорноземних земель (Полісся України); 2 – чорноземна зона. Найбільш поширені у виробництві сорти вівса Льговський, Ярославський, Фаленський, Надіжний, Орел та ін.

С Л. Плучик встановив, що вирішальна роль у формуванні врожаю вівса у основній зоні вирощування належить зволоженню ґрунту у шарі 0 – 50 см у період викидання волоті. Крім того, величина врожаю вівса також залежить від висоти рослин у фазу викидання волоті. 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 запасівпродуктивглї вологи у півметровому шарі ґрунту (W) для кожної з вищеназваних зон.

$$\left.\begin{aligned} &1.\ \acute{o} = -1.08 + 0.19h + 0.09W_1 \\ &2.\ \acute{o} = -0.08 + 0.17h + 0.03W_1 \end{aligned}\right\} \quad (0\text{-}50) \qquad \begin{aligned} &(9.38) \\ &(9.39) \end{aligned}$$

$$\left.\begin{aligned} 3.\ ó &= 0.69 + 0.13h + 0.09W_1 \\ 4.\ ó &= -5.3 + 0.25h + 0.03W_2 \end{aligned}\right\} \quad (0\text{-}100) \qquad \begin{aligned} &(9.40) \\ &(9.41) \end{aligned}$$

Ці залежності використовуються для розрахунку врожаю вівса з завчасність півтора місяці після наступу фази викидання волоті.

А.М. Польовий та Т.І. Мизіна проводили дослідження у Нечорноземній зоні. Ними бали встановлено, що у період проростання зерна вівса воно дуже чутливе до несприятливих умов - пере зволоження 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:

$$\begin{aligned} ó/ó_{mas} = &-0.0011t_1 - 0.0125t_2 + 0.0021W_1 + 0.0012W_2 + \\ &+ 0.0010W_3 + 0.0018h + 0.54 \end{aligned} \qquad (9.42)$$

де y/y_{max} – відношення очікуваного врожаю до найбільшого врожаю у районі. Найбільший врожай визначається для кожної області окремо.

9.5. Прогноз урожаю гороху

Горох вважається цінним продуктом харчування, на корінні його збираються бульбочкові бактерії, які засвоюють азот з повітря. Він має могутню систему коріння, добуває поживні речовини з глибоких шарів і збагачує ними верхній орний шар ґрунту, не вимогливий до тепла, але любить вологу, період його вегетації складає від 60 до 100 днів.

В Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті А.А. Левенко [46] розроблена методика прогнозу середніх по області значень врожайності і валового збору зерна гороху. Виробничі

випробування методики проведені Українським УГКС. За їх результатами Технічною радою Українського УГКС рекомендовано використовувати запропонований метод прогнозу середньої врожайності і валового збору гороху в Україні як основний у Дніпропетровській, Кіровоградській, Одеській, Черкаській, Полтавській, Донецькій, Луганській, Харківській та Київській областях. В інших областях України – як орієнтовний. Справджуваність методу склала в середньому 84 %.

При розробці методу прогнозу вся територія України умовно розділена на три зони. В першу зону ввійшли Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Хмельницька, Тернопільська, Рівненська та Волинська області; в другу зону – Житомирська, Вінницька, Черкаська, Сумська, Полтавська та Харківська області; в третю зону – Кіровоградська, Одеська, Миколаївська, Херсонська, Кримська, Дніпропетровська, Донецька, Луганська і Запорізька області.

Середні обласні значення очікуваної врожайності (y_n) розраховується після 10 липня з завчасністю 40 – 50 днів до збирання за формулою

$$y_{\text{п}} = y_{\text{т}} + \kappa_0^j \cdot k_u \quad , \tag{9.43}$$

де $y_{\text{т}}$ – врожайність, отримана шляхом екстраполяції кривої тренда;

κ_o^j – коефіцієнт, що враховує вплив метеорологічних умов на врожайність даного року по відношенню до врожайності еталонного року (j = 1, 2, 3 – номер зони);

κ_u – значення тренда модулів відхилення врожайності від її тренда в ц/га. За еталонний при розробці методики був вибраний 1984р.

В цій схемі коефіцієнт κ_o^j для кожної з названих вище зон розраховується за формулами:

для зони 1

$$\kappa_o^1 = \kappa_{\text{ог}}^1 + \Delta_{1\text{г}}^1 + \Delta_{2\text{г}}^1 + \Delta_{3\text{г}}^1 + \Delta_{4\text{г}}^1 + \Delta_{5\text{г}}^1, \tag{9.44}$$

для зони 2

$$\kappa_o^2 = \kappa_{\text{ог}}^2 + \Delta_{1\text{г}}^2 + \Delta_{2\text{г}}^2 + \Delta_{3\text{г}}^2 + \Delta_{4\text{г}}^2 + \Delta_{5\text{г}}^2, \tag{9.45}$$

для зони 3

$$\kappa 3 = \kappa_{\text{ог}}^3 \quad , \tag{9.46}$$

де $\kappa_o^1, \kappa_{\text{о}}^2, \kappa_o^3$ – середні значення коливання врожаю відповідно для зон 1,2 і 3 в залежності від сум температур не менше 15 ºС за період квітень – перша декада червня включно;

$\Delta^1_{1г}, \Delta^1_{2г}, \Delta^1_{3г}, \Delta^1_{4г}, \Delta^1_{5г}$ – помилки для зони 1 відповідно за рахунок середньої температури повітря за травень, першу декаду червня, за квітень, запасів продуктивної вологи в мм у шарі ґрунту 0 – 100 см за першу декаду червня і за травень;

$\Delta^2_{1г}, \Delta^2_{2г}, \Delta^2_{3г}, \Delta^2_{4г}, \Delta^2_{5г}$ – помилки для зони 2 відповідно за рахунок середньої температури повітря за травень, квітень, першу декаду червня, запасів продуктивної вологи в мм за квітень у шарі 0 – 20 см, за травень в шарі 0 – 100 см.

Значення $\kappa^1_{ог}, \kappa^2_{ог}, \kappa^3_{ог}$ – приведені в таблиці 9.4 і визначаються за сумами ефективних температур не менше 15º С за період квітень – перша декада червня, другі елементи формул (9.44 – 9.46) – з табл.9.5 та 9.6.

Таблиця 9.4 – Значення середніх коливань урожайності гороху $\kappa^1_{ог}, \kappa^2_{ог}, \kappa^3_{ог}$ в залежності від сум температур

Сума температур вище 15° С	$К_{ог}^1$	$К_{ог}^2$	$К_{ог}^3$
1	2	3	4
10	1,8	1,8	
15	1,65	1,20	-
20	1,5	0,80	0,60
30	1,16	0,30	0,60
40	0,80	0	0,62
50	0,50	-0,22	0,78
60	0,20	-0,56	1,10
70	0	-0,74	1,40
80	-0,20	-0,90	1,42
90	-0,38	-1,20	1,30
100	-0,48	-1,30	0,96
110	-0,60	-1,40	0,50
120	-0,70	-1,50	-0,20
130	-0,78	-1,60	-0,76
140	-0,80	-1,70	-1,30
150	-0,80	-1,75	-1,70
160	-	-1,82	-1,98
170	-	-1,94	-2,0
180	-	-2,0	-
190	-	-2,0	-
200	-	-2,0	-

Рівень врожаю з врахунком тренду $y_т$ і величина його коливання $к_u$ визначаються з аналізу рядів динаміки врожайності так: врожайність відноситься до нестаціонарних випадкових величин, тобто з часом змінюється її рівень, а також значення відхилень від нього. Тому необхідно відокремлення як тренду врожайності $y_т$ так і тренду цих відхилень $к_u$.

Таблиця 9.5 – Значення поправок в залежності від середньої температури повітря

Температура повітря	Поправки	
1	2	3
Травень (t_2)	$\Lambda_{1г}^{1}$	$\Lambda_{1г}^{2}$
8	-2,50	-2,50
9	-2,50	-2,30
10	-2,28	-1,76
11	-1,90	-1,38
12	0,40	0,10
13	0,80	1,10
14	0,30	1,40
15	0,10	1,20
16	0	0,60
17	0	0,20
18	0	0
Червень (t_3) перша декада	$\Lambda_{2г}^{1}$	$\Lambda_{3г}^{2}$
13	-0,20	0
14	-0,20	0
15	0,20	0
16	0,60	0,14
17	0,77	0,40
18	0,10	0,46
19	0,0	0,10
20	-	0,30
21	-	-0,40
Квітень (t_1)	$\Lambda_{3г}^{1}$	$\Lambda_{2г}^{2}$
5	-0,20	-
6	-0,38	-0,20
7	-0,18	-0,15
8	0	-0,06
9	0,26	0,10
10	0,40	0,20
11	0,40	0,20

Таблиця 9.6 – Значення поправок в залежності від запасів продуктивної вологи в шарі 0 – 100 см в травні W_2, квітні W_1, червні W_3

Запаси вологи	Поправки $\Lambda_{5г}^{1}$	Запаси вологи	Поправки $\Lambda_{5г}^{2}$
1	2	3	4
Травень	Зона 1W_2	Зона 2 W_2	
150	0	60	-0,20
160	0	70	-0,10
170	0,12	80	0,16
180	0,34	90	0,44
190	0,44	100	0,60
200	0,34	110	0,50
210	0,10	120	0,10
		130	-0,20
		140	-0,20
Червень W_3	$\Lambda_{4г}^{1}$	Квітень W_1	$\Lambda_{4г}^{2}$
50	-0,20	20	-0,20
60	-0,18	30	-0,20
70	-0,12	40	-0,16
80	-0,04	50	0,25
90	0,06	55	0,40
110	0,20	60	-0,10
120	0,22	65	-0,20
130	0,24	70	-0,20
140	0,26	-	-
150	0,24		
160	0,22		

Для надійного визначення цих величин потрібні ряди врожайності не менше 15 років (табл. 9.7).

В першій строчці табл. 9.7 ряд врожайності *y* з 1994 до 2010 року. Для полегшення виділення тренду врожайності проводиться згладжування ряду за формулою

$$y_1^1 = \frac{y_1 + 2y_{1+1} + 4y_{1+2} + 2y_{1+3} + y_{1+4}}{10} \qquad (9.47)$$

де i = 1, 2, 3,..., n – 4; n – число членів вихідного ряду;

j= i+2 – порядкове місце запису загладжуваної величини в рядку врожайності з n елементів; де j =3, 4,..., n – 2 .

Якщо дати величині *i* значення 1, тоді перше згладжене значення

$$y_3^1 = \frac{8{,}8 + 8{,}6 \cdot 2 + 19{,}6 \cdot 4 + 8{,}8 \cdot 2 + 8{,}3}{10} \frac{\text{ц}}{\text{га}} = 13{,}0 \, ц/га$$

запишеться у стовпчик 1996 року. Потім *i* =2 - отримаємо

$$y_4^1 = \frac{8{,}6 + 19{,}6 \cdot 2 + 8{,}8 \cdot 4 + 8{,}3 \cdot 2 + 14{,}7}{10} \frac{\text{ц}}{\text{га}} = 11{,}4 \, \text{ц/га}$$

і запишеться в стовпчик з даними за 1997 рік та т. ін. до i = n – 4

$$y_5^1 = \frac{19{,}1 + 22{,}8 \cdot 2 + 20{,}5 \cdot 4 + 4{,}1 \cdot 2 + 23{,}5}{10} \frac{\text{ц}}{\text{га}} = 17{,}8 \, \text{ц/га}$$

запишеться в стовпчик з даними за 1998 рік і так до кінця ряду.

Щоб не губилися два останні елемента в ряду y^1, після визначення всіх згладжених значень, проводиться екстраполяція згладжування ряду на останні два елементи послідовно за формулами:

$$y_{\text{n}-1}^1 = \frac{y_m^1 \cdot 2 + y^1 - y^1}{2} \quad , \qquad (9.48)$$

так як

$$y_n^1 = \frac{y_{n-1}^1 \cdot 2 + y_{n-2} - y_{n-4}^1}{2}, \qquad (9.49)$$

$$y_{16}^1 = \frac{17{,}8 \cdot 2 + 17{,}9 - 13{,}4}{2} \frac{ц}{га} = 20{,}0 ц/га \quad \text{і}$$

$$y_{17}^1 = \frac{20{,}0 \cdot 2 + 17{,}8 - 17{,}2}{2} \frac{ц}{га} = 20{,}3 ц/га,$$

потім $У^1_{16}$ записується в стовпчик 2009 р., а $У^1_{17}$ – в 2010р.

Таким чином, методом загладжуваної середньої (дивись формули (9.47) і розрахунки до них) отриманий загладжуваний ряд значень y^1 наноситься на графік часового ходу і з’єднується відрізками прямих. За загладженим часовим ходом врожайності y^1 проводиться плавна середня лінія (лінія тренду) таким чином, щоб площі, створені ломаною і плавною лінією, вище і нижче лінії були б приблизно однаковими (аналогічно проведенню гістограми часового ходу температури повітря). Значення, відповідні лінії тренду y_T, приводиться в 3-й строчці табл. 9.7.

Таблиця 9.7 – Середні обласні значення врожайності гороху (*У*) і розрахунок параметрів тренду: (y^1) – згладжені ряди урожайності; (y_m) – значення врожайності зняті з лінії тренду; ($к_i$ *та* $к_u$) – відповідно відхилення врожайності від її тренду і тренд модулю цих відхилень (ц/га)

Вели-чини	Роки																
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	Одеська область																
$У$	15,3	18,9	18,7	17,0	11,7	21,5	23,6	14,6	16,7	19,1	18,2	16,9	16,8	24,9	19,3	8,3	26,1
$У^1$			13	11,4	11,7	12,9	13,4	12,1	11,9	13,0	14,6	13,4	17,2	17,9	17,8	20,0	20,4
y_m			10,6	11,0	11,5	12,0	12,6	13,1	13,6	14,0	14,6	15,0	15,4	15,9	16,3	16,7	17,0
$К_o^i$			8,5	-1,5	4,7	-3,2	7,0	-2,4	-5,0	0	5,7	-3,4	3,2	6,0	4,3	-9,4	2,7
$К_u$			1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
Полтавська область																	
$У$	13,6	19,1	20,7	12,9	12,7	17,9	14,3	14,1	17,7	19,7	25,9	16,6	28,4	26,9	24,5	8,8	21,3
$У^1$			17,3	15,5	14,7	15,3	15,2	15,8	17,9	19,8	22,3	22,2	25,1	23,9	21,9	22,8	21,2
y_m			17,1	17,4	17,8	18,2	18,5	18,9	19,2	19,6	19,9	20,3	20,6	20,9	21,2	21,5	21,8
$К_o^i$			3,6	-4,5	-5,1	-0,3	-4,2	-4.8	-1,5	0,3	6,0	-3,7	7,8	6,0	3,3	-12,7	-0,5
k_u			2,7	2,8	3,0	3,2	3,4	3,7	3,9	4,2	4,5	4,8	5,0	5,4	5,7	6,0	6,4
Київська область																	
$У$	15,2	24,9	17,4	16,1	24,6	15,0	21,0	21,1	22,6	22,8	27,3	28,2	30,9	29,9	30,2	14,4	18,5
$У^1$			17,5	18,1	17,1	19,8	18,8	20,4	21,4	23,7	26,2	28,2	29,6	28,6	25,9	26,1	24,2
y_m			18,2	18,8	18,9	19,4	19,9	20,6	21,4	22,4	22,8	23,7	24,0	24,7	25,1	25,4	25,7
$К_o^i$			-3,3	-1,1	-2,8	5,1	-4,9	0,4	-0,1	0,8	4,5	4,8	6,2	6,2	4,8	-11	-7,2
k_u			2,1	2,2	2,3	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,7	5,2	5,8	6,5	7,2	8,2

Різниця значень 1 і 3-ї строчок дає відхилення врожайності від її тренду, теж визначається із табл. 9.7, значення яких представлені в 4-й строчці табл. 9.7. Будується графік динаміки абсолютних відхилень врожайності від її тренду $|k_i|$, а потім для них аналогічно описаному вище, знаходиться тренд коливання $k_т$, його значення приведені в 5-й строчці табл. 9.7.

$$\kappa_i = y_i - y_{тi}, \qquad (9.50)$$

Техніка складання прогнозу врожаю гороху.

1.З табл. 9.7. визначається значення тренда врожайності $y_{т,}$ і тренда коливання $k_т$.При розрахунках ці величини знаходяться шляхом екстраполяції за ходом кривої тренду на рік вперед.

2. Розрахувується:

– сума ефективних температур за період квітень – перша декада червня вище 15 °С за даними табл. 9.4 (ΣТ ≥15° С);

– середня по області температура повітря за квітень $t_{1,}$ травень t_2, першу декаду червня t_3;

– середні по області запаси продуктивної вологи в мм шарі ґрунту 0 – 20 см за квітень W_1 і в шарі 0 – 100 см за травень W_2;

3. Розраховується k^i_0:

Для розрахунку k^i_0 використовується формула в залежності від зони 9.44– 9.45), початковими даними є фактичні дані, визначені у другому пункті цього завдання.

З табл. 9.4 по ΣТ ≥15° С знаходиться значення $k^i_{0г,}$ а за іншими даними з табл.9.5 поступово знаходиться $\Delta^2_{1г,}\Delta^2_{2г,}\Delta^2_{4г,}\Delta^2_{3г,,}\Delta^2_{5г}$

4.За формулою (в залежності від зони) визначається $\kappa^2_о$;

5. За формулою (9.43) визначається $У_{п.;}$

Прогноз валового збору гороху розраховується за формулою:

$$У_в = У_п \cdot S \qquad , \qquad (9.51)$$

де S– посівна площа, $У_в$ – очікуваний врожай, ц/га.

9.6. Методи довгострокових прогнозів урожайності зернових і зернобобових культур

В останні 10 – 15 років завдяки підвищенню культури землеробства, рівня механізації, введення нових сортів, нових систем землеробства врожаї зернових та зернобобових культур значно підвищилась.

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 4 – 5 місяців для окремих економічних районів.

Дослідження впливу агрометеорологічних умов на врожайність зернових і зернобобових культур і розробка методів прогнозів виконувалась з врахуванням агрокліматичних особливостей території вирощування.

Дослідженнями Л.Н.Литвиненко (1991) встановлено, що на врожайність озимих зернових впливають температури та опади осінньо-зимового періоду. Нею були розраховані «зважені» показники температурних умов осіннього, зимового і весняно літнього періодів (табл.9.8).

Таблиця 9.8 – Зважені температурні показники осіннього (x_1), зимового (x_2) та весняно-літнього умов розвитку зернових культур (°С)

Територія	Рівняння
1	2
Період осіннього розвитку	
Східні області України	X_1= - 0,43$t_{IX,3}$- 0,25 $t_{X,1}$-0,37$t_{X,2}$ -0,21$t_{X,3}$
Південні області України	X_1= - 0,36$t_{1X,3}$- 0,39 $t_{X,1}$-0,39$t_{X,2}$ -0,28$t_{X,3}$
Центральні області України	X_1= - 0,39$t_{1X,3}$- 0,25 $t_{X,1}$-0,37$t_{X,2}$ -0,21$t_{X,3}$
Зимовий період	
Східні області України	X_2= 0,45 $t_{II,2}$+ 0,40 $t_{II,3}$ + 0,27 $t_{III,3}$
Південні області України	X_2= 0,30 $t_{I,1}$+ 0,21$t_{I,2}$ + 0,13$t_{I,3}$+0,06$t_{II,1}$ + 0,29$t_{II,2}$+0,36$t_{II,3}$ + 0,40$t_{III,1}$
Центральні області України	X_2=0,26$t_{I,1}$+ 0,21$t_{I,2}$ + 0,30$t_{I,3}$ + 0,08$t_{II,1}$ + 0,34$t_{II,2}$+0,46$t_{II,3}$ + 0,47$t_{III,1}$
Весняно – літній період	
Східні області України	X_3= - 0,13 $t_{У,1}$- 0,47 $t_{У2}$ – 0,39 $t_{У3}$ – 0,38 $t_{У1,1}$ – - 0,50 $t_{У1,2}$ – 0,34 $t_{У1,3}$ – 0,28 $t_{УII,1}$ – 0,18 $t_{УII2}$
Південні області України	X_3= - *0,20* $t_{У,1}$- 0,5$t_{У,2}$ – 0,31 $t_{У3}$ – 0,41 $t_{У1,1}$ – - 0,13 $t_{У1,2}$
Центральні області України	X_3= 0,50 $t_{У1,1}$ –- 0,37 $t_{У1,2}$ – 0,25 $t_{У1,3}$

Примітка: В індексі середньої температури (*t)* римські цифри означають місяць, арабські – декаду.

З врахуванням температурних індексів були розроблені статистичні рівняння для розрахунку очікуваного врожаю зернових і зернобобових культур із завчасністю 4 – 5 місяців (табл.9.9).

Таблиця 9.9 – Прогностичні рівняння середньої по області урожайності усіх зернових і зернобобових культур

Територія	Рівняння	Номер рівняння	R	S_y,т/га
Із завчасністю 4 – 5 місяців				
Східні області України	$\Delta У = 0{,}533x_1 + 0{,}246x_2 + 0{,}092x_3 + 5.3$	9.52	0,60	0,32
Південні області України	$\Delta У = 0{,}558x_1 + 0{,}368x_2 + 0{,}197x_3 + 5.5$	9.53	0,63	0,31
Центральні області України	$\Delta У = 0{,}49x_1 + 0{,}262x_2 + 0{,}066x_3 +, 5.1$	9.54	0,67	0,26
Із завчасністю 2 місяці				
Східні області України	$\Delta У = 0{,}316x_1 + 0{,}361x_2 + 0{,}887\underline{x_3} + 0{,}168 x_{У}. + 26{,}7$	9.55	0,78	0,22
Південні області України	$\Delta У = 0{,}149x_1 + 0{,}318x_2 + 0{,}707x_3 + + 0{,}024\, \underline{x}_{У} + 38{,}8$	9.56	0,82	0,23
Центральні області України	$\Delta У = 0{,}552x_1 + 0{,}237x_2 + 0{,}895\underline{x_3} + +0{,}054 x_{У}. + 23{,}1$	9.57	0,80	0,26

Примітка x_1, x_2, x_3 – показники температурних умов відповідно восени, взимку та влітку; x_y – сума опадів з серпня попереднього року по березень місяць поточного; $\Delta У$ – абсолютне відхилення урожайності від середньої за трендом (ц/га).

Є.С. Улановою виконувались дослідження формування врожаїв зернових і зернобобових культур по економічних районах України – Донецько-Придніпровському та Південному.

Донецько-Придніпровський економічний район. На території Донецько-Придніпровського економічного району половина посівної площі під озимими культурами займається 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 посівної площі зернових культур, 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 методу 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 та зернобобових культур спостерігається тенденція постійного зростання.

Рівняння ліній тренду описуються виразом

$$У_T = 0{,}62T + 6{,}25; \qquad r = 0{,}89 \pm 0{,}01 \qquad (9.58)$$

де $У_m$ – врожайність, ц/га;

T – порядковий номер року, починаючи з 1986 р.

Щорічний приріст складає 0,62 ц/га.

Дослідженнями Є.С.Уланової та А.Н. Дерев'янко 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 враховувались 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:

$$y = 0{,}003(\bar{x}_{1,2})^2 + 0{,}180(\bar{t}'_{1,2,3})^2 + 3{,}811\bar{t}_{7,11,12} - 0{,}18(\bar{t}_{1,2})^2 + 97{,}436 \quad (9.59)$$

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;

$t_{7,11,12}$ – середньозважена температура повітря за липень, листопад і грудень минулого року, °С;

$(t_{1,2})^2$ – квадрат середньозваженої температури за січень, лютий поточного року, °С.

Якщо підставити значення вагових коефіцієнтів, то рівняння набирає вигляду:

$$\begin{aligned} ó = 0{,}003(\overline{0{,}505\tilde{o}_1 + 0{,}495\tilde{o}_2})^2 + 0{,}180(\overline{0{,}40t_1}\,\overline{+0{,}407t_2 + 0{,}193t_3})^2 + \\ + 3{,}811(\overline{0{,}097t_7 + 0{,}126t_{11} + 0{,}78t_{12}}) - 0{,}181(\overline{0{,}366t_1 + 0{,}634t_2})^2 + 97{,}436 \end{aligned} \qquad (9.60)$$

Таким чином, у рівнянні (9.60) використані фактори, які враховують вплив на врожайність дворічного циклу та вплив погоди на умови передпосівного та зимового періодів життя озимої пшениці.

За рівнянням (9.59) розраховується очікуваний врожай зернових з завчасністю 4 – 5 місяців.

Було також запропоновано рівняння для уточнення прогнозу у травні (завчасність 2 – 2,5 місяці):

$$y = 0{,}005(0{,}462x_2 + 0{,}538x_5) + 2{,}617(\overline{0{,}097t_7 + 0{,}126t_{11} + 0{,}78t_{12}}) + \\ + 2{,}448(0{,}366t_1 + 0{,}634t_2) + 106{,}342 \quad (9.61)$$

де y – те ж, що у рівнянні (9.59);

$x_{2,5}$ – 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, ^{o}C.

Рівняння 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:

$$y = 0{,}239(\overline{0{,}151x_7 + 0{,}282x_8 + 0{,}112x_9 + 0{,}132x_{10} + 0{,}322x_{11}}) + \\ + 0{,}082(0{,}462x_2 + 0{,}538x_5) + 2{,}112(\overline{0{,}097t_7 + 0{,}126t_{11} + 0{,}78t_{12}}) + \\ + 1{,}676(0{,}336t_1 + 0{,}634t_2) - 6{,}73(0{,}422t_5 + 0{,}578t_6) + 223{,}38 \quad (9.62)$$

у рівняння входять середньозважені значення:

- $x_{7,8,9,10,11}$ -сум опадів липня – листопаду минулого року;
- x_2, x_5 – сум опадів лютого і травня поточного року;
- $t_{7,11.12}$ – температури повітря за перед та після посівний періоди озимих (липень, листопад, грудень минулого року);
- $t_{1,2}$ – температури повітря за січень, лютий поточного року;
- t_5, t_6 – температури повітря за травень і червень поточного року.

Після розрахунків за рівняннями 9.58 – 9.60 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

$$y = 0{,}864 y_{пш} + 0{,}558 \quad \text{y = 0,864} \qquad (9.63)$$

Приклад. Розрахувати очікуваний врожай зернобобових культур із завчасністю 3 місяці (рівняння 9.57 – 9.60).

$$y = 0{,}005(0{,}462 \cdot 30 + 0{,}538 \cdot 61) + 2{,}617[\,0{,}097 \cdot 18{,}9 + 0{,}126 \cdot 1{,}4 + 0{,}78 \cdot (0{,}07)] +$$
$$+ 2{,}448[0{,}366 \cdot (-8{,}6) + 0{,}634 \cdot (-5{,}6)] + 106{,}342 = 94\ \%$$

Середній врожай по тренду очікується 25,4 ц/га. Тоді очікуваний врожай з врахуванням впливу погодних умов становитиме: 25,4 ц/га 94,0 % / 100 = 23,9 ц/га. Фактично було зібрано 25,0 ц/га. Якщо ж врахувати прогноз температури та суми опадів на червень, то тоді очікуваний врожай буде 25,3 ц/га. Помилка прогнозу 25,3 ц/га – 25,0 ц/га = 0,3 ц/га.

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 ± 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 – 17º С. Різке зменшення врожаїв спостерігається при температурі повітря у травні 20 – 21 ºС.

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:

$$y = 0{,}11x_1 + 0{,}04x_2 + 2{,}67t_1 - 7{,}01t_2 + 190{,}34 \qquad (9.64)$$

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, ºС;

t_2 – середня температура повітря за травень – червень, ºС.

Приклад. Врожайність по тренду для Південного економічного району визначається з рівняння:

$$У = 0{,}703T + 5{,}314 \qquad (9.65)$$

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 ºС; середня температура повітря за травень-червень – 16,5º С. Підставляються значення складових у рівняння (9.64):

$$y = 0{,}11 \cdot 260 + 0{,}04 \cdot 120 + 2{,}67 \cdot (-3{,}5) - 7{,}01 \cdot 16{,}5 + 190{,}34 = 98\,\%$$

Очікуваний врожай становить 98 % тренду. Врожай по тренду розраховується за рівнянням (9.57), порядковий номер 2010 року буде 56, якщо починати з 1955 р. – 56-ий.

Тоді за трендом врожай очікується 39,1 ц/га. Знаходиться 98 % від 39,1 ц/га – 38,3 ц/га.

В роки з несприятливими погодними умовами в період збирання справджуваність прогнозів врожаїв зменшується і тому виникла необхідність уточнення цих прогнозів. Є.С.Улановою і Г.І. Страшною (1998) була розроблена методика прогнозу врожайності і валового збору

зерна зернових і зернобобових культур з врахуванням величини і динаміки намолотів року з аномальними погодними умовами в період збирання. Дослідженнями М.Г. Луніна встановлено, що велика кількість опадів, знижені температури та дефіцит насичення значно ускладнюють роботу збиральної техніки та спричиняють збільшення втрат зерна. Крім того, дослідженнями О.Д. Пасечнюка (1988) встановлено, що за таких умов збільшується втрата зерна через полягання зернових культур. Також збільшуються втрати зерна при тривалому періоді збирання. В Україні несприятливі умови в період збирання через дощі спостерігаються в Поліській зоні інколи в деяких областях Лісостепової зони.

Основу методу прогнозу урожайності зернових і зернобобових культур становлять статистичні прогностичні залежності кінцевої урожайності ($У_1$) та кінцевого валового збору ($У_2$) від динаміки урожайності в період збирання (X_1) і динаміки валового збору (X_2), а також від відсотка зібраної площі (Z,%). Вплив несприятливих умов погоди враховується опосередковано, так як відсоток обмолочених площ суттєво залежить від погодних умов Кінцевий урожай зернових і зернобобових культур та кінцевий валовий збір розраховуються за рівняннями:

$$У_1 = 0{,}05\,Z + 0{,}78\,X_1 - 2{,}53 \quad , \qquad (9.66)$$
$$R = 0{,}96,\ S_{Y1} = 0{,}6$$

$$У_2 = -\,1{,}10\,Z + 1{,}41\,X_2 + 76{,}30 \quad , \qquad (9.67)$$
$$R = 0{,}97,\ S_{Y1} = 3{,}6$$

Прогнози урожайності і валового збору зернових культур складаються починаючи з другої декади серпня, коли зібрано більше 40 % площі.

Приклад. За даними статистичного управління 50 % обмолоченої площі відзначалось 15 серпня. В цей період урожайність зернових і зернобобових культур становила 21,5 ц/га, валовий збір 21,5 млн.т.

За рівняннями (9.66) та (9.67) розраховується кінцева врожайність і кінцевий валовий збір зернових і зернобобових культур в цілому по Україні.

$У_1 = 0{,}05 \cdot 50 + 0{,}78 \cdot 21{,}5 - 2{,}53 = 16{,}77$
$У_2 = -\,1{,}10 \cdot 50 + 1{,}41 \cdot 21{,}5 + 76{,}30 = 51{,}6$
Фактична врожайність була 18,5, валовий збір 53 ,5 млн.т.
Тоді відносна похибка прогнозу врожаю становитиме

$$[(16{,}8 - 18{,}5{,}5) \cdot 100] / 18{,}5 = 9{,}2\%;$$

Відносна похибка валового збору становитиме

$$[(53{,}5 - 51{,}6)100] / 53{,}5 = 3{,}6\%.$$

9.7. Розрахунок сумарного валового збору зерна усіх зернових і зернобобових культур за методом В.П. Дмитренка та В.В. Свіріної

Валовий збір зерна в Україні та Молдові визначається врожайністю та розмірами посівних площ. Методика враховує ці величини для таких культур: озимі – пшениця, жито, ячмінь; ярі – пшениця, ячмінь, овес; теплолюбні – 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:

$$W = W_0 + ay_{оз} \qquad (9.68)$$

$$W_1 = W_0^1 + a_1 y_{оз} + a_2 y_я \qquad (9.69)$$

$$У = B_0 + ay_{оз} \qquad (9.70)$$

$$У' = B_0^{'} + a_1 y_{оз} + a_2 y_я \qquad (9.71)$$

$$У'' = K \cdot y_{оз} \cdot S \qquad (9.72)$$

де W, W_1 – розрахований валовий збір усіх зернових і зернобобових культур;

W_0, W_0^1 – вільні члени рівняння;

$У$, $У'$, $У''$ – 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 (9.68 –9.72) використовується незалежно одне від одного у відповідності з параметрами (табл. 9.10 – 9.14).

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 (9.67) використовується у випадку, якщо відома загальна площа посіву (S).

На підставі рівняння (9.68) побудована номограма. яка дозволяє за величиною врожаю озимої пшениці і площі посіву всіх зернових і зернобобових культур визначити валовий збір усіх культур в цілому по території (рис.9.1). Середня квадратична похибка усіх розрахунків по номограмі становить 5,7 %, а завчасність – 2 – 3 місяці.

Для використання номограми (рис.9.1) 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 (9.68, 9.69). Параметри рівнянь наводяться у табл.9.12 та 9.12.

Техніка розрахунку валового збору зернових і зернобобових культур.

Розрахунок валового збору виконується влітку після збирання озимої пшениці та ярого ячменю за 2 – 3 місяці до повного збирання всіх зернових і зернобобових культур. Для розрахунку очікуваного врожаю зернових і зернобобових необхідні наступні дані:

- середня по області (регіону) врожайність озимої пшениці або ярого ячменю;
- площі посіву зернових і зернобобових культур;

Розрахунок сумарного валового збору зернових і зернобобових культур виконується за рівняннями (9.68 та 9.69). З табл. 9.12 та 9.13 визначаються параметри рівнянь та розраховується валовий збір.

Приклад розрахунку. Врожайність озимої пшениці в цілому по Україні складала у 2010 році 2,99 т/га, ярого ячменю – 2,21 т/га. За формулою (9.68) $W = 8060 + 10800 \cdot 2{,}99 = 40352$ *тис.т.т* За формулою (9.69) $W' = 2212 + 9270 \cdot 2{,}99 + 5020 \cdot 2{,}21 = 41023$ *тис.т*.

За формулою (9.70) розрахована номограма (рис. 9.1). 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.

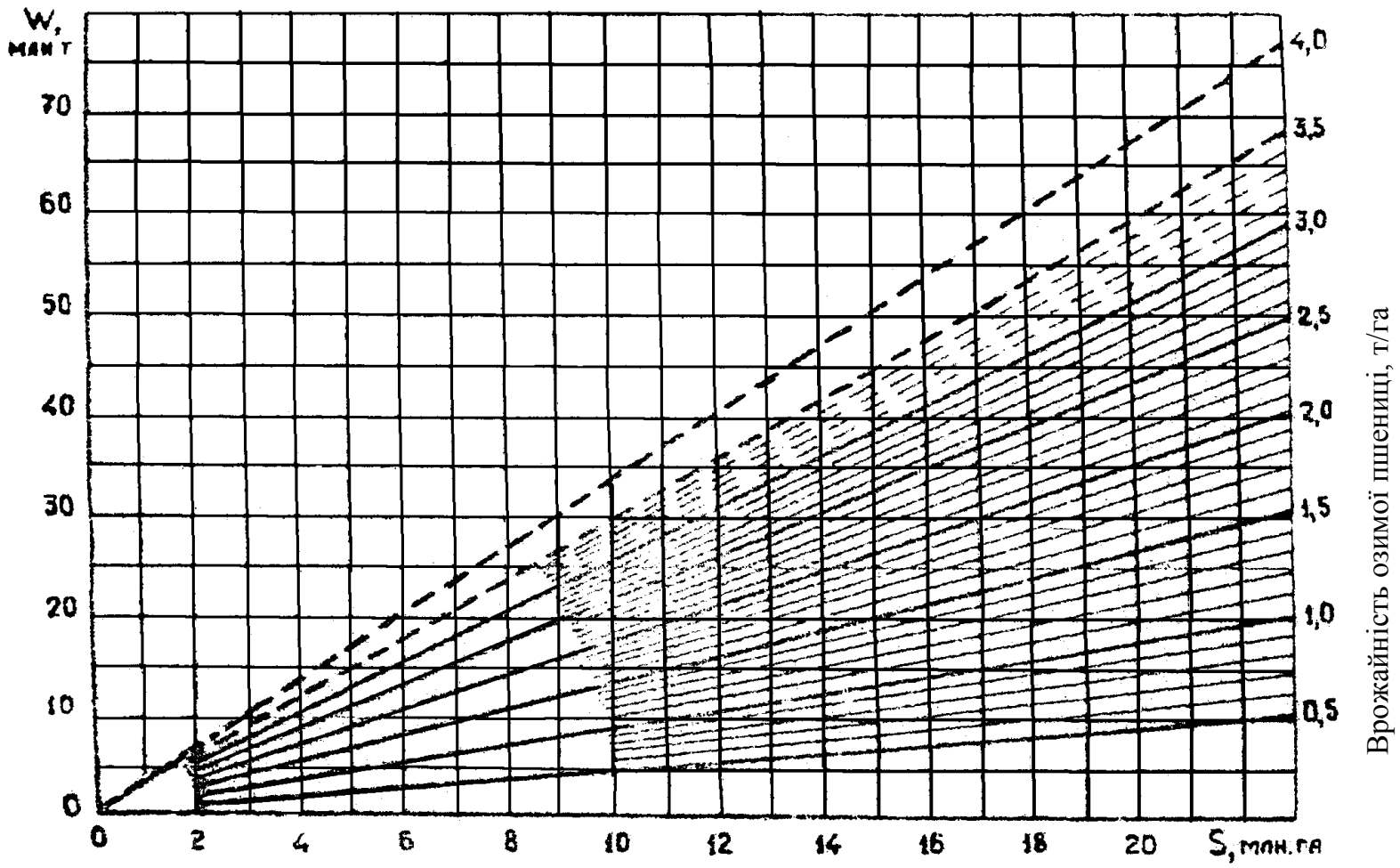


Рис. 9.1 – Залежність між посівними площами під усіма зерновими і зернобобовими культурами (S тис. млн. га), врожайністю озимої пшениці (т/га) і валовими зборами усіх зернових і зернобобових культур

Таблиця 9.10 – Врожайність озимої пшениці

Роки	Врожайність, т/га	Роки	Врожайність, т/га
1977	0,35	1995	1,13
1978	0,52	1996	1,76
1979	0,22	1997	1,31
1980	0,36	1998	1,79
1981	0,71	1999	0.96
1982	0,69	2000	2,54
1983	0,41	2001	1,80
1984	0,53	2002	2,60
1985	1,01	2003	2,38
1986	0,48	2004	2,00
1987	0,48	2005	1,94
1988	0,77	2006	2,68
1989	1,68	2007	2,56
1990	1,54	2008	2,72
1991	1,68	2009	2,96
1992	1,90	2010	3,18
1993	1,50	2011	3,21
1994	1,82	2012	3,25

Таблиця 9.11 – Параметри рівнянь (9.70, 9.71) 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					
37	8060	10800			$1.26 \le y_{оз} \le 3.19$
38	2212		9270	5020	$1.17 \le y_я \le 2.69$
Молдова					
37	1478	280			$0.91 \le y_{оз} \le 3.88$
38	935		220	420	$2.55 \le y_я \le 4.06$

Таблиця 9.12 – Параметри моделі (9.68) для розрахунку валового збору зернових і зернобобових культур по областях України

Області	W_0	a	Межі застосування рівнянь по врожайності озимої пшениці (т/га)
1	2	3	4
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 9.13 – Параметри моделі (9.69) для розрахунку валового збору зернових і зернобобових культур по областях України

Області	W'_0	a_1	a_2	Межі застосування рівнянь по врожайнос-ті 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

9.8. Методи прогнозу врожаїв круп'яних культур

9.8.1 Прогноз урожаю кукурудзи

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 в районах 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

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 ($\Sigma t > 10$ С), запаси продуктивної вологи у шарі найбільшого розповсюдження коріння, кількість годин з фотосинтетично активною радіацією (ФАР) більше 0,03 кал/см^2·хв. на нижній межі середнього ярусу листя.

На більшій частині території вирощування кукурудзи забезпеченість теплом (за виключенням районів крайнього півдня) і вологою недостатня. Але більш лімітним фактором є волога. Порівняно добра вологозабезпеченість кукурудзи у західних областях України. Степові райони гірше забезпечені вологою і її нестача є причиною зменшення врожаїв у більшості років.

Метод прогнозу врожаїв кукурудзи для основних районів вирощування розроблений Ю.І. Чирковим і дозволяє виконувати розрахунки очікуваної врожайності для окремих полів [115].

Метод прогнозу врожаїв зерна кукурудзи засновується на залежностях врожаю від запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 50 см на початок фази викидання волоті, та від площі листя, яка сформувалась до 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. 9.14).

Таблиця 9.14 – Зв'язок врожайності (у) з запасами вологи (W) у шарі 0– 50 см за різної площі листя (S) (за. Ю.І. Чирковим)

Рівняння регресії	S , тис.м^2/га	Помилка ΔУ, ц/га
$y = -0{,}0071W^2 + 1{,}4W - 3{,}2$	30	± 2,7
$y = 1{,}006W^2 + 1{,}1W - 4{,}2$	20	± 2,1
$y = -1{,}003W^2 + 0{,}53W - 1{,}5$	10	± 1,9
$y = 0{,}191W^2 + 0{,}96W - 3{,}1$	5	± 2,6

За рівняннями (табл. 9.14) для спрощення розрахунків було побудовано графіки (рис. 9.2).

Для розрахунку площі листя на дату викидання волоті у випадках відсутності прямих спостережень Ю.І.Чирков запропонував рівняння:

$$S_1 = 36{,}94h - 1682.8 \quad , \qquad (9.72)$$

де S_1 – площа листя однієї рослини, см^2;

h – висота рослин, см.

Площа листя на гектар розраховується:

$$S_2 = S_1 \cdot N \quad , \qquad (9.73)$$

де N – кількість рослин на га, шт.

Тоді загальна площа листя S у тисячах метрів на 1 га знаходиться з формули:

$$S = S_2 / 10000 \qquad (9.74)$$

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. 9.15).

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.

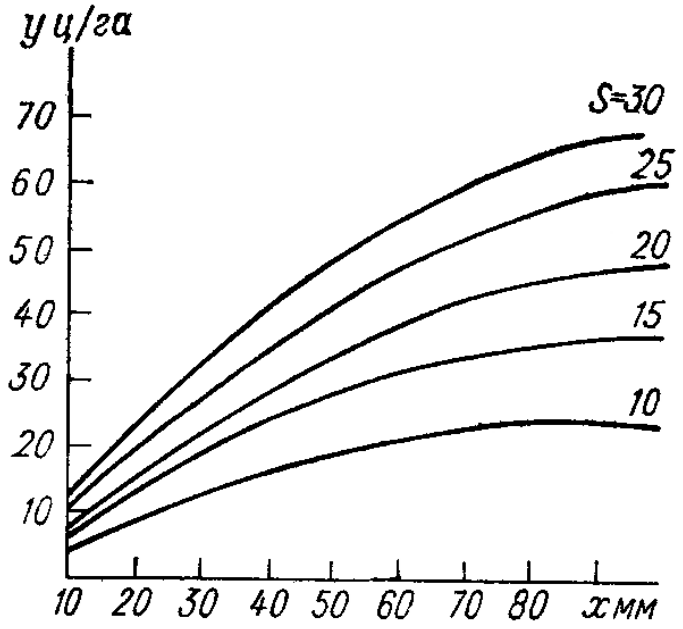


Рис. 9.2 – Залежність врожаю зерна кукурудзи у (ц/га) від запасів продуктивної вологи х (мм) в шарі ґрунту 0 – 50 см і від площі листової поверхні (тис. $м^2$/га)

Таблиця 9.15 – Значення поправки на температурні умови впродовж місяця після викидання волоті

Запаси продуктивної вологи, мм у шарі 0 –50 см	Середня температура повітря, ºС				
	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

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) густота посівів (кількість рослина на га);

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, см^2;

– площі листя на га, S_2, см^2;

– площі листя на га, S, тис. м^2/га;

– з графіка (рис. 9.2) або за відповідним рівнянням (табл. 9.14) визначається очікувана врожайність для кожної станції;

– з табл. (9.15) визначається поправка на температуру;

– розраховується очікувана врожайність з врахуванням поправки;

– розраховується середня врожайність по області, як середнє арифметичне

$$y_{обл} = \frac{y_1 + y_2 + \ldots + y_n}{n} \qquad (9.75)$$

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 (9.72).

$$y = 36{,}94 \cdot 160 - 1632{,}8 = 42\ см^2.$$

Розраховується площа листя на 1 га, для цього площу листя 1 рослини треба перемножити на густоту рослин: $42\ см^2 \cdot 420 \cdot 10000 = 17{,}6\ м^2/га$. Далі розраховується врожай зерна по рис. 9.2. У нашому випадку врожай становить 16,7 ц/га.

Однак, слід вказати на те, що використання площі листя для прогнозу досить ускладнене через те, що відсоткове відношення площі різних за скоростиглістю сортів, які мають різну площу листя, на момент складання прогнозу невідоме. Тому подальший розвиток методів прогнозу врожаїв кукурудзи в основному пов’язаний зі встановленням кореляційних залежностей між середньою по області врожайністю кукурудзи і різними агрометеорологічними показниками: температурою повітря, сумою опадів, запасами продуктивної вологи в декаду сівби кукурудзи та показниками стану рослин..

Дослідженнями Г.І. Страшної (2009) встановлено, що в посушливих районах несприятливий вплив температури повітря співпадає з періодом викидання волоті, цвітіння, обпилювання та наливу зерна.

На величину врожайності зерна кукурудзи мають умови зволоження, які характеризуються запасами вологи в шарі ґрунту 0 – 50 см та сумами опадів за травень та червень.

Для південних областей отримана статистична залежність від вказаних величин, яка описується рівнянням:

$$У = 0{,}170W_в - 1{,}564\ t_{УII} - 0{,}770t_{УIII\ 1,2} + 65{,}288\ , \qquad (9.76)$$

для областей Північного Степу використовується рівняння

$$У = 0{,}44\ h_в + 0{,}076\ h_в - 0{,}251\ t_{УIII\ 1,2} + 11{,}26\ , \qquad (9.77)$$

де $W_в$ – середня по області запаси продуктивної вологи на дату викидання волоті, мм;

$t_{УII}$ – середня температура повітря за липень, °С;

$t_{УIII\ 1,2}$ – середня температура повітря за першу та другу декади серпня, °С;

$h_в$ – висота рослин на дату викидання волоті, см;

$h_в$ – сума опадів за липень, мм.

9.8.2. Прогноз урожаю 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. Кочиновою [72, 73].

Статистичний метод прогнозу врожаїв гречки розроблено Н.З. Івановою-Зубковою. В основу методу покладена така закономірність, що 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 за сумою 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 (x) для чорноземних областей

$$y = 0{,}54x + 3{,}4 \qquad (9.78).$$

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. 9.16.

При відсутності спостережень за запасами продуктивної вологи під гречкою використовуються спостереження за запасами вологи під кукурудзою, цукровими буряками або картоплею.

Таблиця 9.16 – 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

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:

$$W = 0{,}62W_1 - 0{,}99t + 13{,}5 \qquad (9.79)$$

При розрахунках вологозабезпеченості окрім запасів вологи необхідно мати суму опадів за період цвітіння-дозрівання, тривалість якого розраховується за сумами ефективних температур вище 5 ^{o}C – 480 ^{o}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 (9.78).

Приклад. Скласти прогноз середнього по області врожаю зерна гречки. Всі фази розвитку гречки по станціях області краще записувати у робочу таблицю.

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:

$$X = \frac{46 + 66 + 25 + 31 + 71}{5} = 48 ,$$

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 ^{o}C та нижче за останню декаду перед дозріванням, опади цієї декади при розрахунках не враховуються.

9.8.3. 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 [87].

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.

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. Савздарг, С.І. Горіної, Н.З. Іванової-Зубкової, О.В. Безсонової, К.А. Кожемяченко, Є.С. Зарембо та А.Г. Просвіркіної.

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:

$$y = -45{,}4x^2 + 48{,}6x + 4{,}4 \quad , \qquad (9.80)$$

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 ºС.

Для районів 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:

$$y = 0{,}04x_1 + 0{,}18x_2 - 3{,}0 \quad , \qquad (9.81)$$

$$R = 0{,}81 \qquad S_y = 0{,}15 \ \ т/га$$

За рівнянням (9.81) можна розраховувати очікуваний урожай після настання фази викидання волоті.

9.8.4 Прогноз врожаю 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, гущина 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.

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. Методи прогнозу врожаю рису: для України розроблені В.М. Просунко [65].

В.М. Просунко встановлено, що сумарна площа органів асиміляції за весь вегетаційний період на одиницю площі поля характеризує можливість фотосинтетичної продуктивності посіву.

Зв'язок врожайності рису (*у*) 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 ± 2,5 – 3 т/га. Причини коливань різні, але найбільш суттєві – це погодні умови.

Рис дуже теплолюбна культура. Біологічний мінімум його становить 15 °С. 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. 9.3). Рівняння зв'язку наводяться у табл. 9.17.

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).

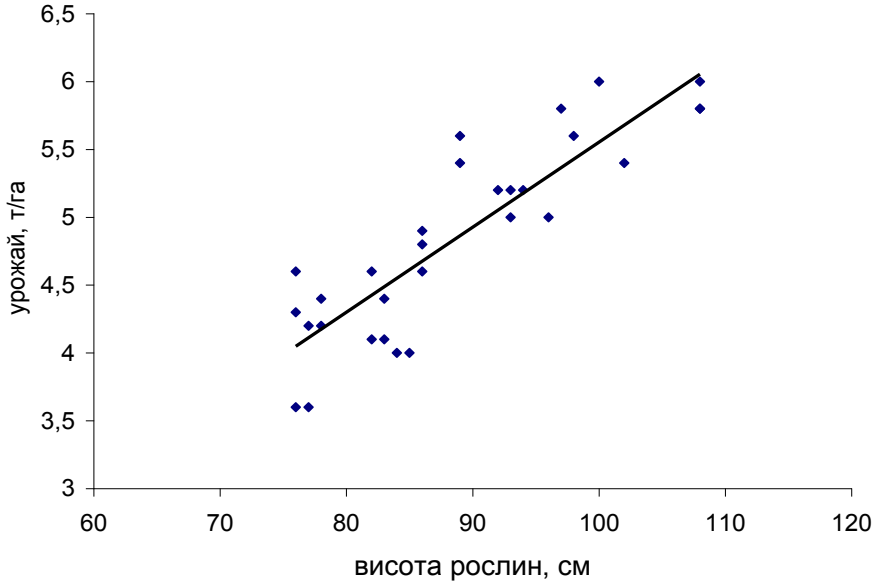


Рис. 9.3 – Залежність врожайності рису (у) від висоти рослин після викидання волоті.

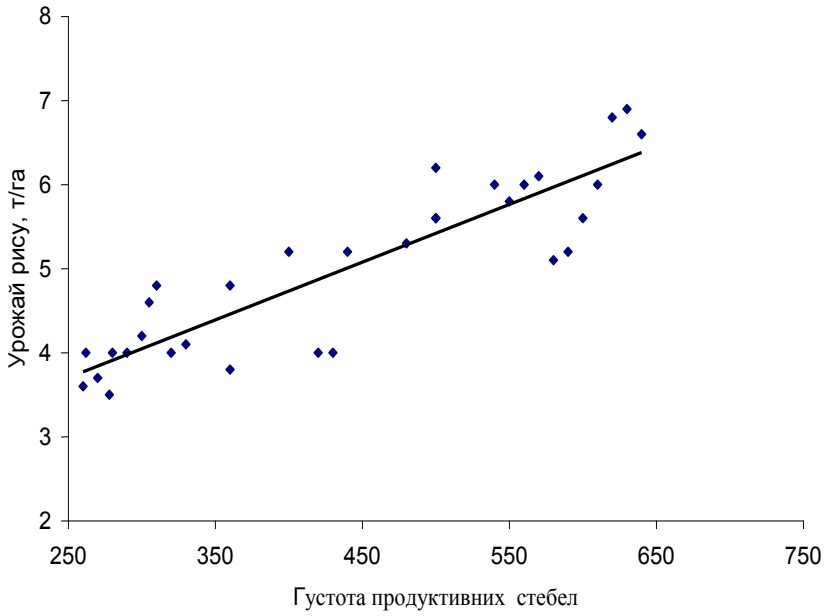


Рис. 9.4 – Залежність врожайності рису (у) від густоти продуктивних стебел (N)

Таблиця 9.17 – 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	±0,84
Вихід у трубку – викидання волоті	$y = 0{,}429t - 3{,}874$	0,73	±0,68
Викидання волоті – воскова стиглість	$y = 0{,}391t - 2{,}999$	0,78	±0,63
Сходи – викидання волоті	$y = 0{,}559t - 6{,}622$	0,67	±0,65

В.М. Просунко [65] досліджував зв’язок врожайності рису із середньою величиною ФАР за період сходи-викидання волоті. ФАР($Q_ф$) підраховувалась за формулою:

$$\Sigma Q_{ф} = C_s(h_{o,p}) \cdot \Sigma S' + C_д(n) \cdot \Sigma Д \quad , \qquad (9.82)$$

де $\Sigma S'$ та $\Sigma Д$ – місячні суми прямої і розсіяної радіації відповідно;

$C_s(h_{o,р})$ та $C_Д$ (n) – коефіцієнти, розраховані для кожного місяця за даними багаторічних спостережень за хмарністю та прозорістю атмосфери.

Зв'язок врожайності з $\Sigma\ Q_ф$ прямолінійний має вигляд:

$$y = 0{,}07Q_ф - 3{,}165 \quad . \qquad (9.83)$$

і характеризується коефіцієнтом кореляції 0,81± 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.

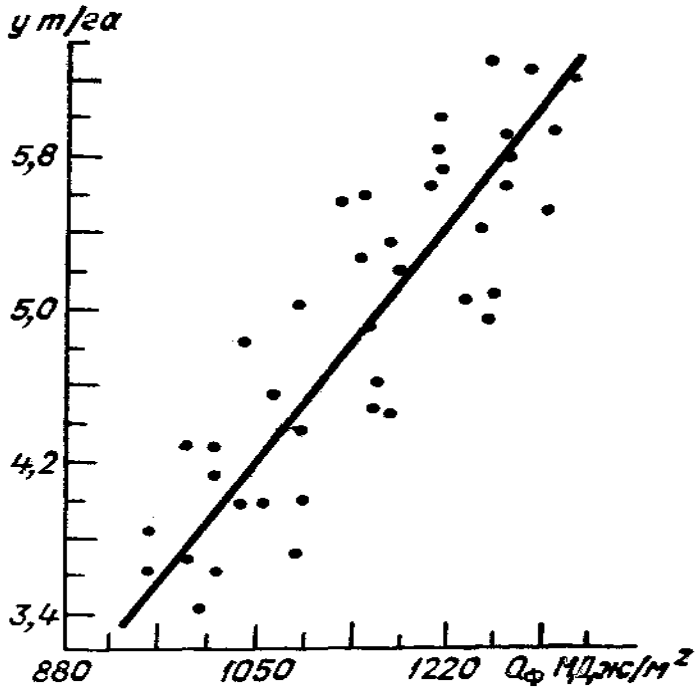


Рис. 9.5 – Залежність врожайності рису (у) від середньої величини ФАР за період сходи – викидання волоті.

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 (у) від перелічених вище факторів за період від сходів до виходу у трубку:

$$y = 0{,}297L + 0{,}182t_1 - 0{,}192 \ , \qquad (9.84)$$

і за період від виходу у трубку до викидання волоті:

$$y = 0{,}358L + 0{,}1107t_1 - 0{,}3328t_2 - 6{,}89 \ , \qquad (9.85)$$

де L – площа листя, м^2/м^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 ($\Sigma Q_ф$) за період сходи – викидання волоті:

$$y = 0{,}588L + 0{,}0113\Sigma Q_ф - 5{,}96 \quad . \qquad (9.86)$$

$$R = 0{,}82 \pm 0{,}07 \qquad S_y = \pm 0{,}34 \ \ т/га$$

Всі рівняння використовуються при розрахунках очікуваного врожаю рису на окремих полях. При цьому завчасність розрахунків за рівняннями (9.84 та 9.85) складає 3 місяці, за рівнянням (9.87) – 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:

$$y = 0{,}216t + 0{,}047h + 0{,}001N - 5{,}23 \quad , \qquad (9.87)$$

де t – середня температура повітря від сходів до викидання волоті, ºС;

h – висота рослин, см;

N – кількість стебел з волоттю на 1 м^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:

$$y_1 = y_c(0{,}038t_{VI} + 0{,}033t_{VII} - 85{,}86) \quad ,\ldots\ldots.. \qquad (9.88)$$

з завчасністю 3 місяці:

$$y_2 = y_c(0{,}033t_{VI} + 0{,}026t_{VII} - 0{,}02t_{VIII} - 1{,}68) \quad , \qquad (9.89)$$

з завчасністю 2 місяці:

$$y_3 = y_c(0{,}032t_1 + 0{,}008h - 0{,}68 \quad , \qquad (9.90)$$

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, ºС;

t_I – середня температура повітря за період від сходів до викидання волоті, ºС;

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. 9.18).

Таким чином середня по області врожайність рису $y_{обл}$ розраховується за рівняннями із врахуванням поправки (Δу) з різною завчасністю.

$$y_{обл.} = y_{розр.} - \Delta y \qquad (9.91)$$

$$\Delta y = \frac{y_{розр} \sum(\Delta_1 + \Delta_2)}{100} \qquad (9.92)$$

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.

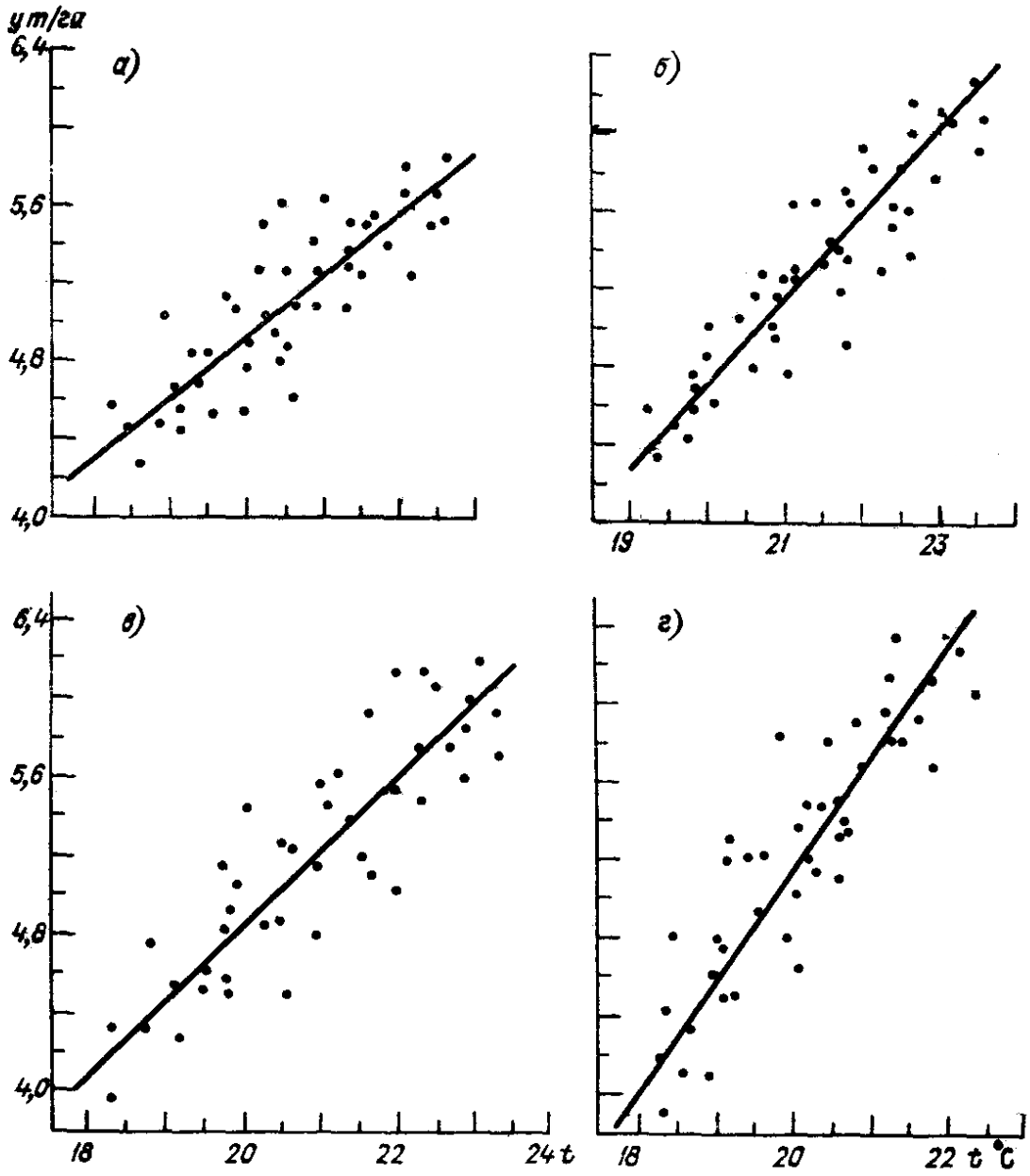


Рис. 9.6 – Залежність врожайності рису (у) від середньої температури повітря за між фазний період (т/га).

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 (9.89) 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 (9.90).

Таблиця 9.18 – Поправки Δ_1 та Δ_2 до очікуваної врожайності рису (у %)

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, ºС;
- розрахувати середню по області висоту рослин на дату викидання волоті як середнє арифметичне даних усіх станцій;
- розрахувати очікуваний врожай за рівнянням (9.91);
- 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 Δy до очікуваної врожайності за формулою (9.91);
- розрахувати очікуваний по області врожай з врахуванням поправки (формула 9.92). 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.

РОЗДІЛ 10. ПРОГНОЗИ ВРОЖАЇВ ТЕХНІЧНИХ КУЛЬТУР

10.1 Прогнози врожаю соняшника.

Метод Ю.С. Мельника. 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).

$$y = f(W, A) \tag{10.1}$$

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 прирощення 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.

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.

$$y = \alpha n + c \tag{10.2}$$

де y – середня врожайність, ц/га;

n – номер року в рядку досліджувань;

c – вільний член;

α – коефіцієнт регресії, що характеризує середній річний приріст функції.

Для розрахунку рівняння лінії тренда використовуються методи математичної статистики.

Автором методу для більшості областей і економічних районів розраховані рівняння ліній трендів (табл.10.1).

В рівняннях (табл. 10.1) коефіцієнт регресії α характеризує середній за рік приріст врожайності насіння соняшнику (ц/га) за рахунок культури землеробства.

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 визначається врожай, обумовлений погодою (y_1).

Були тримані залежності врожаю (y_1) зумовленого погодою, без впливу росту культури землеробства від показника зволоження (W). Показник зволоження розраховується за рівнянням:

$$W = 0{,}6\Sigma x_1 + \Sigma x_2 \qquad (10.3)$$

де Σx_1 – сума опадів від дати переходу температури повітря через 5° С восени до квітня місяця включно;

Σx_2 – сума опадів за травень – червень, мм.

В табл. 10.2 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 10.1 – Рівняння лінії тренда врожайності соняшнику за 1985–2002 р.

Територія	Рівняння
Україна	$У = 0{,}23n + 12{,}77$
Донецько-Придніпровський район	$У = 0{,}20n + 13{,}57$
Дніпропетровська область	$У = 0{,}21n + 13{,}45$
Донецька область	$У = 0{,}01n + 17{,}00$
Запорізька область	$У = 0{,}10n + 14{,}01$
Кіровоградська область	$У = 0{,}41n + 12{,}50$
Луганська область	$У = 0{,}24n + 11{,}65$
Полтавська область	$У = 0{,}42n + 11{,}56$
Сумська область	$У = 0{,}37n + 9{,}10$
Харківська область	$У = 0{,}22n + 13{,}69$
Південно-Західний район	$У = 0{,}16n + 12{,}69$
Вінницька область	$У = 0{,}31n + 10{,}86$
Київська область	$У = 0{,}30n + 9{,}42$
Черкаська область	$У = 0{,}34n + 12{,}16$
АР Крим	$У = 0{,}09n + 10{,}05$
Миколаївська область	$У = 0{,}36n + 10{,}35$
Одеська область	$У = 0{,}32n + 10{,}64$
Херсонська область	$У = 0{,}28n + 8{,}28$

Ю.С. Мельником одержана статистична залежність урожайності соняшника від коефіцієнта зволоження. Для більшості території зв'язок носить криволінійний характер (табл. 10.2). Особливо це помітно на більш зволожених територіях.

Таблиця 10.2 – Рівняння зв'язків врожайності соняшника з показниками зволоження W (за Ю.С. Мельником)

Територія	Рівняння	R(r)
Дніпропетровська область	$У_1 = 1{,}3845 + 0{,}5477W - 0{,}000041W^2$	0,65
Донецька область	$У_1 = 0{,}3077 + 0{,}07761W - 0{,}00006W^2$	0,85
Кіровоградська область	$У_1 = -5{,}70666 + 0{,}1079W - 0{,}000147W^2$	0,61
Луганська область	$У_1 = -12{,}12379 + 0{,}13959W - 0{,}00018W^2$	0,62
Полтавська область	$У_1 = -5{,}1115 + 0{,}046W - 0{,}00012W^2$	0,67
Сумська область	$У_1 = 1{,}9204 + 0{,}045189W - 0{,}000065W^2$	0,89
Харківська область	$У_1 = -28{,}9675 + 0{,}24887W - 0{,}00034W^2$	0,79
Південно-Західний район	$У_1 = -4{,}88919 + 0{,}10244W - 0{,}00014W^2$	0,69
Вінницька область	$У_1 = -8{,}44218 + 0{,}00978W - 0{,}000007W^2$	0,88
Київська область	$У_1 = -2{,}83549 + 0{,}07912W - 0{,}00012W^2$	0,71
Черкаська область	$У_1 = -2{,}37634 + 0{,}08625W - 0{,}000118W^2$	0,61
Південний район	$У_1 = 0{,}003W + 2{,}87$	0,71
АР Крим	$У_1 = 0{,}04W - 0{,}66$	0,79
Миколаївська область	$У_1 = -11{,}20614 + 0{,}12289W - 0{,}00016W^2$	0,64
Одеська область	$У_1 = -12{,}4035 + 0{,}15482W - 0{,}000216W^2$	0,75
Херсонська область	$У_1 = -13{,}65243 + 0{,}14211W - 0{,}0002W^2$	0,67
Запорізька область	$У_1 = -18{,}7784 + 0{,}19404W - 0{,}00026W^2$	0,89

Техніка складання прогнозу

Перший прогноз складається на початку червня, другий – на початку липня

Для території областей або економічних районів вибираються агрометеорологічні станції, рівномірно розташовані по території.

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 ^{o}C восени попереднього року;

- розраховується сума опадів (Σx_1) від дати переходу температури повітря через 5 ^{o}C восени по квітень включно;

- розраховується сума опадів (Σx_2) за травень-червень за синоптичним прогнозом;

- розраховується коефіцієнт зволоження (рівняння.10.3) по станціях (W) і середній по області ($W_{обл}$);.

- визначається врожайність (y_1) по території без врахування культури землеробства за трендом;

- визначається поправка (Δу) на культуру землеробства з використанням відповідного рівняння (табл. 10.1), n = 15. Величина n залишається постійною через те, що в останнє десятиріччя культура землеробства майже не змінилася:

- розраховується очікуваний врожай як сума У = $y_1 + \Delta y$.

Якщо є розміри посівної площі, то розраховується валовий збір насіння по області. Для цього величина очікуваного врожаю перемножується на розмір посівної площі.

Приклад розрахунку врожайності соняшника наводиться в табл.10.3.

Метод Тебуєва Х.Х. Цей метод розроблено для південних районів СНД Х.Х Тебуєвим. В ньому основним показником умов формування врожайності соняшника є індекс сухості і зволоження Д.А. Педя. Індекс розраховується за формулою

$$P_i = \Delta T/\sigma_m - \Delta R/\sigma_r - \Delta W/\sigma_w\,, \qquad (10.4)$$

де ΔT, ΔR, ΔW – аномалії температури повітря, опадів і запасів продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту;

σ_m, σ_r, σ_w – відповідні складовим рівняння (10.4) середньоквадратичні відхилення.

Встановлено, що в зоні недостатнього зволоження основним лімітуючим фактором формування врожаю є вологозабезпеченість впродовж періоду вегетації соняшника. Звертається особлива увага на те, що на формування врожаю особливо впливають запаси продуктивної вологи в період сівби соняшника.

Х.Х Тебуєвим запропоноване рівняння для розрахунку очікуваного врожаю соняшника

$$У = У^{т} + \Delta У\,, \qquad (10.5)$$

де $У^т$ – детермінована складова, яка визначається переважно через культуру землеробства, ц/га;

$\Delta У$ – випадкова складова, яка залежить від метеорологічних умов.

Тенденція урожайності без врахування коливань обумовлених тепло та вологозабезпеченістю, розраховується методом гармонічних зважувань.

Встановлено, що величина випадкової складової урожаю має прямолінійну залежність від індексу сухості Д.А. Педя (P_i) і описується рівнянням

$$\Delta У = -0{,}433 - 0{,}668\, P_i \;, \qquad (10.6)$$

Після визначення $У^т$ та $\Delta У$ за рівнянням (10.5) розраховується прогностична величина врожаїв насіння соняшника.

10.2 Прогнози урожайності цукрових буряків

Метод прогнозу врожаїв цукрових буряків розроблено О.М. Конторщиковою. 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 області.

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 , Г.І. Гришиної [80, 86] показали, що цукрові буряки дуже чутливі до зміни агрометеорологічних умов вирощування, та своєчасного проведення агротехнічних заходів. На формування врожаю цукрових буряків впливають волого- та теплозабезпеченість посівів, густота посівів, вага коренеплоду. Останні два чинники є інтегральними показниками впливу погодних умов та агротехнічних заходів догляду за посівами впродовж всієї вегетації культури.

Методи прогнозів очікуваних врожаїв буряків розроблені по регіонах України.

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 буряків 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 (*У)* з сумами температур від сходів до 1 серпня – (Σt), масою коренеплоду на 20 липня (P), середньою густотою (N) та середніми запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту (W):

$$У = 0{,}07\Sigma t + 1{,}86P + 4{,}43N + 0{,}07W - 384{,}29$$
$$R = 0{,}80; \qquad S = \pm 28 \ \ ц/га \tag{10.7}$$

Для складання прогнозу врожаю цукрових буряків за цим рівнянням необхідно підготувати такі дані: площі посіву, 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, масу коренеплоду на 20 липня та густоту посівів на 1 липня.

Прогноз складається на початку липня, тобто за 2 місяці до припинення вегетації. Густота посівів на 20 серпня розраховується за формулою

$$N = 0{,}62 \cdot m + 31 \tag{10.8}$$

де m – густота посівів на 1 липня, тис рослин/га.

Приклад. Розрахувати врожай цукрових буряків у Вінницькій області у 2012 році. Посіви розподілені по області досить рівномірно.

Сума температур становить по станціях: Кам'янець-Подільськ – 1527º С, Тернопіль – 1285º С, Шепетівка – 1320º С, Ямпіль – 1317º С, Хмельницький – 1563º С. В середньому по області сума температур становить 1402º С, а середні запаси продуктивної вологи за той же період – 168 мм. Маса коренеплоду на 20 липня – 98 г, густота посівів середня по області на 20 липня – 95 тис.рослин/га. (за третю декаду липня використовуються дані прогнозу погоди).

На 20 серпня густота посівів розраховується як

$$N = 0{,}62 \cdot 95000 + 31 = 90000 \ \ тис.рослин/га.$$

Якщо підставити значення усіх складових у рівняння (10.7), то

$$У = 0{,}07 \cdot 1402 + 1{,}86 \cdot 98 + 4{,}43 \cdot 90 + 0{,}07 \cdot 168 - 384{,}29 = 305 \ \ ц/га$$

Таким чином, середній по Вінницькфй області врожай цукрових буряків очікується в розмірі – 305 ц/га.

Метод прогнозу середнього по області врожаю цукрових буряків в районах недостатнього зволоження В зоні недостатнього зволоження врожайність цукрових буряків значною мірою залежить від вологозабезпеченості посівів. При складанні прогнозу врожаїв буряка вологозабезпеченість посівів визначається як відношення величини фактичного сумарного випаровування (E) до випаровуваності, тобто до величини, яка означає потребу рослин у волозі (E_o).

$$V = E_{\phi} / E_0 \cdot 100 \quad , \qquad (10.9)$$

де $E_{\text{ф}}$ розраховується як:

$$E_{\phi} = (W_1 + x) - W_2 \quad , \qquad (10.10)$$

а E_0 за формулою :

$$E_0 = K \cdot \Sigma d \quad , \qquad (10.11)$$

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, визначається з табл. 10.4;

$\Sigma\, d$ – сума дефіцитів насичення повітря, мм.

Для визначення K використовується табл. 10.4.

Таблиця 10.4 – Значення коефіцієнтів K для визначення потреби буряків у воді (за О.М. Конторщиковою)

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 вегетаційній період цукрових буряків значення K становить 0,50.

Величину сумарного випаровування з поля цукрових буряків визначають або за формулою (10.10) або за допомогою табл. 10.5. З табл. 10.5 видно, що сумарне випаровування залежить від запасів продуктивної вологи на початку розрахунку, суми опадів за декаду та середньої температури повітря.

Таблиця 10.4 – 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, ºС	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										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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 табл. 10.4

1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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

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. Конторщикової [80] за даними середньої вологозабезпеченості за період від сходів цукрових буряків до початку росту коренеплоду одержані

статистичні залежності значення вологозабезпеченості після настання фази «початок росту коренеплоду».. Ці залежності представлені в табл. 10.5. Розрахунок забезпечення посівів вологою за весь період вегетації дає змогу розраховувати очікуваний врожай із завчасністю 2 місяці.

Таблиця 10.5 – Рівняння зв'язку для визначення вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрових буряків

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

Якщо при розрахунках значення вологозабезпеченості посівів більше 100 %, то воно береться рівним 100, тому що в районах недостатнього зволоження короткочасне надмірне зволоження не спричиняє негативних наслідків. Звичайно, чим пізніше складається прогноз вологозабезпеченості, тим точніше її розраховане значення.

Крім вологозабезпеченості велике значення для формування врожаю цукрових буряків мають густота посівів та маса коренеплоду. Спостереження за масою коренеплоду виконуються щодекадно після настання фази "початок росту коренеплоду", а густота посівів визначається двічі – в липні та в серпні. Тому наприкінці серпня густота посівів (*N)* розраховується за рівнянням:

$$N = 0{,}86N_1 + 6 \qquad (10.12)$$

де N – середня по області густота посівів на 20 серпня, тис.росл./га;

N_1 – середня по області густота 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 розрахунку середньої вологозабезпеченості. В районі Новоолександрівки Кіровоградської області на 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:

$$V = [(50 \cdot 24) + (20 \cdot 65) + (10 \cdot 70)] / 50 = 64 \quad \%$$

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. Контрощиковою з врахуванням термічних умов, вологозабезпеченості посівів, маси коренеплоду на момент складання прогнозу та густоти посівів на 1 серпня. На дату складання прогнозу густота посівів розраховується за формулою (10.12). 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. 10.6).

Таблиця 10.6 – Рівняння для розрахунку врожаїв цукрових буряків

Область	Рівняння	№ рівняння
Київська, Вінницька, Житомирська, Сумська, Черкаська, Полтавська, Харківська, Кіровоградська, Дніпропетровська, Миколаївська, Одеська.	$У = 1{,}15 y_1 + 0{,}90 V - 0{,}09 \Sigma T + 2{,}19 V_1 - 16{,}50$	(10.13)

Примітка. *У* – 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 С до 1 серпня, ºС; V_1 – середня по області вологозабезпеченість посівів за період від сівби до початку росту коренеплоду, %.

Біологічний врожай (*у)* розраховується шляхом перемноження маси коренеплоду на 20 серпня на густоту посівів, яка розраховується за рівнянням (10.12). В роки, коли формування врожаю цукрових буряків відбувається при вологозабезпеченості посівів менше 70 % та температурі повітря 22 – 24º 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 ºС підряд 5 – 6 декад, то зменшення врожаю становить 40 % і більше.

Біологічний урожай ($У_1$) розраховується шляхом перемноження маси кореню на 20 липня (P) на густоту посіву (m)

$$У_1 = P \text{ x } m \qquad (10.14)$$

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]:

$$У = 0{,}87\ у_1 - 0{,}85\ п - 3{,}65 \quad ..... \qquad (10.15)$$

де $У$ – очікувана середня по області середня врожайність, ц/га;

$у_1$ –біологічний урожай (середня маса коренеплоду на 31 серпня, перемножена на густоту посівів на 20 серпня), ц/га.;

n – кількість несприятливих днів для збирання буряків.

За несприятливий день приймається день, коли спостерігаються опади 1 мм і більше або промерзання ґрунту. Тривалість збирання буряків визначається як кількість днів від початку збирання до переходу температури повітря через 0º С.

Прогноз урожаю 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 %. Густота 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 (10.18) підставити всі необхідні дані,

$$У = 1{,}57 \cdot 86 + 0{,}90 \cdot 1696 = 2{,}19 \cdot 86 - 16{,}5 = 212 \text{ ц/га.}$$

Наприкінці минулого століття Г.І. Гришиною було удосконалено метод прогнозу середнього по області урожаю цукрових буряків. При удосконаленні було встановлено, що на середній урожай окрім маси коренеплоду впливає також маса бадилля буряків. Рослини з великим листям та великою масою коренеплоду мають більші прирости коренеплоду в наступні періоди росту.

Критичним періодом росту коренеплоду цукрових буряків є липень, серпень. В липні, коли йде інтенсивний ріст коренеплоду, в південних районах спостерігаються посушливі умови з високими температурами. При середній температурі вище 30 °С приріст коренеплоду зменшується навіть при добрій вологозабезпеченості. Якщо в липні впродовж 18 - 20 днів максимальна температура повітря вище 30 °С то це спричинить зменшення врожаю на 40 – 50 ц/га. Г.І. Гришиною встановлено, що при значенні ГТК за серпень 1,0 прибавка врожаю становить 10 – 15 ц/га, при ГТК = 1,6 прибавка збільшується до 25 – 40 ц/га. При зменшенні ГТК до 0,8 відн. од. урожай зменшується на 10 – 15 ц/га. Враховуючи це було запропоноване рівняння для складання прогнозу врожаю цукрових буряків із завчасністю 1,5 – 2 місяці

для південних областей

$$У = 0{,}754У_1 + 0{,}016x + 0{,}25ГТК_8 - 2.214N + 81{,}021, \qquad (10.16)$$

де $У_1$ – біологічний урожай (розраховується за формулою (10.14), ц/га;

x – середня маса бадилля 1 рослини на 1 серпня , г;

$ГТК_8$ – коефіцієнт зволоження за серпень, відн. од.;

N – кількість днів у липні з максимальною температурою повітря вище 30 °С.

Для центральних областей України

$$У = 1{,}275У_1 - 0{,}165x + 24.85ГТК_8 + 39.87, \qquad (10.17)$$

В рівнянні (10.17) позначки ті ж, що і у рівняння (10.16).

Приклад. Розрахувати очікуваний урожай цукрових буряків у Черкаській області. Прогноз складається на початку серпня. Початкові дані: середня по області маса коренеплоду 236 г, густота посіву – 77 тис. рослин на 1 га, маса бадилля 1 рослини 450 г,. $ГТК_8 = 1{,}16$. Для розрахунку використовується рівняння (10.17)

У = 1,275 (236 Х 77) – 0,165 х 450 +24,85 х 1,16 = 226 ц/га.

Фактична урожайність становила 236 ц/га. Абсолютна похибка прогнозу 10 ц/га при допустимій 0,67σ = 29 ц/га. Відносна похибка – 4%, при допустимій 20 %.

10.3. Прогноз урожайності льону

Прогноз врожаю льону для основних районів вирощування розроблений О.О. Андреєвим [1]. За основу методу прогнозу взяті залежності врожаю льону від середньої по області густоти рослин та середньої по області висоти рослин на момент збирання. Прогноз доцільно складати після цвітіння, тобто за 30 – 40 днів до збирання.

Розрахунок врожайності льону (y) виконується за рівняннями:

1) для всіх сортів льону за густоти рослин 700 – 1500 рослин на м^2 (m) та висоти рослин 45 – 102 см (h) на дату збирання

$$ó = 0{,}005m + 0{,}184h - 11{,}736 \qquad (10.18)$$

2) для середньостиглих сортів при густоті 1500 – 3000 рослин на м^2 та висоті 42 – 95 см

$$y = 0{,}001m + 0{,}193h - 6{,}007 \qquad (10.19)$$

3) для пізньостиглих сортів при густоті рослин 1500 – 3000 рослин на м^2 та висоті на дату збирання 60 – 115 см

$$y = 0{,}002m + 0{,}234h - 10{,}4 \qquad (10.20)$$

Для розрахунку очікуваного врожаю волокна льону необхідно знати висоту та густоту посівів на дату збирання. Для визначення густоти рослин на дату збирання використовується формула

$$m = 0{,}85m_{cx} + 156 \qquad (10.21)$$

де m – густота рослин на збирання;

m_{cx} – густота рослин на фазу сходів.

Висота рослин на дату збирання розраховується за формулою

$$h = fh_t + h_t \qquad (10.22)$$

де h – висота рослин на збирання;

h_t – висота рослин на кінець декади розрахунку;

f – потенційно можливий (залишковий) відносний приріст.

Для розрахунку f О.О. Андреєв використовує рівняння з врахуванням висоти рослин на кінець розрахункової декади. Якщо висота рослин на

кінець декади розрахунку становить 4 – 20 см, то f розраховується за рівнянням

$$f = -0{,}898h_t + 0{,}032b + 17{,}702 \qquad (10.23)$$

якщо h_t = 21 – 40 см,

$$f = -0{,}091h_t + 0{,}005b + 4{,}299 \qquad (10.24)$$

якщо h_t = 41 – 60см,

$$f = -0{,}026h_t + 0{,}08b + 1{,}587 \qquad (10.25)$$

якщо h_t = 61 – 80 см,

$$f = -0{,}006h_t + 0{,}082b + 0{,}37 \qquad (10.26)$$

якщо h_t = 81 – 100 см,

$$f = 0{,}0081h_t + 0{,}0103b - 0{,}124 \qquad (10.27)$$

де b – відносний лінійний приріст за попередню декаду, який визначається з виразу:

$$b = \frac{h_t}{h_{t-10}} \qquad (10.28)$$

Звідки

$$f = h_k - h_t / h_t \qquad (10.29)$$

де h_{t-10} – висота рослин на кінець попередньої декади;
h_k – висота рослин на момент збирання.

Для складання прогнозу необхідно знати і густоту на момет збирання

$$Гк = 0{,}85\ Гв + 156 \qquad (10.30)$$

Гк – густота рослин на момент збирання;
Гв - густота на період сходів.

Очікуваний середній по області врожай волокна льону також розраховується у відсотках середньої врожайності за останні п’ять років. Середня врожайність знаходиться з табл. 10.7.

Техніка складання прогнозу врожаю льону – довгунцю.

Метод О.О Андреєва дозволяє складати прогноз очікуваного врожаю щодекадно, починаючи з фази початку росту стеблини (ялинка). Але

найнадійніший прогноз буває складений за 30 – 40 днів до початку збирання. Для складання прогнозу використовуються: величини: сорт льону, густота рослин на фазу сходів, висота рослин на кінець декади, коли складається прогноз, та висота льону на кінець попередньої декади. Для розрахунку середнього по області врожаю льону необхідно використовувати спостереження не менше шести станцій.

Таблиця 10.7 – Врожайність волокна льону (% середнього за п’ять років) в залежності від висоти і густоти стояння рослин перед збиранням

Густота стояння на 1 м^2	Висота рослин перед збиранням , см															
	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72
Середньостиглі сорти (типу 1288/12 Світоч, І-7)																
1600	36	40	44	48	51	55	59	63	67	70	74	78	82	86	89	93
1800	38	42	46	50	53	57	61	65	69	72	76	80	84	88	91	95
2000	40	44	48	52	55	59	63	67	71	74	78	82	86	90	93	97
2200	42	46	50	54	57	61	65	69	73	76	80	84	88	92	95	99
2400	44	48	52	56	59	63	67	71	75	78	82	86	90	94	97	101
2600	46	50	54	58	61	65	69	73	77	80	84	88	92	96	99	103
2800	48	52	56	60	63	67	71	75	79	82	86	90	94	98	101	105
3000	50	54	58	62	65	69	73	77	81	84	88	92	96	100	103	107

За даними густоти рослин на 1 м^2 на фазу сходів розраховується густота рослин на збирання за формулою (10.21). Потім розраховуються значення f і b. Далі за цими значеннями розраховується висота рослин на дату збирання за формулою (10.22). Вказані величини розраховуються за даними кожної із станцій області, потім розраховуються середні по області величини як середні арифметичні.

Приклад. Розрахувати середній по області врожай льону. Спочатку всі величини розраховуються для окремих станцій. Потім визначаються середні по області значення і розраховується середній по області врожай за однією із формул (10.18 – 10.20). Приклад у табл. 10.8.

Таким чином, урожайність волокна льону у Львівській області буде 95 % від середньої за останні 5 років. Середня врожайність за 5 років була 3,5 ц/га. Тоді очікуваний урожай буде 3,3 ц/га.

Таблиця 10.8 – Розрахунок середньої обласної врожайності волокна льону-довгунцю

Область	Фактична інформація							Розрахункові дані					
	Сорт	Дата посіву	дати наступу		Густота рослин на дату сходів	висота рослин на декади		Густота рослин до часу збирання	*b*	*f*	Висота рослин до часу збирання	Очікуєм ий середній врожай, ц/га	Прогноз врожайності, % середнього за 5 років
			Сходів	Цвітіння		Перед цвітінням	Цвітіння						
Львівська	Поліський	12.IV	26. IV	26.VI	1848	50	70	1848	1,0	1,1	72	79	95

10.4. Методи прогнозу середнього по області урожаю насіння багаторічних сіяних трав

Посіви багаторічних сіяних трав розповсюджені в Україні повсюдно, але найбільші площі під ними зосереджені в Лісовій та Лісостеповій зонах.

Провідне місце серед сіяних трав в нечорноземній зоні займає конюшина і її суміші зі злаковими травами –тимофіївкою та вівсяницею луговою, подекуди з люцерною. В чорноземній зоні питома вага посівних площ конюшини зменшується, зате збільшуються посівні площі під люцерною та злаковими травами, серед яких провідне місце належить житняку та костру безостому

На більшій частині областей Полісся більше половини валових зборів насіння трав отримують з другого укосу. При одержанні врожаїв насіння багаторічних сіяних трав з перших укосів дозрівання їх відбувається в липні, насіння другого укосу - у вересні. На інших територіях України насіння отримують як з першого, так і з другого укосів. В районах недостатнього зволоження посіви багаторічних трав подекуди зрошуються.

В нечорноземній зоні найважливішим періодом у формуванні врожайності насіння трав є червень та липень, тобто період масового цвітіння.

Дослідженнями Г.І. Страшної [101] встановлено, що для формування високих урожаїв насіння багаторічних сіяних трав велике значення мають погодні умови в період цвітіння рослин і дозрівання насіння.

Підвищення середньої за місяць температури повітря до 22 °С та зниження її нижче 16 °С сприяють різкому зниженню врожаїв насіння багаторічних трав. У Поліссі підвищення температури в червні та липні сприяє підвищенню врожаїв насіння (рис.10.1).

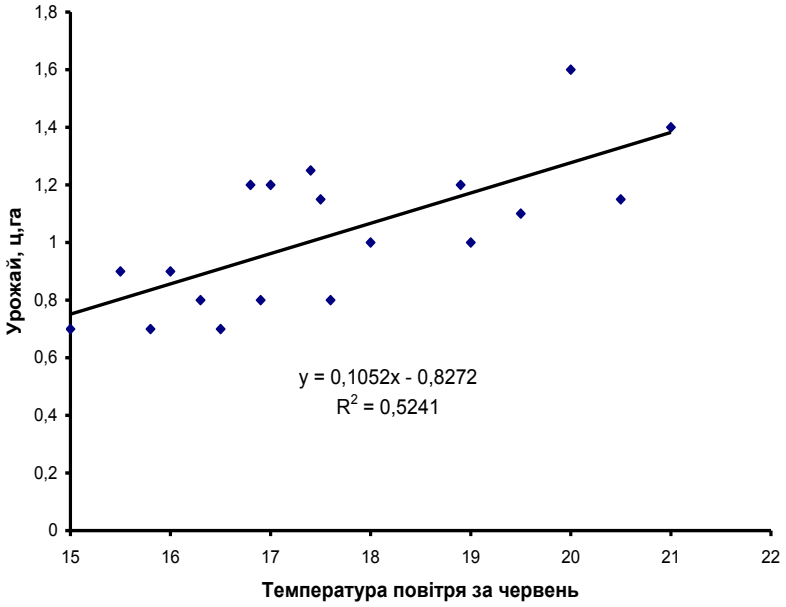


Рис. 10.1 – Залежність урожаїв насіння сіяних трав від середньої температури повітря за червень.

Г.І. Страшною були визначені агрометеорологічні показники в роки з високими і низькими врожаями насіння сіяних трав: середні температури за червень, липень, серпень, суми опадів за ці ж місяці та коефіцієнт зволоження(табл. 10.9).

Коефіцієнти зволоження розраховуються за формулою

$$K_{У} = 0{,}5O_{XI\text{-}III} + O_{IУ\text{-}У} / \ 0{,}5 \sum d_{IУ-У}\ , \qquad (10.31)$$

де $O_{XI\text{-}III}$ – сума опадів за листопад – березень, мм;

$O_{IУ\text{-}У}$ – сума опадів за квітень – травень, мм;

$\sum d$ –сума дефіцитів насичення повітря за квітень – травень, мм.

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) розраховується за сумами опадів і сумами температур окремо за травень та червень.

Використовуючи показники (табл. 10.9) Г.І. Страшною була розрахована багатофакторна статистична залежність врожаїв насіння сіяних трав від різних показників, які дають змогу розрахувати очікуваний врожай із завчасністю 2 – 3 місяці в нечорноземних районах.

$$У = -0{,}37К_{УI} + 0{,}107t_{УII} + 0{,}008T - 0{,}904\ , \qquad (10.32)$$

де T – порядковий номер року (починаючи з 1965року, номер якого 1);

$К$ – коефіцієнт зволоження за червень, відн. од;

t – середня температура повітря за липень, °С;

Таблиця 10.9 – Значення агрометеорологічних показників в роки з високою та низькою врожайністю насіння (за Г.І. Страшною)

Показник	Значення факторів	
	сприятливі	Несприятливі
Середня температура в червні	16 – 19 °С	Нижче 14 °С
Кількість опадів у червні	50 – 70 мм	> 100 мм
ГТК в червні	0,5 – 1,0	>1,2
Коефіцієнт зволоження в червні	0,6 – 1,6	> 1,6
Середня температура в липні	17 - 22°С	15 °С і нижче
Кількість опадів у липні	30 – 70 мм	> 110 мм
Середня температура в серпні	16 – 20 °С	14 °С і нижче
Кількість опадів у серпні	30 – 80 мм	> 120 мм

Гідротермічний коефіцієнт (ГТК) розраховується за сумами опадів і сумами температур окремо за травень та червень.

Для чорноземної зони отримано два рівняння. Одне для розрахунку очікуваного врожаю насіння з чотири місячною завчасністю (10.33), друге - з трьох та двомісячною завчасністю (10.34)

$$У = -0{,}084\ ГТК_{У} - 0{,}125t_{УI} + 1{,}352У_{с} - 0{,}315, \qquad (10.33)$$

$$У = -0{,}410К_{УI} - 0{,}104\ t_{УII} + 1{,}904У_{с} - 1{,}014, \qquad (10.34)$$

де $У_{с}$ – ковзаюча середня врожайність насіння за три попередні роки;

ГТКу – гідротермічний коефіцієнт за травень;

$t_{УI}$, $t_{УII}$ – середня температура повітря за червень, ЛИПЕНЬ °С;

Ку1 – коефіцієнт зволоження за червень.

Приклад. Розрахуати середній врожай насіння сіяних трав в Житомирській області з завчасністю 4 місяці. Вихідні дані для прогнозу: спостереження за температурою та опадами за травень- липень.

Розраховується ГТК за травень - 1,2 відн. од; середня температура за червень - 17,6 °С; ковзаюча середня врожайність за останні три роки – 1,2 ц/га.

У = 0,084 х 1,2 – 0,125 х 17,6 + 1,352 х 1,2 – 0,315 =0,88 ц/а;

Якщо розраховувати очікуваний врожай із завчасністю 2 місяці, тоді

У = - 0,410 х 0,8 -0,104 х 22,3 + 1.904 х 1,2 - 1,014 =1,38 ц/га.

10.5 Прогноз урожаю картоплі для всіх категорій господарств

Метод прогнозу середнього по області врожаю картоплоі для всіх категорій господарств був запропонований А.Г. Новиковим [87]. Цей метод засновується на зв'язках середнього по області урожаю картоплі із середньою по області температурою повітря і сумою опадів. Вплив температури і опадів на формування врожаїв картоплі оцінювалось окремо по регіонах за різні відрізки часу. Так для чорноземних районів залежність середнього по області врожаю описується рівняннями:

для Полтавської області

$$У = 0{,}035\, x_2 - 0{,}776 t_7 - 2{,}553\, t_8 + 307\,, \qquad (10.35)$$

для Черкаської області

$$У = 0{,}005\, x_2 - 0{,}142 t_7 - 0{,}395 x_8 - 0{,}347\, t - 3.339\, t_8 + 300, \qquad (10.36)$$

для Вінницької області

$$У = 0{,}211\, x_6 - 0{,}136 t_6 - 0{,}040 x_7 - 1.650\, t_8 + 177\,, \qquad (10.37)$$

де t – середня температура повітря за травень, червень;

t_6 – середня температура повітря за червень;

t_7 – середня температура повітря за липень;

t_8 – середня температура повітря за серпень;

x_2 – сума опадів за січень і червень;

x_6 – сума опадів за червень;

x_7 та x_8 – сума опадів за липень та серпень, відповідно.

Техніка складання прогнозу:

1. Для складання прогнозу середнього по області врожаю картоплі необхідно не менше ніж по 6 станціях області мати інформацію про суми

опадів за період з листопада по липень включно та середню температуру повітря за декаду з квітня по липень включно.

2.За синоптичним прогнозом погоди розрахувати очікувану середню температуру повітря за серпень та суму опадів.

3.Розрахувати за кожен місяць середню по області температуру повітря та суму опадів по місяцях.

4.За відповідним рівнянням розрахувати очікуваний середній по області урожай картоплі. Скласти текст прогнозу для користувачів.

Контрольні питання.

1. На чому засновується більшість статистичних методів прогнозів урожаїв сільськогосподарських культур?

2.Від яких факторів залежить врожайність льону?

3. Які дані входять в статистичне рівняння для прогнозу врожаю рису з тримісячною завчасністю?

4.Які предиктори входять в рівняння для розрахунку врожаю соняшника?

5. Як розраховується врожай цукрових буряків?

6. Як розраховується дата дозрівання гречки?

7. Який показник приймається за вологозабезпеченість гречки?

8.Як розраховується густота льону перед дозріванням?

9. Як розраховується біологічний врожай цукрових буряків?

10. Як відрізняється метод прогнозу врожаю соняшника Мельника від методу прогнозу Тебуєва?

11. На яких залежностях засновується метод прогнозу врожаю вівса.

12. Чим відрізняється метод прогнозу врожаю ярого ячменю в Чорноземній зоні від методу для Нечорноземної зони?

13. На яких засадах розроблено метод прогнозу врожаю кукурудзи?

14. Як розраховується очікуваний врожай насіння сіяних трав?

15. Як розраховується оцінка умов в період збирання цукрових буряків?

16. Як розраховується очікуваний врожай гороху?

17.Як розраховується врожай зернобобових культур по економічних районах?

18. Який календарний період вважається критичним у формуванні врожаїв цукрових буряків?

19. Що покладено в основу прогнозу врожаїв картоплі?

РОЗДІЛ 11. ПРОГНОЗИ ЯКОСТІ ВРОЖАЇВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Високі врожаї сільськогосподарських культур у сполученні з високою якістю продукції є дуже важливим резервом у зростанні виробництва.

Висока якість врожаїв важлива для всіх видів культур. Але особливої цінності вона набуває у зернових культур, в яких підвищення вмісту білка в зерні на 1 % дає додатково декілька сот тон білка. Також важливе значення мають вміст цукру в коренеплодах цукрових буряків, крохмалю в бульбах картоплі, комплексу вітамінів у плодах овочевих культур тощо.

Якість урожаю сільськогосподарських культур – це сукупність визначених (технологічних, фізичних, хімічних, поживних та інших) властивостей сільськогосподарської продукції, які обумовлюють її здатність задовольнити конкретні вимоги споживачів.

Створення та накопичення поживних речовин в рослинах залежить від грунтово-кліматичних умов, технології їх вирощування, сортових особливостей та агрометеорологічних умов, які складаються впродовж вегетаційного періоду. Обґрунтування раціонального використання технології вирощування, яка б підвищувала якість продукції, вимагає встановлення кількісних залежностей якості продукції від факторів навколишнього середовища, серед яких провідне місце займають агрометеорологічні умови.

Поки що досліджень кількісних залежностей якості врожаїв від погодних умов, що дозволяють складати прогнози якості очікуваного врожаю, досить мало.

Тому розробка методик прогнозу якості врожаїв є пріоритетною задачею науково-дослідних сільськогосподарських та гідрометеорологічних установ. Відомі розробки і дослідження агрометеорологічних умов формування якості насіння зернових культур, що виконані В.М. Страшним [101].

11.1. Прогноз якості зерна озимої пшениці

Дослідженнями В.М. Страшного [101] встановлено, що накопичення білка в зерні злакових рослин відбувається за рахунок двох джерел: використання азотистих речовин, які накопичуються у вегетативних органах до початку наливу зерна, та поглинання азоту з ґрунту в період наливу зерна. Тому агрометеорологічні умови вже на ранніх стадіях розвитку рослин впливають на якість зерна.

У період від сходів до припинення вегетації озимої пшениці найбільш тісний зв’язок вмісту білка та клейковини спостерігається з тривалістю цього періоду і середньою температурою повітря за цей же період.

Температура повітря 10 – 11º С та тривалість періоду 40 – 50 днів сприяють максимальному вмісту білка та клейковини в зерні пшениці.

В ранній весняний період найбільш тісний зв'язок вмісту білка та клейковини в зерні спостерігається з середньою амплітудою температури повітря. З підвищенням амплітуди температури від 6 до 13º С вміст білка в зерні озимої пшениці підвищується з 9 до 15 %, а клейковини з 15 до 30 %.

При доброму зволоженні ґрунту навесні відбувається інтенсивний рослин та інтенсивне утворення бокових пагонів, тобто йде збільшення маси, яка накопичує азот. Ріст коріння в цей період значно уповільнюється. Невідповідність між розвитком коріння та надземної маси уповільнює постачання рослинам азоту. Тому спостерігається зворотній зв'язок вмісту білка та клейковини з запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на дату стійкого переходу температури повітря через 10º С навесні. Найгірша якість зерна спостерігається при запасах вологи більше 220 мм. При запасах вологи біля 100 – 120 мм якість зерна підвищується (до 14 – 15 % білка та 26 – 30 % клейковини). Таким чином, запаси продуктивної вологи є головним інерційним фактором, який визначає не тільки умови формування врожаю, але і його якість.

При збільшенні тривалості періоду від стійкого переходу температури повітря через 10º С до колосіння якість зерна теж погіршується. В цей період прослідкується досить тісний зв'язок якості зерна з дефіцитом насичення повітря. Найвища якість зерна спостерігається за середніх дефіцитів насичення повітря 11 –13 мб за період від стійкого переходу температури повітря через 10°С до колосіння.

При загущених посівах зменшується кількість пагонів та листя, що формується на них. Зменшення площі листя викликає зменшення кількості азоту, що надходить в зерно. Найменший вміст білка (9 – 10 %) та клейковини (15 – 16 %) спостерігається при кількості колосоносних стебел на квадратний метр більше 900 штук. Із зменшенням густоти посівів на кожні 100 штук колосоносних стебел кількість білка зростає на 0,4 – 0,5 %, клейковини – на 1 – 2 %.

В період наливу зерна азот перетікає із вегетативних органів в зерно. Наприкінці вегетації в зерні накопичується до 6 % загальної кількості азоту.

При збільшенні тривалості періоду від колосіння до достигання та при збільшенні кількості опадів в цей період вміст білка та клейковини в зерні зменшується. Найменше білка (9 %) та клейковини (15 %) спостерігається в зерні озимої пшениці за середньої температури повітря за період від колосіння до воскової стиглості 16º С. З підвищенням температури до 24º С воно збільшується відповідно до 15 та 30 %.

Враховуючи все вищесказане, В.М. Страшний [78] розробив метод складання прогнозу середньозваженого по області вмісту білка і клейковини в зерні озимої пшениці Метод засновується на кількісних

статистичних зв'язках вмісту білка та клейковини в зерні провідних сортів озимої пшениці (Миронівська 808, Миронівська ювілейна – 50, Миронівська 264) з агрометеорологічними факторами.

Очікуваний середньозважений по області вміст білка (У) в зерні розраховується після наступу фази масового колосіння за рівнянням

$$Ó = 4{,}45 + 0.19À - 0{,}002W + 0{,}11d - 0{,}002N + 0{,}38t \qquad (11.1)$$

клейковини:

$$Ó = 0{,}67 + 0{,}37À - 0{,}017W + 0{,}65d - 0{,}004N + 0{,}86t \qquad (11.2)$$

де A – середня амплітуда температури повітря за період від відновлення вегетації до стійкого переходу через 10 ºС;

W – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту (мм) на дату стійкого переходу температури повітря через 10 ºС;

d – середній дефіцит насичення повітря (мб) за період від стійкого переходу температури повітря через 10 ºС до дати колосіння;

N – кількість колосоносних стебел на м^2 у фазу колосіння;

t – середня температура повітря за період від колосіння до воскової стиглості.

Рівняння застосовуються у межах змін середніх по області значень: A – від 6 до 12 ºС; W – від 110 до 240 мм; d – від 5 до 14 мб; N – від 350 до 900 колосоносних стебел; t – від 16 до 23 ºС.

Розрахунок очікуваної якості зерна виконується після визначення кількості колосоносних стебел на дату масового колосіння. Для виконання розрахунків по області використовуються спостереження не менше 6 – 8 станцій.

Техніка складання прогнозу якості зерна озимої пшениці.

1.Середня амплітуда температури повітря (A) за період визначається шляхом поділу різниці сум максимальних та мінімальних температур, підрахованих за добовими значеннями, на кількість днів у періоді від дати відновлення вегетації до дати стійкого переходу температури повітря через 10 ºС.

2.Запаси продуктивної вологи (W) для розрахунків використовуються за декаду найближчу до дати стійкого переходу температури повітря через 10 С.

3.Дата наступу воскової стиглості розраховується за сумами ефективних температур 500 ºС від дати колосіння. Середня температура визначається з синоптичного прогнозу погоди. За значеннями середніх добових температур визначається середня температура за період від

колосіння до воскової стиглості. Для кожної станції всі показники розраховуються окремо. І потім у графах 8 – 9, 13 – 14 та 18 (табл. 11.1) – визначаються середні по області величини, які необхідні для розрахунків за рівняннями (11.1) та (11.2).

При розрахунках середніх по області значень запасів продуктивної вологи та кількості колосоносних стебел необхідно використовувати спостереження не тільки агрометеорологічних станцій, але і постів та маршрутні спостереження.

Приклад. Розрахувати очікуваний вміст білку та клейковини в зерні озимої пшениці в Одеській області. Розрахунки приведені в табл. 11.1. Після визначення середніх по області запасів продуктивної вологи, середньої амплітуди температур, дефіциту вологи, кількості колосоносних стебел та середньої температури повітря вони підставляються в рівняння (11.1) для визначення вмісту білка та вмісту клейковини (11.2):

$$У = 4{,}45 + 0{,}19 \cdot 8{,}7 - 0{,}002 \cdot 143W + 0{,}11 \cdot 7{,}0 -$$
$$- 0{,}002 \cdot 808 + 0{,}38 \cdot 18{,}6 = 12$$

Таким чином очікуваний вміст білку в зерні буде 12 %. Таким же методом розраховується вміст клейковини. Фактичний вміст білка становив 11,6 %.

Після надходження фактичних даних по вмісту білка та клейковини розраховується справджуваність прогнозу за формулою

$$S_y = \frac{100 - (У_p - У_ф)}{У_ф} \cdot 100 \qquad (11.3)$$

де $У_р$ – очікуваний вміст білка або клейковини;

$У_ф$ – фактичний вміст білка або клейковини.

У прикладі: Sy =100 – (12 – 11,6) / 11,6 х 100 = 97 %

Слід зазначити, що зростання культури землеробства відбувається повсякчасно, тому залежність якості зерна від агрометеорологічних умов буде змінюватись і через те, через кожні 4-5 років ці залежності необхідно уточнювати.

Таблиця 11.1 – Приклад складання прогнозу вмісту білка та клейковини в зерні озимої пшениці Миронівська 898 в Одеській області

Метеорологічна станція	Період від відновлення вегетації до переходу температури повітря через 10 °С							
	відновлення вегетації	перехід температури через 10 °С	тривалість періоду, дні	сума температур, °С		різниця максимальних. та мінімальних температур	амплітуда температур, °С	запаси продуктивної вологи в шарі 0 – 100 см
				мінімальних	максимальних			
Любашівка	31.03	30.04	30	18	286	268	8,9	119
Затишшя	31.03	30.04	30	1	265	264	8,9	120
Сербка	04.04	30.04	26	35	244	209	8,0	180
Роздільна	04.04	30.04	26	23	239	216	8,3	181
Одеса	31.03	30.03	30	15	297	282	9,4	127
Сарата	4.04	1.05	27	18	258	240	8,9	152
Болград	31.03	1.05	31	29	314	285	9,2	166
Базар'янка	2.04	30.04	28	47	289	242	8,6	156
Ізмаїл	4.04	29.04	25	48	258	210	8,4	103
	Період від переходу температури повітря через 10 °С				Період від колосіння до воскової стиглості			
	дата колосіння	тривалість періоду	сума дефіцитів повітря	середній дефіцит повітря, мб	кількість колосоносних стебел	дата воскової стиглості	тривалість періоду	середня температура, °С
Любашівка	12.06	43	256	6,0	620	20,07	38	18,4
Затишшя	18.05	49	286	5,8	1607	28.07	40	19,2
Сербка	14.06	45	332	7,4	530	20.07	36	18,5
Роздільна	18.06	49	334	6,8	791	22.07	34	19,6
Одеса	10.06	41	284	6,9	686	18.07	38	18,2
Сарата	14.06	44	387	8,8	544	18.0	34	18,5
Болград	8.06	38	284	7,5	952	22.07	44	18,0
Базар'янка	10.06	41	319	7,8	463	18.07	38	18,5
Ізмаїл	4.06	36	272	7,6	1337	12.07	38	19,2

11.2. Прогноз врожайних властивостей зерна озимої пшениці

В Україні досить різноманітні грунтово-кліматичні умови, які поки що мало враховуються у насінницькій технології.

Методика оцінки агрометеорологічних факторів для прогнозування врожайних якостей зерна озимої пшениці розроблено в Одеському селекційно-генетичному інститут М.О. Кіндруком [30].

Під врожайними властивостями зерна у насінництві розуміють здібність різних партій зерен одного і того ж сорту давати в різних умовах агротехніки неоднаковий врожай. В залежності від агрометеорологічних умов він може відрізнятись на 4 – 7 ц/га і більше, що навіть перекриває сортові відмінності.

Для оцінки агрометеорологічних умов при прогнозуванні врожайних якостей зерна використовується "екологічна модель" формування врожайних якостей зерна різного рівня: підвищені, середні та зменшені.

За основу при побудуванні екологічної моделі взяті параметри, розраховані по основних міжфазних періодах, починаючи від колосіння рослин: середня температура повітря, середня відносна вологість повітря, кількість атмосферних опадів, кількість днів з температурою повітря 25º С і вище та 10º С та нижче, і кількістю днів з відносною вологістю повітря 50 % і нижче та 80 % і вище (табл.11.2).

Кожний з цих параметрів оцінюється за десятибальною шкалою: 1 – 3 бали для формування насіння із зменшеними врожайними властивостями; 4 – 6 балів – для насіння з середніми властивостями і 7 – 9 балів – для насіння з підвищеними врожайними властивостями. При цьому, найвищий бал відповідає оптимальному значенню фактора. Якщо ж показник значно перевищує екстремальні значення факторів, то він оцінюється балом 0.

Автором методу для практичного використання при складанні прогнозу врожайних властивостей насіння розроблена таблиця, за якою будь яке значення метеорологічного елементу відображено балом врожайності (табл. 11.3).

Сума балів за усіма параметрами моделі у період від колосіння до збирання озимої пшениці відповідає певному рівню врожайних властивостей зерна озимої пшениці. Для зерна з підвищеними врожайними властивостями ця сума становить більше 110 балів, з середніми – від 110 до 95 та зі зниженими – менше 95 балів (табл. 11.3).

Техніка складання прогнозу. При складанні прогнозу врожайних властивостей зерна озимої пшениці необхідно виконати розрахунки:

1. За даними фенологічних спостережень визначити тривалість міжфазних періодів: колосіння – молочна стиглість, молочна стиглість – воскова стиглість, воскова стиглість – повна стиглість (при чому у цьому періоді враховується період збирання хліба до 10 днів);

Таблиця 11.2 – Межі агрометеорологічних оптимумів формування різного рівня врожайних властивостей насіння озимої пшениці (екологічна модель(зв М.О.Кіндруком)

Показник	Міжфазний період вегетації	Рівень врожайних властивостей насіння та його оцінка в балах		
		підвищений, 7 – 9	середній, 4 – 6	понижений, 1 – 3
1	2	3	4	5
Середня температура повітря, ºС	Колосіння – молочна стиглість	13 – 17	10 – 12 18 – 21	менше 10 більше 21
	Молочна – воскова стиглість	16 – 18	11 – 15 19 – 23	менше 11 більше 23
Кількість днів з температурою повітря 25 ºС і вище	Колосіння – молочна стиглість	0 – 5	6 – 9	більше 9
	Молочна – воскова стиглість	0 – 7	8 – 10	більше 10
Кількість днів з температурою повітря 10 ºС і вище	Колосіння – молочна стиглість	0 – 4	5 – 9	більше 9
	Молочна – воскова стиглість	0 – 2	3 – 5	більше 5
	Воскова – повна стиглість	0 – 1	2 – 4	більше 5
Кількість днів з температурою повітря 5 ºС і нижче	Воскова – повна стиглість	0	1	більше 1
Опади, мм	Колосіння – молочна стиглість	61 – 120	21 – 60 121 – 160	0 – 20 більше 160
	Молочна – воскова стиглість	41 – 75	11 – 40 76 – 120	0 – 10 більше 120

Продовження табл. 11.2

1	2	3	4	5
	Воскова – повна стиглість	0 – 20	21 – 40	більше 40
Середня відносна вологість повітря, %	Колосіння – молочна стиглість	56 – 80	41 – 55 81 – 95	менше 40 більше 95
	Молочна – воскова стиглість	51 – 75	36 – 50 76 – 90	менше 36 більше 90
	Воскова – повна стиглість	41 – 65	Менше 40 60 – 80	Більше 80
Кількість днів з відносною вологістю повітря 50% і нижче	Колосіння – молочна стиглість	0 – 6	7 – 15	Більше 15
	Молочна – воскова стиглість	0 – 4	5 – 10	Більше 10
Кількість днів з відносною вологістю 80% і вище	Воскова – повна стиглість	0 – 1	2 – 4	Більше 4

2. За матеріалами метеорологічних спостережень розрахувати середні значення для кожного міжфазного періоду: середньої температури повітря, кількості днів з температурою вище 25º С, кількості днів з температурою повітря 10º С та нижче, 5º С та нижче (графа “мінімальна температура повітря), суми опадів, середньої відносної вологості повітря, кількості днів з відносною вологістю 50 % і нижче (графа “мінімальна відносна вологість”), кількості днів з відносною вологістю повітря 80 % і вище (графа “максимальна відносна вологість повітря”).
3. Отримані значення елементів заносяться у робочу таблицю (табл. 11.4 і потім з табл. 11.2 визначається оцінка кожного елементу в балах за кожний міжфазний період. Після оцінки всіх елементів бали підсумовуються та визначається їх сума. Ця сума і буде критерієм оцінки агрометеорологічних умов формування врожайних властивостей зерна.

Таблиця 11.3 – Шкала балової оцінки рівня врожайної якості зерна озимої пшениці по міжфазних періодах

Рівень врожайних властивостей	Сума балів по періодам			Загальна сума балів
	колосіння – молочна стиглість	молочна – воскова стиглість	воскова – повна стиглість	
Підвищений	вище 36	вище 38	вище 36	вище 110
Середній	31 – 36	33 – 38	31 – 36	95 – 110
Знижений	нижче 31	нижче 31	нижче 31	нижче 95

Приклад. У період колосіння – молочна стиглість середня температура повітря становила 16,7 ºС Їй відповідає оцінка врожайності у 7 балів. Кількість днів з температурою повітря вище 25 °С становила 2 дні – оцінка 9 балів. Днів з температурою нижче 10 та 5 °С не було – оцінка 10 балів. Опади складали 40 мм – оцінка 5 балів. Середня відносна вологість була 55 % – оцінка 5 балів. Кількість днів з відносною вологістю повітря 50 % і нижче становила 5 – оцінка 7 балів. Загальна сума балів за період колосіння – молочна стиглість становить 38. Так само оцінюються усі елементи періоду молочна – воскова стиглість. У нашому випадку за цей період набирається теж 38 балів, за період від воскової до повної стиглості сумарна оцінка – 26 балів. За три періоди сумарна оцінка становить 102 бали, тобто зерно буде з середніми врожайними властивостями.

Для оперативної оцінки агрометеорологічних умов автор методу розробив номограму (рис. 11.1). Отримані показники відкладаються на номограмі. Так, попередній приклад з температурою повітря в період колосіння – молочна стиглість 16,7 ºС попадає у поле високих врожайних властивостей зерна.

За даним методом прогноз врожайних властивостей зерна можна складати з річною завчасністю з використанням довгострокових синоптичних прогнозів та середніх багаторічних величин.

Причинами відхилення отриманих величин врожайних властивостей зерна у прогнозі бувають: відхилення від загальноприйнятої технології вирощування насіння та пошкодження зерна патогенами (збудниками грибних захворювань), клопами-черепашками та ін.

Після розрахунків врожайних властивостей зерна на великих територіях виділяються зони гарантованого, стійкого, нестійкого та рискованого насінництва озимої пшениці.

На матеріалах багаторічних спостережень до зони гарантованого насінництва озимої пшениці відноситься більша частина центрального та правобережного Лісостепу (Вінницька, південні райони Київської області,

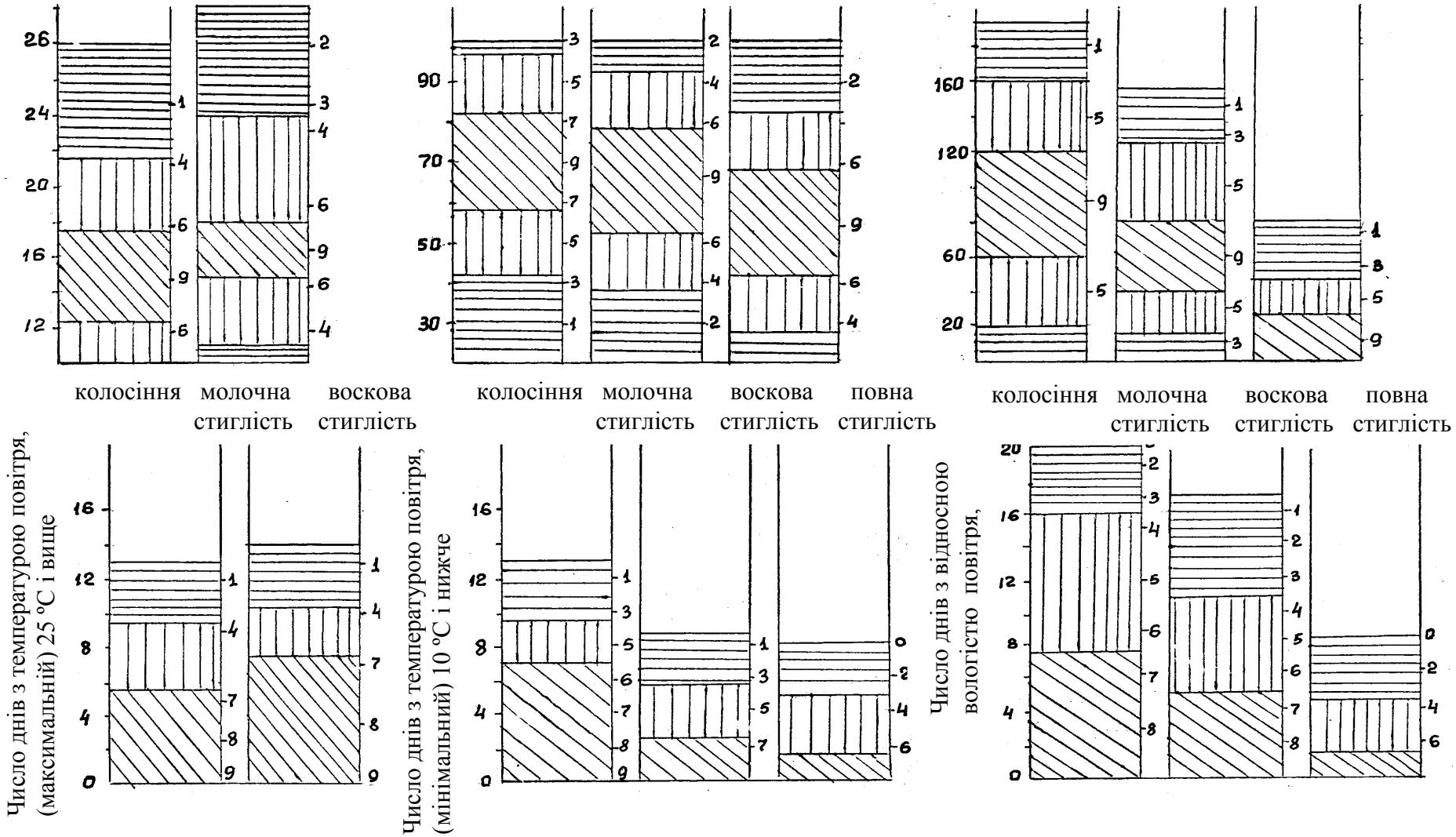


Рис. 11.1 – Номограма оперативної оцінки агрометеорологічних умов для прогнозу врожайних властивостей зерна озимої пшениці . – підвищений , – середній , – знижений

Черкаська області). В цих областях імовірність формування знижених врожайних властивостей спостерігається у більше як у 20 % років.

До зони стійкого насінництва відноситься лівобережний Лісостеп (Сумська, Полтавська та Харківська області), і райони північного та центрального Степу, що прилягають до цих областей, центральна частина Криму, та вузькі смуги біля Чорного та Азовського морів. Низьковрожайні властивості зерна тут спостерігаються не більше ніж у 17 – 25 % років.

Східне Полісся (Житомирська, центральні та північні райони Київської області, Чернігівська область) відносяться до зони нестійкого насінництва. Ймовірність формування знижених властивостей зерна спостерігається тут майже у 30 % років, тобто один раз у 3 – 4 роки. До зони ризикованого насінництва відносяться північно-західна частина Полісся, західна частина Лісостепу (окрім придністровської частини), північно-західні райони Хмельницької області, гірські та перед гірські райони Карпат). Низькі врожайні властивості зерна тут формуються раз у 2 – 3 роки.

У табл. 11.4 наводиться приклад використання екологічного прогнозування у технологічному процесі виробництва насіння озимої пшениці.

11.3 Оцінка агрометеорологічних умов накопичення цукру в коренеплодах цукрових буряків

На вміст цукру у коренеплодах впливають грунтово-кліматичні та погодні умови, агротехніка та культура землеробства (догляд за посівами, термін та якість збирання, тривалість періоду збирання коренеплодів, тривалість зберігання до початку переробки, виведення нових сортів, внесення добрив).

Дослідженнями М.І. Орловського [87] було встановлено, що вміст цукру у коренеплодах тим більший, чим більше зберігається старе листя наприкінці вегетації та чим менше утворюється нових листків восени.

При в’яненні листя процес фотосинтезу уповільнюється і через те уповільнюється накопичення цукру. При вирощування цукрових буряків інколи складаються такі умови, за яких відбувається інтенсивний ріст коренеплоду, але накопичення цукру залишається незначним. Буває і навпаки, накопичення цукру відбувається інтенсивно, а приріст коренеплоду дуже незначний. Такі умови спостерігаються за ясної теплої погоди при недостатньому зволоженні ґрунту. Надмірне зволоження викликає зменшення вмісту цукру в буряках.

Дослідження впливу запасів продуктивної вологи у ґрунті на вміст цукру в коренеплодах показало, що зменшення цукру спостерігається як при значних запасах продуктивної вологи, так і при їх недостатній

Таблиця 11.4 – Приклад розрахунку оцінки урожайних властивостей зерна озимої пшениці

Агрометеорологічні показники	Оцінка умов по міжфазних періодах						Загальна сума балів	Врожайність	
	колосіння – молочна стиглість		молочна – воскова стиглість		воскова – повна стиглість			оцінка за прогнозом	урожай зерна, ц/га
	Значення	бали	значення	бали	значення	бали			
Сорт Миронівська 808, ст.. Миронівка									
Середня температура повітря, °С	16,7	7,0	17,1	8,0			15,0		
Кількість днів з температурою 25 °С і вище 10 °С і вище 5°С і вище	5 4 -	7,0 7,0 -	6 1 -	7,3 8,0 -	- 0 0	- 9,0 9,0	14,3 24 9,0		
Сума опадів, мм	61	7,0	45	7,0	30	5,0	19		
Середня відносна вологість повітря, %	70	9,0	70	8,0	71	5,0	22		
Кількість днів з відносною вологістю повітря 50% і вище 80 % і вище	12	5,0	13	2,5	– 0	– 9,0	7,5 9,0		
Загальна сума балів		42		40,8		37,0		119,8	44,6
Сорт Одеська 51									
Середня температура повітря, °С	16,9	7,0	21.6	4,5	-	-			
Кількість днів з температурою 25 °С і вище 10 °С і вище 5°С і вище	12 8 -	1,0 5,0 -	14 3 -	0 6,0 -	- 3 2	- 5,0 3,0			
Сума опадів, мм	35	4,7	52	8,0	44	3,5			
Середня відносна вологість повітря,%	64	8,0	50	6,0	78	4,0			

Кількість днів з відносною вологістю повітря 50% і вище 80 % і вище	19	2,0	15	1,5	- 4	4,0			
Загальна сума балів		27,7		26		19,5	73,2		37,6

За даними розрахунків сформуються підвищені врожайні властивості зерна озимої пшениці в Київській області і знижені врожайні властивості в Одеській області..

кількості. Якщо у період інтенсивного накопичення цукру запаси вологи в ґрунті більше 160 мм, вміст цукру зменшується на 15 %. Найбільший вміст цукру спостерігається при запасах вологи 60мм у метровому шарі ґрунту. Запаси вологи шару 0 – 50 см на вміст цукру впливають мало.

Дослідженнями О.М. Конторщикової встановлено, що для оцінки умов накопичення цукру краще користуватись величиною вологозабезпеченості, особливо це стосується останніх років [54].

Важливим фактором накопичення цукру в коренеплодах є кількість надходження сонячної радіації. За доброї вологозабезпеченості посівів зв'язок вмісту цукру (y) з приходом сонячної радіації за період накопичення цукру (S) характеризується високим значенням коефіцієнту кореляції:

$$\begin{aligned} У &= 0{,}23S + 14 \\ r &= 0{,}72 + 0{,}03 \end{aligned} \qquad (11.4)$$

Величина приходу сонячної радіації розраховується за формулою С.І. Сивкова .

Але слід відзначити, що не в усіх природно-кліматичних зонах залежність накопичення цукру від приходу сонячної радіації характеризується високим значенням коефіцієнту кореляції. Для Донецько-Придніпровського та Південно-Західного економічних районів цей зв'язок значно слабший. Причини погіршення тісноти зв'язку у цих районах різні. На території Донецько-Придніпровського району вологозабезпеченість посівів у період від 20 липня по 20 вересня буває низькою.

У Південно-Західному економічному районі, навпаки, дуже часто бувають випадки перезволоження ґрунту, яке зменшує вміст цукру у коренеплодах.

Слід зазначити, що на переважній більшості території вирощування цукрових буряків вологозабезпеченість у 80 % років у період з 20 липня по 20 вересня буває недостатньою (50 – 60 % від оптимальної).

О.М. Конторщиковою було знайдено графічну залежність вмісту цукру від вологозабезпеченості посівів та приходу сонячної радіації за період з 1 серпня по 20 вересня для основних районів вирощування цукрових буряків (рис. 11.2 а, б, в).

На території України умови накопичення цукру оцінюються за такими градаціями:

– дуже добрі, вміст цукру більше 18%;
– добрі , вміст цукру 17 – 18%, вологозабезпеченість 50 – 80 % від оптимальної, сума прямої сонячної радіації від 12,5 до 14,5 ккал/см^2;

– задовільні, вміст цукру становить 16 %, вологозабезпеченість 7 – 100 %, сума прямої радіації від 10,5 до 12,5 ккал/см^2;
– погані умови, вміст цукру менше 15 %, вологозабезпеченість оптимальна, пряма сонячна радіація менше 11,5 ккал/см^2.

Для чорноземних областей Росії показники вологозабезпеченості та прямої сонячної радіації будуть дещо нижчі (див. рис. 11.2, а).
У Південно-Західному економічному районі оцінку умов накопичення цукру краще виконувати не за показниками вологозабезпеченості, а за значеннями запасів продуктивної вологи. Встановлено (рис. 9.3), що найкращі умови для доброго накопичення цукру складаються при запасах продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту не менше 50 мм і не більше 110 мм, та сумі прямої сонячної радіації більше 13 ккал/см^2. Добрі умови складаються при запасах вологи не менше 40 та не більше 130 мм і сумі радіації вище 11 ккал/см^2. Незадовільні умови для накопичення цукру складаються при запасах вологи більше 170 мм і сумі прямої радіації менше 10 ккал/см^2.

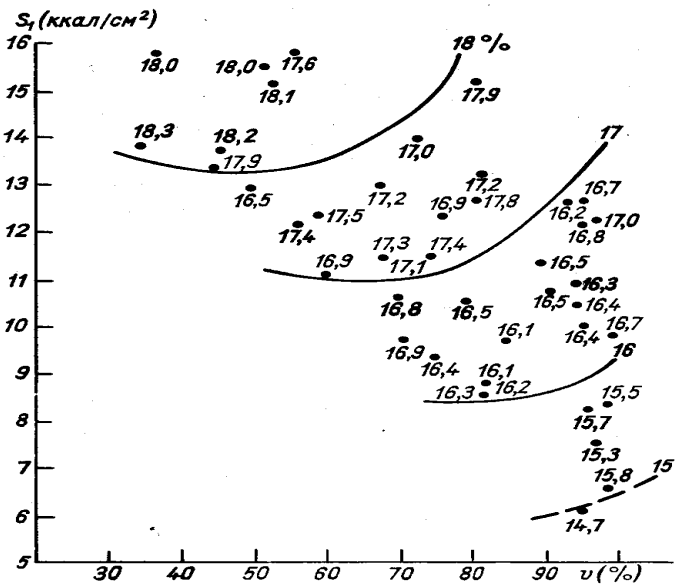


Рис. 11.2 – а) Залежність накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації від прямої сонячної радіації (S_1) і вологозабезпеченості посівів (v) за період інтенсивного накопичення цукру для центральної чорноземної зони (в середньому по області).

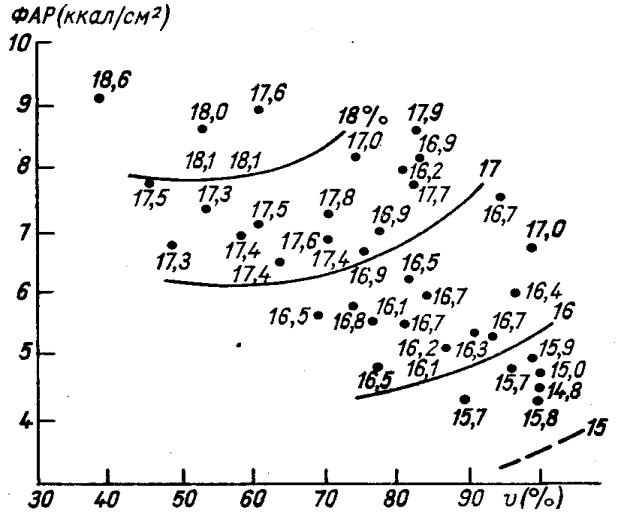


Рис. 11.2. – б) Залежність накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації від суми фотосинтетично активної радіації (ФАР) і вологозабезпеченості посівів (v) за період інтенсивного накопичення цукру для центральної чорноземної зони (в середньому по області).

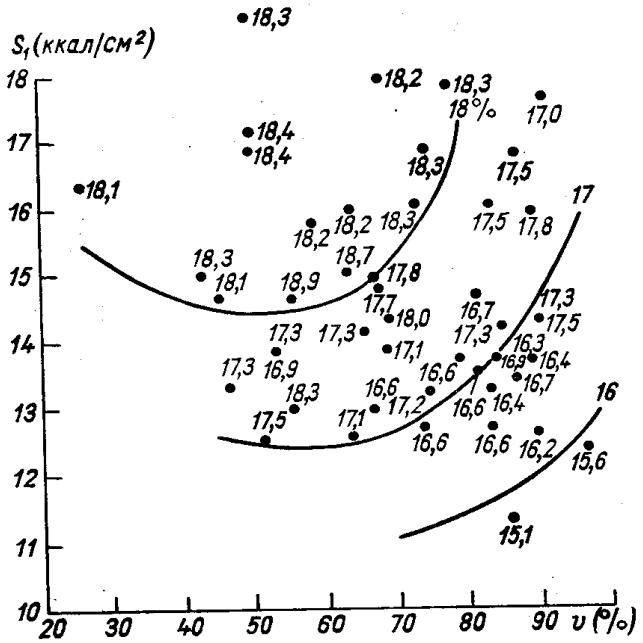


Рис. 11.2 – в) Залежність накопичення цукру в цукрових буряків до кінця вегетації від прямої сонячної радіації (S_1) і середньої вологозабезпеченості посівів (v) за період інтенсивного накопичення цукру для лівобережної частини України (в середньому по області).

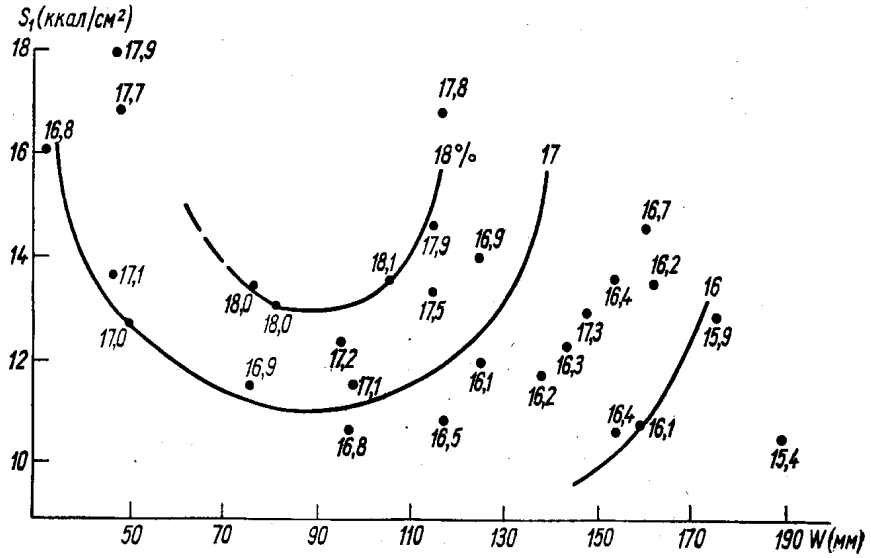


Рис. 11.3 – Залежність накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації від прямої сонячної радіації (S_1) і запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 100 см (W) за період інтенсивного накопичення цукру для західних областей України (в середньому по області).

Прогноз агрометеорологічних умов накопичення цукру в коренеплодах цукрових буряків. Одержані О.М. Конторщиковою залежності (рис. 11.2, 11.3) використовуються для складання прогнозу вмісту цукру у коренеплодах. Однак, в прогнозах погоди нема відомостей про пряму сонячну радіацію, або фотосинтетично – активну радіацію (ФАР). Для визначення прямої радіації І.М. Ярославцев запропонував рівняння

$$S = 0{,}08t - 65 \quad , \qquad (11.5)$$

де S – очікувана сума прямої радіації, ккал/см^2 за період з 1 серпня по 20 вересня;

t – сума активних температур повітря за той же період.

Температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

Слід зазначити, що не для всіх районів вирощування цукрових буряків використовується сума температур з 1 серпня по 20 вересня. Для Донецько-Придніпровського району ця сума використовується за період з 20 червня по 20 вересня. Крім того, в цих районах на накопичення цукру дуже впливає величина випаровування. Н.І. Михайловою [72] для Південно-Західного району запропонована формула для розрахунку сум прямої сонячної радіації

$$S = 0{,}018t - 0{,}003x - 1{,}20 \quad , \qquad (11.6)$$

для Донецько-Придніпровського району :

$$S = 0{,}014t - 0{,}006x + 3{,}510 \quad , \qquad (11.7)$$

де t – сума активних температур, ºС;
x – сумарне випаровування, мм за період з 20 липня по 20 вересня.

Сумарне випаровування розраховується за спрощеним рівнянням водного балансу:

$$E = (W_n + r) - W_к \quad , \qquad (11.8)$$

де W_n та $W_к$ – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на початок та кінець декади відповідно, мм;
x – сума опадів за декаду, мм.

Температура повітря і сума опадів визначаються з синоптичного прогнозу погоди.

Приклад. Прогноз складається після 1 серпня. Розрахунки очікуваного вмісту цукру краще виконувати у робочій таблиці (табл. 11.5).

З прогнозу погоди визначаються: очікувана температура повітря, та сума опадів. З даних спостережень виписуються у робочу таблицю значення запасів продуктивної вологи до дати складання прогнозу. Потім розраховуються очікувані запаси продуктивної вологи на прогнозований період по залежностях О.М. Конторщикової. Розраховуються суми активних температур, вона очікується 1057 ºС. Сумарне випаровування розраховується за спрощеним рівнянням водного балансу (11.8) – воно становить 147 мм. Потім за формулою (11.7) розраховується сума прямої сонячної радіації – 17,4 ккал/см^2. Для визначення очікуваного вмісту цукру необхідно також знати вологозабезпеченість посівів з першого серпня (V) до початку збирання буряків. Вона розраховується за даними середньої вологозабезпеченості на дату складання прогнозу(V_1) за формулою:

$$V = 1{,}4V_1 - 45 \qquad (11.9)$$

Вологозабезпеченість на дату складання прогнозу становила 92 %. Тоді $V = 1{,}4 \cdot 92 - 45 = 84\%$. Середня вологозабезпеченість за прогнозований період буде 92 + 84 /2 = 88 %. Далі з рис. 11.3 визначається очікуваний по області вміст цукру у коренеплодах – він становить 17,6 %.

Таблиця 11.5 – Приклад розрахунку вологозабезпеченості посівів цукрових буряків до кінця вегетації

Показники	Травень			Червень			Липень			Серпень			Вересень	
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Середня декадна температура повітря в поточному році середня багаторічна за прогнозом	 10,3 9,2 –	 14,7 12,7 –	 15,2 14,4 –	 16,8 15,8 –	 19,3 17,2 –	 19,2 18,1 –	 17,4 19,1 –	 18,4 20,3 –	 – 20,8 19	 – 21,0 18	 – 20,4 20	 – 19,1 18	 – 16,8 14	 – 14,5 13
Сума температур за прогнозом	–	–	–	–	–	–	–	–	209	389	589	787	927	1057
Сума опадів у поточному році за прогнозом (х)	 29 –	 19 –	 28 –	 13 –	 2 –	 13 –	 77 –	 6 –	 – 18	 – 17	 – 16	 – 15	 – 15	 – 15
Сума середньо добового дефіциту вологості повітря, мм	38	60	52	69	88	68	45	43						
Коефіцієнт для визначення потреби цукрових буряків у волозі	0,22	0,26	0,31	0,39	0,49	0,65	0,72	0,80	–	–	–	–	–	–
Сумарне випарування, мм фактичне прогнозоване (Е)	 22 –	 36 –	 36 –	 32 –	 32 –	 32 –	 34 –	 22 –	 – 33	 – 31	 – 30	 – 27	 – 23	 – 18
Потреба цукрових буряків у волозі,мм	8	16	16	27	43	44	32	34	–	–	–	–	–	–
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 100 см за період минулий (W) прогнозований (W)	 – –	 175 –	 167 –	 148 –	 118 –	 99 –	 142 –	 118 –	 – 103	 – 90	 – 80	 – 71	 – 62	 – 67
Вологозабезпеченість посівів за декаду, %	100	100	100	100	75	73	100	94	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. 11.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Сума процентів вологозабезпеченості наростаючим підсумком		200	300	400	475	548	648	742	–	–	–	–	–	–
Середня вологозабезпеченість (в % посівів за минулий період вегетації)		100	100	100	95	91	92	92	–	–	–	–	–	–

ЧАСТИНА 3. РОЗДІЛ 12. ДИНАМІКО-СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ УМОВ ВЕГЕТАЦІЇ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Динаміко – статистичний підхід до прогнозування та оцінки агрометеорологічних умов вирощування сільськогосподарських культур розроблений і використовується для складання прогнозів середнього по області (регіону) урожаю із різною завчасністю. Динаміко – статистичний метод прогнозування врожайності засновується на теорії фотосинтетичної продуктивності посівів.

Розробка теорії фотосинтетичної продуктивності посівів стимулювала інтенсивний розвиток робіт по моделюванню продуційного 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-прогнозиста (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.

12.1 Основні принципи прогнозування врожайності

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. Тенденція врожайності розраховується під час розрахунку ліній трендів методом найменших квадратів, або методом гармонічних зважувань.

При розв'язуванні багатьох практичних питань виникає необхідність оцінки впливу на врожаї окремих факторів або їх груп. Для цього розглядають часовий ряд врожаїв. *Часовим рядом* називається послідовність спостережень, упорядкованих згідно з часом.

У загальному вигляді часовий ряд представляє собою вираз

$$y_1, y_2, \ldots, y_i, \ldots, y_n, \tag{12.1}$$

де y_i – значення i-го рівня часового ряду,

n – довжина часового ряду.

Однією з найважливіших задач аналізу часових рядів є визначення основної закономірності зміни в часі (тенденції) явища, що вивчається. З цією метою розкладають ряд на дві складові, які характеризують різні групи факторів. При цьому за загальну статистичну модель часового ряду приймають модель:

$$y_t = f(t) + E_t, \tag{12.2}$$

де $f(t)$ – деяка невипадкова функція часу;

E_t – випадкова складова часового ряду (випадкова компонента).

Ці компоненти часового ряду не спостерігаються, вони теоретичні величини. В цій моделі вважається, що з часом випадкова компонента не змінюється і будь-яка залежність від часу входить до стаціонарної складової.

Стаціонарна складова часового ряду обумовлюється рівнем культури землеробства, визначає загальну тенденцію зміни врожаю за розглядуваний період, і представляє собою плав¬ну лі¬нію - тренд. Тренд характеризує основну закономірність розвитку явищ з часом, але ця

закономірність не повністю вільна від випадкових впливів. Тренд описує тенденцію, осереднену для ряду спостережень.

Такий розклад обумовлюється тим, що рівень культури землеробства впливає на врожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але й у подальшому, тобто сільському господарству притаманна інерціність, внаслідок чого різких коливань врожаїв двох суміжних років, пов'язаних з культурою землеробства, не спостерігається. Тому тренд досить точно характеризує середній рівень урожаїв, обумовлений визначеною культурою землеробства, економічними і природними особливостями будь-якого району.

Форма тренда і його параметри визначаються через добір найкращої (за будь-яким із показників статистичних критеріїв) функції із числа наявних. При правильному виборі тренда відхилення від нього будуть мати випадковий характер. Якщо за певний відрізок часу спостерігається рівномірна зміна врожайності, то лінія тренда описується рівнянням прямої

$$y = a_0 + a_1 t \qquad (12.3)$$

Якщо ж зміна врожайності нерівномірна то лінія тренда – це парабола другого порядку

$$y = a_0 + a_1 t + a_2 t^2, \qquad (12.4)$$

де y – врожайність, ц·/га;

a_0 – вирівняний рівень врожайності на початку даного періоду;

a_1– середньорічний приріст врожайності, обумовлений культурою землеробства;

a_2 – прискорення приросту врожайності (тенденція зміни середнього річного приросту);

t – порядковий номер року в ряду врожайності.

12.2 Прогнозування тенденції врожайності

В порівнянні з вищеописаними методами розрахунку лінії тренда метод гармонічних зважувань, запропонований З. Хельвігом [68] для прогнозування економічних показників, має ту перевагу, що відпадає необхідність вибору функції аналітичного порівнювання. Головна мета методу гармонічних зважувань полягає в тому, що внаслідок порівняння окремих спостережень часового ряду віддається перевага пізнішим спостереженням.

При використанні методу гармонічних зважувань за деяке наближення f(t) дійсного тренда приймається ламана лінія, яка зрівнює чинну кількість даних часового ряду yt.

Мінливе положення окремих відрізків ламаної лінії, яка представляє тренд, описує безперервну зміну у виучуваному процесі, тобто окремі його фази. Для визначення окремих фаз руху поточного тренда необхідно вибрати деяке число k< n та за допомогою методу найменших квадратів розрахувати параметри рівнянь лінійних відрізків (фаз тренду)

$$y_i(t) = a_i + b_i t; \quad (i = 1,2,...,n-k+1), \tag{12.5}$$

де $k<n$ – кількість точок згладженного ряду, при цьому:

для $i = 1, t = 1, 2,..., k$;

для $i = 2, t = 2, 3,.., k+1$;

для $i = n - k+1, t = n - k+2,..., n$.

Параметри a і b визначаються методом найменших квадратів. Далі слід визначити значення кожної функції $y_i(t)$ у точках: $t=i+n-1$, $n=1,2,...,k$. Відібрати серед цих значень ті, для яких $t = i$ і визначити через $y_i(t)$ значення функції $y_i(t)$ для $t=i$. Кількість визначень в кожній точці $y_i(t)$ нехай буде q_i . Середнє визначається з виразу

$$\bar{y}_i(t) = \frac{1}{q_i}\sum_{j=1}^{q_i} y_i(t), \qquad j=1,2,...,q_i . \tag{12.6}$$

Прогнозування значення часового ряду визначається з формули

$$\bar{y}_{t+1} = \bar{y}_t + \bar{\omega}_{t+1}, \tag{12.7}$$

де $\bar{\omega}_{t+1}$–середнє прирощення функції $f(t)$.

Для прогнозу тенденції часового ряду методом гармонічних зважувань повинні виконуватись такі передумови:

1) часовий ряд повинен бути досить тривалим, щоб в середині цього ряду була можливість простежити закономірність процесу;
2) відхилення від поточного тренда повинні представляти стаціонарний випадковий процес.

Метод гармонічних зважувань враховує ці передумови, а розрахунки виконуються у такій послідовності.

Прирощення функції

$$\omega_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{y}_{t+1} - \bar{y}_t \tag{12.8}$$

Середні прирощення

$$\bar{\omega}_{t+1} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^{n} \cdot \omega_{t+1} \qquad (12.9)$$

де C_{t+1}^{n}– коефіцієнти, які визначаються з формули

$$C_{t+1}^{n} = \frac{m_{t+1}}{n-1}, \qquad (12.10)$$

де m_{t+1} – гармонічні зважування.

При розрахунку гармонічних коефіцієнтів зберігається головна ідея методу – більш пізнім спостереженням надається більше ваги. Більш ранні спостереження мають меншу вагу

$$m_2 = \frac{1}{n-1}, \qquad (12.11)$$

в наступний момент вага інформації m_3 буде

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-1} \qquad (12.12)$$

Таким чином, ряд зважувань визначається з рівняння

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}\ ; \quad (t = 2,3,...,n\text{-}1), \qquad (12.13)$$

з початковою величиною, визначеною з рівняння (12.11).

Екстраполяція тенденції часового ряду визначається з виразу

$$y_{t+1} = y_t + \omega_{t+1} \qquad (12.14)$$

Запропонований вище алгоритм описує розрахунок динамічної складової часового ряду за методом гармонічних зважувань.

Для екстраполяції тенденції врожайності використовуються щорічні дані середньої обласної врожайності сільськогосподарських культур усіх категорій господарств у центнерах з гектара.

При розрахунках тенденції врожайності сільськогосподарської культури необхідно враховувати те, що часовий безперервний інтервал, в якому розглядається врожайність, повинен складати не менше 20 років. За цієї умови кількість років, що утворюють одну фазу поточного тренда, визначається для кожного ряду, виходячи із величини відхилень прогнозованого врожаю від фактичного (за звичай k = 16).

12.3 Оцінка агрометеорологічних умов вегетації

При прогнозуванні врожаїв оцінка відхилення поточних агрометеорологічних умов від середніх багаторічних вимагає кількісного вираження.

В основу кількісної оцінки агрометеорологічних умов вирощування сільськогосподарських культур покладено вираз

$$C = m_p / m_p, \qquad (12.15)$$

де C – оцінка умов;

m_p – біомаса репродуктивних органів (господарсько цінної частини рослини), розрахована за моделлю з використанням інформації, яка характеризує умови періоду;

m_p – біомаса репродуктивних органів, розраховані за моделлю за середніми багаторічними даними.

Числове значення оцінки дозволяє надати кількісну характеристику умов формування врожаю. Якщо значення C становить близько 1, то агрометеорологічні умови поточного року близькі до середніх багаторічних, C більше 1 – умови більш сприятливі для формування врожаю ніж середні багаторічні, C менше 1 – умови поточного року гірші , ніж середні багаторічні.

Розрахунок середньої по області оцінки агрометеорологічних умов вегетації виконується за допомогою динамічної моделі формування врожаю, запропонованої А.М. Польовим.

12.4 Базова динамічна моель урожайності

Основні концептуальні положення моделі такі: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.

Динамічна модель формування врожаю сільськогосподарських культур складається з п'яти блоків (рис. 12.1):

1. блок вхідної агрометеорологічної інформації;
2. блок початкових даних та шкали часу;
3. блок чинників навколишнього середовища;
4. біологічний блок;
5. блок врожайності.

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 грунтових вод; термін та норма вегетаційного поливу (при зрошуванні); характеристик агрофізичного та агрохімічного стану ґрунту, водного режиму ґрунтів.

Блок початкових даних та шкали часу

Для виконання розрахунків початкових характеристик рослинного покриву (розмірів біомаси окремих органів рослин – листя, стебел, коренів, репродуктивних органів та площі асимілюючої поверхні); завдаються 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

$$\sum_{ï.âåã}^{â.ñò.} t_{åô.} = (t_{äåê.} - t_{á.í.}) n_{äåê.}, \qquad (12.16)$$

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

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

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

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

Рис. 12.1 – Блок-схема динамічної моделі формування врожайності озимої пшениці

Розраховується тривалість світлого часу доби.

Розрахунок схилення Сонця виконується за допомогою виразу

$$\delta = \left\{ -23{,}4\cos\left[\frac{23{,}1428(t_0 + q_i + 10)}{365} \right] \right\} \cdot 0{,}017453, \qquad (12.17)$$

де δ – схилення Сонця;

t_o – 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

$$\tau_З = 12 + 3{,}8197 arc\cos\left(-\frac{A}{B} \right), \qquad (12.18)$$

де $\tau_з$ – час заходу Сонця;

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

$$A = \sin(0{,}017453\varphi)\sin\delta\ , \qquad (12.19)$$

$$B = \cos(0{,}017453\varphi)\cos\delta\ , \qquad (12.20)$$

де φ – широта пункту, для якого ведеться розрахунок.

Час сходу Сонця та тривалість світлої частини доби розраховується за співвідношеннями

$$\tau_{сх} = 24 - \tau_З\ , \qquad (12.21)$$

$$\tau_{дн} = \tau_З - \tau_в\ , \qquad (12.22)$$

де $\tau_{сх}$ – час сходу Сонця;

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

Блок чинників навколишнього середовища

Підблок радіаційного та водно-теплового режимів посіву.

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

$$Q_0^j = 12{,}66\left(SS^j\right)^{1{,}31} + 315\left(A^j + B^j\right)^{2{,}1}, \qquad (12.23)$$

де Q_o – 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

$$Q_L = Q_0 a_Q (1 - a_{LS}), \qquad (12.24)$$

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

a_Q – функція пропускання сумарної радіації рослинним покривом;

α_{LS} – альбедо рослинного покриву.

Функція пропускания сумарної радіації знаходиться за формулою Тоомінга і Росса

$$a_Q = (1 - c_2)\exp\left(-\frac{k_S^L L}{\sinh\theta}\right) + c_2 \exp\left(-c_3 \frac{k_S^L L}{\sinh\theta}\right), \qquad (12.25)$$

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.

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

$$\alpha_{LS} = \alpha_{Lh_\theta} + (\alpha_S - \alpha_{Lh_\theta})\exp[-L(1 + ctgh_\theta / \pi)], \qquad (12.26)$$

де

$$\alpha_{Lh_\theta} = \frac{0{,}4084}{1 + 1{,}1832 \sin \quad h_\theta}. \ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (12.27)$$

Розрахунок інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ФАР) виконаємо за співвідношенням

$$I_{ФАР} = \frac{(a_{ФАР} \cdot Q_L)}{t_{дн}} \qquad (12.28)$$

де $a_{ФАР}$ – коефіцієнт переходу від сумарної сонячної радіації до ФАР.

Кількість опадів, які досягли поверхні ґрунту, знаходиться як:

$$P_s = P_0 - P_L, \tag{12.29}$$

де P_o – кількість опадів, що випали;

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

$$P_L = 0{,}2 \cdot L. \tag{12.30}$$

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

$$E_{пот} = 16{,}7\left(a_{хар} \cdot Q_0 - n_{дек} \cdot b_{хар}\right), \tag{12.31}$$

де $E_{пот}$ – випаровуваність посівів;

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

Сумарне випаровування посівів визначимо за рівнянням

$$E_{act} = \frac{2W + P_s + P_{зр.}}{1 + \dfrac{2W_{НВ}}{\beta_x \; E_{pot}}}, \tag{12.32}$$

де E_{act} – сумарне випаровування посіву;

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

$W_{НВ}$ – найменша вологомісткість в метровому шарі ґрунту;

$\beta_{x.}$ – параметр, який відображає особливості часового ходу випаровування в залежності від фази розвитку та біологічних особливостей культури;

W – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту.

Рівень ґрунтових вод визначається за рівнянням

$$H_{gr.w.}^{j+1} = H_{gr.w.}^{j} + \Delta H_{gr.w.}^{j}, \tag{12.33}$$

$$\Delta H_{gr.w} = \frac{I_w}{k_w} \cdot 10, \tag{12.34}$$

де величина I_w визначається як

$$I_w = W_n + P_0 - E_{pot} - W_{HB}, \qquad (12.35)$$

$$O \le W_{FC} - (W_n + P_0 - ET_{act}) \ge V_p \le V_{\max}, \qquad (12.36)$$

де $H_{gr.w.}$ – рівень грунтових 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

$$W^{j+1} = W^j + P_S^j + P_{зр.}^j - E_{act}^j - I_w^j + V\text{р} \qquad (12.37)$$

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

$$ГТК = \frac{P_S}{(0{,}1 t_{дек} n_{дек})}. \qquad (12.38)$$

Підблок функцій впливу температури повітря та вологозабезпеченості посівів на фотосинтез.

Поглинання і відновлення двоокису вуглецю при підвищенні температури прискорюються, поки не буде досягнутий деякий оптимальний рівень, який зберігається в досить широкому діапазоні температур. Залежність нетто-газообміну від температури визначається різницею між швидкостями фотосинтетичного засвоєння CO_2 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

$$\Psi_{\Phi} = \begin{cases} 13{,}7\sin(0{,}0774x_2) \quad при \quad t < t_{opt1}^{\Phi} \\ 1 \quad при \quad t_{opt1}^{\Phi} \le t_n \le t_{opt2}^{\Phi} \\ 1{,}1323\cos(1{,}5705x_3) - 0{,}1323 \quad при \quad t > t_{opt2}^{\Phi} \end{cases} \tag{12.39}$$

$$x_2 = (t_n - t_o^{\Phi})/(t_{opt1}^{\Phi} - t_n) \tag{12.40}$$

$$x_3 = (t_n - t_{opt2}^{\Phi})/(t_{\max}^{\Phi} - t_{opt2}^{\Phi}) \tag{12.41}$$

де ψ_{Φ} – температурна крива фотосинтезу;

t_n – температура повітря;

t_o^{Φ}, t_{opt1}^{Φ}, t_{opt2}^{Φ}, $t_{\max}^{\Phi}$ – 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:

$$t_{opt1}^{\Phi} = B_{01} + B_1 x_4 + B_2 x_4^2 + B_3 x_4^3 \tag{12.42}$$

$$t_{opt2}^{\Phi} = B_{02} + B_4 x_4 + B_5 x_4^2 + B_6 x_4^3 \tag{12.43}$$

$$x_4 = \sum t / \sum t_{cm}\,. \tag{12.44}$$

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:

$$\gamma_{\Phi} = \begin{cases} 2{,}187x_5 - 1{,}163x_5^2 \quad при \quad W < W_{opt1} \\ 1 \quad при \quad W_{opt1} \le W \le W_{opt2} \\ -0{,}654 + 3{,}824x_6 - 2{,}633x_6^2 + 0{,}467x_6^3 \quad при \quad W > W_{opt2} \end{cases} \tag{12.45}$$

$$x_5 = W / W_{opt1} \tag{12.46}$$

$$x_6 = W / W_{opt\,2} \qquad (12.47)$$

та через відношення сумарного випаровування до випаровуваності

$$e_{\phi} = \frac{E_{ast}}{E_{pot}}_{t}, \qquad (12.48)$$

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:

$$FW = \left(\gamma_{\phi} \cdot e_{\phi}\right)^{0,5}. \qquad (12.49)$$

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

$$FTW1 = \left(\psi_{\phi} \cdot FW\right)^{0,5}. \qquad (12.50)$$

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

$$FTW2 = \begin{cases} FTW1[1 + (1 - \Psi_{\Phi})(1 - FW) & при \quad t_n < t_{opt1} \\ FTW1 \quad при \quad t_{opt1} \le t_n \le t_{opt2} \\ FTW1[1 - (1 - \Psi_{\Phi})(1 - FW)] & при \quad t_n > t_{opt2} \end{cases} \qquad .(12.51)$$

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.

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 не 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 кущіння – 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 культур 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.

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

$$C_{поляг.} = \begin{cases} m_1 \ при \ G_{crit1} > G > G_{crit2} \ і \ ГТК < ГТК_{crit1} \ і \ \bar{r} > \bar{r}_{crit1} \\ m_2 \ при \ G_{crit1} > G > G_{crit2} \ і \ ГТК_{crit2} > ГТК > ГТК_{crit1} \ і \ \bar{r} > \bar{r}_{crit1} \\ m_3 \ при \ G_{crit1} > G > G_{crit2} \ і \ ГТК_{crit3} < ГТК > ГТК_{crit2} \ і \ \bar{r} > \bar{r}_{crit2} \end{cases}, \quad (12.52$$

де G – густота стояння рослин;

G_{crit1}, G_{crit2} – критичні значення густоти стояння рослин, при яких можливе полягання посівів;

$ГТК$ – гідротермічний коефіцієнт Селянинова;

$ГТК_{crit1}$, $ГТК_{crit2}$, $ГТК_{crit3}$ – критичні значення ГТК, при котрих спостерігаються різні рівні втрат врожаю за рахунок полягання;

$\bar{r}$ – сума опадів за одну добу періоду;

$\bar{r}_{crit1}$, $\bar{r}_{crit2}$ – 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 привоздить 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:

$$C_{стmi} = \begin{cases} p_1 & при \quad \overline{R}_{crit1} > \overline{r} \\ p_2 & при \quad \overline{R}_{crit2} > \overline{r} > \overline{R}_{crit1} \quad i \quad d_n > D_{crit1} \\ p_3 & при \quad \overline{R}_{crit3} > \overline{r} > \overline{R}_{crit2} \quad i \quad d_n > D_{crit1} \end{cases}, \quad (12.53)$$

де $\overline{R}_{crit1}, \overline{R}_{crit2}, \overline{R}_{crit3}$ – 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 <u>гороху</u> вводиться додаткова оцінка впливу:

– сильного похолодання за період утворення суцвіть – цвітіння:

$$C_{похол} = p_5 \text{ при } t < t_{crit4}, \quad (12.54)$$

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:

$$C_{перезв.} = p_6 \text{ при } r < R_{crit4}, \quad (12.55)$$

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

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

$$C_{викид.вол.} = B_7 + B_8 t_в +_9 (t_в)^2 +_{10} W_в +_{11} (W_в)^2, \quad (12.56)$$

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

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

Для культури <u>соняшника</u> вводиться додаткова оцінка впливу:

– сильного похолодання за період утворення суцвіть – цвітіння

$$C_{похол} = p_6 \text{ при } t < t_{crit5}, \quad (12.57)$$

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:

$$C_{перзв.} = p_7 \quad \text{при} \quad r > R_{crit5}, \qquad (12.58)$$

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

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

$$C_{налив.} = 1 - \left(B_{12} t_{налив.} - B_{13}\right)^2, \qquad (12.59)$$

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:

$$C_{кореня} = \begin{cases} p_8 & при \quad t > t_{crit1} \\ p_9 & при \quad t > t_{crit2} \\ p_{10} & при \quad t > t_{crit3} \end{cases}, \qquad (12.60)$$

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:

$$\alpha_{\Phi} = \begin{cases} \exp\left\{-\alpha_{\Phi}^{0}\left[\left(\sum t - \sum t_{\Phi_1}\right)/10\right]^2\right\} \; при \; \sum t < \sum t_{\Phi_1} \\ 1 \quad при \quad \sum t_{\Phi 2} \geq \sum t \geq \sum t_{\Phi_1} \\ 1{,}063 - 1{,}826 x_1 + 0{,}705 x_1^2 \; при \; \sum t > \sum t_{\Phi_2} \end{cases} \qquad (12.61)$$

$$x_1 = \frac{\sum t - \sum t_{\Phi_2}}{\sum t_{ст.} - \sum t_{\Phi_2}}, \qquad (12.62)$$

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;

$\sum t_{ст.}$ – сума ефективних температур за період від відновлення вегетації до достигання.

Аналогічним рівнянням описується і онтогенетична крива дихання α_R, для якої задаються відповідні параметри. Вони характеризують початкове значення онтогенетичної кривої дихання α_R^o, 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:

$$\Phi_o^j = (\Phi_{\max} \cdot a_{\phi} \cdot I_{ФАР}) / (\Phi_{\max} + a_{\phi} \cdot I_{ФАР}), \qquad (12.63)$$

де Φ_o^j – інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- і вологозабезпеченості в реальних умовах освітленості, мг CO_2/(дм^2·год);

$\Phi_{\max}$ – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні і нормальній концентрації CO_2, мг CO_2/(дм^2·год);

α_Φ – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу, мг CO_2/(дм$^{-2}$·год$^{-1}$)/(кал·см$^{-2}$·хв$^{-1}$);

$I_{ФАР}$ – интенсивність фотосинтетично активної радіації (ФАР) всередині посіву, кал/(см^2·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 $\Phi_{\max}$ як функцію концентрації CO_2:

$$\Phi_{\max} = \tau_C \cdot C_o, \qquad (12.64)$$

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

$$\Phi_\tau^j = \alpha_\Phi^j \Phi_o^j \cdot FTW2, \qquad (12.65)$$

де Φ_τ – інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах середовища, мг CO_2/(дм^2·год);

α_Φ – онтогенетична крива фотосинтезу;

$FTW2$ – узагальнена функція впливу факторів зовнішнього середовища.

Сумарний фотосинтез посіву за світлий час доби можна розраховувати за формулою:

$$\Phi^j = 0{,}68\Phi_\tau^j \cdot L^j \tau_{дн} \cdot 0{,}1, \qquad (12.66)$$

де Φ – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, г/(м^2·д);

L – площа листової поверхні, м^2/м^2;

$\tau_{дн}$ – 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*:*

$$\frac{\Delta m_i^j}{\Delta t} = \frac{\beta_i^j \Phi^j}{1+c_{Gi}} - \frac{(\alpha_{Ri}^j c_{mi} \varphi_R^j + \vartheta_i^j)\tilde{m}_i^j}{1+c_{Gi}},$$

$$\frac{\Delta m_p^j}{\Delta t} = \frac{\beta_p^j \Phi^j}{1+c_{Gi}} - \frac{\left(\alpha_{Rp}^j c_{mp} \varphi_R^j \tilde{m}_p - \sum_i^{l,s,r} \vartheta_i^j \tilde{m}_i^j\right)}{1+c_{Gp}}, \quad (12.67)$$

$$\frac{\Delta m_g^j}{\Delta t} = \frac{\Delta m_{g_{\max}}^j}{\Delta t} \cdot \frac{\Delta \tilde{m}_p^j / \Delta t}{k_g + \Delta \tilde{m}_p^j / \Delta t},$$ 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;

$\beta^j{}_i$ – ростова функція вегетативного періоду;

ϑ_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.

$$\frac{\Delta \widetilde{m}_j}{\Delta t} = \frac{\Delta m_j}{\Delta t} \geq 0 . \qquad (12.68)$$

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

$$\frac{\Delta \widetilde{m}_j}{\Delta t} = -\left(\frac{\Delta m_j}{\Delta t} \frac{1}{k_s} \right), \qquad (12.69)$$

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:

$$L^{j+1} = L^j + \Delta m_l \tfrac{1}{d_L}, \qquad (12.70)$$

де d_L – питома поверхнева площа листя, г/м^2.

При від'ємному прирості біомаси листя для опису росту асимілюючої поверхні використовується таке співвідношення:

$$L^{j+1} = L^j - \Delta m_i \tfrac{1}{d_L} \cdot \tfrac{1}{k_c}, \qquad (12.71)$$

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:

$$M_{зерн.} = 0{,}1 m_g \left(C_{посух.} \cdot C_{поляг.} \cdot C_{стік.} \right)^{0{,}333}. \qquad (12.72)$$

Рівняння (5.30) – (5.100) описують вплив агрометеорологічних умов на формування врожаю сільськогосподарської культури.

12.5 Методика складання прогнозу

12.5.1. Методи визначення параметрів моделей сільськогосподарських культур стосовно конкретних ґрунтово-кліматичних зон

У відповідності з описаною структурою моделі її параметри поділені на чотири групи:

1. Параметри для розрахунку інтенсивності фотосинтезу;
2. Параметри для розрахунку інтенсивності дихання;
3. Параметри для розрахунку динаміки біомаси окремих органів і всієї рослини, площі асимілюючої поверхні;
4. Параметри агрометеорологічного блоку, до якого входять значення коефіцієнтів рівнянь регресії для розрахунку середньої за світлу пору доби температури повітря.

Параметри блоку фотосинтезу. До групи параметрів блоку фотосинтезу входять параметри, які характеризують інтенсивність протікання процесу фотосинтезу під впливом факторів, що безпосередньо беруть участь у самому процесі, а також ті, що відображають умови здійснення процесу. Останні є функціями впливу факторів середовища на інтенсивність процесу фотосинтезу.

Цю групу складають параметри світлової кривої фотосинтезу k, b та $\psi_{\hat{o}}$, $\gamma_{\hat{o}}$ – функції впливу температури повітря і вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу.

Загальний вигляд світлової кривої фотосинтезу наведено на рис. 12.2.

Параметр k характеризує плато світлової кривої, а параметр b – нахил світлової кривої фотосинтезу при незначних інтенсивностях ФАР і знаходиться як тангенс кута нахилу світлової кривої.

Для озимого жита: k = 15 мг CO_2/(дм^2·год.);

b=555,6 мг CO_2/(дм^2·год.) / (кал /см^2·хв).

Для озимої пшениці, ярого ячменю та вівса k = 25мг CO_2/ (дм^2·год.);

b = 581,4 мг CO_2 / (дм^2·год.)/(кал/см^2·хв).

Врахування впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу проводиться через температурну криву фотосинтезу $\psi_{\hat{o}}$, яка будувалась по відношенню температури поточної доби до температури світлої пори доби, коли здійснюється фотосинтез (рис. 2.2).

Крайні та оптимальні середньодобові температури повітря для фотосинтезу отримані для різних культур: озимого жита – 20 °С, озимої пшениці , ярого ячменю та вівса – 22°С.

Функції впливу вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу73визначені окремо для супіщаних та суглинистих ґрунтів (рис. 12.4).

Крім того, для розрахунку фотосинтезу використовується також параметр, який характеризує вплив зміни фізіологічного віку листя на інтенсивність фотосинтезу, – онтогенетична крива фотосинтезу $\alpha_{ф}$, положення максимуму якої визначається темпами розвитку рослин на конкретній території.

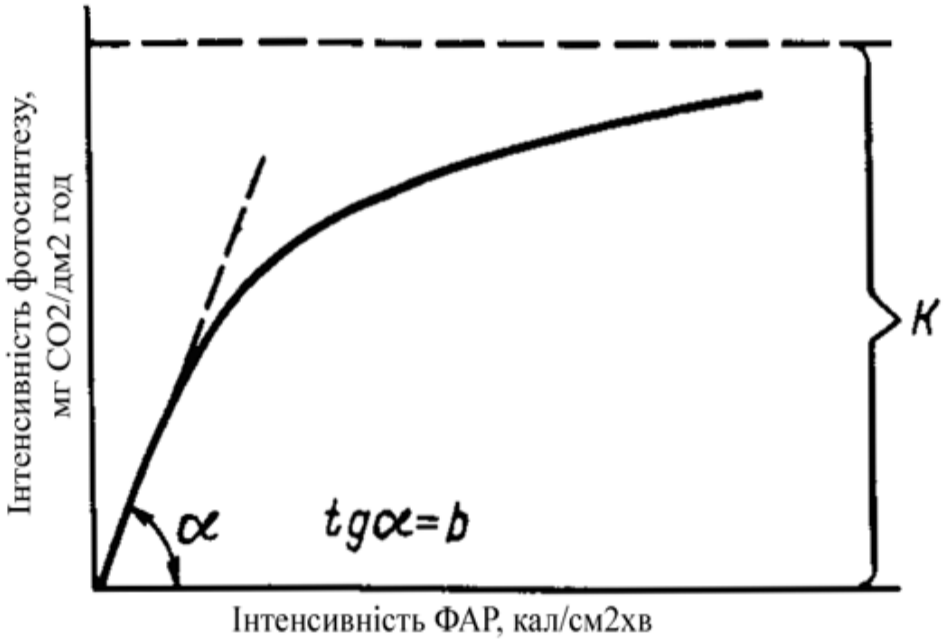


Рис. 12.2 – Параметри світлової кривої фотосинтезу.

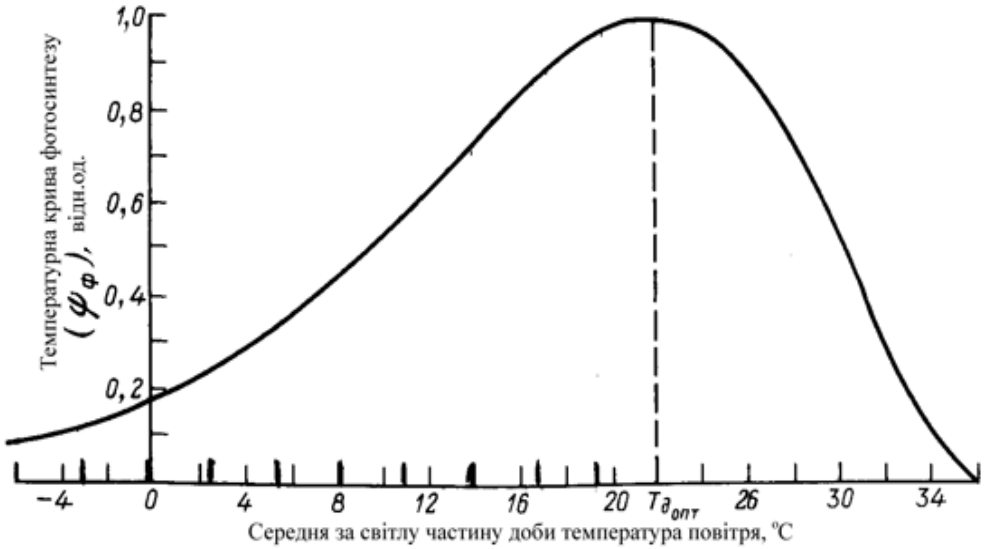


Рис.12.3 – Температурна крива озимої пшениці:
$T_{д\ опт}$ – оптимальна середня за світлий час доби температура повітря для отосинтезу озимої пшениці.

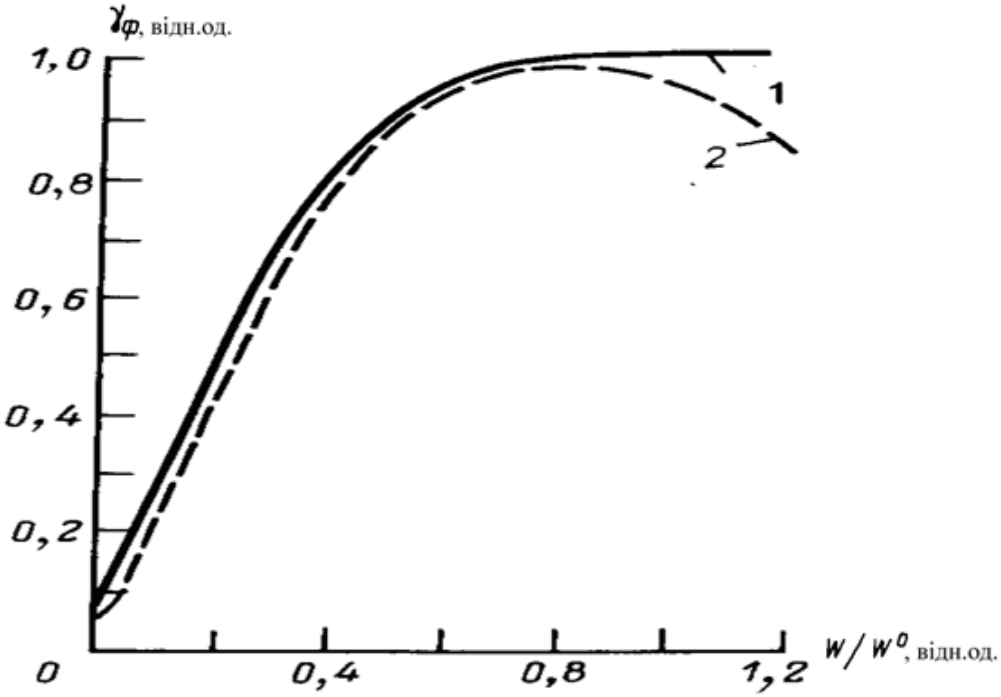


Рис.12.4 – Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез:
1 – супіщаний ґрунт; 2 – суглинковий ґрунт; W – запаси (мм) продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 50 см; W^0 – найменша вологоємність ґрунту в шарі ґрунту 0 – 50 см або найбільші запаси (мм) вологи у ґрунті в шарі ґрунту 0 – 50 см протягом трьох перших декад після відновлення вегетації (сходів).

Онтогенетична крива фотосинтезу – це одновершинна крива (рис.12.5), яка описується виразом

$$\alpha_{\phi}^{j} = l^{-a\left(\frac{TS_2 - \sum t_l^1}{10}\right)^2}, \qquad (12.73)$$

де параметр *a* визначається за допомогою формули

$$a = \frac{-100 l_n \cdot \alpha_{\phi}^{j}}{\sum t_l^1}, \qquad (12.74)$$

де TS_2 – сума ефективних температур наростаючим підсумком;

$\sum t_l^1$ – сума ефективних температур, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу листя;

α_{ϕ}^{j}=0,5 – початкова інтенсивність фотосинтезу по відношенню до максимально можливої на початок вегетації при TS_2 = 0.

Для визначення положення максимуму онтогенетичної кривої фотосинтезу будь-якої культури для конкретної території, тобто суми температур, що визначає це положення, необхідно за даними Агрокліматичного довідника розрахувати середні по області багаторічні дати відновлення вегетації (сходів) та воскової стиглості і визначити середню багаторічну суму ефективних температур вище 5 °С за цей період $\sum t_4$. Четверта частина цієї суми буде значенням $\sum t_l^1$.

Параметри блоку дихання. До цієї групи параметрів відноситься коефіцієнт витрат на підтримку структур C_1 =0,015 та коефіцієнт витрат на конструктивне дихання C_2 = 0,28. Сюди також входить параметр, що характеризує вплив зміни віку органів на інтенсивність процесу дихання – *онтогенетична крива дихання* α_R, положення максимуму якої визначається темпами розвитку рослин на конкретній території.

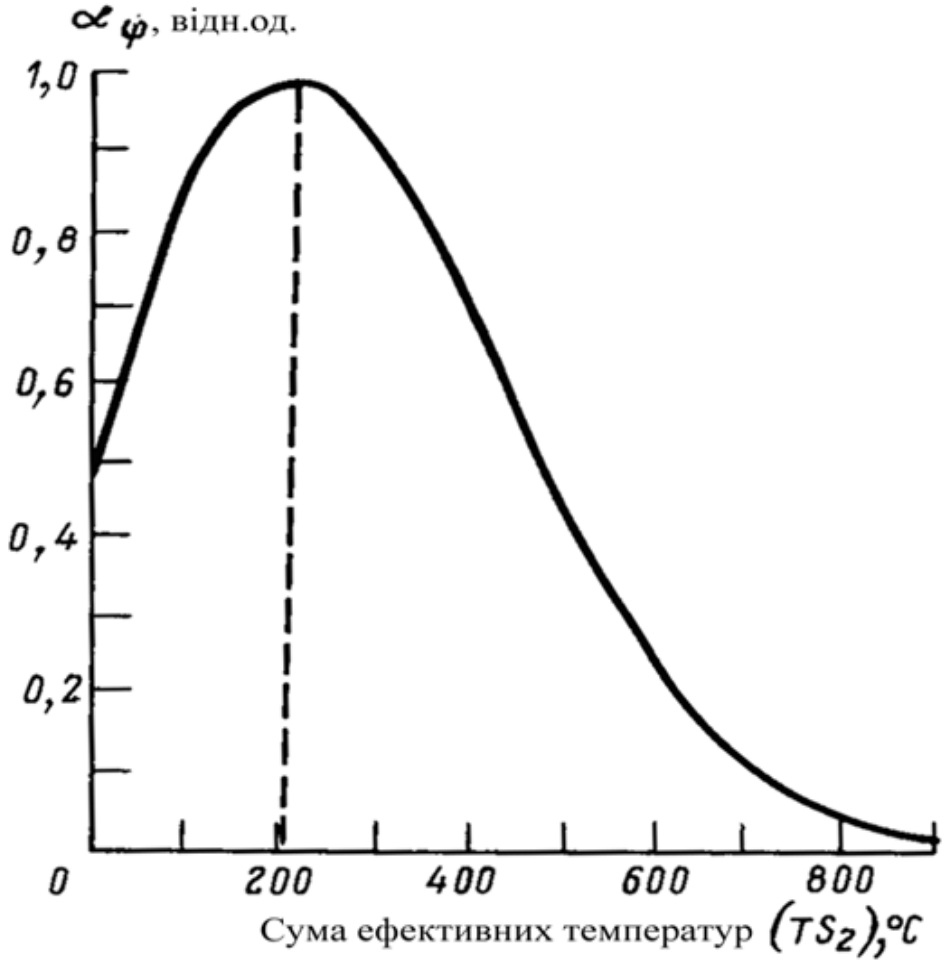


Рис. 2.5 – Онтогенетична крива фотосинтезу.

Для визначення положення максимуму онтогенетичної кривої дихання, тобто суми температур, яка визначає це положення ($\sum t_l^3$), необхідно скористуватись сумою ефективних температур за період від відновлення вегетації (сходів) до воскової стиглості. Четверта частка цієї суми буде складати $\sum t_l^3$. Сума $\sum t_l^3$ дорівнює $\sum t_l^1$.

Параметри блоку росту. Головним блоком прикладних динамічних моделей формування урожаю є блок росту. Параметри цього блоку визначаються по кожній культурі для конкретної території. Ця група параметрів об'єднує функції періоду вегетативного росту β_i та функції періоду репродуктивного росту v_i. У відповідності з роботами Х. Тоомінга функції періоду вегетативного росту визначаються як

$$\beta_i = \frac{\Delta m_i}{\sum\limits_{i}^{l,s,r,p} \Delta M_i}, \quad i \in l, s, r \qquad (12.75)$$

та показують частку сумарного приросту всієї рослини, який приходиться на *i*-й орган; інші – функції періоду репродуктивного росту

$$v_i = \frac{\Delta m_i}{m_i}, \quad i \in l, s, r \tag{12.76}$$

показують відтік (перерозподіл) асимілятів із кожного вегетативного органа після закінчення його росту в репродуктивні органи.

Розрахунок функцій вегетативного і репродуктивного періодів у прикладних моделях формування урожаїв полягає в тому, що динаміка біомаси із кожного органу у відносних одиницях наводиться у вигляді сім′ї кривих (рис. 12.6), точки перегину яких $\sum t_i^2$, $i \in l, s, r, p$ збігаються з сумами температур, які дорівнюють половині всієї суми, необхідної для завершення росту кожного органу. Наведена на осі абсцис сума представляє собою суму температур, з якої починається ріст репродуктивних органів.

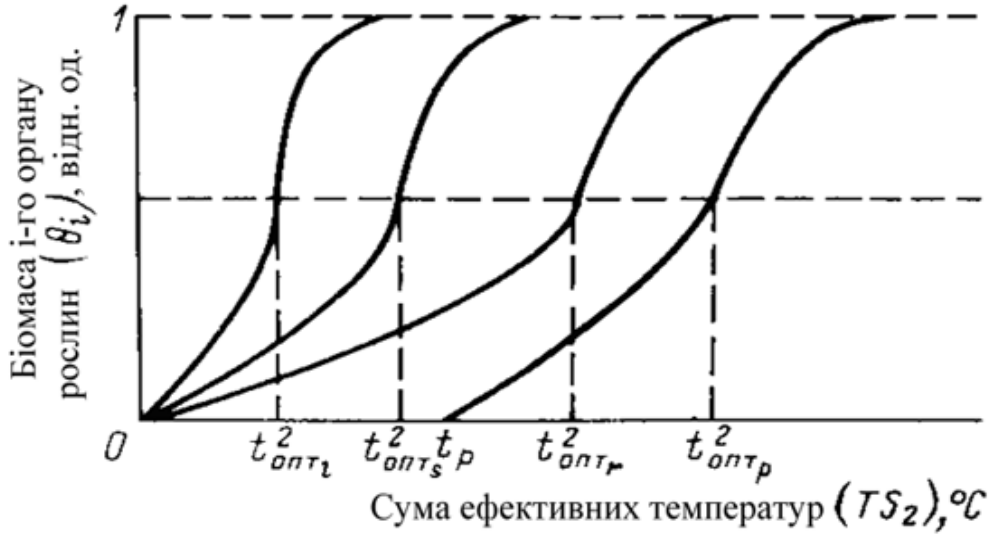


Рис. 12.6 – Динаміка накопичення біомаси окремих органів рослини: $\sum t_i^2$, $\sum t_s^2$, $\sum t_r^2$, $\sum t_p^2$ – суми температур, які дорівнюють половині суми температур, що необхідна для завершення росту відповідного органа рослини: *l* – листя; *s* – стебел; *r* – коренів; *p* – колосся; $\sum t_p$ – температура, з якої починається ріст колосся.

Якщо описати кожну криву рівнянням логістичної кривої, продиференціювати ці рівняння та помножити на коефіцієнт c_i, який характеризує частку органу в загальній біомасі під час дозрівання, то

дістанемо такий вираз для визначення функцій періоду вегетативного росту:

$$\beta = \frac{\Delta\theta_i}{\sum\limits_{i}^{l,s,r,p} \Delta\theta_i}, \qquad (12.77)$$

в якому

$$\Delta\theta_i = \frac{4{,}6052 \cdot 10^{\frac{2(\sum t_i^2 - TS_2^i)}{\sum t_i^2}}}{\sum t_i^2 \left(1 + 10^{\frac{2(\sum t_i^2 - TS_2^i)^2}{\sum t_i^2}} \right)}$$

$$i \in l, s, r, p,$$

де $\sum t_i^2$ – сума ефективних температур, яка дорівнює половині суми температур, необхідної для закінчення росту кожного органа;

c_i – коефіцієнт співвідношення різних органів в рослині на час дозрівання.

Загальний вигляд ростових функцій періоду вегетативного росту показано на рис. 12.7

Перерозподіл «старих» асимілятів із листя, стебел та коріння у репродуктивні органи починаться з моменту закінчення росту кожного з цих органів. Ростові функції періоду репродуктивного росту v_i для кожного вегетативного органу знаходяться за виразом

$$v_i^j = \frac{0{,}3TS_1^j}{(2\sum t_p^2 - \sum t_p) - 2\sum t_i^2}, \qquad (12.78)$$

$$i \in l, s, r, p$$

де TS_1 – сума ефективних температур за будь-який інтервал часу (найчастіше за декаду).

Положення функцій періодів вегетативного та репродуктивного росту, що описують перерозподіл між органами рослин, визначається сумами температур, які необхідні для закінчення росту листя, стебел, коріння, початку росту колосу, настання воскової стиглості.

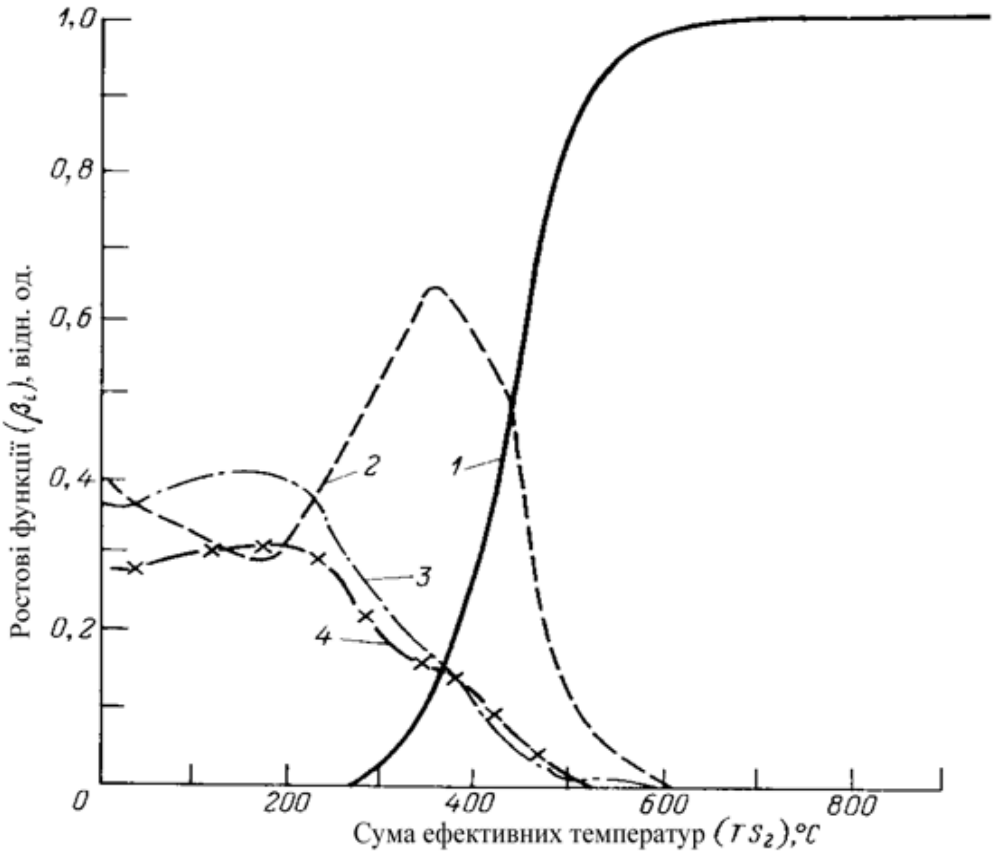


Рис. 12.7 – Ростові функції періоду вегетативного росту озимої пшениці:

1 – репродуктивних органів (β_p) ; 2 – стебел (β_s); 3 – листя (β_l); 4 – корені (β_r).

Для визначення цих сум необхідно розрахувати середні по області багаторічні дати настання фази виходу у трубку, появи нижнього вузла соломини, колосіння, цвітіння та підрахувати середні багаторічні суми ефективних температур вище 5 °С за періоди: відновлення вегетації (сходи) – вихід у трубку $\sum t_1$; відновлення вегетації (сходи) – колосіння $\sum t_2$; відновлення вегетації (сходи) – цвітіння $\sum t_3$. Тоді сума температур, яка визначає положення ростової функції будь-якого органу, тобто сума $\sum t_i^2$, буде становити для листя $(\sum t_l^2) - 1/2$ суми ефективних температур за період від відновлення вегетації до колосіння; стебел – $(\sum t_s^2) - 1/2$ суми ефективних температур за період від відновлення вегетації до цвітіння; коріння – $(\sum t_r^2)$ подібно до стебел. Сума $\sum t_r^2$ дорівнює $\sum t_s^2$.

Необхідно визначити суму температур $\sum t_p$, з якої починається ріст репродуктивного органу – колосу. Ця сума визначається як середня з двох сум: суми температур за період від відновлення вегетації (сходів) до виходу у трубку та суми температур за період від відновлення вегетації до колосіння

$$\sum t_p = \frac{\sum t_1 + \sum t_2}{2} \qquad (12.79)$$

Положення ростової функції колосу визначається сумою температур $\sum t_p^2$, яка визначається з виразу

$$\sum t_p^2 = \frac{\sum t_4 - \sum t_p}{2} + \sum t_p \,. \qquad (12.80)$$

Числові значення коефіцієнта c_i для різних культур наведено нижче:

Культура	c_l	c_s	C_r	c_p
Озиме жито	0,22	0,42	0,13	0,23
Озима пшениця	0,25	0,36	0,11	0,28
Ярий ячмінь	0,23	0,33	0,11	0,33
Овес	0,23	0,33	0,15	0,29

Параметри агрометеорологічного блоку. Для здійснення розрахунків за моделлю необхідно розрахувати середню за декаду температуру повітря за світлу пору доби, яка визначається по середній максимальній за декаду температурі повітря за формулою

$$T_g = a_1 T_{\max} + a_o \,. \qquad (12.81)$$

Параметри цього виразу a_o, a_1 окремо для кожного місяця вегетації визначені стосовно умов нечорноземної зони і наводяться нижче:

Параметр	Місяць вегетації					
	березень	Квітень	травень	Червень	Липень	серпень
a_o	–3,0	–1,365	–1,008	–1,081	0,559	–0,686
a_1	1,0	0,835	0,856	0,891	0,823	0,873

Різниця у добовому ході температури повітря не дозволяє без уточнення використовувати значення цих параметрів при розрахунках в інших ґрунтово-кліматичних умовах.

Для кожної кліматичної зони слід вибирати дві-три станції, дані спостережень яких надруковані у Метеорологічному щомісячнику. Для одержання стійких значень параметрів кожного місяця необхідно вибирати 3 – 4 роки з різними умовами термічного режиму (теплий, холодний та близький до норми).

Час сходу та заходу Сонця визначається за даними Довідника по клімату. За годинними спостереженнями розраховується середня за світлу пору доби температура повітря та виписується максимальна температура за день. Після цього визначається залежність середньої за день температури повітря від максимальної. Параметри a_o і a_1 можуть бути визначені або з використанням методу найменших квадратів, або графічно після побудови графіка зв'язку T_g з $T_{\max}$. a_o – як відрізок, що відсікається на осі ординат T_g, a_1 – як тангенс кута нахилу прямої зв'язку T_g з $T_{\max}$

Приклад: Визначення параметрів динамічної моделі формування урожайності сільськогосподарських культур. У відповідності з описаним вище параметри моделі для конкретної території визначаються на основі стандартної агрометеорологічної інформації так:

1. За даними довідника «Агрокліматичні ресурси області» визначаються середні багаторічні дати настання основних фаз розвитку ярого ячменю та вівса – сходи, вихід у трубку, колосіння, цвітіння, воскова стиглість. Ці дані заносяться у робочі таблиці (табл. 12.1).

2. За даними цього ж таки Довідника розраховуються середні обласні значення середньої декадної температури повітря (табл. 12.2).

3. За даними табл. 12.1 і 12.2 визначаються суми ефективних температур вище 5 °С за міжфазні період: сходи – вихід у трубку; сходи – колосіння; сходи – цвітіння; сходи – воскова стиглість. При підрахунку сум температур за період сходи – цвітіння бувають випадки, коли в Довідниках не зазначена дата цвітіння. У таких випадках за період колосіння – цвітіння використовують суму температур для озимого жита 15 °С, для озимої пшениці 50 °С, ярого ячменю 100 °С, для вівса 100°С. Ці суми також заносяться у табл. 12.1.

4. За даними табл.12.2 розраховуються суми температур, які становлять параметри моделі. Розрахунки проводяться в табл. 12.3.

На цьому визначення параметрів моделі закінчено.

Таблиця 12.1 – Дата настання фаз розвитку та суми ефективних температур вище 5 °С за міжфазні періоди основних сільськогосподарських культур

Культура	Дата настання фаз розвитку					$\sum t_1$	$\sum t_2$	$\sum t_3$	$\sum t_4$
	відновлення вегетації (сходи)	вихід в трубку	цвітіння	колосіння	воскова стиглість				
Озиме жито	6,05	10,06	22,06	–	10,08	70	150	150	640
Ярий ячмінь	3,06	29,06	14,07	–	14,08	180	330	215	640
Овес	4,06	4,07	20,07	27,07	23,08	230	390	505	700

Таблиця 12.2 – Середня багаторічна температура повітря за декаду

Травень			Червень			Липень			Серпень		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3,1	5,1	7,1	9,5	11,7	13,8	14,9	15,4	15,3	14,5	13,0	11,3

Таблиця 12.3 – Суми ефективних температур вище 5 °С, параметри моделі

Суми ефективних температур	Озиме жито	Яровий ячмінь	Овес
$\sum t_l^1 = 1/4 \sum t_4$	160	160	175
$\sum t_l^2 = 1/2 \sum t_2$	75	165	195
$\sum t_s^2 = 1/2 \sum t_3$	150	215	245
$\sum t_r^2 = \sum t_s^2$	150	215	245
$\sum t_p^2 = (\sum t_p^2 - \sum t_p^2)/2 + \sum t_p$	110	255	310
$\sum t_p = (\sum t_1 - \sum t_2)/2$	310	455	505
$\sum t_l^3 = \sum t_l^1$	160	160	175

Для виконання оцінки за моделлю необхідні такі середні по області дані:

1. Географічна широта центру області, в градусах з десятими.

2. Середня багаторічна дата відновлення вегетації (сходів) сільськогосподарської культури, відносно якої встановлюється кількість днів у першій декаді розрахунку та кількість днів від 20 березня до дня відновлення вегетації (появи сходів).

3. Середня багаторічна дата воскової стиглості культури, для якої встановлюється кількість днів у останній декаді розрахунку вегетаційного періоду.

4. Інформація за встановлений середній багаторічний вегетаційний період по розрахункових декадах:

– кількість днів в декаді;
– середня температура повітря за декаду;
– максимальна температура повітря за декаду;
– середня кількість годин сонячного сяйва за декаду;
– середні багаторічні запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту за декаду.

5. Густота рослин на квадратний метр, яка необхідна для визначення початкових біомас окремих органів рослин та площі листя на декаду відновлення вегетації (сходів).

6. Інформація поточного року, така ж як і середня багаторічна, пунктів 1, 2, 3, 4. Інформація поточного року використовується відповідно до термінів оцінки: для

озимих культур – від відновлення вегетації до 26 травня та 2 червня, для ранніх ярих – від сходів до 23 – 30 червня та 24 – 31 липня.

Середня по області оцінка агрометеорологічних умов вирощування культури та відповідне прогнозування середньої по області врожайності здійснюється за умови, що інформація усіх станцій, які ведуть спостереження за вологістю ґрунту, охоплює не менш ніж 70% загальної посівної площі. Майже завжди обмежений обсяг саме цієї інформації ускладнює прогнозування урожаїв сільськогосподарських культур на великих площах (область, край, республіка тощо).

Середні по області вологозапаси розраховуються як середньозважене з врахуванням відсотка площі P_i , яка зайнята культурою у кожному сільськогосподарському мікрорайоні області (по відношенню до загальної посівної площі культури в області).

Для одержання середньозважених по області вологозапасів $\overline{W}$ необхідно:

– для кожного сільськогосподарського мікрорайону підрахувати середні вологозапаси шляхом звичайного осереднення даних усіх агрометеорологічних та гідрометеорологічних станцій $\overline{W}_i$, $i = 1, 2,\ldots n$;

– середні вологозапаси по кожному мікрорайону помножити на відсоток площі P_i , яка зайнята культурою в цьому мікрорайоні.

Тоді середньозважені вологозапаси по області можна одержати як результат поділу суми отриманих перемножень на суму відсотків площі, яка зайнята культурою:

$$\overline{W} = \frac{\overline{W}_i P_i}{\sum\limits_{i=1}^{n} P_i}. \qquad (12.82)$$

Приклад: В області 5 мікрорайонів. Площі посіву по районах : 1–6; 2–22; 3–9; 4–44,5; 5–8,5 га. Для першого мікрорайону середні вологозапаси визначались за даними спостережень 2 станцій. Для другого мікрорайону – за даними 4 станцій. Для 3, 4 та 5 районів – по одній станції. У такому випадку середньозважені по області вологозапаси визначаються так

$$\overline{\overline{W}} = 6{,}0 \cdot \overline{W}_1 + 22{,}0 \cdot \overline{W}_2 + 9{,}0 \cdot \overline{W}_3 + 44{,}5 \cdot \overline{W}_4 + 18{,}5 \cdot \overline{W}_5 =$$

$$= 6{,}0 + 22{,}0 + 9{,}0 + 44{,}5 + 18{,}5$$

У цьому прикладі є інформація про зволоження ґрунту на 85 % посівної площі.

Розрахунок середніх по області значень дат настання фаз розвитку, густоти рослин, середньої за добу та максимальної за декаду температури повітря, кількості годин сонячного сяйва виконується шляхом простого осереднення даних спостережень усіх агро- та гідрометеорологічних станцій.

Таблиця 12.4 – Початкові дані
Географічна широта області 64,30° півн. ш.

Інформація	Озиме жито	Ярий ячмінь	Овес
Дата відновлення вегетації (сходи)	6,05/11,04	3,06/2,06	4,06/13,06
Дата воскової стиглості	10,08/10,08	14,08/14,08	23,08/23,08
Густота стояння рослин на 1м^2	263/263	424/424	448/448
Найбільші за перші три декади запаси вологи у ґрунті	109/97	95/95	95/94

Для виконання розрахунків слід також підготувати середні по області багаторічні дані: середня за декаду максимальна температура повітря, середня кількість годин сонячного сяйва (табл.12.5) та запаси продуктивної вологи у 0 – 50 см шарі ґрунту. Тут і в табл. 12.4 чисельник – середнє багаторічне, знаменник – поточна інформація на 20 червня 2013 р.

12.5.2 Підготовка вхідних даних для розрахунків за моделлю

Для виконання розрахунків створюється файл «model1.dat» .
Він складається наступним чином:

1. Перший рядок складається із чотирьох чисел:
   1.1. назва пункту, для якого виконується розрахунок, пишеться буквами, починаючи з другої позиції;
   1.2. рік виконання розрахунку, пишуться дві останні цифри року через одну позицію після назви пункту;
   1.3. дата розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію після року;
   1.4. місяць розрахунку, пишеться цифрами через одну позицію після дати.
2. Другий рядок складається з п’яти чисел:
   2.1. n – кількість розрахункових декад, число ціле, записується в трьох позиціях;
   2.2. t_o – кількість днів від 1 січня (начало відліку) до дня сходів (відновлення вегетації), число ціле, записується в трьох позиціях;

   2.3. N1 – дата сходів (відновлення вегетації), число ціле, в трьох позиціях;
   2.4. N2 – місяць сходів (відновлення вегетації), пишеться арабськими цифрами (1 – січень, 2 – лютий, 3 – березень, 4 – квітень, 5 – травень и т. д.), ціле число, в трьох позиціях;
   2.5. φ – географічна широта пункту в градусах, хвилини виражаються в долях градуса. Десяткове число в шести позиціях з двома знаками після коми.
3. Третій рядок: ts – масив середніх за декаду максимальних температур повітря (°С), число ціле, в п’яти позиціях з одним знаком після коми.
4. Четвертий рядок: W_m0 – масив запасів продуктивної вологи в півметровому шарі ґрунту (мм), число ціле, в п’яти позиціях з одним знаком після коми.
5. П’ятий рядок: ts – масив середньої за декаду температури повітря (°С), число ціле, в п’яти позиціях з одним знаком після коми.

Таблиця 12.5 – Початкова агрометеорологічна інформація

Вид інформації	Травень			Червень			Липень			Серпень		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Середня декадна температура повітря, °С	3,1 –	5,1 7,9	7,1 8,2	9,5 9,4	11,7 8,8	13,8 13,8	14,9 14,9	15,4 15,4	15,3 15,3	14,5 14,5	13,0 13,0	11,3 11,3
Середня за декаду максимальна температура повітря, °С	8,2 –	10,4 13.6	12,5 14,4	14,6 15.4	16,9 16,4	17,8 17,9	18,9 18,9	20,0 20,0	19,2 19,2	18,2 18,2	17,5 17,5	16,8 16,8
Середня за декаду кількість годин сонячного сяйва	7,1 –	7,5 14,9	8,1 12,0	8,7 5,3	9,3 6,7	9,4 9,4	9,5 9,6	9,6 9,6	8,9 8,9	8,0 8,0	7,0 7,0	6,3 6,3
Кількість днів у розрахункових декадах:												
озиме жито	5 –	10 10	11 11	10 10	10 10	10 10	10 10	10 10	11 11	10 10		
ярий ячмінь				7 9	10 10	10 10	10 10	10 11	11 10	10 4	4 –	
овес				6 –	10 8	10 10	10 10	10 10	11 11	10 10	10 10	3 3
Запаси продуктивної вологи (мм) в шарі ґрунту 0-50 см:												
озиме жито	109 –	95 95	97 97	86 86	83 83	76 76	75 75	73 73	68 68	72 72		
ярий ячмінь				95 95	94 94	85 85	76 76	65 65	67 67	65 65	73 73	
овес				95 –	94 94	85 85	76 76	65 65	67 67	65 65	73 73	75 75

6. Шостий рядок: ss – масив інформації про кількість годин сонячного сяйва (середнє за один день декади), число ціле в п’яти позиціях з одним знаком після коми.

7. Сьомий рядок: інформаційний масив – inf:

7.1. inf (1) – m_l^o – початкова маса листя на дату сходів (відновлення вегетації) ;

7.2. inf (2) – m_s^o – початкова маса стебел на дату сходів -(відновлення вегетації);

7.3. inf (3) – m_r^o – початкова маса коренів на дату сходів (відновлення вегетації);

7.4. inf (4) – початкова маса колосся;

7.5. inf (5) – LL^0 – початкова площа листя;

7.6. inf (6) – нуль;

7.7. inf (7) – найменша вологомісткість ґрунту в півметровому шарі ґрунту, мм;

7.8. inf (8) – $\sum t_l^1$ – сума ефективних температур для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу, °С;

7.9. inf (9) – $\sum t_l^3$ – сума ефективних температур для розрахунку онтогенетичної кривої дихання, °С;

7.10. inf (10) – $\sum t_l^2$ – сума ефективних температур для розрахунку ростової функції листя, °С.

8. Восьмий рядок – містить десять чисел:

8.1. inf (11) – $\sum t_s^2$ – сума ефективних температур для розрахунку ростової функції стебел, °С;

8.2. inf (12) – $\sum t_{rl}^2$ – сума ефективних температур для розрахунку ростової функції коренів, °С;

8.3. inf (13) – $\sum t_{pl}^2$ – сума ефективних температур для розрахунку ростової функції колосся, °С;

8.4. inf (14) – $\sum t_p$ – сума ефективних температур для розрахунку часу початку росту колосся, °С;

8.5 inf (15) – початок онтогенетичної кривої фотосинтезу, відн. од.;

8.6. inf (16) – початок онтогенетичної кривої дихання, відн. од.;

8.7. inf (17) – нуль;

8.8. inf (18) – нуль;

8.9. inf (19) – 2;

8.10. inf (20) – питома поверхнева щільність листя, г/м^2.

9. Дев'ятий рядок – містить вісім чисел:.

9.1. inf (21) – c_l доля листя в загальній масі урожаю, відн. од.;

9.2. inf (22) – c_s доля стедел в загальній масі урожаю , відн. од.;

9.3. inf (23) – c_r доля коренів в загальній масі урожаю, відн. од.;

9.4. inf (24) – c_p доля колосся в загальній масі урожаю, відн. од.;

9.5. inf (25) – k – інтенсивність фотосинтезу при світловому насичені та нормальній концентрації CO_2 , мг CO_2/дм^2 год.;

9.6. inf (26) – початковий схил світлової кривої фотосинтезу, (мг CO_2 /дм^2 год.) / (кал /см^2 хв);

9.7. inf (27) – BN – біологічний нуль культури, °С;

9.8. inf (28) – T_{opt} – оптимальна середньоденна за декаду температура повітря для фотосинтезу, °С;

Приклад створення файлу для виконання розрахунків.

1
Vinniza sr mn
Число декад; число днів от 1-го січня; дата відн. вегет.
місяць відн. вегет.; широта пункту 11 87 28 3 49.14
Sredn. za dekadu tempsratura vozduxa (grad. C):'
03.7 07.1 08.5 10.9 13.3 15.2 15.5 16.9 18.2 18.2 19.9
Sredn. za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb):'
4.0 04.0 04.0 05.0 07.0 07.0 07.0 07.0 07.0 07.0 08.0
Summa osadkov za dekadu (mm):'
10.0 13.0 17.0 17.0 12.0 15.0 26.0 30.0 27.0 29.0 33.0
Sredn. za dekadu chislo chasov solnechnogo sijnij (chasi):'
5.1 05.1 05.1 06.9 09.0 09.1 08.9 08.7 08.4 09.0 08.5
Chislo dney v raschetnoy dekade:'
4 10 10 10 10 10 11 10 10 10 10
Informazionniy massiv, parametri modeli (inf):'
0.135 0.105 0.155 0.000 0.2001700.000 184.000 550.000 425.000 350.000
380.000 400.000 999.000 400.000 0.600 0.500 380.000 380.000 2.000 50.000
0.270 0.360 0.170 0.200 30.000 330.000 05.000 18.000 174.000

inf(1) - Inf(4) початкові масы листя, стебел, коріння, колосків; inf(5) - початкова площа листя; inf(6) сума температур за період сход (відн.вегет.) - воск стиглість

inf(7) - Найм. вологомісткість в шарі 0-100 см; inf(8) - Сума т-р для альфа Ф; inf(9) - сума т-р для альфа Р; inf(10) - inf(13) - сумы т-р для ростових функцій листя, стебел, коріння, колосся; inf(14) - сума т-р для початку роста колоса; inf(15) - начало кривої альфа Ф; inf(16) - начало кривої альфа Р; inf(17) - очікувана концентрація CO_2;
inf(18) - поточна концентрація CO_2; inf(19) дорівнює 2; inf(20) - питома поверхнева щільність листя; inf(21) - inf(24) - доля листя, стебел, коріння, колосся при дозріванні; inf(25) - плато світлової кривої фотосинтезу;
inf(26) - похил світової кривої фотосинтезу; inf(27) - біологичний нуль культури;
inf(28) - оптимальна для фотосинтезу температура повітря;
inf(29) - запаси вологи в грунті на початокрозрахунків в шарі 0 – 100 см

Вихідні дані розрахунків за моделлю наводяться в додатку Г.

В оперативному режимі прогнози врожайності озимих і ярих зернових культур складаються 20 травня і уточнюються 20 червня. В Українському Гідрометеорологічному центрі складання прогнозів врожаїв сільськогосподарських культур включене в інформаційно-прогностичну схему та здійснюється в автоматизованому режимі.

12.6 Прогноз середнього по області врожаю картоплі в Нечорноземній зоні та Білорусі за допомогою динамічної моделі

Метод прогнозу середнього по області врожаю картоплі в районах нечорноземних земель та у Білорусі за допомогою динамічної моделі запропоновано А.М. Польовим. Основу методу складають сполучення двох методів: перший – в ньому визначається тенденція врожайності картоплі за багаторічний період методом гармонійних зважувань, другий – в ньому встановлюється відхилення врожаю поточного року від тенденції врожайності. Ці відхилення розраховуються за допомогою методу оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю, наведеній у розділі 12.1.

Прогноз урожаю картоплі за цим методом складається двічі: перший з0 червня, другий – 31 липня.

Модель для розрахунку врожайності має вигляд

$$У = 0{,}01\ У_{i+1} \cdot C_{обл}, \quad , \qquad (12.83)$$

де $У$ – прогнозована величина урожаю, ц/га;

$У_{i+1}$ – тенденція середнього по області урожаю картоплі, ц/га;

$C_{обл}$ – середня по області оцінка умов формування врожаю картоплі у поточному році, %.

При прогнозуванні тенденції урожайності картоплі методом гармонійних зважувань необхідно пам’ятати, що часовий безперервний інтервал, в якому розглядається врожайність порвинен бути не менше 18 років. При цій умові кількість років, які утворюють одну фазу ковзаючого тренду повинна бути рівною 16 (К=16).

Оцінка агрометеорологічних умов формування врожайності картоплі спочатку розраховується для кожної станції за середніми багаторічними значеннями агрометеорологічних умов і за фактичними їх значеннями у поточному році, а потіс знаходяться величини середні по області.

Оцінка агрометеорологічних умов C (%) розраховується за формулою

$$C = \frac{\hat{O}}{\bar{O}} \cdot 100 \qquad , \qquad (12.84)$$

де $\hat{O}$ – урожай сухої біомаси картоплі, розрахований за фактичними даними, г/м^2;

$\bar{O}$ – урожай сухої біомаси картоплі, розрахований за середніми багаторічними даними, г/м^2.

Для виконання розрахунків за моделлю необхідні такі дані:

- географічна широта місця розташування станцій (в градусах з десятими);

- механічний склад грунту з розподілом на супісчаний та суглинковий;
- $W_{НПВ}$ – найменша волого місткість в шарі грунту 0 – 50 см,
- дати появи сходів і в'янення бадилля картоплі;
- *TS* – середня за добу температура повітря в розрахункових декадах;
- T_{max} –середня за декаду максимальна температура повітря;
- *W* – запаси продуктивної вологи в шарі 0 – 50 см в розрахункових декадах;
- *S* – середня кількість годин сонячного сяйва в розрахункових декадах;
- *D* – густота рослин картоплі на 1 м^2, що необхідна для визначення початкової білмаси окремих органів (г/м^2) та площі листя (м^2/м^2) картоплі на декаду появи сходів;
- маса листя m_i = 0,523 d;
- маса стебел m_s = 0,158 d;
- маса коріння m_t =0,6 d;
- маса сухих речовин в материнській бульбі M_c = 17,5;
- площа листя L° = 0,0137;
- оптимальна сума температур для фотосинтезу для нечорноземної зони $t_{опт}$ = 500 °С;
- оптимальна сума температур для сезонного ходу дихання $t_{опт}$ = 112 °С;
- оптимальна сума температур для росту листя $t^2_{опт}$ = 225 °С;
- оптимальна сума температур для росту стебел – $t^2_{sопт}$ = 400 °С;
- оптимальна сума температур для росту коріння $t^2_{гопт}$ = 325 °С;
- оптимальна сума температур для росту бульб $t^2_{ропт}$ = 1050 °С;
- t_p= сума середньодобових температур повітря, з якої починається утворення бульб = 450 °С.

Знідно з моделлю ці дані використовуються подекадно для розрахунку маси окремих органів і поверхні листя картоплі. Отримані за кожну декаду дані використовуються для розрахунку їх у наступній декаді. Остання розрахункова декада відповідає даті ванення бадилля картоплі. Якщо дата вянення бадилля картоплі невідома, то вона розраховується за сумою ефективних температур 1600 °С. В останній декаді розрахунковий результат

– це суха біомаса бульб в грамах на метр квадратний, яка використовується для оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю картоплі в поточний рік по кожній станції області. Після розрахунків по кожній станції визначається середня по області оцінка агрометеорологічних умов. Вона розраховується як середньозважена з врахунком площі посіву (%). Для того, щоб одержати середньозважену оцінку агрометеорологічних умов по області необхідно оцінку по кожній

станції помножити на відсоток площі посіву картоплі, скласти отримані дані і розділити на суму відсотків площ, які зайняті картоплею в області.

Контрольні питання.

1. Що представляє собою продуційний процес рослин?
2. Які основні складові продуційного процесу рослин?
3. Які існують підходи до моделювання процесу фотосинтезу?
4. Які фактори враховуються у формулі Міхаеліс-Ментен?
5. Які фактори враховуються у формулі Монсі і Саєкі?
6. Як розраховується інтенсивність дихання?
7. Як записується система ростових рівнянь?
8. Які процеси описуються динамікою моделлю формування урожаю?
9. Що таке функції періоду вегетативного росту?
10. Що таке функції періоду репродуктивного росту?
11. Як розраховується площа листя?
12. Яка початкова інформація використовується при розрахунках за моделлю?
13. Яка щодекадна інформація використовується при розрахунках за моделлю?
14. Що складає вихідну інформацію моделі?
15.Як розрахзовується тенденція урожайності картоплі?

РОЗДІЛ 13. ПРОГНОЗИ ВРОЖАЇВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА ОСНОВІ БАЗОВОЇ МОДЕЛІ «ПОГОДА –УРОЖАЙ» УкрГМІ

13.1. Зміст і структура базової моделі «погода – урожай» УкрГМІ

Базова агрометеорологічна модель «погода і урожай» Укр.НДГМІ – це математична структура за поєднанням наукових положень та принципів впливу агрометеорологічних факторів на формування урожаю. Наукові положення і принципи охоплюють основи біологічних властивостей рослин, еколого – географічні засади взаємодії польової сукупності рослин із середовищем і відповідні засоби прикладної математики. Модель розроблена Дмитренко В.П.

Біологічні основи базової моделі «погода і урожай» вміщують ознаки спадкових властивостей рослин, засоби періодизації онтогенезу, характеристики взаємодії густоти рослин їх маси та ін. До біологічних основ належить визначення провідних факторів середовища та уявлень про потенціал урожаю.

Еколого – географічні засади охоплюють низку провідних положень і уявлень про структуру і взаємодію рослинного покриву із зовнішнім середовищем. До них належать поняття про агро екосистему, уявлення про масштабність взаємовпливу складових агро екосистеми з атмосферою та підстильною поверхнею.

Базова модель «погода і урожай» вміщує такі ознаки як багатофакторність, багатофункціональність та універсальність. Багатофакторність моделі охоплюється положеннями: біологічні властивості рослин, характеристики плодотворності клімату, ознаки родючості ґрунту, властивості антропогенного впливу на формування врожаю (рис. 13.1)

Багатофункціональність моделі вміщує її можливість власними засобами формувати цілеспрямовану інформацію про вплив агрометеорологічних умов на формування урожаю за видовими, просторовими, часовими ознаками для розв’язування моніторингових, технологічних та економічних завдань

За змістом базова агрометеорологічна модель «погода і урожай» УкрНДГМІ має інформаційний і керівний характер завдяки наявності низки блоків., як то блок господарського максимуму, блок зрідженості посівів, блок визначення коефіцієнтів продуктивності за температурою повітря, опадами та запасами продуктивної вологи; блок впливу несприятливих погодних умов та ін.

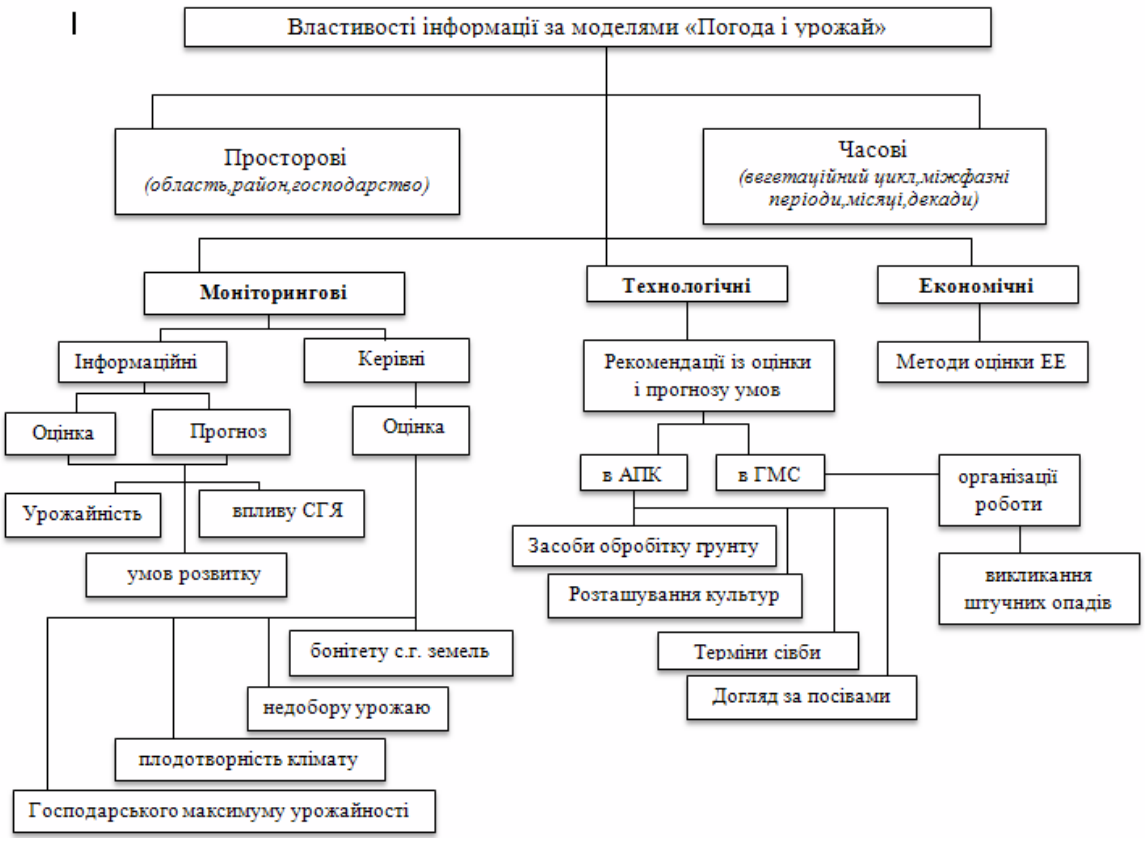


Рис. 13.1 – Багатофункціональність базової моделі «погода і урожай» за властивостями інформації, що надається.

Багатофакторність, багатофункціональність та універсальність базової моделі «погода і урожай» УкрНДГМІ висувають певні вимоги до змісту, однорідності, часових і просторових ознак вихідної інформації. Модель має широке застосування (табл. 13.1).

Таблиця 13.1 – Головні напрями і загальні ознаки застосування базової моделі «погода і урожай» УкрНДГМІ (за В.П. Дмитренком)

Напрям застосування	Мета застосування	Оцінкові показники	Часові інтервали	Територія
1	2	3	4	5
1. Загальні напрями				
Розробка прогнозів кінцевої урожайності польових культур	Завчасне визначення рівня і обсягів очікуваної урожайності	Рівень урожайності, валовий збір	За три місяці і півроку до збирання врожаю	Області України, Білорусі, Молдови

Продовження табл. 13.1

1	2	3	4	5
Оцінка і прогноз поточних умов формування урожаю	Визначення впливу погодних умов на кінцевий урожай	Зміни урожайності за умов відновлення вегетації, тривалості періоду загартування, снігового покриву, суховіїв, дощовитості	Періоди здійснення перелічених явищ	Та ж сама
Оцінка і прогноз впливу несприятливих явищ на рівень урожайності	Визначення рівня кінцевого урожаю під впливом несприятливих явищ	Рівень зрідженості посівів, втрати урожаю від несприятливих явищ	Періоди здійснення перелічених явищ	Та ж сама
2.Спеціалізовані напрями				
Оцінка і прогноз урожайності за типами землеробства	Визначення рівня кінцевого урожаю в різних типах землеробства	Рівні урожаїв за різних типів землеробства	За три місяці до збирання	Області з розвинутим зрошувальним та осушувальним землеробством
Оцінка і прогноз формування урожайності за особливостями технології вирощування культури	Здійснення засобів агрометеорологічних стратегій адаптації землеробства	Корективи до технологічних заходів за типом метеорологічних умов	У відповідний відрізок вегетаційного періоду	За особливостями формуванням агрометеорологічних умов на розглянутій території
Оцінка втрат урожайності за аномальних умов формування	Визначення аномальних умов задля корегування засобів агрометеорологічних стратегій та адаптації	Рекомендації до технологічних засобів за аномальних агрометеорологічних умов	У відповідний відрізок вегетаційного періоду	Те ж саме
3. Економічні напрями				
Оцінка плодотворності клімату	Визначення внеску клімату у продуктивність рослинництва	Економічний мінімум урожайності за розподілом	Всі періоди вегетаційного циклу	Області із підвищеною повторюваністю несприятливих

Продовження табл. 13.1

1	2	3	4	5
		ступеня сприятливості агрометеорологічних умов		Явищ
Оцінка економічного мінімуму урожаю	Визначення нижньої межі агрометеорологічних умов, за яких вирощування культур є рентабельним	Економічний мінімум урожайності за розподілом ступеня сприятливості агрометеорологічних умов	Всі періоди вегетаційного циклу	Області із підвищеною повторюваністю несприятливих явищ
Обґрунтування розміщення польових культур в грунтово – кліматичних зонах	Визначення просторових меж із різним ступенем сприятливості агрометеорологічних умов	Рівні відносно до господарського максимуму урожайності в областях	Весь вегетаційний цикл за багаторічний період	Грунтово – кліматичні зони України

Напрями застосування моделі «погода і урожай» УкрНДГМІ розділяються за двома принципами – оцінкою і прогнозом. Оцінку становить наближене значення величини, яку визначають, на підставі вибіркових спостережень досліджуваного об’єкта. Прогнози є науково обґрунтованим припущенням про майбутній стан або його зміни на підставі аналізу умов у попередній, нинішній час та у майбутньому.

Математична модель «погода і урожай» УкрНДГМІ має блокову структуру і описується виразом

$$У = Y\sum F_i(g,N)S(T,R,W)\eta_y\{1 - S_n/S \cdot y_k\}, \qquad (13.1)$$

де $У$ – розрахункова урожайність;

Y – блок потенціалу урожайності;

F – родючість ґрунту;

g– складова родючості ґрунту;

N – щільність ґрунту;

$S(T,R,W)\eta_y$ – плодотворність клімату, яка уявляє собою сумарний коефіцієнт продуктивності польової культури за температурою повітря, кількістю опадів та запасами продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту;

S_n – площа підсіву після перезимівлі;

$S \cdot y_k$ –площа посіву з поганим станом кущистості озимини.

За описаною вище моделлю можна виконувати оцінку агрометеорологічних умов формування урожаю та складати прогнози очікуваних врожаїв. Перелік основних і додаткових величин до базової моделі визначається за змістом структурних складових та її блоків і наводиться у табл. 13.2.

Таблиця 13.2 – Перелік основних і додаткових величин до базової моделі «погода і урожай» та її блоків (за В.П. Дмитренком)

Назва величини	Позна-чення	Просторові ознаки	Період	Назва блоку моделі	Назва польової культури
1	2	3	4	5	6
Основні фактори					
Господарсь-кий максимум урожаю	$Y_Г$	Середнє обласне або районне значення	Обчислення за 22 минулі роки	Потенціал урожайності	Всі культури
Зрідженість	U	Те ж саме	Після відновлення вегетації або перед цвітінням у ярих	Стан посівів	Всі культури
Кущистість	B	Середнє обласне або районне значення	Після дати повної кущистості	Сумарний коефіцієнт продуктивності	Ярий ячмінь
Температура повітря	T	Середнє обласне або районне значення	щомісячно та щодекадно за вегетаційний період	Сумарний коефіцієнт продуктивності	Всі культури
Кількість опадів	R	Середнє обласне або районне значення	Щомісячно та щодекадно за вегетаційний період	Сумарний коефіцієнт продуктивності	Всі культури
Тривалість сонячного сяйва	Θ	Середнє обласне або районне значення	Щомісячно за вегетаційний період	Сумарний коефіцієнт продуктивності	Озима пшениця

Продовження табл. 13.2

1	2	3	4	5	6
Сумарна радіація	Q	Середнє обласне або районне значення	Щомісячно за вегетаційний період	Сумарний коефіцієнт продуктивності	Цукрові буряки
Запаси продуктивної вологи	W	Середнє обласне або районне значення	Щомісячно за вегетаційний період	Ґрунтова і загальна посуха	Озима пшениця, ярий ячмінь, кукурудза, цукрові буряки
Дата настання фаз розвитку	$Д$	Середнє обласне або районне значення	Щодекадно за вегетаційний період	Стан посівів	Всі культури
Додаткові фактори					
Дата початку та закінчення переходу температури повітря через 5 °С	$Д_{нпт}$ $Д_{ппт}$	Середнє обласне або районне значення	Під час відновлення вегетації	Умови відновлення вегетації	Озима пшениця
Дати переходу температури повітря через 0 °С та 5 °С восени	$Д(T>0°C)$ Д(Т>5°С)	Середнє обласне або районне значення	Перед припинен-ням вегетації	Умови загартування озимих культур	Озима пшениця
Тривалість залягання снігового покриву	$N_{СП}$	Середнє обласне або районне значення	Після сходу снігу	Умови перезимівлі	Озима пшениця
Кількість днів із суховіями	n_c	Середнє обласне або районне значення	Квітень - травень	Умови посушливості	Озима пшениця,озиме жито, ярий ячмінь, овес, картопля
Кількість днів з опадами	$n_д$	Середнє обласне або районне значення	червень	Умови дощовитості	Озима пшениця,, ярий ячмінь, картопля, кукурудза, соняшник

Продовження табл. 13.2

1	2	3	4	5	6
Технологічні фактори					
Дати початку і закінчення сівби	$Д_C$	Середнє обласне або районне значення	Після закінчення сівби	Умови сівби	Озима пшениця,, ярий ячмінь, овес, кукурудза
Площа підсіву через значну зрідженість	S_n	S_n>0,25	Після перезимівлі	Умови перезимівлі	Озима пшениця
Норма поливу	N_n	Середні обласні значення	У визначені періоди	Умови поливу	Кукурудза на зрошуваних землях
Доза добрив	N_B	Середні обласні значення	За вегетаційний період	Умови внесення добрив	Кукурудза на зрошуваних землях

На основі базової моделі «погода і урожай» УкрГМІ розроблені методи прогнозів урожаю озимої пшениці (В.П.Дмитренко), озимого жита, озимого ріпака (В.П. Дмитренко, А.Я. Короткова), багаторічних сіяних трав (І.Г.Грушка), ячменю та кукурудзи (В.П.Дмитренко), вівса (А.Я. Короткова), проса (В.В. Бібік), цукрових буряків (І.П. Галюк, В.П.Дмитренко, Н.А. Перельот, Л.В.Щербак) картоплі (В.П.Дмитренко, А.О. Вількенс), соняшника (Н.К. Строкач), сої (В.П.Дмитренко, Н.К. Строкач).

Для спрощення розрахунків розроблені таблиці визначення вагового множника *a* (табл. 13.3), оптимальних значень температури повітря (табл. 13.4), суми опадів (табл.13.5) та параметрів моделі урожайності польових культур (табл. 13.6).

Відмінності прогнозних інтервалів та інтервалів надходження вихідних даних визначаються за біологічними властивостями рослин..

В моделі враховується вплив на формування врожаїв деяких несприятливих факторів: сильні та тривалі дощі, суховії тощо.

Умови визначення депресивної тривалості суховії за значеннями сумісних коефіцієнтів продуктивності у суховійний період наведені у табл. 13.7.

Значення параметра не депресивної тривалості суховіїв n_o залежить від біологічних особливостей культури та розвитку її кореневої системи.

Таблиця 13.3 – Значення вагового множника *а* за місяці вегетаційного періоду і в передпосівний період польових культур (за. В.П. Дмитренком)

Культура	Місяці	Значення вагового множника *а, %*											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Озима пшениця	VII-VII	10	10	13	10	13	9	4/7	3	3	4	5	9
Озиме жито	VII-VII	10	10	12	10	10	7	4/7	3	7	7	6	7
Ярий ячмінь	XII-УII	3	3	9	21	27	22	12					3
Овес	XII-VII	6,6	6,6	6,6	6,6	11	17	27					6,6
Кукурудза ранньостигла середньостигла пізньостигла	XII-IX XII-IX XII-IX	3 2,1 0,6	3 4 1	10 10 3	13 11 8	16 15 15	18 28 24	19 20 28	12 14 14	7 7 6			10 0,9 0,4
Просо	X-VIII	3	5	5	10	14	29	20	11				3
Горох	XII-VII	7	11	3,6	10-45	23-36	15-26	7-14					5
Соняшник	XII-VIII	5	5	5	5	7	12	19	37				5
Цукровий буряк	III-IX			7	7	8	12	17	24	25			
Картопля	V-IX					13	25	28	21	13			

Істотний вплив на урожайність польових культур спричиняє дощове літо. Врахування цього фактора здійснюється за допомогою кількості днів з опадами більше 0.1 мм за виразом

$$У = У_i\,(1 - У_{оп}) \qquad (13.2)$$

де $У$ – урожайність, розрахована з врахуванням кількості днів із опадами;

$У_{оп}$ – показник збитковості за кількістю днів з опадами;

$У_i$ –урожайність, розрахована за базовою моделлю без урахування кількості днів із опадами.

Таблиця 13.4 – Оптимальні значення температури повітря впродовж вегетаційного та передпосівного періоду

Культура	Місяці	Значення оптимальної температури за місяць, °С											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Озима пшениця	VII-VII	-4,5	-2,6	2,2	8,6	13,4	17,0	22,0/18,5	17,5	14,8	10,7	5,0	2,0
Озиме жито	VII-VII	-6,0	-5,5	0,0	9,6	14,0	18,0	20,0/18,0	17,2	13,8	9,6	2,0	-3,4
Ярий ячмінь	XII-VII	-3,0	-0,6	2,5	6,4	13,0	18,0	19,0					0,7
Овес	XII-VII	-2,7	-1,0	3,0	9,0	15,0	16,0	22,0					-1,4
Кукурудза													
ранньостигла	XII-IX	-3,7	-1,6	3,3	8,6	13,0	16,0	17,2	16,0	11,0			-2
середньостигла		-3,7	-1,6	3,3	8,6	13,5	16,8	18,7	18,0	12,0			-2
пізньостигла		-3,7	-1,6	3,3	9,0	14,4	17,5	18,5	18,0	14,0			-2
Просо	X-VIII	-1,5	1,2	4,5	8,4	14,0	18,0	20,0	19,0				-1,7
Гречка	II-VIII			0,0	9,0	15,5	17,0	18,6	18,0				-2,5
Соняшник	XII-VIII	-1,8	-0,3	3,2	9,0	14,5	19,4	22,0	21,0				-1,0
Горох	XII-VII	-2,6	0,3	3,9	8,0	12,3	17,4	17,0					-2,5
Цукровий буряк	III-IX	-	-	3,0	3,0	14,0	18,0	19,0	16,6	14,0	-	-	-
Картопля													
Лісостеп	V-IX					15,5	17,5	17,5	17,5	12,5			
Полісся	V-IX					15,5	17,5	17,5	17,5	11,5			
Степ	IV-IX				11,5	15,5	18,5	19,5	17,5	13,5			
Лісостеп західний	V-IX	-	-	-	-	14,5	18,5	18,5	18,5	11,5			
Люпин	XII –VII	-6,0	-3,5	1,0	10,0	13,0	16,0	18,0	-	-	-	-	-4,0
Однорічні трави													
Полісся	III-VII	-	-	3,5	8,0	12,0	15,0						
Лісостеп	III-VII	-	-	5,0	10,0	14,0	17,0						

Продовження табл. 13.4

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Багаторічні трави *Полісся* *Лісостеп* *Степ*	VII-VII	-1,5 -2,3 -3,0	-1,0 -2,0 -3,5	3,5 4,5 6,0	8,0 9,0 10,8	12,0 13,0 15,0	15,0 16,0 17,0	17,0 18,0 19,0	16,0 17,0 18,0	12,0 13,0 14,3	8,0 8,0 10,0	5,0 5,6 6,5	3,0 3,5 4,0

Таблиця 13.5 – Оптимальні значення кількості опадів за місяці вегетаційного та передпосівного періоду

Культура	Місяці	Значення оптимальної кількості опадів за місяць, мм											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Озима пшениця	VII-VII	50	60	70	60	40	17	10/65	65	70	100	120	50
Озиме жито	VII-VII	50	70	57	58	65	70	40/65	65	75	65	50	50
Ярий ячмінь	XII-VII	35	35	30	70	120	90	10					30
Овес	XII-VII	50	50	40	65	125	90	10					50
Кукурудза раньостигла середньостигла пізньостигла	XII-IX	 50 43 43	 50 39 39	 50 45 45	 50 40 55	 60 60 75	 88 86 85	 95 95 95	 70 70 90	 10 10 40			 60 43 43
Просо	XII-VIII	26	35	46	35	75	90	100	90				23
Гречка*, Полісся	II-VIII			65	65	60	140	100	70				
Горох	XII-VII	30	31	40	50	80	140	100					29
Соняшник*	XII-VIII			60	70	90	85	30	10				
Цукровий буряк	III-IX			60	70	95	100	137	133	80			

Продовження табл. 13.5

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Картопля *Полісся* *Лісостеп* *Степ*	 V-IX IV – IX				 85	 50 80 80	 75 95 95	 95 135 95	 105 110 65	 70 55 55			
Люпин	ХП-УП		70*(ХП-П)	40	60	50	50	55					
Однорічні трави *Полісся* *Лісостеп*	 III-VII	 20 20	 20 20	 20 20	 45 40	 45 40	 50 40	 50 40	 40 40	 30 20	 20 20	 20 20	 20 20
Багаторічні трави *Полісся* *Лісостеп* *Степ*	 VII-VII	 34 29 23	 33 28 25	 46 45 44	 64 64 67	 75 75 78	 75 75 75	 70 70 70	 60 60 60	 48 48 48	 41 41 40	 36 36 34	 37 33 28

Примітка: дані за зонами

Таблиця 13.6 – Параметри моделі урожайності польових культур

Період, місяці	Оптимальна температура, T_o	Параметри *a* при		Оптимальна кількість опадів, R_o	Максимальна кількість опадів R_{max}	Ваговий множник, *a*, %	Параметри	
		$T < T_o$	$T > T_o$				*g*	*V*
1	2	*3*	*4*	5	6	7	8	9
Озима пшениця								
VII-VIII	18	-1	-2	130	526	7	0,247	0,753
IX-X	13	-1	-2	170	411	7	0,414	0,586
XI	5	-1	-2	120	243	5	0494	0,506
XII-II	-0,5	-1	-2	160	552	29	0,290	0,700
III-V	8	-1	-2	176	709	36	0,240	0,760
VI	17	-1	-2	17	224	9	0,076	0,924
VII	22	-1	-2	10	224	7	0,045	0,955
Озиме жито								
VII-VIII	18	-1	-2	130	520	7	0,250	0,750
IX-X	11	-1	-2	140	400	14	0,350	0,650
XI	3	-1	-2	50	360	6	0,139	0,861
XII-II	-3	-1	-2	170	552	27	0,309	0,691
III-V	10	-1	-2	170	720	32	0,236	0,764
VI	18	-1	-2	70	440	7	0,159	0,841
VII	21	-1	-2	40	320	7	0,125	0,855
Ярий ячмінь								
XII-II	-1	-1	-2	100	450	9	0,222	0,778
II-IV	4	-1	-2	100	340	30	0,294	0,706
V-VII	13	-1	-2	120	300	27	0,400	0,600
VIII	18	-1	-2	90	430	22	0,209	0,791
IX	19	-1	-2	≤10	420	12	0,024	0,976
Овес								
XII-II	-1	-2	-4	185	450	20	0,411	0,589

Продовження табл. 13.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
III-IV	6	-2	-4	100	340	13	0,294	0,706
V-	15	-2	-4	125	300	11	0,417	0,593
VI	18	-2	-4	100	350	19	0,286	0,714
VII	22	-2	-4	10	420	37	0,024	0,976
Кукурудза середньостигла								
XII-III	-1	-2	-4	170	480	15	0,354	0,596
IV-V	11	-2	-4	100	340	26	0,294	0,706
VI-VII	18	-2	-4	180	480	38	0,375	0,625
VIII	18	-2	-4	70	300	14	0,233	0,767
IX	12	-2	-4	10	220	7	0,046	0,954
Кукурудза пізньостигла								
XII-III	-1	-2	-4	170	480	5	0,354	0,646
IV-V	12	-2	-4	130	450	23	0,289	0,711
VI-VII	18	-2	-4	180	480	52	0,375	0,625
VIII	18	-2	-4	90	300	14	0,300	0,700
IX	12	-2	-4	40	220	16	0,182	0,828
Горох								
XII-III	-1	-1	-2	130	370	17	0,352	0,648
IV-V	10	-1	-2	130	540	23	0,241	0,759
VI	17	-2	-4	140	430	24	0,325	0,674
VII	16	-1	-1	100	420	36	0,238	0,762
Просо								
XII-III	-1,5	-0,5	-2	130	590	16	0,236	0,764
IV-V	14	-1	-6	160	365	24	0,438	0,562
VI	18	-1	-2	90	265	29	0,340	0,660
VII	20	-2	-4	100	280	20	0,357	0,643
VIII	20	-2	-4	90	240	11	0,375	0,625

Продовження табл. 13.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Гречка Лісостеп центральний								
III-IV	4,8	-2	-6	98	296	28	0,314	0,696
V	15,4	-2	-4	57,5	200	10	0,288	0,712
VI	17	-4	-5	83,5	264	18	0,316	0,684
VII	18,4	-3	-5	90,5	316	34	0,286	0,714
VIII	17,5	-2	-4	77,5	248	10	0,313	0,687
Гречка Лісостеп західний								
III-IV	4	-3	-5	117,5	332,4	22	0,353	0,647
V	14,1	-3	-5	62	248,8	14	0,249	0,751
VI	16,2	-1	-3	80,5	352,8	17	0,228	0,782
VII	17,6	-3	-4	107,5	388	23	0,277	0,723
VIII	16,6	-2	-4	68	297,2	24	0,229	0,771
Гречка Степ північний								
III-IV	4,7	-3	-6	100	273	10	0,366	0,636
V	16,3	-4	-4	70	185	16	0,377	0,623
VI	18,2	-4	-5	73,5	226	34	0,324	0,675
VII	19,8	-4	-5	77,5	216	24	0,386	0,641
VIII	19,5	-2	-4	86	179,8	16	0,479	0,521
Гречка Степ південний								
III-IV	4,9	-6	-5	120	240	10	0,500	0,500
V	15,4	-4	-6	61,5	200	16	0,308	0,692
VI	17,4	-4	-6	90	212	34	0,425	0,575
VII	18,7	-4	-5	83,5	204	24	0,409	0,591
VIII	19,2	-2	-4	82,5	168	16	0,491	0,509
Гречка (Полісся)								
III-IV	3,8	-1,0	-3	110,5	290,4	33	0,381	0,619
V	15,2	-2	-4	59	220	14	0,268	0,732
VI	16,4	-3	-4	103,5	254	17	0,407	0,593

Продовження табл. 13.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
VII	17,9	-3	-4	92,5	323,6	23	0,286	0,714
VIII	17,7	-1	-6	79	282,2	24	0,279	0,721
Цукровий буряк								
III-IV	5	-2	-4	130	340	16	0,382	0,618
V	15	-2	-4	85	300	12	0,283	0,717
VI	21	-2	-4	100	430	20	0,233	0,767
VII-VIII	19	-2	-4	270	610	34	0,443	0,557
IX	14	-2	-4	80	300	18	0,267	0,733
Картопля								
V	14,5	-1	-2	50	120	13	0,417	0,583
VI	17,5	-1	-2	80	140	25	0,571	0,429
VII	19	-1	-2	100	160	28	0,625	0,375
VIII	17,5	-1	-2	75	150	21	0,5	0,5
IX	11,5	-1	-2	55	130	13	0,423	0,577
Багаторічні трави Лісостеп								
VII-VIII	18	-3	-3	130	260	12	0,5	0,5
IX-XI	8	-5	-5	120	250	18	0,478	0,522
XII-II	2	-4	-4	140	360	41	0,389	0,611
IV-V	11	-4	-4	140	300	18	0,467	0,533
VI	16	-4	-4	75	150	11	0,5	0,5
Полісся								
VII-VIII	17	-3	-3	130	260	17	0,5	0,5
IX-XI	8	-5	-5	120	250	14	0,478	0,522
XII-II	1	-4	-4	150	370	38	0,405	0,595
IV-V	10	-4	-4	140	300	21	0,467	0,533
VI	15	-4	-4	75	160	10	0,469	0,531
Степ								
VII-VIII	19	-3	-3	130	350	21	0,371	0,629

Продовження табл. 13.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9
IX-XI	10	-5	-5	120	250	5	0,48	0,52
XII-II	3	-3	-3	120	060	30	0,4	0,6
IV-V	13	-5	-5	145	300	27	0,483	0,517
VI	17	-3	-3	75	150	17	0,5	0,5

Таблиця 13.7 – Умови оцінки параметра не депресивної тривалості суховіїв n_o для різних культур у суховійні періоди

Сумісний коефіцієнт продуктивності у суховійний період	Ярий ячмінь					Кукурудза	Картопля				
	параметр n_o днів	березень-квітень		травень		червень-липень	параметр n_o днів	квітень		травень	
		T, °C	R, мм	T, °C	R, Мм	параметр n_o днів		T, °C	R, мм	T, °C	R, мм
0,66 -1,00	0	<5,6	>79	<17	>37	0	0	будь-який			
<0,65	15	<5,6	>79	<17	>37	-	12	<11,4	<90	>18,3	<40
<0,65	30	>5,6	<79	>17	37	-	22	>11,4	<90	>18,3	<40
0,36-0,64						10	-				
<0,35						20	-				

Показник збитковості розраховується за рівняннями:

для озимої пшениці

$$Ó_i = à\sqrt{n_{y_i} - n_0^2} \qquad (13.3)$$

для ярого ячменю

$$Ó_i = à\sqrt[3]{n_{y_i} - n_0^2} - b \qquad (13.4)$$

$$Ó_i = à\sqrt{n_{y_i} - n_0^2} \qquad 13.5)$$

де a та b – параметри;

n – кількість днів в періоди із опадами більше 0,1 мм;

n_o – не депресивна тривалість періоду із опадами.

Визначення кількості днів із опадами більше 0,1 мм за добу на прогнозований іперіод розраховується за рівнянням

$$n_{оп} = an_n + b \qquad (13.6)$$

де $n_{оп}$ –кількість днів із опадами на прогнозований період;

n_n – кількість днів із опадами у попередній час;

a, b – параметри.

Значення параметрів до виразів (13.2) та (13.5) наведені у таблиці 13.8.

Таблиця 13.8 – Значення параметрів для визначення збитковості кількості днів із опадами для різних культур у різних грунтово-кліматичних зонах (за В.П. Дмитренком, 2010)

Культура, зона	Параметри			Період врахування
	a	*b*	n_o	
Озима пшениця	0,01	-	8	червень
Ярий ячмінь	5,5	15	8	червень
Кукурудза Полісся і Лісостеп Степ	0,011		50 30	червень-вересень
Картопля Полісся і Лісостеп Степ	0,015 0,01		52 25	липень-вересень

Значення параметрів до виразу (13.6) наводяться у табл. 13.9.

Таблиця 13.9 – Параметри визначення кількості днів із опадами у прогнозований період за виразом (13.6)

Прогнозований період	Попередній час	Параметри		Коефіцієнт кореляції
		a	*b*	
Полісся, Лісостеп				
Липень – вересень	червень	2,7		0,72
Серпень – вересень	червень–липень	1,2	-5	0,74
Вересень	червень–серпень	0,3	-	0,75
Степ				
Липень – серпень	червень	1,4	2,5	0,70
Серпень	червень – липень	0,5	-2,5	0,72

В.П. Дмитренко відзначає, що головні відмінності опрацювання прогнозів і оцінок урожайності польових культур за базовою моделлю «погода і урожай» зумовлені біологічними властивостями рослин та зональними особливостями їх розміщення.

13.2.Метод прогнозу врожаю озимої пшениці

Прогноз врожаю озимої пшениці за методом В.П. Дмитренка складається після відновлення вегетації (березень, квітень) та в період колосіння (травень, червень). Метод прогнозу складається із моделі врожайності, запропонованої В.П. Дмитренком та правил складання прогнозу.Модель урожайності відображує процеси інтенсифікації сільськогосподарського виробництва за тривалу кількість років разом з процесами формування врожайності впродовж вегетації за інтервалами місячної і більшої завчасності. Основою моделі є формула структури урожаю О.О. Сапегіна, доповнена М.С. Савицьким та В.П. Дмитренко.

Послідовність і структура моделей та умови опрацювання обласних прогнозів урожайності озимої пшениці з різною завчасністю наведені в (табл. 13.10).

Основу визначення урожайності для розробки прогнозів із будь-якою завчасністю становить модель (13.8) із розгорнутим змістом сумарного коефіцієнта продуктивності.

Вплив гідрометеорологічних факторів на урожайність озимої пшениці в моделі виражається врахуванням температури повітря (T), тривалості соняного сяйва (Q) та опадів (R).

Кількісна оцінка впливу температури повітря, опадів та запасів продуктивної вологи у передпосівний і весняно – літній період розраховується за формулою

$$S(T,Q,R) = \sum \eta_i (T), \eta_i (R), f_i (Q)\, \alpha_i, \qquad (13.7)$$

де $S(T,Q,R)$ – сумарний сумісний коефіцієнт продуктивності озимої пшениці, розрахований за температурою повітря, тривалістю сонячного сяйва та опадами;

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

$f_i(Q)$ – показник відношення коефіцієнтів продуктивності озимої пшениці, розрахованих за поточними і середніми багаторічними значеннями тривалості сонячного сяйва;

α_i – вагові коефіцієнти, які враховують вклад кожного періоду розвитку в урожай при оптимальних значеннях маси і густоти посіву.

Значення вагового множника α_i, для різних сільськогосподарських культур наводиться в табл.13.16.

Основними факторами, які визначають щорічний статистичний максимум є сортовий склад культури, особливості ґрунтового покриву, клімат місцевості та показники культури землеробства. В моделі y_1 –

Таблиця 13.10 – Послідовність, структура моделей та умови опрацювання обласних прогнозів урожайності озимої пшениці із різною завчасністю

Основні фактори	Модельні засоби розробки прогнозу урожайності і додатковими блоками	Номер моделі	Моделі додаткових блоків	Номер моделі	Основна похибка, %	Умови застосування додаткових блоків
1	2	3	4	5	6	7
Завчасність три місяці						
Потенціал і тренд урожайності Y_j, стан посівів після відновлення вегетації U, температура повітря T, кількість опадів R та тривалість соняшного сяйва по періодам вегетаційного циклу за місяч-ними даними спостережень від серпня попереднього року до квітня поточного	Базова модель основна $y_1 = Y_j(1-U)S(T,R) \times$ $\times(1-y_{BB})$	13.8	$y_{BB} = 8 - \frac{(D_{НПТ} - D_{КРС} - 30)^2}{(D_{PPC} - D_{ППТ})^2} \times$ $\times(D_{PPC} - D_{ППТ}) = 400$	13.16	8,5 8,4	$D_{ППТ}$ – дата початку стійкого переходу температури повітря через 5 °C; $D_{КРС}$ – дата найбільш раннього руйнування снігового покриву; $D_{ППТ}$ –дата найбільш пізнього початку переходу температури повітря через 5 °C
	Базова модель з врахуванням впливу тривалості сонячного сяйва $y_2 = Y_j(1-U)S(T,R,\theta) \times$ $\times(1-y_{BB})$	13.9	Тривалість соняшного сяйва $\eta(\theta) = \frac{Y(\theta)}{Y(\theta_0)} = 1 - 0{,}5\left(\frac{\theta}{\theta_0}\right)^2 f(\theta) =$ $= \eta(\theta):(\bar{\theta})$	13.17		Якщо тривалість соняшного сяйва θ відрізняється від середньої багаторічної $\bar{\theta}$ на 30 % і більше

Продовження табл. 13.10

1	2	3	4	5	6	7
	Базова модель з блоком підсіву та пересіву $y_3 = y_2 + y'(U)\frac{S_n}{S}$	13.10	Підсів і пересів за значної зимової зрідженості U при урожайності підсіяної культури y'	13.18		Доцільно застосовувати за площі підсіву $S_П > 20\%$ щодо загальної S
	Базова модель з врахуванням термінів сівби $y_4 = y_1(1 - y_{сс})$	13.11	Термін сівби раніше оптимальних D_0 $y_{сс} = 1 - exp\left[-0{,}08\frac{(D-D_0)^2}{10}\right]$ Пізніше оптимальних $y_{сс} = 1 - exp\left[-0{,}04\frac{(D-D_0)^2}{10}\right]$	13.19 13.20	8,0 13,0	Якщо термін сівби відрізняються від оптимальних на 15 більше днів
	Базова модель з блоком періоду закалювання $y_5 = y_2(1 - y_{вв})(1 - y_{пв})$	13.12	Тривалість періоду закалювання $y_{пв} = -0{,}3\Delta t^2 \cdot 10^{-4} - 0{,}36\Delta t \cdot 10^{-3} - -2{,}895 \cdot 10^{-2}$	13.21	10,0	Якщо $20 > \Delta t > 35$днів $\Delta t = D(T = 5°C) - D(T = 0°C)$ Δt –тривалість періоду між датою переходу температури повітря через 5°C і $D(T = 5°C)$ та датою переходу її через 0°C восени $D(T = 0°C)$
	Базова модель з блоком тривалості залягання снігового покриву $y_6 = y_5(1 - y_{псп})$	13.13	Тривалість залягання снігового покриву $y_{псп} = -0{,}3 \cdot 10^4 t_{псп}^2 + 0{,}27 \cdot 10^{-2} t_{псп} - 0{,}074$	13.22	10,0	Якщо тривалість періоду із стійким сніговим покривом $t < 40$днів та $t > 70$-120днів
Завчасність два місяці						
	Базова модель з врахування впливу суховіїв $y_7 = y_2(1 - y_{сух})$	13.14	Наявність суховіїв у червні-липні $y_{сух} = (0{,}3n - 3) \cdot 0{,}01$	13.23	8,2	Де n- число днів у червні-липні із відносною вологістю повітря о 13 год меншою за 30 %
Завчасність один місяць						
	Базова модель з врахування вливу дощовитості $y_8 = y_7(1 - y_{oc})$	13.15	Наявність дощовитості $y_{oc} = \sqrt{(n_n - 8)^2 \cdot 0{,}01}$	13.24	7,5	Якщо кількість днів з опадами n_n у червні перевищує8 днів

відображає щорічне підвищення врожаю культури внаслідок поліпшення культури землеробства і розраховується за формулою

$$ó_1 = ó_{ñ} + Àt \qquad (13.25)$$

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 t_c, яке визначається кількістю років у статистичному рядку t.

Як видно із формули щорічний господарський максимум складається із постійного значення господарського максимуму урожайності за деякий реперний рік (y_l) та поправки At, яка враховує вплив інтенсифікації сільськогосподарського виробництва на врожай. Авторами методу були розраховані початкові дані для розрахунків за будь-який рік (табл. 13.11)

Стан рослин в моделі враховується за допомогою весняної зрідженості за фактичної кількості рослм, меншою чи рівною оптимальній.

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

$$U = \frac{N_0 - N}{N_0} = 1 - \frac{N}{N_0} \qquad (13.26)$$

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

Кущистість визначається з формули

$$f(k) = 1 - \left(\frac{K - K_0}{K_0}\right)^2 \qquad (13.27)$$

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:

$$K_0 = \frac{\sum K_{oi} S_i}{\sum S_i} \qquad (13.28)$$

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

S_i – площа його посівів у відсотках або гектарах.

Таблиця 13.11 – Деякі постійні показники для розрахунку урожайності озимої пшениці по областях України

Області	Складові $У_i$ ц/га		Середні оптимальні запаси продуктивної вологи метрового шару ґрунту навесніW_o, мм
	статистичний максимум урожайності на 1985 рік, $У_c$	середньорічний приріст, A	
1	2	3	4
Вінницька	47,5	-0,042	201 ± 26
Волинська	41,5	0,06	185 ± 30
Дніпропетровська	44,5	-0,04	164 ±26
Донецька	50,0	0,02	152 ± 21
Житомирська	32,5	0,01	181ё ± 29
Запорізька	46,0	0,01	164 ± 25
Івано-Франківська	44,6	0,09	193 ± 38
Київська	40	0,02	166 ± 24
Кіровоградська	46,5	-0,06	174 ± 28
Львівська	38	0,04	180 ± 35
Миколаївська	38	-0,06	159 ± 32
Одеська	36	-0,06	168 ± 23
Полтавська	48,0	-0,01	202 ± 28
Рівненська	42,0	0,06	167 ± 34
Сумська	44,0	0,00	199 ± 32
Тернопільська	47,5	0,04	202 ± 46
Харківська	44,0	0,06	167 ± 22
Херсонська	42	-0,08	153 ± 20
Хмельницька	42,1	-0,04	166 ± 33
Черкаська	51	-0,06	205 ± 32
Чернівецька	51,7	0,01	195 ± 48
Чернігівська	42	0,00	183 ± 28

Оптимальна кущистість різних сортів озимої пшениці наводиться в табл. 13.12.

Для розрахунку середньозваженої оптимальної кущистості достатньо за відомостями ЦСУ врахувати 90 % посівних площ.

Таблиця 13.12 – Оптимальне значення кущистості різних сортів озимої пшениці

Сорт	Кущистість	
	весняна	продуктивна перед збиранням
Аврора	2,9	1,7
Безоста 1	3,0	1,8
Дніпровська 521	4,0	2,5
Кавказ	3,1	1,9
Миронівська 808	5,0	2,7
Миронівська ювілейна 50	3,2	2,2
Одеська	3,8	2,4
Іллічівка	4,5	3,2
Поліська 70	3,0	2,0

Приклад. В Одеській області сортами Аврора, Безоста 1, Миронівська 808 та Одеська 51 засіяно відповідно 12, 35, 28 та 16 % площі. Тоді за формулою (13.11) середньозважена оптимальна кущистість буде

$$K_o = 2{,}9 \text{ x } 12 + 3{,}0 \text{ x } 35 + 5{,}0 \text{ x } 28 + 3{,}8 \text{ x } 16 / 91 = 3{,}4,$$

При фактичній кущистості 2,8 та оптимальній кущистості 3,4 функція кущистості (13.10)становитиме

$$F_k = 1 - \{ (2{,}8 - 3{,}4)/3{,}4\}^2 = 0{,}97$$

Оптимальні значення температури повітря наводяться в табл. 13.4. Оптимальні значення кількості опадів наводяться в табл. 13.5

Для розрахунку коефіцієнтів продуктивності відповідні параметри моделі наведені у табл. 13.6.

Визначення декадних значень коефіцієнтів продуктивності за температурою і опадами рекомендується проводити щомісячно і щодекадно продовж всього вегетаційного періоду (табл. 13.13).

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

Для розрахунку коефіцієнтів продуктивності за вологістю ґрунту необхідні дані про НВ а також спостереження за вологістю ґрунту під озимою пшеницею навесні. Визначення проводиться за табл. 13.14.

Вихідна інформація для розрахунків очікуваного урожаю включає відомості про стан рослин, гідрометеорологічний режим на даній території, кількість пунктів спостережень. В залежності від розмірів території було визначено необхідну кількість пунктів спостережень за параметрами гідрометеорологічного режиму.

Таблиця 13.13 – Параметри для розрахунку коефіцієнтів продуктивності за температурою повітря і опадами в період вегетації озимої пшениці

Місяць	T_0, ^0C	Параметри до рівняня 13.13		R_0, мм	R_{max}, мм	Параметри до рівняння 13.14		Q, год	α_i,
		$T \leq T_0$	$T > T_0$			A_1	a_2		
VII – VIII	18	1	2	130	526	1/3	1	543	0.07
IX – X	13	1	2	170	411	1/3	1/2	311	0.07
XI	5	1	2	120	243	1/2	1/2	67	0.05
XII – II	-0.5	1	2	160	552	1/2	1	203	0.29
III – V	8	1	2	170	709	1/3	1	498	0.36
VI	17	1	2	17	224	0	2	300	0.09
VII	22	1	2	10	224	0	2	275	0.07

Таблиця 13.14 – Коефіцієнти продуктивності озимої пшениці, розраховані за даними запасів вологи метрового шару ґрунту навесні

Різниця між виміряними та найбільш сприятливими запасами вологи, мм	Найбільш сприятливі, середньозважені запаси вологи, мм							
	140	150	160	170	180	190	200	210
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
30	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98
40	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,96
50	0,87	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94
60	0,82	0,84	0,86	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
70	0,75	0,78	0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89
80	0,67	0,72	0,75	0,78	0,80	0,82	0,84	0,85
90	0,59	0,64	0,68	0,72	0,75	0,78	0,80	0,82
100	0,49	0,56	0,61	0,65	0,69	0,72	0,75	0,77

Відомості про необхідний мінімум обстежених полів встановлюється на основі розмірів посівних площ (табл. 13.15).

Таблиця 13.15 – Необхідний мінімум кількості пунктів спостережень за метеорологічними параметрами

Площа території, для якої ведеться розрахунок		Мінімум пунктів спостережень					
		за опадами з похибкою		за температурою повітря з похибкою		за запасами вологи в шарі 0-100 см	
км^2	га	5 %	10 %	0,1°С	0,2 °С	5 %	10 %
менше 10	менше 1,0 тис.	15	4	1	1	9	3
11-200	1,1-20	16	4	1	1	9	3
200-500	20-50	17	5	2	1	9	3
500-3тис.	50-300	18	5	3	1	9	3
3 - 5	300-500	19	6	6	2	9	3
5 - 7	500-700	20	6	6	3	10	9
… 35 - 50.	3,5 – 5,0 млн.	27	9	12	5	10	4

Після складання прогнозу посіви озимої пшениці можуть бути пошкоджені несприятливими гідрометеорологічними явищами, хворобами, шкідниками.

В цих випадках в прогноз вноситься поправка за формулою

$$У = У'(1 – S_n / S \cdot \delta), \qquad (13.29)$$

де $У$ – уточнений прогноз урожайності;

$У'$ – прогноз урожайності до настання несприятливих явищ;

S_n – площа пошкодженого посіву;

S – загальна площа посіву озимої пшениці;

Δ –доля зменшення врожайності від несприятливих явищ.

Вплив термінів сівби озимої пшениці, умов припинення вегетації та тривалості залягання стійкого снігового покриву на зміну врожайності озимої пшениці наводиться відповідно у табл. 13.16, 13.17, 13.18.

Таблиця 13.16 – Оцінка впливу термінів сівби озимої пшениці на зміну її врожайності

$Д_{сп} < Д_{сб}$	$Ў_{тс}$	$Д_{сп} > Д_{сб}$	$Ў_{сс}$
-4,0	0,02	2,0	0,00
-8,0	0,06	4,0	0,01
-16	0,19	8,0	0,03
-24	0,36	16,0	0,10
		24,0	0,21
		32,0	0,32
		40,0	0,44

Таблиця 13.17 – Оцінка впливу припинення вегетації (*æ*,дні) на зміну урожайності озимої пшениці ($Ў_{ппв}$)

æ, дні	$Ў_{ппв}$	*æ*, дні	$Ў_{ппв}$
0	-0,030	35	-0,078
5	-0,032	40	-0,091
10	-0,036	45	-0,106
15	-0,041	50	-0,122
20	-0,044	55	-0,140
25	-0,057	60	-0,159
30	-0,067	65	-0,176

Таблиця 13.18 – Оцінка впливу тривалості періоду залягання стійкого снігового покриву ($Н_{сп}$, *дні)* на зміну врожайності озимої пшениці ($Ў_{нсп}$)

$H_{сп}$	$Ў_{нсп}$	$H_{сп}$	$Ў_{нсп}$
0	-0,074	70	-0,032
10	-0,050	80	-0,050
20	-0,032	90	-0,074
30	-0,020	100	-0,104
40	-0,014	110	-0,140
50	-0,014	120	-0,182
60	-0,020		

Приклад. Складання довгострокового прогнозу урожайності за моделлю В.П. Дмитренка виконується двічі: 1 – після відновлення вегетації (березень, квітень); 2 – в період колосіння (травень, червень). 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 табл. 13.14 визначається коефіцієнт продуктивності, він становить за запасами вологи 1,0. Перемножується його значення на значення *а*, яке дорівнює 0,48 і одержуємо 0,48.

У період березень – травень температура повітря становила 8,6 ºС, сума опадів – 100 мм. З табл. 13.13 визначаються коефіцієнти продуктивності за температурою та опадами, потім сумарний. У нашому випадку він становить 0,94, а з врахуванням значення *а* = 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 *а* 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 всіх необхідних величин розраховується очікуваний врожай за моделлю

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

Після розрахунків складається текст прогнозу, в якому подається характеристика агрометеорологічних умов розвитку озимої пшениці від відновлення вегетації до дати складання прогнозу за фактичними даними спостережень після дати складання прогнозу – за прогнозованими складовими, які входять до моделі. Потім характеризується величина очікуваного урожаю озимої пшениці в порівнянні з минулим роком та середнім багаторічним.

13.3 Прогноз урожаю ярого ячменю

За методикою В.П. Дмитренка розрахунок урожайності ярого ячменю виконується тричі: 1 – 1 травня, 2 – 1 червня, 3 – 1 липня. Послідовність, струтура моделей та умови опрацювання обласних прогнозів урожайності ярого ячменю із різною завчасністю наводяться в (табл. 13.19).

Сумарний коефіцієнт продуктивності, розрахований за гідрометеорологічними показниками весняно – літнього періоду. $S(T,R)$

$$S(T, R) = \sum \eta_j (T)\, \eta_j (R)\, \alpha_j \qquad (13.30)$$

де η_i (T), η_i (R) – відповідно коефіцієнти продуктивності розраховані відносно температури повітря T, опадів R в і– ий період розвитку культури;

a_i – ваговий коефіцієнт, який враховує вклад наступних періодів розвитку (a_i) в урожай. Значення вагового множника a_i для різних сільськогосподарських культур наводиться в табл.13.13.

$$У_j = У_c + At \qquad (13.31)$$

де $У_c$ – 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.

Розрахунок параметрів статистичного максимуму ($У_{ст}$).

Для розрахунку статистичного максимуму потрібен ряд врожайності не менше, ніж 30 років.

Для розрахунку вибирається урожайність за останні 30 років – $У$.

- розраховується середнє значення врожаю за 30 років – $У_{ср}$;
- для кожного року розрахоується ($У$-$У_{ср}$);
- розраховується $(У\text{-}У_{ср})^2$
- визначається сума $\sum(У\text{-}У_{ср})^2$
- розраховується середнє значенняе як $\sum(У\text{-}У_{ср})^2$ /30;
- розраховується $\sigma = \sqrt{\sum(У\text{-}У_{ср})^2}$ /30;
- розраховується 3σ;
- розраховується статистичний максимум $У_{ст} = У_{ср} + 3\sigma$.

Розрахунок приросту врожайності за трендом (At).

A – щорічний приріст урожайності, ц/га;

t – відхилення поточного року від реперного, визначеного кількістю років ($t = t_j - t_c$).

Таблиця 13.19 – Послідовність, структура моделей та умови опрацювання обласних прогнозів урожайності ярого ячменю із різною завчасністю

Основні фактори	Модельні засоби розробки прогнозу урожайності і додатковими блоками	Номер моделі	Моделі додаткових блоків	Номер моделі	Основна похибка, %	Умови застосування додаткових блоків
1	2	3	4	5	6	7
Завчасність три місяці						
Потенціал і тренд урожайності Y_j, стан посівів U за зрідженістю, температура повітря T°C, кількість опадів R по періодам вегетаційного циклу за місячними даними спостережень від грудня до квітня	Базова модель основна $y_1 = Y_j(1-U)S(T,R)$ Базова модель з врахуванням впливу тривалості сонячного сяйва $y_2 = y_1(1-y_{CT})$	13.32 13.33	Умови руйнування снігового покриву $\gamma_{CT} = 0{,}01\left(4\sqrt[3]{D_{HT} - D_{KCH} - 10}\right)$	13.38	15	Дата руйнування снігового покриву D_{KCH} відбувається раніше або одночасно із датою переходу температури повітря через 5°C D_{HT}, але відхилення не перебільшує 20 днів
	Базова модель з блоком підсіву та пересіву $y_3 = y_1(1-y_c)$	13.34	Умови сівби $\gamma_c = 0{,}04\frac{(D_{KC}-D_0)^3-(D_{\text{ПС}}-D_0)^3}{3(D_{KC}-D_{\text{ПС}})} \times$ $\times\, 0{,}01$	13.39	13	Якщо дата початку сівби $D_{\text{ПС}}$ відхиляється від оптимальної D_0 на

Продовження табл. 13.19

1	2	3	4	5	6	7
						10 днів більше, а тривалість періоду сівби за різницею між датою кінця $D_{КС}$ та $D_{ПС}$ перевищує 7 днів
Завчасність два місяці						
	Базова модель з врахуванням термінів сівби $y_4 = \gamma_1 \gamma_B$	13.35	Умови кущистості $\gamma_B = f(B_j): f(\overline{B})$ $f(B_i) = 1 - \left(1 - \frac{B_i}{B_0}\right)^2$	13.40	12	Якщо кущистість B_i хиляється від оптимальної B_0 на 15 % і більше
Завчасність один місяць						
	Базова модель з блоком періоду закалювання $y_5 = \gamma_1 (1 - \gamma_{СУХ})$	13.36	Наявність суховіїв $\gamma_{СУХ} = (n_{VI-VII} - n_0)$	13.41	12	Якщо число днів із суховіями у червні-липні n_{VI-VII} перевищує їх недепресивну тривалість n_σ
	Базова модель з блоком тривалості залягання снігового покриву $y_6 = y_1 (1 - \gamma_\sigma)$	13.37	Наявність дощовитості $\gamma_\sigma = \left(5{,}5\sqrt[3]{(n_n - 8)^2} - 15\right)$	13.42	11	Якщо кількість днів із опадами в червні n_n становить 6-10або більше

Для розрахунку шорічного приросту врожайності A_c використовуються дані урожайності за останні 11 років за формулою

$$y = \sum_{i=1}^{n} y_i / n, \qquad (13.43)$$

Приклад розрахунку статистичного максимуму $У_{ст}$ в табл.13.20

Таблиця 13.20 – Розрахунок статистичного максимуму ($У_{ст}$)

Рік	$У$	$У$-$У_{ср}$	$(У-У_{ср})^2$
1975	29,6	-4,1	16,81
1976	34,9	1,2	1,44
1977	36,4	2,7	7,29
1978	39,7	6,0	36,00
1979	30,1	-3,6	12,96
1980	27,1	-6,6	43,56
1981	30,2	-3,5	12,25
1982	29,5	-4,2	17,64
1983	31,0	-2,7	7,29
1984	31,8	-1,9	3,61
1985	30,6	-3,1	9,61
1986	37,8	4,1	16,81
1987	45,8	12,1	146,41
1988	37,6	3,9	15,21
1989	45,9	12,2	148,84
1990	40,7	7,0	49,00
1991	30,4	-3,3	10,89
1992	34,4	0,7	0,49
1993	45,8	12,1	146,41
1994	36,0	2,3	5,29
1995	35,0	1,3	1,69
1996	32,0	-1,7	2,89
1997	28,0	-5,7	32,49
1998	37,0	3,3	10,89
1999	25,0	-8,7	75,69
2000	27,0	-6,7	44,89
2001	30,6	-3,1	9,61
2002	34,0	0,3	0,09
2003	16,4	-17,3	299,29
2004	41,6	7,9	62,41
сума	1011,9	0,9	1247,75
середнє	33,7		41,59
σ			6,45
$У_{стат}$			**53,1**

Розраховується середня врожайність для цього відрізка часу і відхилення щорічно урожайності від середнього. Потім роки нумерують так, щоб середина інтервала відповідала початку відліку. Потім перемножується відхилення врожайності від середнього на номер року і визначається їх сума $\sum (y - y_{ср}) \cdot t$. Ця сума ділиться на суму квадратів номерів року t^2_i та розраховується A_c за формулою

$$A = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})t_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i^2} \qquad (13.44)$$

Приклад розрахунку приросту за трендом ***(А)***

Таблиця 13.21 – Розрахунок приросту за трендом **(А)**

Рік	У	$У-У_{ср}$	t	t2	$(У-У_{ср})t$
1994	36,0	4,9	-5	25	-24,5
1995	35,0	3,9	-4	16	-15,6
1996	32,0	0,9	-3	9	-2,7
1997	28,0	-3,1	-2	4	6,2
1998	37,0	5,9	-1	1	-5,9
1999	25,0	-6,1	0	0	0,0
2000	27,0	-4,1	1	1	-4,1
2001	30,6	-0,5	2	4	-1,0
2002	34,0	2,9	3	9	8,7
2003	16,4	-14,7	4	16	-58,8
2004	41,6	10,5	5	25	52,5
сума	342,6	0,5	0	110	-45,2
середнє	31,1				
A_c					**-0,41**

Розрахунок зрідженості посіву ячменю (*U)*

$$U = 50 - 9c \ , \qquad (13.45)$$

c – оцінка стану посівів ячменю на момент складання прогнозу.

Розрахунок коефіцієнтів продуктивності $\sum \eta_j$ (T) η_j (R) α_j

$$\eta_i(T) = e^{-a(\frac{T-T_O}{10})^2} \ , \qquad (13.46)$$

де T – фактична температура повітря в і–ий період вегетаційного циклу, °С;

T_o, a – дані визначаються з табл.13.22.

$$\eta_i(R)=\left(1+\frac{R-R_o}{R_o-R_{\min}}\right)^{a_1}\left(1-\frac{R-R_o}{R_{\max}-R_o}\right)^{\grave{a}_2}, \qquad (13.47)$$

де R – фактичена сума оспадів в і–ий період вегетаційного циклу, мм;

R_o , R_{max} – берется із таблиці 13.22.

$R_{min} = 0$.

α_i – ваговий коефіцієнт за і–ий період вегетаційного циклу, береться із табл.13.22

Таблиця 13.22 – Оптимальні значення температури повітря, опадів, тривалості сонячного сяйва, вагові множники і параметри до формул за кожний період вегетаційного циклу ярого ячменю

Місяці	$\eta_i(T)=e^{-a(\frac{T-T_o}{10})^2}$				$\eta_i(R)=\left(1+\frac{R-R_o}{R_o-R_{\min}}\right)^{a_1}\times\left(1-\frac{R-R_o}{R_{\max}-R_o}\right)^{\grave{a}_2}$					α_i
	$T_{факт.}$	T_o, град	параметри до рівняння		$R_{факт}$	R_o	R_{max}	параметри до рівняня		
			$T \le T_o$	$T > T_o$				a_1	a_2	
XII-II		-1	1	2		100	450	0,222	0,778	0,09
III-IV		4	1	2		100	340	0,294	0,706	0,30
V		13	1	2		120	300	0,400	0,600	0,27
VI		18	1	2		90	430	0,209	0,791	0,22
VII		19	1	2		10	420	0,024	0,976	0,12

Розрахунок складової (модель з блоком підсіву і пересіву) – $(1 - \gamma_{ст})$.

$$\gamma_{ст} = 0.01\,(4\ 3\sqrt{Дн.т. - Дк.сн}\ - 10) \quad , \qquad (13.48)$$

де $\gamma_{ст}$ – зміна врожайності ярого ячменю;

$Д_{нт}$ – дата початку стійкого переходу температури повітря через +5° С;

$Д_{нпт}$ – дата закінчення стійкого переходу температури повітря через +0°С;

Дата стійкого переходу температури повітря через +5°С визначається за спостереженнями гідрометеорологічної станції, яка перша відзначила цей перехід.

Дата закінчення стійкого переходу температури повітря через +0°С в області визначається за спостереженніми гідрометеорологічної станції, яка останною відзначила цей перехід.

Третій, уточнюючий прогноз урожаю складається 1 липня і розраховується теж за формулою 13.33, в яку додаються блоки $(1 - \gamma_{сух})$ и $(1 - \gamma_з)$.

Блок $(1 - \gamma_{сух})$ через формулу

$$\gamma_{сух} = (n_{y1-y11} - n_0)_{сух}\ 0{,}01 \quad , \qquad (13.49)$$

де n_{y1-y11} – число днів із суховіями в червні – липні.

Якщо суховії спостерігаються у квітні – травні, то розраховується очікувана кількість днів в червні – липні за формулою

$$n_{y1-y11\ I} = 1{,}5\ n_{1y\text{-}y} - 5, \qquad (13.50)$$

де n_{y1-y11} – число днівй із суховіями в червні – липні;

$n_{1y\text{-}y}$ – число дней з відносною вологістю повітря менше або рівною 30% в квітні – травні;

n_0 – поправковий показник.

Значення поправкового показника n_0 за різних рівнів S(T,R) з врахуванням температури повітря і опадів наводяться нижче.

Умови вибору поправкового показника n_0

S(T,R)	n_0
66 – 100	0
≤ 65	15

Блок $(1 - \gamma_з)$ враховується за допомогою формули

$$\gamma_з = (5{,}5\ \sqrt[3]{(n_{y1} - 8)^2} - 15)\ 0{,}01, \qquad (13.51)$$

де $\gamma_з$ –показник зміни врожайності;

n_{VI} – среднє по області число днів опадами більше за 1 мм за добу в червні.

13.4 Метод прогнозу врожаю кукурудзи

Метод прогнозу валового врожаю кукурудзи розробили для території України і Молдови В.П. Дмитренко та В.В. Свіріна і грунтується він на використанні моделі.

$$y' = y_i \; S(T,R)(1 - U)\,(1 - \gamma). \qquad (13.52)$$

де y' – розрахована врожайність, т/га;

y_i – щорічний статистичний максимум урожаю, 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 Б, табл. Б.1. Оптимальні значення температури повітря та опадів для формування врожаїв кукурудзи у табл. Б.2.

Коефіцієнти продуктивності за температурою і опадами визначаються з розроблених авторами табл. Б.3, Б.4, Б.5.

Зрідженість посівів являє собою різницю між оптимальною (N_0) та фактичною кількістю рослин (N) на одиницю площі, віднесену до оптимальної густоти при $N < N_0$

$$U = \frac{N_0 - N}{N_0} \qquad (13.53)$$

У кукурудзи зрідженість посівів визначається після остаточного проріджування. Дані про зрідженість посівів замінюються баловою (В) оцінкою стану посівів за формулою

$$U = 50 - 9B \qquad (13.54)$$

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 із суховіями, терміни сівби, кількість днів з опадами 0,1 мм і т. ін.

Вплив додаткових факторів враховується за допомогою формули

$$y = y'(1-\gamma) \qquad (13.55)$$

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:

$$\gamma_{сух} = \alpha(n_c - n_o)_{VI-VII} \cdot 0{,}01 \qquad (13.56)$$

$$y_{сух} = y'(1-\gamma_{сух}) \qquad (13.57)$$

де α – постійний множник, дорівнює 1,6;

n_c – кількість днів з суховіями (всякої 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.13.23).

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 13.23 – Умови вибору поправки n_0

Сумісний коефіцієнт продуктивності за червень-липень $S\ (T,R)_{VI\text{-}VII}$	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

$$y_{cc} = y'(1-\gamma_{cc}), \qquad (13.58)$$

$$\gamma_{ccc} = 0{,}054\frac{(Д_{кс} - Д_0)^3 - (Д_{нс} - Д_0)^3}{3(Д_{кс} - Д_{нс})}0{,}01 \qquad (13.59)$$

де y_{cc} – врожайність, розрахована з врахуванням впливу строків сівби в області;

y' – врожайність, розрахована за формулою (13.52);

γ_{cc} – чинник, що відображує вплив на врожайність строків сівби в області;

$Д_{нс}$, $Д_{кс}$ – дати початку і кінця сівби в області відповідно;

$Д_0$ – оптимальна дата сівби визначається з табл. А.1. За дату початку сівби приймається дата, коли засіяно – 10 % 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

$$\gamma_{дощ} = \alpha(n_{VI-IX} - n_0)0{,}01 \qquad (13.60)$$

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. Б.5 додатку Б.

Техніка складання прогнозу валового врожаю кукурудзи для території України.

Прогноз складається з завчасністю три місяці, два і місяць, відповідно наприкінці червня; – наприкінці липня; – наприкінці серпня.

Для виконання розрахунків необхідні дані: – щорічні врожаї; – фактична зрідженість посівів; – фактичні, прогнозовані і середні багаторічні значення температури повітря і опадів; – дати початку і кінця сівби; – кількість днів з суховіями за червень – липень; – кількість днів з опадами більше 0,1 мм.

Розрахунок врожайності виконується за формулою (13.52). Спочатку визначається щорічний статистичний максимум врожаїв кукурудзи з табл.Б.1 додатка Б.

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: – з грудня по червень, – за липень (прогноз), – за серпень – вересень (середні

багаторічні). Сумарний коефіцієнт продуктивності визначається (з табл. Б.1 додатку Б).

Зрідженість посівів (U) визначається безпосередньо з аеровізуальних спостережень або враховується середня багаторічна (табл. 1 додатку Б). Після цього за формулою (13.52) розраховується очікуваний врожай (завчасність 3 міс.).

Прогноз уточнюється. Наприкінці липня із завчасністю 2 місяці. Для уточнення використовуються дані про кількість днів з суховіями. Дні з суховіями визначаються за критерієм І.А. Цубербіллер (табл. 13.24).

Таблиця 13.24 – Характеристика суховіїв різної інтенсивності (за І.А. Цубербілер)

Суховії	Нестача дефіциту насичення повітря водяною парою о 13 год і швидкість вітру	
	≥8 м/с	≤8м/с
Середні	20 – 29,9	30 – 39
Інтенсивні	30 – 39,9	40 – 49
Дуже інтенсивні	≥40	≥50

Потім за формулою (13.60) визначається показник, який оцінює вплив суховіїв на врожай ($\gamma_{сух}$).

За рівнянням (13.52) 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. 4 додатку Б за допомогою кількості днів з опадами у червні. За формулою (13.60) визначається $\gamma_{дат}$ потім визначається врожай з врахуванням впливу кількості днів з опадами..

Розрахунок очікуваного врожаю з завчасністю 2 і 1 місяці. виконується за такою ж схемою, тільки з урахуванням фактичних значень елементів по липень і серпень включно.

Розрахунок валового збору зерна кукурудзи Валовий збір зерна кукурудзи з будь-якою завчасністю визначається як:

$$У_{в} = y \cdot V \qquad (13.61)$$

де $У_в$ – 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, перед складанням прогнозу валового збору розміри площі посіву уточнюються.

Приклад розрахунку очікуваного врожаю кукурудзи в Одеській області у 2013 році наводиться в табл.13.25.

13.5 Прогноз урожаю соняшнику за базовою моделлю В.П. Дмитренка

Вивченню агрометеорологічних умов вирощування соняшнику присвячені роботи П.Ю. Міуського, В.С. Пустовойта, П.І. Колоскова, Ю.С.Мельника. Визначені В.П. Дмитренком оптимуми температури повітря і опадів для соняшнику 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 соняшнику ще не створено. Немає також розробок з прогнозу середньої районної врожайності соняшнику в 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 пронозу 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 соняшнику.

Розроблений метод може застосовуватись при посівній площі в районі не менше 1000 га.

За рішенням Технічної ради Держкомгідромету 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 розробила Н.К. Строкач на основі базової моделі В.П. Дмитренка [20].

Таблиця 13.25 – Приклад розрахунку врожаю зерна кукурудзи в Одеській області
Дата початку сівби – 18.IV, дата закінчення сівби – 8.V, оптимальна дата сівби – 22.IV.
Статистичний максимум урожаю 36 ц/га

Місяці	Температура повітря, °С	Кількість опадів, Мм	Коефіцієнти продуктивності					Зрідженість $(1 - U)$	Врахування додаткових факторів			Ваговий множник a_i
			$\eta(T)$	$\eta R)$	$\eta (T, R)$	$\eta (T, R)a$	$S(T,R)$		сухо-віїв $1-y_{сух}$	тер-мінів сівби $1 - y_{cc}$	днів з опадами >0,1мм $Y_{on}=a(n_{VI-IX} - n_o)$	
XII–III	0,5	204	0,91	1,00	0,91	0,14		11%				0,15
IV – V	15,6	42	0,43	0,64	0,28	0,07		1-11 =0,89		1-0,04 = 0,96		0,26
VI – VII	20,4 21,7	112 192	0,79 0,58	0,84 1,00	0,66 0,58	0,25 0,22						0,38
VIII	20,8	42	0,73	0,98	0,72	0,10	0,59					0,14
IX	16,5	41	0,44	1,0	0,44	0,03	0,56					0,07

y_{cc} = 0,054 · (8.V – 22.IV)^3 =(18.IV – 22.IV)^3 ·0,01 / 3 ·(8.V – 18.IV) = 0,04;

y_{cc} = 1 – 0,04 = 0,96; Очікуваний урожай із завчасністю 3 місяці: $y' = y_i \; S(T,R) \; (1 - U) \; (1 - \gamma)$.= 5,2 · 0,59 ·0,89 ·0,9 = 2,6 т/га;

Із завчасністю 2 місяці: : $y' = y_i \; S(T,R) \; (1 - U) \; (1 - \gamma)$.= 5,2 · 0,56·0,89 ·0,96=2,49 т/га

13.5.1 Основи методики прогнозування середньої районної врожайності соняшнику в Україні

Для складання прогнозу врожайності соняшнику використана базова модель врожайності В.П.Дмитренка

$$Ó_i = Ó_{\tilde{N},2} \cdot S(T,R)_{\text{XII–VIII}} \cdot (1-U) \cdot \eta(\gamma), \qquad (13.62)$$

де $У_i$ – прогнозована врожайність, ц/га;

$У_{C,I}$ – щорічний господарський максимум врожайності, ц/га;

$S(T, R)_{\text{XII–VII}}$ – сумарний коефіцієнт продуктивності культури за температурою повітря і опадами за грудень – серпень;

$(1 – U)$ множник, який залежить в основному від зрідженості посівів;

$\eta(\gamma)$ – множник, який враховує вплив додаткових факторів.

В свою чергу, зрідженість посівів великою мірою залежить від додержання необхідних технологічних операцій щодо термінів сівби і густоти посіву, від погодних умов, особливо,несприятливих.

Щорічний господарський максимум $У_{C,I}$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 щорічного господарського максимуму ($У_{C,I}$) використовуэться формула

$$Ó_{\tilde{N},2} = Ó_{\tilde{N}} + At, \qquad (13.63)$$

де ($У_C$) – господарський максимум врожайності на реперний рік t;

А – приріст тенденції врожайності за трендом (ц/га);

t – інтервал часу між поточним t_i -тим і реперним роком ($t = t_1 - t_c$).

Значення господарського максимуму врожайності $У_{c,i}$ 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 вносятьсяь поправка 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 соняшнику в передпосівний період і на протязі вегетаційного періоду розраховується за допомогою функції корисності;

$$S(T,R) = \Sigma S_1(T) \cdot \Sigma S_2(R) \cdot a \qquad (13.64)$$

де $S_1(T)$, $S_2(R)$ – коефіцієнти продуктивності соняшнику, розраховані відповідно за температурою повітря T і опадами R за i-й період вегетаційного циклу.

Вплив температури на формування врожайності відображено коефіцієнтом продуктивності у вигляді:

$$S_1(T) = \frac{У(T)}{У(T_e)} = e^{-a(\frac{m-m_o}{10})} \qquad a = \{ \begin{matrix} a^1 коли \le T_o \\ a^o коли T \triangleright \end{matrix} \qquad (13.65)$$

де $S_1(T)$ – кількісний вираз приросту продукції $У(T)$ при температурі T по відношенню до максимально можливого $У(T_м)$ при оптимальній температурі T_o в даний період вегетаційного циклу;

α – параметр.

Оцінка впливу опадів на формування врожайності соняшнику здійснюється за допомогою коефіцієнтів продуктивності, розрахованих за опадами

$$S_2(R) = \frac{У(R)}{У(R_o)} = (1 + \frac{R - R_o}{R_o - R_{\min}})^{a_1} (1 - \frac{R - R_o}{R_{\max} - R_o})^{a_2}, \qquad (13.66)$$

де $S_2(R)$ – кількісний вираз приросту продукції в i-й період вегетаційного циклу при кількості опадів R мм по відношенню до максимально можливого $У(R_o)$ при оптимальній кількості опадів R_o; R_{min}, R_{max} – відповідно біологічні мінімум і максимум опадів в кожний період вегетаційного циклу; тут $R_{\min} = 0$.

Множник α, який враховує внесок періоду вегетаційного циклу у врожайність при оптимальному значенні кожного фактора продуктивності, розраховується:

$$\alpha = \frac{У_{i(}(\tau)}{У_i(T)} = \frac{1}{1 + C(i-\tau)e^{-\tau_c \tau}}, \qquad (13.67)$$

де $У_i(\tau)$ – частина врожаю, утворена в даний і-й період вегетаційного циклу;

τ – тривалість і-того періоду вегетаційного циклу в частці від одиниці;

$У_i(T)$ – 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 за кожен період вегетаційного циклу наведені в табл. 13.26.

Таблиця 13.26 – Оптимальні значення температури повітря T_o, опадів R_o α і параметри до формул (13.41) і (13.42) за кожний період вегетаційного циклу соняшнику

Період вегетаційного циклу		T_o °C.	Параметри до рівняння (13.36), коли		R_o, мм	R_{max}, мм	Параметри до рівняння (13.37)		α
Назва	Місяці - за середніми багаторічними даними		$T \le T_o$	$T \ge T_o$			a_1	a_1	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лісостеп									
Передпосівний	XII-III	-5,0	-1	-2	180	665	0,27	0,73	20
Сівба	IV	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	XII-III	-5,0	-1	-2	180	624	0,29	0,71	20
Сівба	IV	8,5	-1	-2	40	144	0,28	0,72	5

Продовження табл. 13.26

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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

Вплив температури повітря і опадів на врожайність соняшнику за періоди розвитку враховані з допомогою формул (13.65 та 13.66), і подані в табл. Б.2 та Б.3.

На посівах соняшнику 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 густоти посівів (1 – U), де U подана як частка від одиниці. Зрідженість посівів соняшнику визначають після останнього проріджування. Оцінку зрідженості по площі достатньо надійно можна визначити 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 $N_ф$ і оптимальну $N_о$ густоту посівів, зрідженість визначається як:

$$U = \frac{\left| N_O - N_{\hat{o}} \right|}{N_O} = 1 - \frac{N_{\hat{o}}}{N_O}, \qquad (13.68)$$

де $N_о - N_ф$ – дозволяє враховувати вплив як зрідженості, так і загущеності посівів.

Густоту посівів соняшнику для лісостепових районів України слід брати 50 тис. рослин на га, в Кіровоградській області – 46, в центральних степових районах – 41 тис. рослин на га.

За відсутноісті відомостей про зрідження посівів можна використовувати дані попередніх років.

$$U_i = \frac{У_{p,i} - У_{ф,i}}{У_{ф,i}}, \qquad \mathrm{U} = \frac{\sum_{i+1}^{n} \mathrm{U_i}}{\mathrm{n}}, \tag{13.69}$$

де $У_{p,i}$ – врожайність розрахована за формулою:

$$У_{p,i} = (У_c + At) \cdot S(T, R), \tag{13.70}$$

При відсутності даних аеровізуальних або автомаршрутних обстежень доцільно використовувати середню багаторічну зрідженість, що визначається за формулою (13.69) для всіх районів (табл. Б.4, Додатку Б).

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.

13.5.2 Врахування додаткових факторів

За додаткові фактори взяті чинники, які визначаються на гідрометеорологічних станціях, а саме: кількість днів з приморозками, суховіями, опадами $\geq$ 1 мм і $\geq$ 5 мм, відносною вологістю $\leq$ 30 %, дефіцитом вологості повітря $\leq$ 3 мб, зливами, екстремальними температурами.

Вплив додаткових факторів враховується формулою

$$У = У'(1 - \gamma) \tag{13.71}$$

де $У$ – виправлена врожайність;

$У'$ – 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

$$(1 - \gamma) = e^{-a\left(\frac{x - x_n}{10}\right)^2}, \tag{13.72}$$

де α – 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 додатку Б наведені значення (1 – γ) для всіх зазначених явищ розраховані за формулою (13.72).

Кількість днів з суховіями різної інтенсивності (окрім слабких) розраховується за даними спостережень найближчих метеостанцій згідно з типізацією Є.А. Цубербіллер (табл. 13.24).

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 – γ) не застосовується. У вологі роки ці показники необхідно вводити в модель незалежно від рівня коефіцієнтів продуктивності.

Таким чином, для складання прогнозу районної врожайності соняшнику, 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 величин на наступні періоди, а також про густоту 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.

13.5.3 Порядок і приклад розробки прогнозу районної врожайності соняшнику з різною завчасністю

Прогнози районної врожайності соняшнику можна складати з різною завчасністю. Перший прогноз складають після сходів (перша – друга декада травня), його завчасність близько 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 виконують наприкінці серпня. Дані, необхідні для складання прогнозу, заносяться в форму (табл.13.27). В цій таблиці наводиться приклад прогнозованих розрахунків районної врожайності соняшнику в Синельниківському районі Дніпропетровської області за 2012 рік.

В заголовку таблиці записується назва області, району, рік, господарський максимум врожайності за поточний рік $У_{о,і}$, і показник, який характеризує стан посівів (їх зрідженість), який береться із табл. Б.4.

Господарський максимум на 2012 рік визначається з використанням даних табл. Б.1 додатку Б.

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 фактичну величину показників 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 додатку Б коефіцієнти продуктивності соняшнику за відповідною величиною і, перемножуючи їх на ваговий коефіцієнт внеску α відповідного періоду , отримується сумарний коефіцієнт продуктивності за опадами і температурою повітря. При складанні наступних прогнозів із іншою завчасністю уточнюються фактичні значення *T* і *R*,а за даними аеровізуальних або автомаршрутних обстежень уточнюється зрідженість. Якщо дані про зрідженість відсутні, тоді користуються тими, які наведені в табл. Б.4 додатку Б.

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.

Приклад. Розрахована врожайність: Перший прогноз

$$У_р = 25{,}6 \cdot 0{,}90 \cdot 0{,}90 = 19{,}9\, ц/га;$$

Абсолютна похибка $\Delta У = У_ф - У_р = 1{,}8\ ц/га$; Відносна похибка $\Delta У_ф / У_р = 10\ \%$; 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 додатку Б знаходиться період вегетації (V – VI) і по кількості днів з вологістю повітря ≤ 3 мб (9 днів) записується поправка на зниження врожайності. Її значення дорівнює 0.98. Ці дві поправки додаються до розрахунків першого прогнозу.

$$У_р = 25{,}6 \cdot 0{,}90 \cdot 0{,}90 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}98 = 21{,}6\, ц/га$$

Абсолютна похибка 1.8 ц/га, відносна похибка 10 %, справджуваність прогнозу 90 %.

Третій прогноз.

На час розрахунку 3-го прогнозу (до 20 липня) несприятливих явищ погоди не спостерігалось. Коефіцієнт продуктивності по T 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:

$$У_р = 25{,}6 \cdot 0{,}94 \cdot 0{,}90 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}98 = 20{,}8\, ц/га$$

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 додатку Б знаходимо за VII місяць коефіцієнт падіння врожайності, який становить 0,94. Змінився також і коефіцієнт продуктивності по T і R. Додаються ці зміни до розрахунку третього прогнозу і розраховується четвертий прогноз очікуваного врожаю.

$$У_р = 25{,}6 \cdot 0{,}93 \cdot 0{,}90 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}94 = 18{,}8\, ц/га$$

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%. Найвища справджуваність є у 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 застосовуватись для розрахунку районної врожайності за умов регулярного корегування господарського максимуму і тренда врожайності.

Приклад складання прогнозу наводиться в табл.13.27.

Таблиця 13.27 – Приклад складання прогнозу врожайності насіння соняшнику з різною завчасністю і уточнення його в певні періоди вегетації

Область – Дніпропетровська, район – Синельниківський, рік – 2012

Господарський максимум $У_{c,i}$= 25,6 ц/га, зрідженість u = 10%, (в частках одиниці 1 – 0,10 = 0,9)

№ п/п	Місяці	Перший пргоноз (після сходів)						Другий прогноз (до 20 червня)					
		T	*R*	*η (T)*	*η (R)*	*a*	*a (T, R)a*	*T*	*R*	*η (T)*	*η (R)*	*a*	*a (T, R)a*
1	2	3	4	*5*	6	7	*8*	9	10	11	12	13	14
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	1,0	0,99	0,19	0,19	17,5	99	1,0	0,99	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	21,9	41	0,97	0,97	0,37	0,36
Сумарний коефіцієнт продуктивності 0,90								0,90					

Продовження табл. 13.27

№ п/п	Місяці	Третій прогноз (до 30 липня)						Четвертий прогноз (до 20 серпня)					
		T	*R*	*η(T)*	*η (R)*	*a*	*a (T, R)a*	*T*	*R*	*η(T)*	*η (R)*	*a*	*a (T, R)a*
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
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	1,0	0,19	0,19
4	VII	19,6	43	1,00	0,98	0,19	0,19	19,6	43	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													

13.6 Методи прогнозів врожаїв картоплі

13.6.1 Методичні вказівки щодо складання прогнозів середнього по області врожаю картоплі

У практиці агрометеорологічного забезпечення в Українському гідрометеорологічному центрі для прогнозу врожаїв картоплі застосовується метод, запропонований Р.М. Шелудяковою [87, 116]. Пізніше метод вдосконалили та доповнили В.П. Дмитренко та А.А. Вількенс.

За методом Р.М. Шелудякової розрахунки очікуваного врожаю виконуються із завчасністю від одного до трьох місяців з похибкою 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, від кількості суховійних днів у сухі роки та дощових днів у вологі холодні роки.

Загальна модель врожайності картоплі має вигляд

$$У = \lfloor У_j \cdot S(T,R) - f \rfloor \cdot (1 - \gamma_k), \qquad (13.73)$$

де $У$ – очікувана врожайність, ц/га;

$У_j$ –щорічний статистичний максимум врожайності картоплі, ц/га;

$S(T,R)$ – сумарний сумісний коефіцієнт продуктивності картоплі, який 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 із суховіями або кількості днів з опадами більшими за 0,1мм).

Щорічний статистичний максимум врожайності картоплі розраховується за формулою

$$У_j = У_c + A_c t \ , \qquad (13.74)$$

де $У_c$ – статистичний максимум врожайності картоплі з ймовірністю 99,9 %, розрахований на цілком визначений рік, ц/га;

A_c – середній річний приріст врожайності картоплі, рік, ц/га;

t – відхилення року, в якому ведеться розрахунок t_j від початкового t_o.

Чинник $У_c$ враховує рівень культури землеробства, а A_c – вплив інтенсифікації сільськогосподарського виробництва на врожайність. Значення статистичного максимуму і середнього за рік приросту врожайності картоплі розраховані для кожної області та надаються табл. 13.28.

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 брався за тривалістю відповідним якому-небудь місяцю. Це зроблено для спрощення розрахунків, хоча і дещо погіршує точність їх.

Вплив основних метеорологічних факторів на формування врожаїв картоплі за усі підперіоди вегетаційного циклу виражається через коефіцієнти продуктивності за температурою повітря (T) та опадами (R), які визначаються з табл. В.1 та В.2 додатку В.

Таблиця 13.28 – Показники врожайності картоплі

Області	Врожайність, ц/га			
	всі категорії господарств		колективні господарства	
	статистичний максимум $У_c$	середній річний приріст A_c	статистичний максимум $У_c$	середній річний приріст A_c
1	2	3	4	5
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

Продовження табл. 13.28

1	2	3	4	5
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

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 цього періоду α_i:

$$S(T,R) = S(T) \cdot S(R) \cdot \alpha_i \quad , \qquad (13.75)$$

де *S(T, R)* – сумісний коефіцієнт продуктивності за температурою повітря та опадами;

α_i – ваговий множник і-го періоду вегетаційного циклу (табл. 13.29).

Таблиця 13.29 – 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

Сумарні сумісні коефіцієнти продуктивності за температурою та опадами за увесь вегетаційний період *S(T,R)* розраховуються за формулою:

$$S(T,R)=\sum_{i=1}^{n} S_1(T)_i \cdot S_2(R)_i \cdot \alpha_i \qquad (13.76)$$

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. 13.29.

Для визначення коефіцієнтів продуктивності територія України поділена на 4 райони (табл. 13.30).

Таблиця 13.30 – 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

$$У_{TR} = У_i \cdot S(T,R)_{V-IX} \qquad (13.77)$$

Але справджуваність очікуваного врожаю буде залежати від впливу неврахованих факторів. Р.М. Шелудякова ввела у формулу (13.53) поправку на втрати врожаю від пошкодження фітофторою. Ця поправка розраховується як залишок між розрахованою врожайністю та втратами врожаю від захворювання фітофторою

$$У_f = У_{TR} - f \qquad (13.78)$$

Розрахунок втрат врожаю картоплі f ц/га від міри пошкодження рослин фітофторою виконуються за формулою

$$f = \frac{У' \cdot У_{TR}}{100}\ , \qquad (13.79)$$

де $У'$ – загальний відсоток зменшення врожаю за рахунок пошкодження рослин фітофторою.

Величина У' розраховується за формулою

$$У' = 0{,}457x \qquad (13.80)$$

де x – міра пошкодження картоплі фітофторою (%).

Значення $У'$ в залежності від x представлені у табл. 13.31.

Таблиця 13.31 – 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 визначаються за критерієм Є.А. Цубербіллер [75]. 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

$$У_{сух} = У_f (1 - \gamma_{сух}) \ , \qquad (13.81)$$

де $У_{сух}$ – уточнена врожайність, ц/га;

$У_f$ – врожайність, розрахована за формулою (13.78) з врахуванням пошкодження фітофторою, ц/га.

У степових областях України пошкодження рослин фітофторою спостерігається дуже рідко, то очікуваний врожай розраховується

$$У_{сух} = У_{TR}(1 - \gamma_{сух}) \qquad (13.82)$$

Втрати врожаю $\gamma_{сух}$ у формулах (13.57) та (13.58) визначаються за виразом

$$\gamma_{сух} = (N_{VI-VII} - N_0)_{сух} \cdot 0{,}03 \qquad (13.83)$$

де N_{VI-VII} – середня кількість днів з суховіями по області за червень-липень, визначена за даними 6 – 10 станцій;

N_0 – поправковий коефіцієнт, який відображує вплив суховіїв за допомогою сумарного сумісного коефіцієнта продуктивності S(T,R).

Величина поправкового коефіцієнта за різних значень *S(T,R)* в різні періоди розвитку картоплі визначається з табл. 13.32.

Якщо сумарний сумісний коефіцієнт більший за 66 %, то поправковий коефіцієнт дорівнює 0. При несприятливих погодних умовах, коли сумісний сумарний коефіцієнт менший ніж 65 %, вплив суховіїв відбувається у випадках, коли кількість днів із суховіями в червні та липні буває більшою ніж 12. Слід зазначити, що показник N_o враховується при визначенні очікуваного врожаю в усіх категоріях господарств.

Таблиця 13.32 – Значення поправкового коефіцієнта N_0

Спільний сумарний коефіцієнт продуктивності S(T,R), %	Поправочний коефіцієнт N_0		Додаткові умови			
	для всіх категорій господарств	для колективних господарств	в квітні		в травні	
			T, ºC	R, мм	T, ºC	R, мм
66 – 100	0	0	будь-які			
≤ 65	12	12	< 11,4	< 90	≥ 18,3	≤ 40
≤ 65	22	20	> 11,4	< 90	≥ 18,3	≤ 40

Дощове холодне літо також несприятливе для формування високого врожаю картоплі. Врахування несприятливих умов у цьому випадку виконується через кількість днів з опадами більше 0,1 мм за період цвітіння – утворення бульби. Для областей Степу це червень – серпень, для

західних областей Полісся та Лісостепу – червень – вересень. Вплив дощових днів на врожай визначається з формули

$$\gamma_{оп} = \alpha \cdot (n_{оп} - n_0) \ , \qquad (13.84)$$

де $n_{оп}$ – параметр, який визначається умовами вегетації картоплі;

n_0 – кількість днів з сумою опадів,перевищення якої спричиняє зменшення врожаю;

α – параметр.

Значення величин формули (13.84) – у табл. 13.33 для різних областей України.

У тих випадках, коли кількість днів з опадами менше n_0, поправка не враховується.

Уточнення величин прогнозованого врожаю виконується за допомогою формули

$$У_{оп} = У_f (1 - \gamma_{оп}) \qquad (13.85)$$

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. 13.32.

Уточнення врожайності з використанням кількості днів з опадами більшими ніж 0,1 мм виконується за формулою (13.85). Для спрощення розрахунків авторами розрахована величина $1 - \gamma_{оп}$ (табл. 13.34).

Таблиця 13.32 – Значення параметрів для врахування негативного впливу кількості днів з опадами більшими ніж 0,1 мм на врожай картоплі

Територія	Всі категорії господарств			Колективні господарства		
	n_0	α, %	$\gamma_{оп}$	n_0	α, %	$\gamma_{оп}$
Західні області Полісся, Лісостеп	52	1,6	$0{,}016(n_{îï} - 52)_{VI-IX}$	52	2,6	$0{,}026(n_{îï} - 52)_{VI-IX}$
Івано-Франківська	65	1,4	$0{,}014(n_{îï} - 52)_{VI-IX}$	65	2,6	$0{,}026(n_{îï} - 65)_{VI-IX}$
Степ	25	1,0	$0{,}01(n_{îï} - 25)_{VI-IX}$	25	1,4	$0{,}014(n_{îï} - 25)_{VI-IX}$

Таблиця 13.33 – Визначення кількості днів з опадами за різні періоди за фактичними даними

Прогнозований період	Формули для територій і коефіцієнт кореляції (*r)*			
	західні області Полісся, Лісостеп	*r*	Степ	*r*
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

Таблиця 13.34 – Значення величини $1 - \gamma_{оп}$ в залежності від кількості днів з опадами більше 0,1 мм ($n_{оп}$)

Західні області Полісся, Лісостеп			Степ		
$\gamma_{оп}$ VI-IX	$1 - \gamma_{оп}$		$\gamma_{оп}$ VI-IX	$1 - \gamma_{оп}$	
	всі категорії господарств	колективні господарства		всі категорії господарств	колективні господарства
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
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 картоплярству завдають колорадський жук та пізні весняні заморозки. Але в моделі ці величини не враховуються, тому поправку необхідно вводити на місцевих матеріалах спостережень.

*Складання прогнозу середнього по області врожаю картоплі зрізною завчасністю.*Прогноз, складений із завчасністю три місяці, уточнюється після закінчення кожного місяця за фактичними даними. Це буде вже прогноз із завчасністю 2 місяці, один місяць.

Завчасність три місяці. Прогноз врожайності із завчасністю три місяці складається наприкінці травня в областях Степової зони та наприкінці червня для всіх інших областей. Для виконання всіх необхідних розрахунків потрібно знати: – щорічний статистичний максимум $У_j$; – середні за місяць значення температури повітря та опадів. Щорічний статистичний максимум визначається з табл. 13.28.

Приклад: За 2010 рік $У_c$ *становить 180 ц/га,* A_c *= 2,0 ц/га, тоді щорічний статистичний максимум* $У_j = 180 + 2{,}0 = 182\ ц/га$.

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 величини з поправкою на прогноз погоди. Для визначення надійних середніх по області значень температури повітря та опадів необхідно визначити межову кількість пунктів спостережень. Автори методу пропонують для цього використовувати табл. В.3, додатка В.

Після розрахунку середніх по області величин температури повітря та опадів визначаються коефіцієнти продуктивності по температурі (табл. В.1, додатка В) та опадах (табл. В.2 додатка В). Після цього розраховується сумарний коефіцієнт продуктивності *S(T,R*).

Приклад розрахунку. Сумарного сумісного коефіцієнта наводиться в табл.13.35.

Після визначення коефіцієнтів продуктивності розраховується очікуваний врожай картоплі.

Приклад розрахунку врожаю наводиться в табл. 13.36.

На розраховану величину очікуваного врожаю вводяться поправки на додаткові фактори: пошкодження фітофторою, кількість днів з опадами більшими ніж 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.

Розрахунок валового врожаю картоплі виконується за формулою

$$W = У \cdot S \quad , \qquad (13.86)$$

де W – валовий збір, тис.т;

$У$ – врожайність, ц/га;

S – площа посіву картоплі, га.

Висока справджуваність прогнозу валового збору визначається якісним прогнозом врожайності картоплі та точними відомостями про площі посіву.

Таблиця 13.35 – Приклад розрахунку сумарного сумісного коефіцієнта продуктивності з різною завчасністю

Місяці	Характеристика даних	Метеорологічні дані і коефіцієнти продуктивності					
		T,ºC	R, мм	$S_1(T)$	$S_2(R)$	α_i	$S(T,R)\alpha_i$
Розрахунок з тримісячною завчасністю в кінці червня							
Травень	за фактичними	17,0	70	0,95	0,97	0,13	0,12
Червень	"	17,1	51	1,00	0,96	0,25	0,240
Липень	за багаторічними	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 із 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 фактичними	–	–	–	–	–	0,626
Серпень	за фактичними						0,174
Вересень	за багаторічними	–	–	–	–	–	0,121
$S(T,R)_{V-IX} = 0{,}921$							
Розрахунок за фактичними даними в кінці вересня							
Травень – серпень	сума за фактичними	–	–	–	–	–	0,800
Вересень	за фактичними	14,1	20	0,87	0,76	0,13	0,086
$S(T,R)_{V-IX} = 0{,}886$							

Таблиця 13.36– Приклад розрахунку врожайності картоплі у Поліссі з різною завчасністю

Завчасність	$S(T,R)$	$У_i$	$У_{TR}$	Врахування фітофтори				n	$n_{\text{VI-IX}}$	$1-\gamma_{оп}$	$У_{оп}$	$У_ф$	$\Delta = У_{оп} - У_ф$	σ, %
				x	$У'$	f	$У_f$							
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		$n_{\text{VI, VII}}$ 31	60	0,88	172		11	7
Місячна	0,921		213	24	11	23		$n_{\text{VI, VIII}}$ 47	61	0,86	163		2	1
За фактич-ними даними	0,886		205	24	11	22			60	0,88	161		0	0

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 похибки прогнозу та оцінки його справджуваності.

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. Різниця між фактичною та прогнозованою величиною врожаю буде 1531 – 1464 = 68 тис.т., а похибка становить 5 %.

Контрольні запитання.

1. За якими метеорологічними величинами розраховуються коефіцієнти продуктивності в моделі В.П. Дмитренка?

2. В які терміни складається основний прогноз врожаю озимої пшениці і в який уточнюючий?

3.Як розраховується ваговий множник «а»?

4.Які додаткові фактори входять в модель для розрахунку врожаїв соняшника?

5. Які метеорологічні величини входять в модель для розрахунку врожаїв картоплі?

6. З якою завчасністю складається прогноз врожаю картоплі?

7. Як розраховується валовий врожай сільськогосподарських культур?

Розділ 14. СИНОПТИКО-СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПРОГНОЗІВ

Більшість агрометеорологічних прогнозів очікуваних урожаїв сільськогосподарських культур складається найраніше за три місяці до дозрівання, найпізніше – за 1 місяць. Така мала завчасність прогнозів зменшує їх ефективність.

Для збільшення завчасності та надійності прогнозів урожаїв сільськогосподарських культур необхідно враховувати вплив осінніх та весняних волого запасів, кількість опадів за холодну пору року та ін. Але така інформація не дає повної характеристики особливостей циркуляції атмосфери і очікуваних умов погоди у поточному році.

Починаючи з 80 років минулого століття виконувались дослідження впливу параметрів циркуляції атмосфери та теплового стану поверхні океанів у певних районах Північної півкулі в осінньозимовий період на стан погоди у вегетаційний період. Встановлено, що тривалі аномалії в циркуляції атмосфери виникають під дією попередніх атмосферних процесів в межах Північної півкулі в усій товщині атмосфери. Ці дослідження дозволили встановити вплив полів геопотенціалу на рівні 500 гПа на погоду влітку впродовж вегетаційного періоду сільськогосподарських культур та на формування їх врожайності. В.М. Пасовим отримані статистично значущі зв’язки урожаїв деяких сільськогосподарських культур з величиною геопотенціалу на рівні 500 гПа в осінньо-зимовий період та температурою поверхні води океанів.

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.

Аналіз парних коефіцієнтів кореляції відхилень урожайності зернових культур з геопотенціалом на рівні 500 гПа показав, що найбільш тісний зв'язок урожайності з геопотенціалом спостерігається в районах підвищеного тиску біля узбережжя Європи, в районі підвищеного тиску біля узбережжя Північної Америки, в улоговинах зниженого тиску над Азією. Крім того, на врожайність зернових культур впливає температура води Атлантичного океану в районах найбільш активного і інтенсивного теплообміну між океаном та атмосферою, в енергетично активних зонах (Норвезька, Ньюфаундлендська, Атлантична тропічна, зона Гольфстріму), а також з температурою поверхні води в районах розташування течій в Тихому океані (Куросіо, Північно-Тихоокеанське, Північне пасатне, Екваторіальне).

Найбільші зміни спостерігаються на другій та третій рік в помірних широтах Північної півкулі після появи Ель –Ніньо [72].

У зв'язку з тим, що встановлені статистичні зв'язки деяких пре дикторів з урожайністю не залишаються постійними, то оцінка взаємної кореляції виконується щорічно. В якості математичного апарату для розрахунку прогностичних відхилень урожайності від трендів використовується метод розкладення випадкових полів за природними ортогональними складовими. Схема методу прогнозу врожайності та валового збору зернових культур представлена на рис. 14.1

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 розкладання 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 х 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 багатофакторного 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 теж щорічно повторюється.

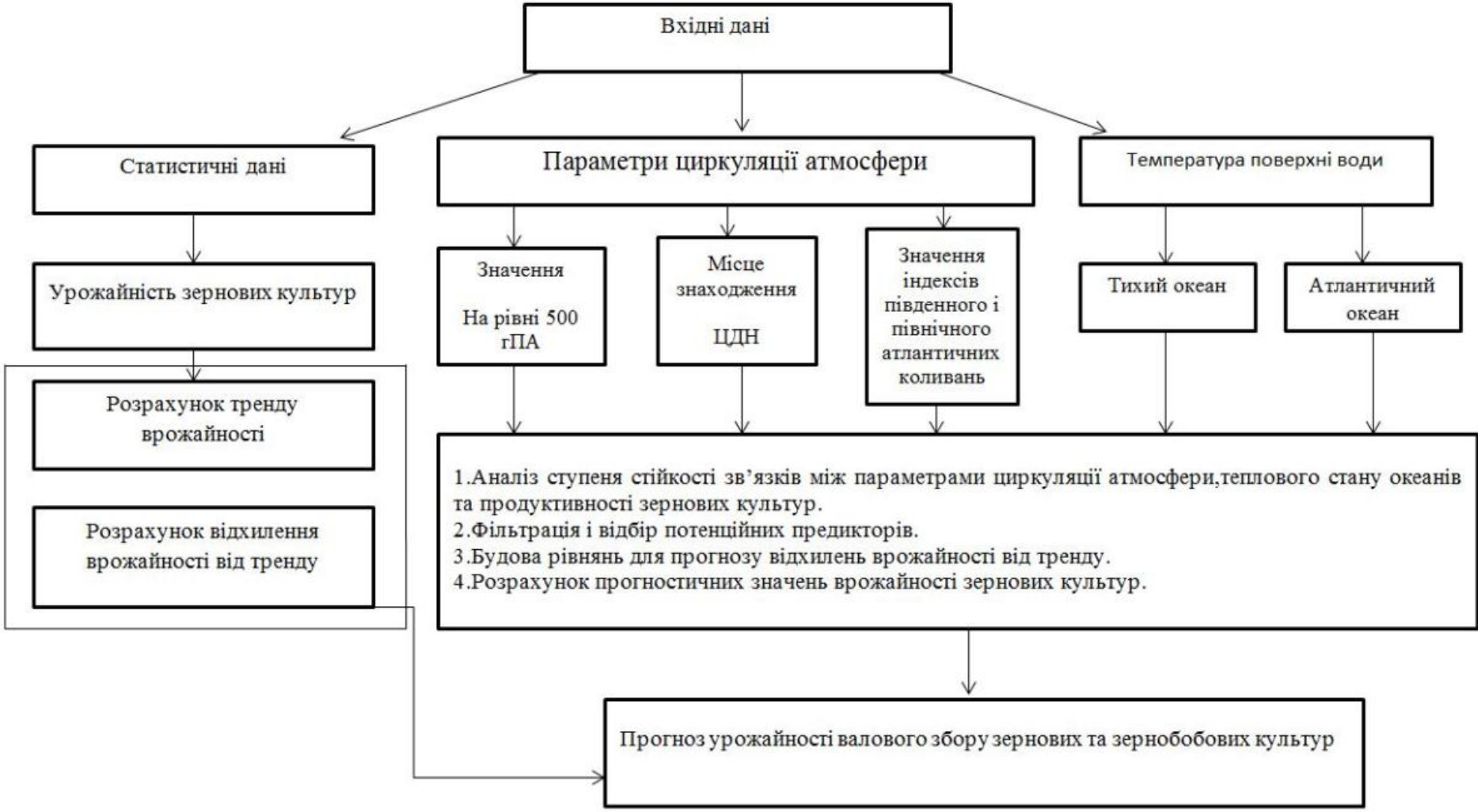


Рис. 14.1 – Блок-схема методу прогнозу урожайності і валового збору зернових культур (за Г.І. Страшною, 2012), прогностичних схемах інформація кожного місяця враховується окремо, а потім за остаточних розрахунків дані осереднюються по періодах: вересень – листопад, грудень – лютий, березень.

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. 14.2) з карт баричної топографії знімаються значення геопотенціалу на рівні 500 гПа.

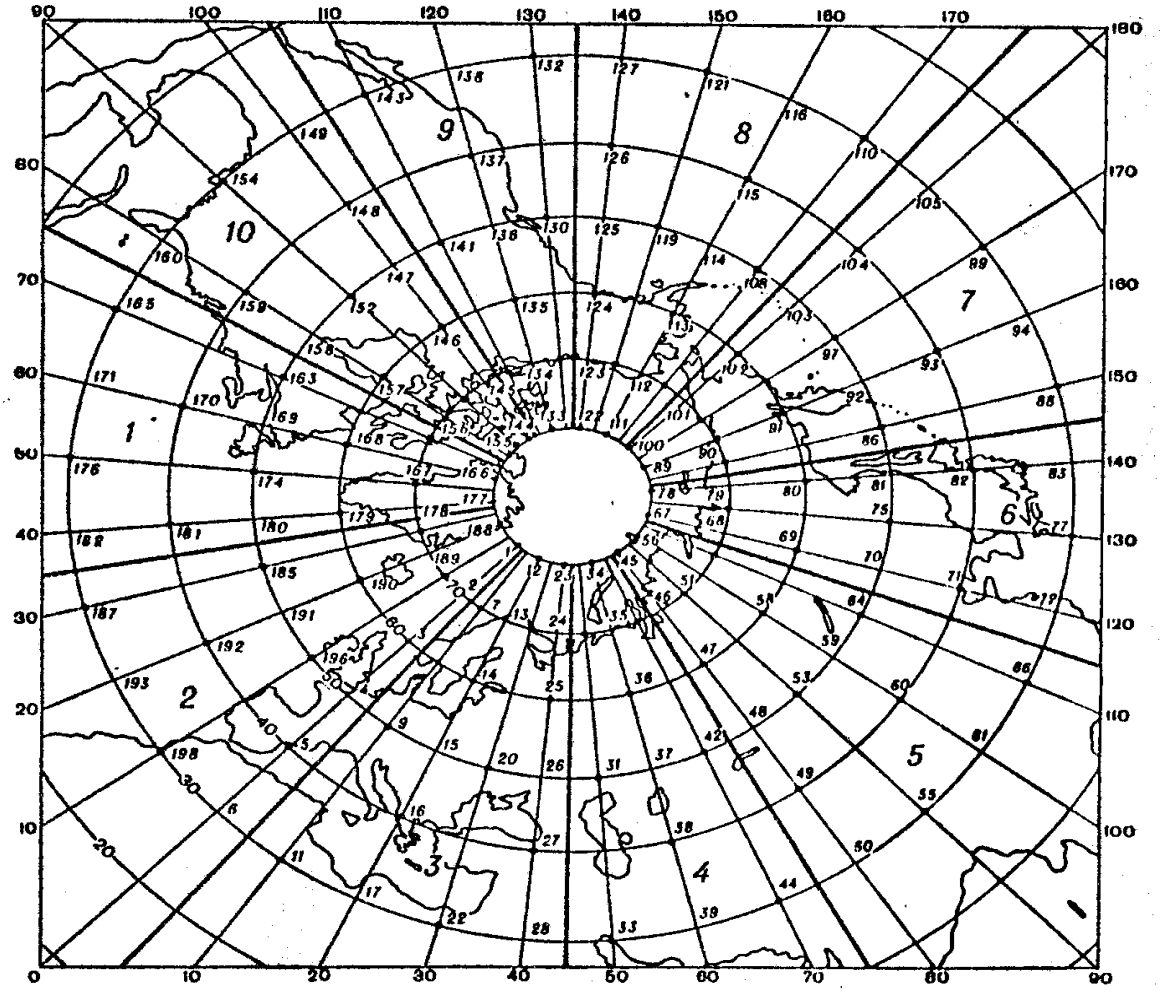


Рис.14.2 – Схема розташування точок, в яких знімалися дані про величину геопотенціалу на рівні 500 гПа.

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 багатофакторний коефіцієнт кореляції (R) більше або дорівнює 0,550.

За відібраними коефіцієнтами розкладу поля H_{500} розраховуються прогнозовані коефіцієнти розкладу врожайності ярої та озимої пшениці

$$\hat{A}_{ij}^{mq} = f_1(\beta_{cj}^{mq}) \qquad (14.1)$$

де β_{cj}^{mq} – значення *c*-го коефіцієнту розкладу поля геопотенціалу на рівні 500 гПа в *j*-му році; C=1, 2,…, 5;

m – номер місяця (вересень-березень) m –1,2,…,7;

q – група з п'яти суміжних секторів (1–5, 2–6, 3–7, 4–8, …, 10–4);

$\hat{A}_{ij}^{mq}$ – розрахункове значення і-го коефіцієнту розкладеного поля врожайності пшениці в j – му році; розрахунок виконано по m – місяцю та q – ій групі секторів.

Розраховані за окремими місяцями коефіцієнти розкладу врожайності ярої та озимої пшениці осереднюються за сезонами (вересень – листопад, грудень – лютий, березень).

$$\overline{\hat{A}}_{ij}^{P} = \frac{\sum_{mq}^{n} \hat{A}_{ij}^{mq}}{n}, \qquad (14.2)$$

де $\overline{\hat{A}}_{ij}^{P}$ – 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, ярої пшениці та ярого ячменю розраховується окремо за рівнянням

$$y_j = f_2(\overline{\hat{A}}_{ij}^{P}), \qquad (14.3)$$

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)

$$y = f_3(y_1, y_2) \qquad (14.4)$$

Валовий збір зернових та зернобобових розраховується за формулою

$$Q = Y \cdot S \quad , \qquad (14.5)$$

де У – очікуваний врожай, ц/га;

S – площа посіву, тис.га.

Техніка складання прогнозу і приклад розрахунку очікуваного врожаю ярого ячменю в Чернігівській області у 2012 році. Розрахунки на ЕОМ.

Блок – схема синоптико-статистичного методу прогнозу врожаю ярого ячменю представлено на рис. 14.3.

Примітка. Методикою не передбачаються отримання традиційних постійних рівнянь регресії. Щорічно процедура дослідження повторюється. Розрахунок передбачає машинну технологію складання прогнозу.

1. Виписуються фактичний врожай ярого ячменю з 1955 по 2012 рік, поряд вказується рік складання прогнозу;

2. Для прогнозу використовується значення геопотенціалу за три зимових місяці (грудень – лютий);

3. Виписується значення геопотенціалу за грудень 2011 року та січень і лютий 2012 року;

4. В автоматичному режимі розраховується прогнозована величина очікуваного врожаю ярого ячменю у 2012 році, для цього:

- розраховується відхилення врожайності від гармонійного тренду за 30 річний період та значення тренда на 2012 рік – 23,8 ц/га;
- поля середніх за місяць значень геопотенціалу за тридцятирічний період з 1983 по 2012 рік для трьох місяців (грудень – лютий) розкладаються за природними ортогональними складовими по кожному із 11 секторів;
- оцінюється ступінь взаємної кореляції між потенційними предикторами та після їх просіювання у 2012 році відібрано 8 коефіцієнтів розкладання для розрахунку прогнозованого врожаю (табл. 14.1);

- розраховується відхилення врожайності від гармонійного тренду за 30 річний період та значення тренда на 2012 рік – 23,8 ц/га;
- поля середніх за місяць значень геопотенціалу за тридцятирічний період з 1983 по 2012 рік для трьох місяців (грудень – лютий) розкладаються за природними ортогональними складовими по кожному із 11 секторів;

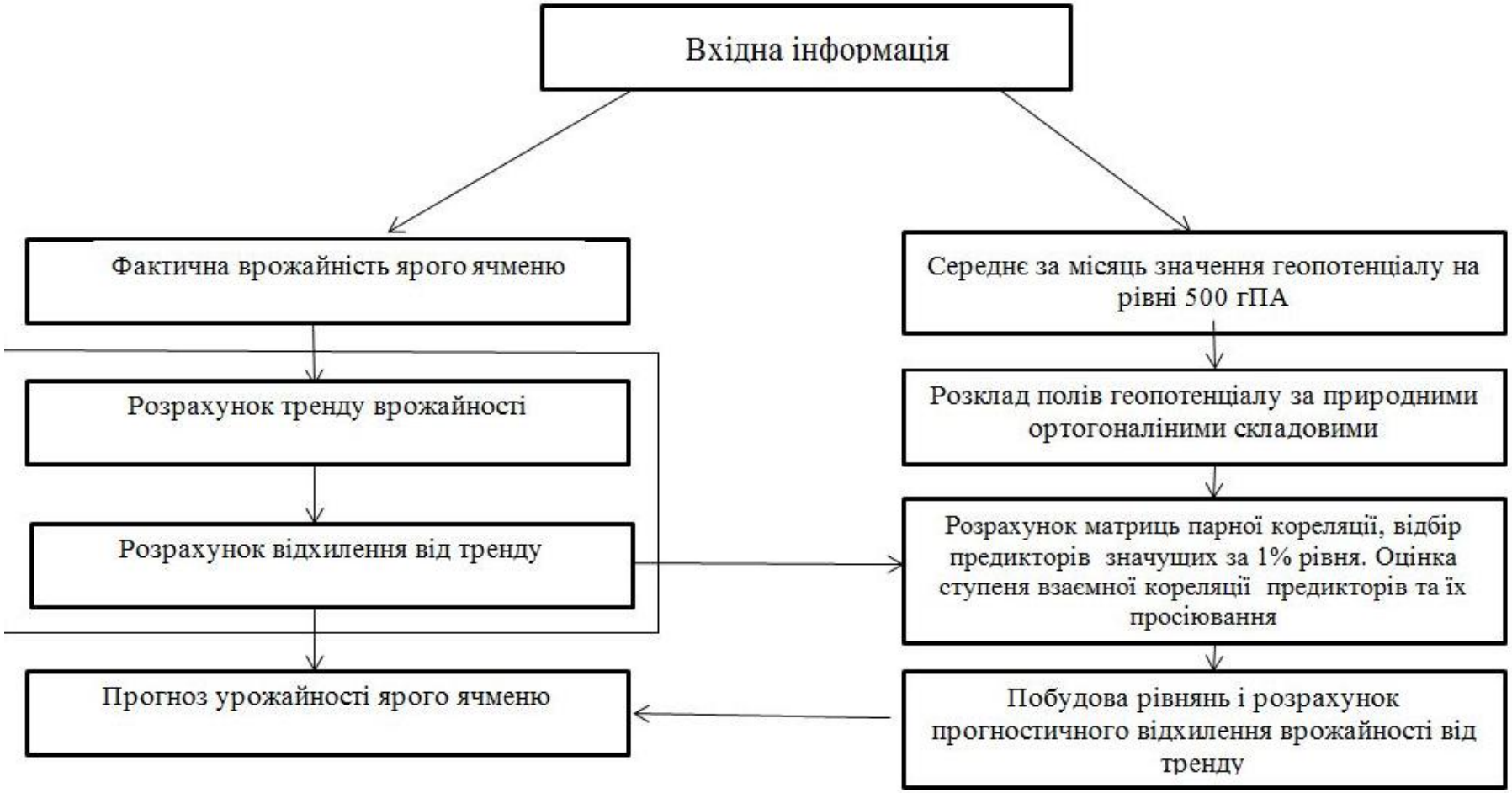


Рис. 14.3 –Блок- схема прогнозу врожайності ярого ячменю (за Г.І. Страшною, 2012)

Таблиця 14.1 – Коефіцієнти розкладання для прогнозу врожаю ярого ячменю

Місяць	Номер сектору	Номер коефіцієнту розкладання
Грудень	2	4
	3	5
	8	3
Січень	1	4
	4	1
	10	6
Лютий	1	3
	4	5

- розраховується матриця кореляції та відбираються ряди значень коефіцієнтів розкладу, звязок яких з відхиленнями урожайності від тренду вище 1% рівня значущості;

- розраховується рівняння регресії та розраховуються прогностичні значення відхилення врожайності від тренду врожайності на 2012 рік

$$У = -0{,}0968\ А_{д\ 2\text{-}4} + (-0{,}1306)\ А_{д3\text{-}5} + (-0{,}0952)\ А_{д8\text{-}3} + 0{,}0101\ А_{я}\ 1\text{-}4 +$$

$$+ 0{,}0549\ А_{я\ 4\text{-}1} + 0{,}1629\ А_{я\ 10\text{-}6} + 0{,}0367\ А_{ф\ 1\text{-}3} + (-0{,}0893)\ А_{ф\ 4\text{-}5} - 0{,}0037;$$

$$У = -\ 0{,}01;$$

- розраховується прогностичне значення очікуваного врожаю ярого ячменю (ц/га):

$$23{,}8 + 23{,}8\ А_{д\cdot}\ 0{,}01 = 24\ ц/га.$$

Фактична урожайність ярого ячменю в Чернігівській області у 2012 році була 22,4 ц/га. Відносна похибка прогнозу 7 %.

Контрольні питання.

1. За якими сладовими розкладаються значення врожайності зернових культур?

2.Опишість блок- схему врожайності ярого ячменю.

3. За які місяці використовується значення геопотенціалу?

4. Як розраховується валовий збір зернових і зернобобових культур?

5. З якою метою розраховується матриця коефіцієнтів кореляції?

6. За якими даними розраховується врожай ярої пшениці та ярого ячменю?

РОЗДІЛ 15. КОМПЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВАГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Система агрометеорологічного забезпечення агропромислового комплексу та центральних органів влади формується таким чином, щоб споживачам постачати достовірну та якісну інформацію про умови росту, розвитку і формування врожаїв сільськогосподарських культур.

В оперативних гідрометеорологічних підрозділах для підготовки будь-якої гідрометеорологічної інформації використовуються спостереження всіх гідрометеорологічних станцій. Обсяг інформації досить значний. Для її якісної обробки необхідно мати спеціалізовану автоматизовану систему з такими підсистемами як надходження та автоматизована обробка оперативної агрометеорологічної інформації, комплекс програм по забезпеченню аграрного сектору, комплекс прикладних програм, банки даних тощо.

Автоматизована система оперативних агрометеорологічних послуг повинна надавати споживачам всю необхідну інформацію про агрометеорологічні умови вегетації, формування врожаїв та його очікуваних розмірах. В основі такої агрометеорологічної інформації знаходиться оперативна агрометеорологічна інформація, яка надходить із мережі гідрометеорологічних станцій.

Блок-схема оперативного агрометеорологічного обслуговування з використанням комп'ютерних технологій представлена на рис. 15.1.

Створення сучасної комп'ютерної технології агрометеорологічного обслуговування вимагало рішення двох основних задач:

- удосконалення сучасного комплексу оперативних агрометеорологічних послуг, оновлення існуючих методів оцінок і прогнозів та розробки нових видів прогнозів і використання нових видів інформації;
- реалізацію удосконаленого комплексу агрометеорологічних послуг для території України шляхом створення інформаційно-прогностичної системи (ІПС).

Створення інформаційно-прогностичної системи для України ускладнювалось великою територією з неоднорідними кліматичними умовами, відсутністю єдиних термінів складання оцінок і прогнозів, створенням комплексу єдиних методологічних основ для всіх культур і регіонів тощо.

Головними функціями інформаційно – прогностичної системи (ІПС) є:

- автоматизована обробка, контроль та занесення в базу даних системи оперативної інформації, яка надходить з гідрометеорологічних станцій;

Оперативна агрометеорологічна інформація	База даних	Методи оцінок і прогнозів

Оперативне агрометеорологічне обслуговування		
Обробка оперативної інформації	Інформаційне обслуговування: довідки, огляди; інформаційні додатки	Оцінково - прогностичне обслуговування: -прогнози врожайності і валового збору зерна сільськогосподарських культур; -прогнози перезимівлі озимих культур; -прогнози запасів вологи на весну; -оцінка умов в період вегетації; -оцінка осінніх умов вегетації сільськогосподарських культур; -прогнози якості врожаїв; -прогнози появи шкідників і хвороб сільськогосподарських культур.

Удосконалення системи оперативного обслуговування

Обробка оперативної інформації	Розробка структури та макетів надання інформації	Оновлення методів оцінок і прогнозів	Розробка нових идів прогнозів. Використання нових видів інформації (супутникові спостереження)

Автоматизація обробки інформації, складання інформаційних таблиць, карт, оцінок та прогнозів

Рис. 15.1 – Блок – схема удосконаленої системи оперативного агрометеорологічного обслуговування споживачів

- складання інформаційних таблиць;
- розрахунок щодекадних оцінок та кількісних оцінок агрометеорологічних умов вирощування сільськогосподарських культур в період вегетації по території України;
- складання всіх видів агрометеорологічних прогнозів по території України;
- розрахунки оцінок якості складених агрометеорологічних прогнозів.

Використання ІПС в оперативній роботі дозволяє значно покращити агрометеорологічну прогностичну інформацію, зменшити затрату часу на виконання робіт по підготовці матеріалів для оперативного обслуговування споживачів.

ІПС складається із трьох частин: джерел вхідної інформації, комплексу програм обробки матеріалів та інформаційної бази. Кожна із

цих частин складається із окремих блоків (рис. 15.2), які вміщують в собі всі необхідні матеріали для організації та виконання розрахунків за комплексними комп'ютерними програмами.

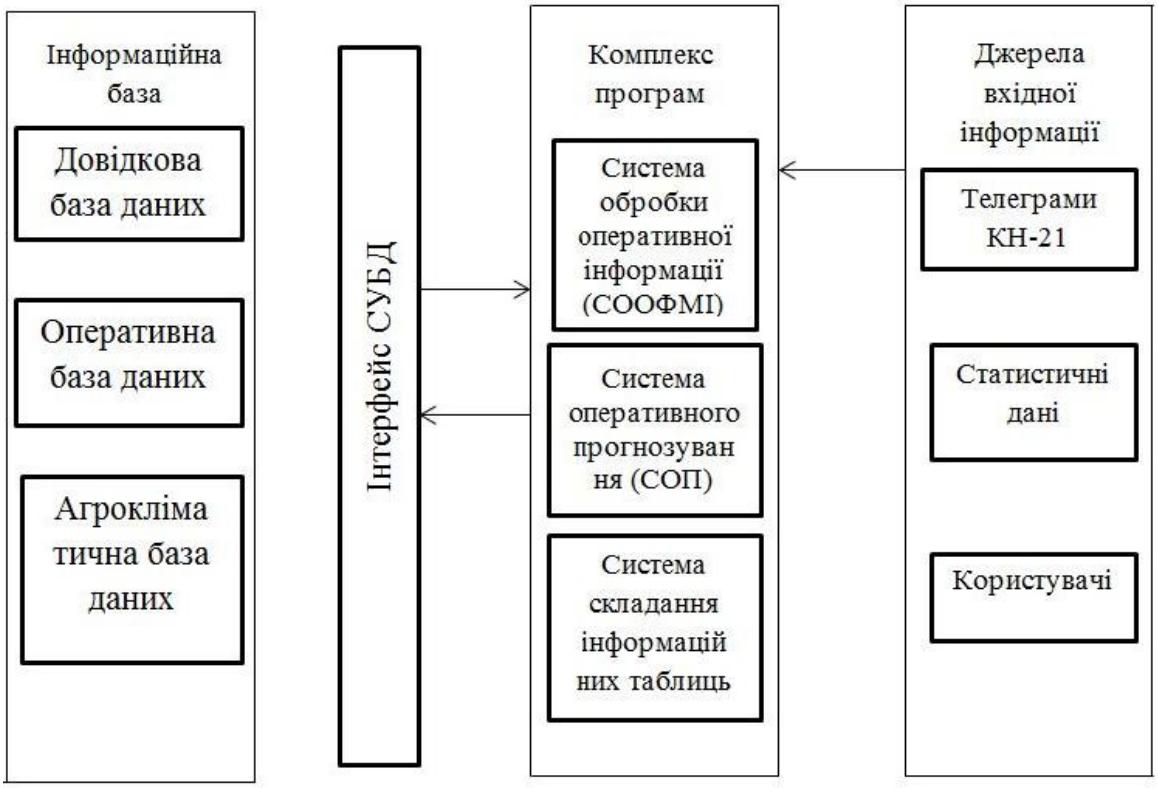


Рис. 15.2 – Загальна структура агрометеорологічної інформаційно-прогностичної системи

Перша частина ІПС «Джерела вхідної інформації» складається із двох блоків. Перший блок -агрометеорологічні телеграми (код КН-21); другий – статистичні дані, які вносяться в базу ІПС в автоматизованому режимі.

Основними складовими другої частини «Інформаційної бази» є три блоки. Перший блок – це довідкова база даних, яка складається з агрометеорологічних та агрокліматичних довідників і іншої довідкової літератури, як то: каталог сільськогосподарських культур, каталог гідрометеорологічних станцій та каталоги областей України. .Другий блок – це оперативна база даних, яка вміщує оперативну гідрометеорологічну інформацію, яка отримується з гідрометеорологічних станцій та ряди щорічних даних про врожайність сільськогосподарських культур, їх валовий збір, розміри посівних площ. Третій блок «Агрокліматична база даних» (АКБ) вміщує декадні значення норм метеорологічних і агрометеорологічних елементів, які необхідні для агрометеорологічного обслуговування.

Третя частина «Комплекс програм» складається теж з трьох блоків:

- перший – системи обробки оперативної гідрометеорологічної інформації;

- другий – системи оперативного прогнозування; яка відкрита для заміни застарілих методів прогнозів новими;

- третій – системи складання інформаційних таблиць. Кожен із блоків систем складається із комплексів програм, які дозволяють у будь – який час виконати розрахунки для необхідних агрометеорологічних довідок і прогнозів.

Система обробки оперативної інформації здійснюють регулярне поповнення оперативної бази даних даними спостережень гідрометеорологічних станцій

Система оперативного прогнозування є центральним ланцюгом ІПС і уявляє собою комплекс програм для автоматизованого розрахунку щодекадної оцінки умов вегетації сільськогосподарських культур, оперативних агрометеорологічних прогнозів, оцінки якості складених прогнозів.

Система складання інформаційних таблиць складається із комплексу програм, які дозволяють користувачеві у будь-який час скласти таблиці, які містять метеорологічні, агрометеорологічні та статистичні дані, що необхідні в оперативній роботі для довідок і звітів.

Виконання розрахунків за методами оцінок і прогнозів засновується на оперативній агрометеорологічній інформації

Програми для розрахунку агрометеорологічних оцінок і прогнозів звертаються до даних, які зберігаються в оперативній та агрокліматичній базах. Із оперативної бази використовуються дані:

а - поточного року: декадні дані, які з'являються в базі внаслідок обробки та осереднення даних декадних телеграм по окремих станціях;

б - статистичні дані про розміри посівних площ, зайнятих сільськогосподарськими культурами у поточному році;

в - рядки врожайності до року, в якому складається прогноз.

Із агрокліматичної бази даних використовуються різні середні багаторічні дані вегетаційного періоду сільськогосподарських культур.

Робота з ІПС здійснюється через головне меню, в якому приводиться послідовність кроків, які виконуються ІПС (табл. 15.1).

Система обробки телеграм виконується в декілька етапів:

1.Контроль вхідної інформації;
2.Виділення телеграм з похибками;
3.Виправлення похибок в телеграмах;
4.Синтаксичний аналіз телеграм;
5.Занесення інформації у буферну базу даних (БД);
6.Формування таблиць за зонами коду КН-21 (зонних таблиць);
7.Візуальний контроль зонних таблиць;
8.Коректування похибок у буферній базі даних;

9.Занесення інформації в оперативну базу даних.

Таблиця 15.1 – Головне меню ІПС

1	Обробка телеграм у коді КН – 21
2	Введення статистичних даних
3	Метеорологічні дані
4	Статистичні дані
5	Прогнози, справджуваність, умови
6	Пряме редагування Бази даних
7	Умови перезимівлі
8	Агрометеорологічна інформація
9	Настройка параметрів ІПС
	Вихід

Другий пункт меню це «Введення статистичних даних» використовується для введенню в ІПС даних, які відсутні в коді КН-21, але використовуються приладними програмами.

Після введення статистичних даних з'являється таблиця введення даних, яку необхідно проглянути та звірити з первинним джерелом.

Пункт меню «Метеорологічні дані» дозволяє формувати таблиці та виводити на пристрій для друкування. Всі таблиці виводяться в окремий файл.

Пункт меню «Прогнози, оцінки, справджуваність» дозволяє для вибраної культури розрахувати оцінку умов вегетації, складати агрометеорологічні прогнози на основі динаміко – статистичних методів прогнозу або оцінити справджуваність складених прогнозів. Для виконання розрахунків та аналізу використовуються прикладні програми.

Пункт меню «Умови перезимівлі». Інформація про умови перезимівлі відокремлюється окремим блоком. Прикладні програми дають можливість сформувати по елементні таблиці (наприклад температура ґрунту на глибині вузла кущіння, висота снігу, глибина промерзання тощо).

Пункт меню «Агрометеорологічна інформація» дозволяє сформувати таблиці з оперативними агрометеорологічними даними у відповідності з підменю цього пункту системи (фази розвитку сільськогосподарських культур, висота, густота та стан посівів і т.ін.).

Як видно із меню ІПС – це багатофункціональний технологічний комплекс, який включає також програмне забезпечення. Використання ІПС дає можливість представлять агрометеорологічну інформацію у вигляді таблиць і карт.

Контрольні питання.

1. Назвіть основні складові системи ІПС.
2. Які основні функції ІПС?
3. Що вміщує інформаційна база?
4. Які інформаційні таблиці можна отримати за допомогою ІПС?
5. З яких частин складається меню ІПС?
6. Що дозволяє розраховувати пункт меню «Прогнози, оцінки, справджуваність».
7. Із скількох етапів складається система обробки агрометеорологічних телеграм?

16 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

16.1 Загальні положення

Сільськогосподарське виробництво значною мірою залежить від гідрометеорологічних умов. Своєчасне та правильне використання гідрометеорологічної інформації сприяє збільшенню прибутків господарств при сприятливих умовах та зменшенню втрат – при несприятливих погодних умовах.

На разі великий економічний ефект має агрокліматичне обґрунтування розміщення сільськогосподарських культур, прогнози перезимівлі озимих культур, запасів продуктивної вологи на початок весни, прогнози врожаїв сільськогосподарських культур, прогнози появи небезпечних метеорологічних явищ і т. ін.

При визначенні економічного ефекту від гідрометеорологічної інформації важливо використовувати єдину методику розрахунків. Тому Е.І. Монокровичем та О.П. Федесєєвим [117] були розроблені єдині рекомендації для визначення економічного ефекту від використання гідрометеорологічної інформації. Вони запропонували економічний ефект (ЕЕ) розраховувати як різницю у величинах чистого прибутку, який одержано господарство в результаті здійснення виробничих заходів з врахуванням гідрометеорологічної інформації та без нього. Чистий прибуток – це різниця між прибутком за здану за закупівельними цінами продукцію та витратами на її вирощування (собівартістю).

Виявлення ЕЕ гідрометеорологічних прогнозів та іншої ГМІ виконується на фоні базисного варіанта, який визначає початковий рівень прибутку, урожайності та інших видів, що характеризують ефективність виробництва. Під базисним мають той варіант дій споживача, який був найкращим при відсутності даного виду ГМІ.

При порівнянні ефективності виробничих рішень або проектних варіантів з використанням старої та нової ГМІ варіант з використанням старої ГМІ береться як базисний.

Головним критерієм ефективності використання ГМІ є одержання додаткового чистого прибутку у господарстві. Але також допускається використання і інших критеріїв. Таким критерієм може бути *зменшення середніх втрат*. Він розраховується шляхом визначення втрат при застосуванні одного і того ж виду ГМІ.

Ще одним критерієм ефективності врахування ГМІ є *мінімізація повторності великих втрат.* Цей критерій використовується у випадках, коли на відновлення товарної продукції витрачається кілька років.

Потенційний (можливий) ЕЕ ГМІ або прогнозу визначається шляхом визначається середньої величини від результатів неодноразового використання. Для визначення потенційного ЕЕ прогнозів застосовуються економіко-статистичні моделі, структура яких відображає три головні фактори, що впливають на величину ЕЕ:

1 – масштаб виробництва та його чутливість до зміни ГМІ;

2 – природна мінливість прогнозованого фактора або повторність прогнозованого явища;

3 – якість прогнозів – їх справджуваність та завчасність.

Математичні моделі поділяються на два типи: дискретні та безперервні. Дискретні (матричні) моделі використовуються для аналізу ЕЕ альтернативних прогнозів; безперервні моделі – для оцінки ефективності прогнозів, які подаються у кількісній формі.

Застосування моделей дозволяє вибрати найкращу із можливих господарських стратегій.

Фактичний ЕЕ – це результат використання окремих прогнозів, а також інформації про агрометеорологічні умови, що склалися за визначений календарний період. Ефект від окремого прогнозу може бути і позитивним і негативним. Тому сумарний фактичний ЕЕ від використання прогнозів за календарний період буде виражено різницею між сумарними витратами від вдалих прогнозів та сумарними втратами від невдалих прогнозів.

Надійною оцінкою фактичного ЕЕ агрометеорологічних прогнозів та рекомендацій є метод польового досліду та дослідження посівів. Урожайність, втрати і т. ін., отримані на полях, де технологія вирощування коректувалась з врахуванням ГМІ, порівнюються з цими ж показниками контрольної частки поля, де застосовувалась стандартна технологія, і ЕЕ визначається з формули:

$$\text{ÅÅ} = \hat{E}_{\acute{o}} S(\Delta \text{ÓÖ} - \hat{A}) \quad , \qquad (16.1)$$

де S – площа, на якій урожай підвищився, га;

ΔУ – прибавка урожаю завдяки будь-якому заходу, вжитому з використанням прогнозу або рекомендаціями агрометеорологів, т/га;

Ц – ціна закупівлі на продукцію, що визначається за прейскурантом, грн/т;

В – витрати на проведення вказаних заходів плюс витрати на збирання додаткової продукції, грн/га.

Ку – коефіцієнт часткової участі гідрометеорологічної інформації у одержаному економічному ефекті (зазвичай Ку = 0,2 – 0,5 в залежності від вкладу частки інформації);

При відсутності даних польових досліджень або про враховані втрати ЕЕ від застосування ГМІ може розраховуватись *розрахунково-*

нормативним методом. Нормативи являють собою середні характеристики втрат при відхиленні фактичних термінів сівби та інших робіт від оптимальних. Вони виражені в абсолютних (т/га) або відносних (у % від максимального) показниках. Нормативи визначаються за даними зональних інститутів землеробства, сільськогосподарських дослідних станцій, держсортодільниць.

Якщо для оцінки ЕЕ окремих видів ГМІ неможливо побудувати економіко-математичну модель, то можливе застосування не прямого методу, у тому числі і методу експертних оцінок для визначення сумарного вкладу ГМІ у сільськогосподарське виробництво. Для експертизи залучаються спеціалісти сільського господарства. Експертні оцінки виконуються шляхом опитування та анкетування. Отримані дані обробляються статистичними методами. В загальному випадку сумарний ефект визначається з формули:

$$EE = \sum_{i=1}^{m}(EE_1 + EE_2 + ...+ EE_m) + EE_n \,, \qquad (16.2)$$

де m – кількість тих видів ГМІ, ефект яких треба розрахувати;

EE_1 – ефект від врахуванням першого виду інформації;

EE_2 – ефект від врахуванням другого виду інформації;

EE_n – постійна складова, яка відображає вклад постійних режимних матеріалів, і виражена часткою вартості вирощеної продукції та оцінюється непрямими методами.

Агрометеорологічні прогнози та рекомендації вміщують характеристику умов, що очікуються на великих площах, і не враховують місцеві особливості. Тому у формулу по розрахунку ЕЕ запропоновано вводити поправковий коефіцієнт, який відображує міру справджуваності ($К_{оп}$) прогнозу (табл. 16.1)

Таблиця 16.1 – $К_{оп}$ для врахування економічного ефекту на справджуваність агрометеорологічних прогнозів та рекомендацій

Справджуваність прогнозів, %	90	85–89	80–84	75–79	70–74	65–69	65
$К_{оп}$	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0

З точки зору економічна ефективність оцінюється гідрометеорологічна інформація (ГМІ):

– синоптичні, гідрологічні прогнози, попередження про небезпечні явища та особливо небезпечні явища, всі види агрометеорологічних

прогнозів, рекомендацій, довідок. Оцінка виконується методом польового досліду або розрахунково-нормативним методом;

– кліматичні, гідрологічні агрометеорологічні, агрокліматичні показники. Оцінка їх виконується шляхом розрахунку середнього щорічного ефекту при районуванні території угідь з метою оптимального розміщення сільськогосподарських культур, при довготривалому плануванні та організації сезонних робіт, розрахунках кількості техніки та ін;

– поточна ГМІ – щоденні, декадні бюлетені, декадні таблиці ТСХ -1, маршрутні спостереження, аерокосмічні спостереження. Оцінка виконується методом експертних оцінок.

16.2 Рекомендації щодо розрахунків економічного ефекту при використанні агрометеорологічних прогнозів та довідок

16.2.1 Прогноз перезимівлі озимих культур

Прогноз про стан озимих зернових культур на початок відновлення вегетації дає можливість завчасно визначити площі підсіву чи пересіву, підготувати необхідну кількість кондиційного насіння та провести пересів в оптимальні строки. При розрахунках ЕЕ прогнозів перезимівлі використовується формула

$$\text{ÅÅ} = (S - \bar{S})\Delta\text{Ó}(\text{Ö} - \hat{A})\hat{E}_{\text{ó}}\hat{E}_{\text{ñï}} \quad , \qquad (16.3)$$

де ΔУ – різниця в урожаях ярої культури через різні терміни сівби, т/га;

Ц – ціна закупівлі однієї тони зерна ярої культури, грн;

В – витрати на збирання однієї тони зерна (за середніми значеннями З = 400 грн/т);

S – розрахована площа пересіву у поточному році.

Точність розрахунків за формулою (16.3) залежить здебільшого від правильності оцінки ΔУ. Авторами методу розраховані втрати урожаю (%) основних сільськогосподарських культур при порушенні оптимальних термінів сівби та збирання (табл. 16.2) та при відхиленні термінів сівби озимих (табл. 16.3) від оптимальних.

При вирішенні питання про підсів або пересів озимих культур необхідно враховувати не тільки різницю у врожаях ярих і озимих, але і різницю в цінах закупівлі, а також витрати на пересів.

Витрати на пересів часто становлять 200 – 300 грн/га. Умови економічної доцільності пересіву записуються:

$$Ó_{î}\,Ö_{î} < Ó_{ÿ}Ö_{ÿ} - Â_{ï} \quad , \qquad (16.4)$$

де індекс «о» відноситься до озимих, а індекс «*я*» – до ярих культур;

$B_п$ – витрати на пересів, грн/га.

Використовуючи прогноз перезимівлі озимих, можна заздалегідь підготовити для пересіву необхідну кількість насіння вищого класу. Тоді завдяки цьому, зменшується норма висіву і тим самим економиться цінне зерно.

При пересіві зерном вищого класу зберігається 10 % насіння, що дає додатковий економічний ефект приблизно у 20 – 28 грн/га.

Таблиця 16.2 – Втрати врожаю сільськогосподарських культур при відхиленні від оптимальних термінів сівби

Культура	Вид роботи	Дні									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Озимі зернові	Сівба	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,3
Ярі зернові	Сівба	3,2	4,0	4,6	5,2	5,8	6,2	6,8	7,2	7,8	
Зерно-бобові	"	3,5	5,0	6,5	7,7	8,5	10	11	12	13	14
Кукурудза	"	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6
Цукрові буряки	"	2,9	3,8	4,5	5,1	5,7	6,5	7,2	7,9	8,7	9,4
Картопля	Посадка	2,7	3,1	3,7	4,2	4,7	5,2	5,8	6,5		
Огірки	"	2,9	3,8	4,7	5,6	6,4	7,2	8,9	9,3	10	12
Капуста	"	2,5	3,5	4,5	5,5	6,4	7,5	8,5	9,5	10,	11,5
Томати	"	3,0	4,1	5,2	6,3	7,3	8,3	9,2	10	11	

У випадках, коли площа пересіву у поточному році менша за середню багаторічну, насіння для пересіву необхідно менше. ЕЕ при цьому буде

$$EE = (\bar{S} - S)(И_c - И_з)К_у К_{оп} \ , \qquad (16.5)$$

де S – норма висіву, кг/га;

$И_c$, $И_з$ – собівартість насіння, грн/т

Таблиця 16.3 – Втрати урожаю (%) озимої пшениці при відхиленні термінів сівби від оптимальних

Природно-господарський район	Раніше оптимального, дні						Пізніше оптимального, дні					
	30	25	20	15	10	5	5	10	15	20	25	30
Білорусь	36	32	24	18	11	6	5	9	13	17	22	27
Центральний чорноземний	–	–	14	10	6	3	4	10	17	25	35	–
Лісостеп України	30	25	20	15	10	5	5	10	16	22	29	35
Степ України	35	28	20	15	10	5	4	9	15	22	29	35
Сухий Степ України	16	14	11	8	5	3	8	14	20	25	30	40
Північний Кавказ	25	20	16	11	8	4	4	8	12	16	20	25

16.2.2 Прогноз та інформація про запаси продуктивної вологи в ґрунті

Запаси вологи в ґрунті відіграють значну роль у формуванні урожаїв сільськогосподарських культур. Від величини запасів продуктивної вологи у ґрунті залежать також норми висіву насіння, його заглиблення, засоби обробітку ґрунту, внесення доз добрив або підживлення.

При недостатньому зволоженні ґрунту восени, в період сівби озимих культур на основі величин запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту приймаються рішення про зменшення площ посівів озимих та збільшення площ під ярими культурами. ЕЕ цього рішення буде визначатись різницею в урожаях озимих та ярих культур на тих полях, де була проведена заміна.

Величина запасів продуктивної вологи восени також враховується при плануванні снігозатримання, особливо в районах з малою кількістю опадів у холодну пору року. В районах, де восени було достатньо опадів і поля увійшли в зиму добре зволоженими, зменшується обсяг робіт по снігозатриманню. Це дає економію у 15 – 200 грн. га.

При доброму зволоженні та глибокому промочуванні ґрунту необхідно проводити азотне підживлення. Наприклад, при звичайному зволоженні в області проводиться підживлення на 300 тис.га. В роки

доброго зволоження агрометеорологи рекомендували підживити 450 тис.га. Вартість добрив 50 грн/т або 15 грн/га. Витрати на внесення добрив становили 1,60 грн/га, витрати на збирання зерна – 44 грн/т. Рекомендація агрометеорологів дозволила отримати додатково 45 тис.т ячменю, а додатковий чистий прибуток становить більше 1,9 млн. грн.

16.2.3 Прогнози оптимальних термінів сівби

Для кожної природно – кліматичної зони встановлені оптимальні терміни сівби сільськогосподарських культур. Але в кожному конкретному році під впливом погодних умов терміни сівби змінюються. Організації Державного департаменту з гідрометеорології щорічно складають прогнози термінів сівби різних культур з врахуванням погодних умов, що складаються у поточному році.

Оцінка ефективності прогнозів термінів сівби виконується шляхом співставлення фактичного недобору врожаю через порушення оптимальних термінів сівби з можливими (розрахованими) недоборами при відхиленні прогнозованих термінів від дійсно оптимальних. Розрахунок виконується за формулою

$$ÅÅ = \frac{(Ï_{ô} - Ï_{ï})}{100} \cdot ÓS(Ö - Â) \cdot Ê_{ó} \quad , \qquad (16.6)$$

де $П_ф$ – втрати урожаю за рахунок відхилення термінів сівби у господарстві від оптимальних, %;

$П_п$ – втрати урожаю за рахунок відхилення прогнозованих термінів сівби від дійсно оптимальних, %;

$У$ – середній урожай у поточному році, т/га;

Для визначення $П_ф$ необхідні дійсні оптимальні терміни сівби у поточному році та статистичні величини динаміки засіяних площ по п’ятиденках. Дійсний оптимальний термін сівби встановлюється у кожному поточному році на дослідній сільськогосподарській станції.

Величина $П_п$ визначає справджуваність прогнозу термінів сівби.

Приклад. Розрахувати ЕЕ прогнозу термінів сівби озимих культур. Оптимальний термін сівби за даними ДС – перша п’ятиденка вересня. Фактично термін сівби тривав з четвертої п’ятиденки серпня по третю п’ятиденку вересня. Середні втрати зерна наведені у табл. 16.3.

Шляхом перемноження відсотків засіяної площі по п’ятиденках на відсотки середніх втрат зерна при відхиленні фактичних термінів від оптимальних розраховуються середні втрати зерна для області (табл. 16.4)

У відповідності з табл. 16.4

$$П_ф = \frac{120 + 182 + 140 + 160 + 170}{100} = 7{,}62\%$$

Відхилення прогнозованих термінів сівби від дійсно оптимальних становило 5 днів у бік більш ранніх, що спричинило втрати врожаю 7 %, (табл.16.4).

Таблиця 16.4 – Посів озимих у поточному році для розрахунку $П_ф$

Показник	Серпень			Вересень		
	п'ятиденка			п'ятиденка		
	4	5	6	1	2	3
Динаміка сівби, %	6	14	20	30	20	10
Середні втрати урожаю у % від максимального	20	13	7	0	8	16
Втрати урожаю у порівнянні з оптимальним терміном сівби, %	120	182	140	0	160	160

Середня врожайність озимих зернових становила у поточному році 1,5 т/га, площа, засіяна озиминою, була 216 тис./га, а ціна закупівлі тони зерна становила 130 грн. За формулою (16.6) визначається ЕЕ прогнозу термінів сівби озимих культур у цілому по області

$$EE = \frac{(7{,}62 - 7{,}0)}{100} \cdot 1{,}5 \cdot 216000(130 - 4) \cdot 0{,}5 = 126{,}6 \ \textit{тис.грн.}$$

Важливе значення мають також прогнози дат настання фаз розвитку сільськогосподарських культур, оцінки агрометеорологічних умов, що склалися у будь-який період їх розвитку, уточнення доз азотних добрив з врахуванням гідрометеорологічних прогнозів, прогнози умов збирання врожаю та прогнози величини самих врожаїв. ЕЕ цих прогнозів розраховується окремо за тими показниками, які використовуються у (16.1). Особливо цінними є прогнози врожайності сільськогосподарських культур з великою завчасністю. Для України метод оцінки ЕЕ агрометеорологічних прогнозів урожайності зернових культур розробив І.Г. Грушкою. При наявності прогнозу урожаю розробляється оптимальна структура посівних площ за допомогою цільової функції:

$$D(S) = \max\left[\sum_{i=1}^{n} Ó_з(Ö_з - \hat{A}_з) \cdot S_з\right] \quad , \qquad (16.7)$$

де D – чистий прибуток з усієї площі вирощування культур;

$У_i$ – урожай i-тої культури;

$Ц_i$, $В_i$ – відповідно ціна закупівлі та витрати на вирощування та збирання культур.

Величина B_i залежить від врожайності і пов'язана з нею співвідношенням

$$\hat{A}_з = \frac{\hat{A}_з^1}{Ó_з} \quad , \tag{16.8}$$

де $\hat{A}_з^1$ – витрати на одиницю площі, які залежать від врожайності і визначаються з формули

$$\hat{A}_з = \alpha_з + á_з \cdot Ó_з \quad . \tag{16.9}$$

Коефіцієнти a_i *та* $б_i$ у рівнянні (16.9) розраховані І.Г. Грушки.

Таблиця 16.5– Параметри a_i та $б_i$ рівняння (16.9)

Культура	Перший район		Другий район	
	a_i	$б_i$	a_i	$б_i$
Озима пшениця	30,0	5,19	28,8	9,0
Озиме жито	28,0	5,0	28,0	5,0
Яра пшениця	24,0	3,0	24,0	8,07
Ярий ячмінь	20,4	3,28	21,4	8,10
Овес	22,5	3,41	26,5	8,2
Кукурудза	37,9	7,1	40,1	7,5
Горох на зерно	31,0	1,32	36,0	2,22
Просо	27,0	3,62	32,5	3,33

До першого району відносяться області: Миколаївська, Одеська, Херсонська, Запорізька, Донецька. До другого – Лісостепові області України, окрім закарпатських гірських районів.

Контрольні питання.

1. Що покладено в основу методичних рекомендацій по оцінці справджуваності прогнозів?
2. Що є головним критерієм ефективності використання ГМІ?
3. В чому полягає фактичний результат економічної ефективності?
4. Економічна ефективність яких агрометеорологічних прогнозів на разі розраховується?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Андреев А.А. Методика составления прогноза урожая льноволокна в нечерноземной зоне ЕТС. – Калинин, 1971. – 24 с.

2. Бердник А.А., Дмитренко В.П. Методические указания по прогнозу площадей озимых культур с различной изреженностью. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 12 с.

3. Божко Л.Ю. Агрометеорологічні розрахунки та прогнози. Навчальний посібник. – Київ: КНТ. 2005. 212 с.

4.Вериго С.А. Прогноз изменения запасов влаги в почве по периодам вегетации. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 301 с.

5.Вериго С.А. Разумова Л.А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 164 с.

6.Галямин Б.Н. О построении динамической модели формирования урожаев. – В кн.: Биологические системы в земледелии и лесоводстве. – М.: Наука, 1974. – С. 70 – 84.

7.Гойса Н.И., Олейник Р.Н., Рогаченко А.Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 230 с.

8.Грудева А.Я. Об оценке агрометеорологических условий осенней вегетации озимых культур. //Метеорология и гидрология, 1976. – Вып. 5. – С. 21 – 27.

9.Грудева А.Я. Методическое пособие по прогнозированию состояния озимой пшеницы и озимой ржи ко времени прекращения вегетации в черноземной зоне ЕТС. – М.: Гидрометеоиздат, 1974. –28 с.

10.Грушка И.Г. Метод расчета зимней гибели бобовых многолетних трав в Украине. // Труды УкрНИГМИ, 1978. –Вып. 173. – С. 56 – 63.

11.Гулинова Н.В. Методическое пособие по составлению долгосрочных агрометеорологических прогнозов областной урожайности сена многолетних и однолетних трав на Европейской территории СССР. – М.: Гидрометеоиздат, 1972. – 36 с.

12. Давитая Ф.Ф., Мельник Ю.С. Проблема прогноза испаряемости и оросительных норм. – Л.: Гидрометеоиздат, 1970. – 134 с.

13. Деревянко А.Н. Метод сумм эффективных температур. //Сб. методов агрометеорологических прогнозов развития и продуктивности озимой пшеницы для гидрометеорологических служб социалистических стран. –М.: Гидрометеоиздат, 1982. – 98 с.

14.Деревянко А.Н. Начало полевых работ и сроки сева ранних яровых культур. Агрометеорологические условия и продуктивность сельского хозяйства нечерноземной зоны РСФСР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 187 с.

15.Дмитренко В.П., Короткова А.Я. Метод расчета урожайности озимой ржи и его проверка. //Труды УкрНИГМИ, 1977. – Вып.159.

16.Дмитренко В.П. Методические указания по составлению прогноза урожайности озимой пшеницы на территории УССР. – Киев: отпечатано на множительном аппарате УГМС УССР, 1978. – 36 с.

17.Дмитренко В.П., Вилькенс А.А. О влиянии агрометеорологических условий весеннего периода на сроки и продолжительность посева ранних яровых зерновых на Украине. //Труды УкрНИИ Госкомгидромета. 1985. – Вып.205. – С. 34 – 37.

18. Дмитренко В.П., Свирина В.В., Кожемяченко Е.А. О структуре, динамике и взаимосвязи составляющих валового сбора зерновых и зернобобовых в Украине.// Тр. УкрНИГМИ, 1983. – Вып.191. С 34 – 43.

19.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.

20.Дмитренко В.П.Погода, клімат і урожай польових культур.-Київ: Ніка –Центр, 2010. – 618 с.

21.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.

22.Зоидзе Е.К., Полевая Л.И. О целесообразности сева озимых культур при различных условиях увлажнения. //Труды ВНИИСХМ, 1987. –Вып. 22. С 110 – 118.

23.Зоидзе Е.К. Погода, климат и эффективность труда в земледелии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 244с.

24.Зоидзе Е.К. Оценка агрометеорологических условий формирования среднерайонного урожая сахарной свеклы, кукурузы и подсолнечника. Методические указания. – М.: Гидрометеоиздат, 1986. – 18 с.

25.Зубенок Л.И. Испарение на континентах. – Л.: Гидрометеоиздат, 1976. – 263 с.

26.Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 150 с.

27.Иванова-Зубкова Н.З. Методические указания. Прогноз средней областной урожайности гречихи. – М.: Гидрометеоиздат, 1973. –26с.

28.Иванова-Зубкова Н.З. Погода и урожай проса на Украине. //Труды ГМЦ СССР, 1970. – Вып. 69. – С. 62 – 75.

29.Карринг П.К., Варчева С.Е., Тооминг Х.Г. Эффективность регулирования продуктивности посевов ячменя. //Труды ВНИИСХМ, 1987. – Вып. 22. – С.73 – 81.

30.Киндрук Н.О. Методические указания по составлению прогноза формирования урожайных качеств семян озимой пшеницы. Изд. СГИ. Одесса, 1989. –15с.

31.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.

32.Кожемяченко Е.А., Пашура И.А. Агрометеорологические условия возделывания проса в Причерноморье. – Метеорология, климатология и гидрология, 1984, № 20. – С. 103 – 106.

33.Константинов А.Р., Зоидзе Е.К., Смирнова С.И. Почвенно-климатические ресурсы и размещение зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. –276 с.

34.Комоцкая Л.В. Оценка агрометеорологических условий произрастания льна-долгунца в основной зоне возделывания. Метеорология и гидрология. 1979. – Вып. 6. – С. 21 – 32.

35.Комоцкая Л.В., Страшная А.И. Кукуруза. Основы метода долгосрочного прогноза урожайности и валового сбора зерна кукурузы с заблаговременностью от 1 до 3 месяцев. //Методические указания по составлению долгосрочных прогнозов сельскохозяйственных культур в Черноземных районах ЕЧ РСФСР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. –С. 31–39.

36.Конторщикова О.М. Методическое пособие по составлению прогноза средней областной урожайности сахарной свеклы в основной зоне возделывания. – М: Гидрометеоиздат, 1970. – 20 с.

37.Конторщикова О.М. Методическое пособие по составлению средней областной урожайности и сахаристости свеклы в основных районах ее возделывания. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 25 с.

38.Коровин А.И. Роль температуры в минеральном питании растений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 281 с.

39.Кулик М.С. Методические указания по составлению долгосрочных прогнозов средней областной урожайности озимых зерновых в нечерноземной зоне. – М.: Гидрометеоиздат, 1976. –16 с.

40.Куперман Ф.М., Моисейчик В.А. Выпревание озимых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 326 с.

41.Личикаки В.М. Перезимовка озимых культур. – М.: Колос, 1974. –232с.

42.Личикаки В.М. Методические указания по оценке влияния низких температур и ледяной корки на перезимовку озимых зерновых культур. – М.: Колос, 1971. – 42 с.

43. Лебедева В.М. Метод лодгосрочного прогноза теплообеспеченности вегетационного периода //Метеорология и гидрология. 2005. – № 9. – С.93 – 99.

44.Левенко И.Т. Схема расчета показателей качества зерна озимой пшеницы. //Труды УкрНИГМИ, 1970. – Вып. 105. – С. 9 – 17.

45. Левенко Н.Н Методические указания по составлению прогноза урожая гороха в Украине. – Киев:Агропромиздат, 1986. – 12 с.

46. Лосев А.П. Сборник задач и вопросов по агрометеорологии. –Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 144 с.

47.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.

48.Лубнин М.Г. Методическое пособие по оценке и прогнозу агрометеорологических условий в периоды сева и уборки урожая зерновых культур.– Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 53 с.

49.Лубнин М.Г. Влияние агрометеорологических условий на работу сельскохозяйственных машин и орудий. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 117 с.

50.Максименкова Т.А. Метод прогноза состояния озимых зерновых культур ко времени прекращения их вегетации. //Метеорология и гидрология, 1979, – Вып. 2. – С 41– 48.

51.Максименкова Т.А. Способы расчета и оценки состояния озимых зерновых культур осенью на больших площадях. Метеорология и гидрология, 1976. – Вып. 5. – С. 89 – 95.

52.Макарова Л.А. Погода и болезни культурных растений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 144 с.

53.Макарова Л.А., Доронина Г.М. Агрометеорологические предикторы прогноза размножения вредителей сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 212 с.

54.Манелля А.И. и др. Динамика урожайности сельскохозяйственных культур в РСФСР. – М.: Статистика, 1972. – 192 с.

55.Методические указания по составлению прогноза урожая гороха в Украине. Под ред. Цупенко Н., Левенко Н.Н. – Киев: 1986. – 17 с.

56.Методические указания по составлению прогноза перезимовки многолетних трав на Украине. Под ред. Цупенко Н.Ф. –Киев: 1981. – 7 с.

57.Мельник Ю.С. Климат и произрастание подсолнечника.– Л.: Гидромеоиздат, 1972. – 142 с.

58.Методические рекомендации по оценке экономического эффекта от использования гидрометеорологической информации в сельскохозяйственном производстве. – М.: Гидрометеоиздат, 1981. – 46с.

59.Мещанинова Н.Б. Погода и урожай риса. – М.: Гидрометеоиздат, 1984. – 18 с.

60. Мещанинова Н.Б. Агрометеорологическое обоснование орошения зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – С. 65 – 99.

61.Михайлова Н.И. Методика прогноза средней областной урожайности сахарной свеклы. //Труды УкрНИГМИ, 1978. – Вып. 164. – С. 90 – 96.

62.Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимих культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975, – 283 с.

63.Моисейчик В.А. Методическое указание. Составление долгосрочных агрометеорологических прогнозов перезимовки озимых культур на территории областей, республик и в целом по СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1978.

64.Моисейчик В.А., Шавкунова В.А. Агрометеорологические условия перезимовки и формирования урожая озимой ржи. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 192 с.

65.Моисейчик В.А. Методическое пособие по составлению долгосрочного прогноза выпревания озимых зерновых культур. – М.: Гидрометеоиздат, 1981. – 39 с.

66. Моисейчик В.А., Богомолова Н.А., Страшная А.И., Максименкова Т. А. Влияние глобадьного изменения климата на агрометеорологические условия перезимовки и формирования урожая озимых культур в России в последние 50 лет. //Тр. ГУ ВНИИСХМ» . – 2007. Вып.36. – С.106 – 132.

67.Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України./ Під ред. С.М. Степаненка та А.М. Польового. –Одеса.: «Екологія» , 2011. – 693 с.

68.Пасечнюк А.Д. Методика прогноза интенсивности полегания посевов ячменя (в нечерноземной зоне Европейской территории РСФСР). //Труды ИЭМ. 1974.– Вып. 5(49).

69.Пасечнюк А.Д., Гончарова Л.И., Филенко В.А. Влияние метеорологических условий на устойчивость озимой пшеницы к полеганию. //Труды ИЭМ. 1979. – Вып. 12(90). – С. 44 – 52.

70.Пасечнюк А.Д. Методические указания по составлению прогноза полегания озимой ржи в нечерноземной зоне России. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 26 с.

71.Пасечнюк А.Д. Погода и полегание зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 212с.

72.Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. –156 с.

73.Пасов В.М. Методическое пособие по составлению прогноза урожая яровой пшеницы до сева. – М.: Гидрометеоиздат, 1980. –18 с.

74.Плучик С.Л. Методическое пособие по составлению долгосрочных агрометеорологических прогнозов средней областной урожайности овса на Европейской территории СССР. – М.: Гидрометеоиздат, 1979. 16 с.

75.Польовий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології.– Одеса. Вид «ТЄС”. 2003. – 400 с.

76.Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія. – Одеса: «ТЕС». 2012. – 626 с.

77.Полевой А.Н. Методическое пособие по разработке динамико-статистических методов прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. – М.: Гидрометеоиздат, 1981. –36 с.

78.Полевой А.Н., Мызина Т.И. Методическое пособие по составлению агрометеорологического прогноза среднеобластной урожайности овса в нечерноземной зоне ЕТС. – М.: Гидрометеоиздат, 1974. – 36 с.

79.Полевой А.Н., Мызина Т.И. Методическое пособие по составлению агрометеорологического прогноза среднеобластной урожайности ярового ячменя в Нечерноземной зоне ЕТС. – М.: Гидрометеоиздат, 1976. – 29 с.

80. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. –Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 320 с.

81. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроекосистем. – Київ.: КНТ, 2007. – 344 с.

82. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Довгострокові агрометеорологічні прогнози. – Київ: КНТ, 2007. – 293 с.

83.Поляков И.Я., Доронина Г.М., Макарова Л.А. Прогноз фаз динамики популяций лугового мотылька и сигнализации сроков борьбы с ним. (Методические указания). – Л.: ВНИИЗР. 1987. – 39 с.

84.Просвиркина А.Г. Агрометеорологические условия и продуктивность проса. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 157 с.

85.Просунко В.В. Агрометеорологические условия и продуктивность риса в Украине. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. –159 с.

86.Раунер Ю.Л. Климат и урожайность зерновых культур. – М.: Наука, 1981. – 162 с.

87.Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов.– Л.: Гидромеоиздат, Т. 1 и 2, 1984.

88.Рудичева Э.Т. Методика прогноза запасов влаги на начало весны по Новосибирской области. //Труды ЗапСибНИГМИ, 1979. – Вып. 24. – С. 12 – 22.

89. Русакова Т.И., Лебедева В.М., Грингоф И.Г. Разработка и реализация новой ИПС оперативного агрометеорологичнского обеспечения аграрного сектора экономики России //Труды ГУ «ВНИИСХМ». – 2007. – Вып. 36. – С. 92 – 105.

90.Саноян М.Г. Агрометеорологические и агрофизические принципы и методы управления влагообеспеченностью посевов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1982. – 296 с.

91.Свисюк И.В. Контроль за ходом изменения влажности зерна озимой пшеницы и ярового ячменя в процессе их созревания. //Метеорология и гидрология. – 1984. – Вып. 7. – С. 96 – 101.

92.Свисюк И.В. Агрометеорологические прогнозы, расчеты, обоснование. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 186 с.

93.Свисюк И.В. Погода, интенсивная технология и урожай озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 236 с.

94.Свисюк И.В. Погода и урожайность озимой пшеницы на Северном Кавказе и Нижнем Поволжье. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 207 с.

95.Свисюк И.В. Влияние агрометеорологических условий на урожайность проса. //Метеорология и гидрология, 1983, № 6. – С. 105 – 109.

96.Страшная А.И. Влияние агрометеорологических условий на состояние многолетних трав весной в центральних областях ЕЧ СССР. //Метеорология и гидрология, 1980. – Вып. 214. – С.32 – 38.

97.Страшная А.И. Агрометеорологические условия перезимовки и формирования урожая семян сеяных трав на ЕЧ СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 157 с.

98. Страшная А.И., Лебедева В.М. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том 2., Книга 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2012. – 215 с.

99. Страшная А.И.Развитие методов агрометеорологических прогнозов урожая зерна кукурузы. //Агрометеорология XX1 века: Материалы Международной научной конференции. –М.: Изд-во РГАУ – МСХА имени. К.А. Тимирязева, 2009. – С. 131 – 143.

100.Страшная А.И., Максименкова Т.А.,Богомолова Н.А., Чуб О.В. Об агрометеорологическом обеспечении сельского хозяйства в период уборки и осенней вегетации озимых зерновых культур в условиях потепления климата. //Тр.ГУ «ВНИИСХМ». – 2010. –Вып.37. – С. 42 – 68.

101.Страшный В.Н. Влияние агрометеорологических условий на качество зерна озимой пшеницы. // Метеорология и гидрология. – 1975. – №10. – С. 92

102.Тебуев Х.Х. Методы долгосрочного прогноза урожайности подсолнечника. – Метеорология и гидрология. – 1989. №6. – С. 110 –115.

103.Туликова З.Ф. Рис на Северном Кавказе. – Ростов Н/Д: Ростиздат, 1989. – 116 с.

104. Туманов И.И. Физиология закаливания и морозостойкости растений. – М.: Наука, 1979. – 350 с.

105. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 275 с.

106.Уланова Е.С. Методические указания по составлению долгосрочных прогнозов урожайности озимой пшеницы в основных районах ее возделывания. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 32 с.

107.Уланова Е.С. Методические указания по составлению долгосрочного прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур по экономическим районам. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 29 с.

108.Устинова О.К. Пилипюк В.К., Седов Г.И., Филенко В.А. Оптимизация технологии возделывания ячменя и картофеля с учетом агрометеорологических условий хозяйств. //Труды ВНИИСХМ, 1987. – Вып.22. – С.99 – 110.

109.Федосеев А.П. Агротехника и погода.– Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 167 с.

110.Федосеев А.П. Погода и эффективность удобрений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 144 с

111.Федюшина Д.П. Метод прогноза урожайности гороха. //Труды КазНИГМИ, 1980. – Вып.70. – С. 26 – 32.

112.Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 372 с.

113.Худякова А.И. Влияние агрометеорологических условий на формирование урожая картофеля на юге Дальнего Востока. //Труды ДВНИИ. 1970. – Вып. 33. – С. 106 – 125.

114.Чирков Ю.И. Агрометеорологические условия и продуктивность кукурузы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1969. – 232 с.

115. Чирков Ю.И. Прогноз урожая кукурудзы. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. –Л.: Гидрометеоиздат, 1984, Т. 2. – 282 с.

116.Шелудякова Р.М. Основы методики прогноза урожая картофеля для территории УССР. //Труды УкрНИГМИ, 1987. – Вып.159.

117. Шостак З.А., Федосеев А.П. Влияние влажности почвы на эффективность подкормки азотом зерновых культур.// Труды ИЭМ, 1978. – Вып. 9(68). – С. 14 – 19.

118. Яшкина И.И., Чуреева Т.В. Методическое пособие по оценке изреженности посевов клевера в зимний период. – М.: Гидрометеоиздат, 1982. – 12 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Агрометеорологія 5, 7, 8
Агрометеорологічна (і):
бюлетень 39, 40
інформація: 25, 31
обслуговування 5 – 11
оцінка 12 – 15, 47, 77 – 79, 100, 165, 211
огляд 44
Агрометеорологічні прогнози: 8, 45 – 47
Агроекологічна система: 336, 338
Азот 98, 99
Асиміляти: 340, 357
Біомаса 6
Балова оцінка 63, 79, 90, 93, 94, 105, 107, 108, 114, 129, 131
Вегетація 15, 89, 298
Вегетаційний період 6 – 8, 25 – 32
Випаровування 63 – 84, 173
Випаровуваність 63, 74, 78, 173
Волога
ґрунтова 19, 21, 22, 24, 63 – 69,
93, 131, 140, 165
продуктивна
Вологомісткість:
найменша 178, 180
капілярна 140, 142
Вологозабезпеченість 78 – 96, 119, 120, 160,177, 239, 240
Дихання: 357, 359
Життєвий цикл 104, 105
Життєдіяльність 194
Забезпечення стандартне 20
Спеціалізоване 21
Заморозки 17, 85
Запаси вологи 13, 17, 22, 24, 30,
43, 124, 160 - 165
Засухостійкість 42 – 44, 74, 396

Зволоження 19, 32, 69, 74 – 79, 84,
111, 130, 139
Економічна ефективність 443 – 446
Інформація :
агрометеорологічна 27 – 29, 37 – 43, 51 – 55, 62, 89 – 91, 110 – 112
гідрометеорологічна 25, 29

довідкова 28
консультативна 27
первинна 25, 26
режимна 33
Кірка 59
Масообмін 357, 359
Насичення 102 – 104
Недостатнє зволоження 88 – 93
Обстеження
агрогідрологічні 7, 9
агрометеорологічні 79, 81, 82
Продуктивний процес 336 – 340
Прогноз
синоптичний 137, 142, 147, 160 – 169
агрометеорологічний 7, 11, 45
динаміко-статистичний 39 – 40
фенологічний 59
Промочування 88 – 90
Радіація сонячна 342 – 346
сумарна 342
пряма 343
розсіяна 343
фотосинтетично активна 34 – 344
Сума температур:
активних 25 – 30, 117, 118, 160
ефективних 117, 118, 119, 160, 162, 165
від'ємних 109 – 111
Температура повітря 12, 18, 26, 34, 43, 50, 61,78, 80, 81, 92, 96, 119, 142, 143, 160 – 163
Урожайність: 53, 249 – 256
Явища небезпечні 16, 466

Зміст Стр.

ПЕРЕДМОВА…….. 5
ВСТУП……. 7
1 Предмет і методи агрометеорологічних прогнозів…….. 7
2 Основні задачі агрометеорологічних прогнозів……..
3 Короткий нарис історії розвитку агрометеорологічних прогнозів 8
ЧАСТИНА 1
РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА……. 11
1.1 Терміни та їх визначення…….. 11
1.2 Зміст агрометеорологічного забезпечення…….. 15
1.3 Основні завдання та призначення агрометеорологічного забезпечення…… 17
1.4 Стандартне та спеціалізоване агрометеорологічне забезпечення…… 22
Розділ 2. ОПЕРАТИВНО-ПР0ГНОСТИЧНА ТА РЕЖИМНО-ДОВІДКОВА ІНФОРМАЦІЯ…… 21
2.1Збирання, опрацювання та узагальнення даних спостережень…….. 25
2.2 Види інформації……. 29
2.4 Зміст та формb різних видів агрометеорологічної інформації…… 31
2.4 Агрометеорологічні прогнози…….. 45
Розділ 3 **НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ СКЛАДАННЯ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ОЦІНОК І ПРОГНОЗІВ……** 47
3.1 Наукові основи методів агрометеорологічних оцінок і прогнозів…….. 47
3.2 Статистичні, динаміко-статистичні та синоптико-статистичні методи оцінок і прогнозів…… 49
3.3 Мінливість урожаїв сільськогосподарських культур…… 53
3.4 Оцінка справджуваності агрометеорологічних прогнозів урожайності…… 56
ЧАСТИНА 2 59
Розділ 4. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПРОГНОЗІВ…… 59
4.1Фенологічні прогнози…….. 59
4.1.1 Наукові основи методів фенологічних прогнозів…… 59
4.1.2 Прогнози дат настання фаз розвитку зернових культур 62
4.1.3 Прогнози фаз розвитку кукурудзи …….……. 68
4.1.4 Оцінка агрометеорологічних умов по міжфазних періодах

розвитку льону – довгунцю…… 75
4.1.5 Метод прогнозу термінів цвітіння сіяних і лугових трав…. 81
4.1.6 Прогноз дат настання фаз розвитку гороху…….. 83
4.1.7 Прогноз цвітіння плодових культур…….. 85
РОЗДІЛ 5 МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ОПТИМАЛЬНИХ ТЕРМІЕІВ СІВБИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР. 88
5.1 Методи прогнозів оптимальних термінів сівби озимих культур…….. 88
5.2 Розрахунок оптимальних термінів сівби в Україні 93
5.3 Метод прогнозу оптимальних термінів сівби озимих культур з урахуванням змін агрокліматичних умов…… 96
5.4 Метод прогнозу стану озимих культур на момент припинення вегетації 98
5.5.Прогноз початку польових робіт і сівби ярих культур 102
5.5.1Прогноз початку польових робіт в районах капілярного насичення ґрунту вологою 102
5.5.2 Метод прогнозу оптимальних строків початку польових робіт і сівби ранніх ярих культур в Білорусі і пвнічно-західних районах України 104
РОЗДІЛ 6. МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ПЕРЕЗИМІВЛІ ОЗИМИХ КУЛЬТУР 109
6.1. Морфофізіологічна характеристика стану озимих культур восени 109
6.2. Морозостійкість озимих культур в залежності від агрометеорологічних умов 112
6.3. Розрахунок критичної температури вимерзання…… 117
6.4.Прогноз площі вимерзання озимих культур… 122
6.5. Метод прогнозу загибелі озимих культур за результатами відрощування (уточнення основного прогнозу…….. 128
6.6. Прогноз умов перезимівлі озимих культур в Україні 132
6.7. Прогноз загибелі озимих культур від льодяної кірки….. 139
6.8. Розрахунок загибелі озимих культур від вимокання 142
6.9. Метод прогнозу площі випрівання озимих культур….. 144
6.10. Комплексний метод довгострокового прогнозу перезимівлі озимих культур на великих площах…… 149
6.11 Метод прогнозу перезимівлі багаторічних трав…… 155
РОЗДІЛ 7 МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ ЗАПАСІВ ПРОДУКТИВНОЇ ВОЛОГИ ТА ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ ПОСІВІВ 160
7.1.Прогноз запасів продуктивної вологи в ґрунті на початок вегетаційного періоду…… 160
7.2. Методи розрахунку запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами…… 163
7.2.1 Розрахунок запасів продуктивної вологи під ярими та озимими культурами 166
……

7.2.2 Метод прогнозу запасів продуктивної вологи під кукурудзою……. 167
7.2.3 Розрахунок запасів продуктивної вологи під картоплею і травами 171
7.3. Методи прогнозів вологозабезпеченості сільськогосподарських культур……. 177
7.3.1 Розрахунок вологозабезпеченості сільськогосподарських культур за сумарним випаровуванням та дефіцитом насичення… 178
7.3.2 Розрахунок вологозабезпеченості зернових культур 180
7.3.3 Розрахунок вологозабезпеченості цукрових буряків 183
7.4 Оцінка впливу погодних умов на середню районну врожайність сільськогосподарських культур 189
7.4.1 Оцінка впливу погодних умов на середню районну врожайність цукрових буряків 189
7.4.2 Оцінка впливу погодних умов на середню районну врожайність соняшнику 191
7.4.5 Оцінка впливу погодних умов на середню районну врожайність кукурудзи 192
РОЗДІЛ 8 ПРОГНОЗИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ РОСЛИН 194
8.1 Прогноз забезпеченості теплом вегетаційного періоду. Наукове підґрунтя методу 194
8.2 Прогноз тривалості вегетаційного періоду 197
8.3. Метод прогнозу оптимальних доз азотних добрив під зернові культури …….. 199
8.3.1 Встановлення оптимальних доз азотних добрив під ярі зернові культури 201
8.3.2 Метод прогнозу оптимальних доз весняного підживлення озимих культур…….. 203
8.3.3. Метод прогнозу літнього азотного підживлення зернових культур…….. 203
8.4. Методи прогнозів оптимальних режимів зрошення зернових культур…….. 205
8.4.1.Прогноз вологозарядкових поливів озимих культур….. 205
8.4.2. Прогноз норм зрошення зернових культур на вегетаційний період основних зернових культур…… 210
8.4.3. Прогноз оптимальних термінів та норм поливів основних зернових культур 213
8.5. Методи оцінки полягання зернових культур 217
8.5.1 Полягання посівів ячменю 219
8.5.2 Прогноз полягання посівів озимої пшениці 222
8.6. Методи оцінки агрометеорологічних умов в період збирання

врожаю зернових культур …….. 225
8.7 Оцінка проведення польових робіт 235
8.8 Метод прогнозу появи шкідників сільськогосподарських культур 237
8.8.1 Прогноз появи та розвитку колорадського жука 237
8.8.2 Прогноз строків розвитку колорадського жука 239
РОЗДІЛ 9. МЕТОДИ ПРОГНОЗІВ УРОЖАЙНОСТІ ТА ВАЛОВОГО ЗБОРУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР …… 241
9.1. Метод прогнозу врожаїв озимої пшениці у головних районах вирощування……. 241
9.2 Прогнози урожайності ярої пшениці…… 249
9.3. Методи прогнозів урожаю ярого ячменю… 252
9.4. Метод прогнозу середнього по області врожаю вівса ….. 257
9.5. Прогноз урожаю гороху…….. 258
9.6. Методи прогнозів урожайності і валового збору зернових і зернобобових культур… 265
9.7.Розрахунок сумарного валового збору зерна усіх зернобобових культур за методом В.П. Дмитренка та В.В. Свіріної 273
9.8 Методи прогнозів урожаю крупяних культур 279
9.8.1 Прогноз урожаю кукурудзи. 279
9.8.2 Прогноз урожаю гречки 283
9.8.3 Прогноз урожаю проса 285
9.8.4 Прогноз урожаю рису 286
РОЗДІЛ 10. ПРОГНОЗИ УРОЖАЇВ ТЕХНІЧНИХ КУЛЬТУР…… 294
10.1. Прогнози врожаю соняшнику…… 294
10.2. Прогноз урожайності цукрових буряків……... 298
10.3. Прогноз урожайності льону…….. 307
10.4. Прогноз середнього по області урожаю насіння багаторічних сіяних трав 310
10.5 Прогноз урожаю картоплі для всіх категорій господарств…… 313
РОЗДІЛ 11 ПРОГНОЗИ ЯКОСТІ ВРОЖАЇВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР 315
11.1. Прогноз якості зерна озимої пшениці…….. 320
11.2. Прогноз врожайних властивостей зерна озимої пшениці 325
11.3. Оцінка агрометеорологічних умов накопичення цукру у коренеплодах цукрових буряків .....
ЧАСТИНА 3
РОЗДІЛ 12. **ДИНАМІКО _ СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ УМОВ ВЕГЕТАЦІЇ І ПРОГНОЗУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР** …… 335
12.1. Основні принципи прогнозування врожайності…… 336
12.2. Прогнозування тенденції врожайності…… 340
12.3. Оцінка агрометеорологічних умов вегетації …….. 340
357

12.4. Базова динамічна модель формування врожайності
12.5. Методика складання прогнозу
12.5.1.Методи визначення параметрів моделі сільськогосподарських культур стосовно конкретної грунтово-кліматичної зони 357
12.5.2.Підготовка вхідних даних для розрахунку за моделлю……. 369
12.6Прогноз середнього по області врожаю картоплі в Нечорноземній зоні ЄТС та Білорусі 373
РОЗДІЛ 13. ПРОГНОЗИ ВРОЖАЇВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА ОСНОВІ БАЗОВОЇ МОДЕЛІ «ПОГОДА – УРОЖАЙ» УкрГМІ 376
13.1 Зміст і структура базової моделі « погода і урожай»… 376
13.2. Метод прогнозу урожаю озимої пшениці… 393
13.3. Прогноз урожаю ярого ячменю 402
13.4. Метод прогнозу врожаю кукурудзи 408
13.5. Прогноз урожаю соняшнику за базовою моделлю В.П. Дмитренка 412
13.5.1 Основи прогнозування середньої районної врожайності соняшнику в Україні 414
13.5.2 Врахування додаткових факторів 418
13.5.3 Порядок і приклад розробки прогнозу районної врожайності соняшнику з різною завчасністю 420
13.6. Метод прогнозу врожаю картоплі 422
РОЗДІЛ14. СИНОПТИКО-СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ПРОГНОЗІВ 434
РОЗДІЛ 15. КОМПЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ 437
РОЗДІЛ 16. ООЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ 443
16.1 Загальні положення 443
16.2.Рекомендації щодо розрахунків економічної ефективності при використанні агрометеорологічних прогнозів та довідок 446
16.2.1 Прогноз перезимівлі озимих культур 446
16.2.2. Прогноз та інформація про запаси продуктивної вологи в грунті 449
16.2.3. Прогноз оптимальних термінів сівби 450
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 452
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК
ЗМІСТ
ДОДАТКИ

Д О Д А Т К И

Додаток А

Таблиця А.1 – Показники для розрахунку врожайності кукурудзи по областях України та в цілому по Молдові

Області	Статистичний максимум врожайності на 1990 р., $У_с$, т/га	Щорічний приріст врожайності А, т/га/рік	Агрокліматична оптимальна дата сівби, -$Д_0$	Середня багаторічна зрідженість, $\overline{U}$,%	Середнє багато річне число днів з суховіями в липні за критерієм Цубербілер, $\overline{n}_{vii}$	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

Додаток А

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	Місяці	Ваговий множник α	Параметри						
			T_0	A при		R	R	α_1	α_2
				$T \le T_0$	$T > T_0$				
Ранньостиглі									
Передпосівний	XII-III	0.17	-1	-2	-4	210	520	1	3/2
Сівба-укорінення	IV-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
Середньостиглі1									
Передпосівний	XII-III	0.15	-1	-2	-4	170	480	1	3/2
Сівба-укорінення	IV-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

Додаток А

Таблиця А.3 – Таблиці для розрахунку коефіцієнтів продуктивності кукурудзи по температурах повітря і опадів

Оцінка впливу температури повітря на врожайність кукурудзи (ранньостиглої)

Температура повітря, ^{0}С					Коефіцієнти продуктивності (%) за десятими частинами Т^{0}С									
XII -III	IУ-У	УI-УII	УIII	IX	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, ^{0}С					Коефіцієнти продуктивності (%) за десятими частинами Т^{0}С									
XII -III	IУ-У	УI-УII	УIII	IX	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	110	100	100
0	11	18	18	12	100	100	100	100	99	99	99	0	97	97
1	12	19	19	13	96	95	94	93	92	91	90-	98	88	86
2	13	20	20	14	85	84	83	81	79	78	76	89	73	71
3	14	21	21	15	70	68	66	64	63	61	59	75	56	54
4	15	22	22	16	53	51	50	48	46	44	43	58	40	38
5	16	23	23	17	37	35	34	33	31	30	28	41	26	25
	17	24	24	18	24	23	21	20	19	18	18	27	16	15
												17		

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										
0 100 200 300 400	0 80 100 78 31	12 83 99 72 23	21 88 98 69 21	31 91 97 66 17	39 94 94 60 10	48 95 93 54 8	55 97 89 48 4	63 98 87 45 1	67 100 86 42 0	74 10 0 81 37
Г) серпень, утворення генеративних органів										
0 100 200 300	0 91 30 0	59 86 26	83 80 21	90 75 16	97 69 13	100 61 9	100 56 6	100 50 3	98 43 2	95 36 1

Кількість опадів, мм	Коефіцієнти продуктивності (%) при опадах, мм									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
а) грудень-березень, передпосівний період										
0 100 200 300 400	0 80 100 79 31	11 85 100 75 24	22 89 99 70 20	32 91 98 64 15	41 94 95 60 10	48 96 94 56 8	55 98 92 51 4	62 100 89 44 1	69 100 86 38 0	75 100 82 34
Б) квітень-травень, період сівба – укорінення										
0 100 200 300	0 100 68 9	19 100 61 3	35 100 55 2	50 99 48 1	62 97 43 0	73 92 35	82 90 29	90 85 22	94 81 17	97 72 12
в) червень-липень, утворення вегетативних органів										
0 100 200 300 400	0 80 100 78 31	12 83 99 72 23	21 88 98 69 21	31 91 97 66 17	39 94 94 60 10	48 95 93 54 8	55 97 89 48 4	63 98 87 45 1	67 100 86 42 0	74 100 81 37
Г) серпень, утворення генеративних органів										

0 100 200 300	0 91 30 0	59 86 26	83 80 21	90 75 16	97 69 13	100 61 9	100 56 6	100 50 3	98 43 2	95 36 1

Таблиця А.5 – Визначення кількості днів з опадами > 0,1мм 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 $У_{С,I}$ ц/га і тренд А (ц/га /рік) середньої районної врожайності соняшника на 2000 рік

№ п/п	Район	$У_{С,I}$ ц/га на 1995 р	А ц/га після 1991 р	№ п/п	Район	$У_{С,I}$ ц/га на 1995 р	А 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 Полтавська обл.		
6	Могилів-Подільський	27,2	0,10				
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	Теплиць кий	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	0,1

							3
	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	Катеринопільский	26,6	0,10	19	Полтавський	28,9	0,22
8	К-Шевченківський	40,4	0,09	20	Решетилівській	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				
Продовження табл. Б.1							
15	Чигиринський	28,7	0,03				
16	Полянський	32,5	0,17				
	Харківська обл.			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		Донецька обл.		
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	Великонововасилькі вський	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
2	Чугуївський	26,8	0,21	15	Старобешівський	28,5	0,1

4							1
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
	Дніпропетровська обл.						
1	Апостолівський	24,4	0,03		Кіровоградська обл.		
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	Межіський	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
11	Маловисківський	30,0	0,10	10	Сланець кий	22,6	0,03
12	Новогородківський	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
1	Ольшанський	27,2	0,11	15	Ново бузький	23,3	0,0

6							3
17	Онуфріївський	26,3	0,10	16	Новодеський	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				
	Луганська обл.				Одеська обл.		
1	Антрацитівський	25,7	0,11	1	Ананьївський	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	Краснооокнянський	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
	Миколаївська обл.			21	Савраньський	28,4	0,28
				22	Саратський	29,5	0,02
1	Арбузинський	28,3	0,14	23	Тарутинський	26,4	0,12
2	Баштанській	195	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		Запорізька обл.		
7	Вознесенський	22,3	0,01				
8	Врадіївський	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	Вільняньський	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		Автономна Республіка Крим		

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	011	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
	Херсонська обл....			11	Сакський	21,7	0,11
				12	Сімферопольський	25,4	0,01
1	Бориславський	21,9	0,10	13	Совєтський	26,5	0,10
2	Білогірський	22,6	0,07	14	Чорноморський	25,7	0,10
3	Великоолександрів-ський	23,0	0,02				
4	Великолепетихський	25,0	0,10	10	Іванівський	24,0	0,02
5	Верхньорогачицький	25,6	0,12	11	Каланчацький	20,8	0,10
6	Високопільський	22,4	0.00	12	Каховський	25,6	0,04
7	Генічеський	25,6	0,03	13	Нижньосирагозький	27,4	0,01
8	Голопристаньський	21.4	0,01	14	Нововоронцовський	28,4	0,09
9	Горностаївський	25,4	0,01				

Додаток Б

Таблиця Б.2 – Оцінка впливу температури повітря Т на врожайність соняшника

Температура повітря,T^0C					Коефіцієнти корисності (%) з десятими частками (η Т)									
XII -III	IУ	IУ-УI	УII	УIII	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)														
	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
0	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)														
	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
0	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

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Температура повітря, Тº С					Коефіцієнти корисності (%) з десятими частками (η Т)									
XII -III	IУ	IУ-УI	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 (η R)									
	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										

0 100	0 79	85 72	95 64	99 56	100 47	99 37	97 25	94 11	89 0	84
в) травень-червень, формування вегетативних органів										
0 100 200 300 400	0 100 93 74 45	71 100 91 71 41	81 100 90 69 38	87 10 0 88 66 34	91 99 86 63 30	94 98 84 60 26	96 98 82 58 22	98 97 80 55 17	99 95 78 51 12	100 94 76 48 5
Г) липень, формування генеративних органів										
0 100 200 300	0 99 78 36	74 98 75 30	85 97 71 24	91 95 68 17	95 9 64 94	97 92 60 0	99 89 56	100 87 51	100 84 46	100 81 41
д) серпень, дозрівання										
0 100 200	0 94 41	77 91 33	89 87 23	95 84 11	98 78	100 74	100 68	100 62	98 56	96 49
Степ (середньостиглості і середньопізності сорти) а) грудень-березень, передпосівний період										
0 100 200 300 400 500 600	0 95 100 93 78 54 18	55 96 100 92 76 52 12	66 97 99 90 74 49 5	73 98 99 89 72 45	79 99 98 88 69 42	83 99 97 86 67 39	86 100 97 85 65 35	89 100 96 83 62 31	91 100 95 81 60 27	93 100 94 79 57 23
б) квітень, посів-сходи										
0 100	0 70	81 59	94 47	99 33	100 14	99	96	92	86	78
в) травень-червень, формування вегетативних органів										
0 100 200 300 400	0 9 92 63 7	60 100 90 59	73 100 88 54	80 10 0 85 50	86 99 80 45	90 99 80 39	93 98 77 33	96 97 74 27	97 95 70 19	99 94 67 10
Г) липень, формування генеративних органів										

0 100 200	0 93 36	76 90 27	88 86 15	94 82 0	98 77	100 72	100 66	100 60	98 53	96 45
д) серпень, дозрівання										
0 100	0 84	78 78	90 71	96 63	99 54	100 44	99 31	97 16	94	90

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)
Вінницька обл.		Харківська обл.		Донецька обл.	
Крижопільський	0,90	Барвінківський	0,90		
Піщанський	0,90	Борівський	0,90	Середня зріджe-	
Могилів-		Великобурулуцький	0,90	ність в решті	0,90
Подільський	0,90	Зміївський	0,90	районів складає	
		Зачепилівський	0,90		
Середня		Ізюмський	0,90	Кіровоградська	
зрідженість в	0,80	Кегичівський	0,90	обл.	
решті районів		Красноградський	0,90	Середня зріджe-	
складає		Лозівський	0,90	ність в решті	0,80
		Нововодолазький	0,90	районів складає	
Черкаська обл.		Первомайський	0,90		
	0,90	Харківський	0,90	Луганська обл.	
Кам'янський	0,90				
Канівський	0,90	Середня зрідженість		Біловодський	0,90
Лисянський	0,90	в решті районів	0,80	Краснодонський	0,90
Уманський	0,90	складає			
Христинівський				Середня зріджe-	
		Полтавська обл.		ність в решті	0,80
Середня	0,80	Котелевський	0,90	районів складає	
зрідженість в		Кременчуцький	0,90		
решті районів		Оржицький	0,90	Дніпропетровськ	
складає				а обл.	
		Середня зрідженість		Середня зріджe-	
		в решті районів	0,80	ність в решті	0,90

		складає		районів складає	
Степ південний					
Область, район		(I-U)	Область, район		(I-U)
Херсонська обл.			Одеська обл.		
Бериславський		0,90	Балтський		0,90
Бєлозерський		0,90	Біляївський		0,90
Великоолександрівський		0,90	Ізмаїльський		0,90
Високопільський		0,90	Кілійський		0,90
			Комінтернівський		0,90
В решті районів середня зрідженість складає		0,80	Саратський		0,90

Продовження табл. Б.4.

Степ південний			
Область, район	(I-U)	Область, район	(I-U)
Миколаївська обл.		В решті районів середня зрідженість складає	0,80
Вознесенський	0,90		
Братський	0,90		
Баштанський	0,90		
Єланецький	0,90	Запорізька обл.	
Жовтневий	0,90	Якимивський	0,90
Первомайський	0,90	Василівський	0,90
Миколаївський	0,90	Веселівський	0,90
		Вільянський	0,90
В решті районів середня зрідженість складає	0,80	Запорізький	0,90
		Кам'янсько-Дніпровський	0,90
		Токмацький	0,90
Автономна Республіка Крим		В решті районів середня зрідженість складає	0,80
В усіх районах 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

Таблиця Б.6 – Оцінка впливу на врожайність соняшника числа днів з середньодобовою температурою повітря > 25º С (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

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	–	–	–	–	–	–	1,0 0	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.8 – Оцінка впливу на врожайність соняшника числа днів з відносною вологістю повітря ≤ 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	–

Таблиця Б.9 – Оцінка впливу числа днів з максимальною температурою повітря 30 – 35°С 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	–	–	–	–	–	–	–

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

Таблиця Б.11 – Оцінка впливу числа днів з опадами ≥ 5мм 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	–	–	–	–

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	–	–	–	–	–	–	–	–

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	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Додаток В

Таблиця В.1 – Оцінка впливу температури повітря на врожайність картоплі по зонах і періодах

Температура повітря Тº 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

Додаток В

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						
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										
Продовження табл.. В 2										
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
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							

ДОДАТОК Г

12.5.3. Вихідні дані результатів розрахунків за допомогою ПЕОМ

Виконання розрахунків по моделі проводиться після створення файлу «model1.dat» з допомогою файлу «model1.exe», який створюється на етапі розробки моделі шляхом компіляції програми моделі. Для виконання розрахунків курсор ставиться на файл «model1.exe» і виконується розрахунок.

Результати розрахунків виводяться у вигляді файлу «resalt1.dat» Він містить у собі початкову інформацію, а також результати розрахунків по програмі за кожну декаду вегетаційного періоду.

В розрахункових декадах прийнято слідуюче позначення символів:

ml – біомаса листя, г/м^2 ;
ms – біомаса стебел, г/м^2 ;
mr – біомаса коріння, г/м^2 ;
mp – біомаса репродуктивних органів (колосу), г/м^2 ;
m – біомаса всієї рослини, г/м^2 ;
LL – площа листя м^2/м^2 ;
q – сумарна сонячна радіація, кал/(см^2 д);
ts1 – ефективна температура повітря, °С;
ts2 – сума ефективних температур, °С;
fl – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, г/(м^2 д);
ksifl – функція впливу температури на фотосинтез, відн.од.;
gamf – функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез, відн. од.;
bl – ростова функція листя, відн. од.;
bs – ростова функція стебел, відн.од.;
br – ростова функція коріння, відн. од.;
bp – ростова функція репродуктивних органів (колосу), відн. од.;
afl – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;
arl – онтогенетична крива дихання, відн. од.

Результати розрахунків

Суха біомаса органів, (g/m2)

dek icyt i ml i ms i mr i mp i m i mg i

mg - urogay pri 14% wladnosti zerna, z/ga

---

i 1i 4 i 0.131 i 0.100i 0.153i 0.000i 0.395i 0.000i
i 2i 14 i 7.767 i 8.851i 3.924i 0.000i 0.383i 0.000i
i 3i 24 i 24.632 i 26.701i 11.246i 0.000i 20.542i 0.000i
i 4i 34 i 56.490 i 61.449i 25.549i 0.000i 62.579i 0.000i
i 5i 44 i 94.305 i 109.578i 46.858i 0.142i 143.487i 0.012i
i 6i 54 i145.455 i 190.517i 87.425i 2.566i 250.883i 0.219i
i 7i 65 i174.135 i 271.356i 136.157i 45.364i 425.963i 3.879i
i 8i 75 i162.627 i 253.722i 127.632i 158.660i 627.012i 13.565i
i 9i 85 i152.290 i 236.750i 118.819i 300.853i 702.641i 25.723i
i 10i 95 i141.659 i 219.214i 109.649i 376.425i 808.712i 32.184i
i 11i105 i130.118 i 200.251i 99.756i 419.494i 846.947i 35.867i

---

Площа листя, фотосинтез

---

idek icyt i LL i q i DM(g/m2)i ts2 i fl i ksifl i gamf i

i 1	i 4	i 0.20	i 358.437	i -0.012	i 20.000	i 0.000	i 0.000	i 1.00	i
i 2	i 14	i 0.35	i 358.621	i 20.160	i 100.000	i 2.298	i 0.814	i 0.98	i
i 3	i 24	i 0.69	i 356.601	i 42.037	i 220.000	i 5.252	i 0.975	i 0.94	i
i 4	i 34	i 1.33	i 403.519	i 80.908	i 340.000	i 10.993	i 0.975	i 0.89	i
i 5	i 44	i 2.08	i 461.248	i 107.395	i 410.000	i 16.049	i 0.765	i 0.84	i
i 6	i 54	i 3.11	i 452.228	i 175.081	i 510.000	i 26.485	i 0.903	i 0.80	i
i 7	i 65	i 3.68	i 428.035	i 201.049	i 741.000	i 28.326	i 0.792	i 0.76	i
i 8	i 75	i 2.91	i 398.766	i 75.629	i 991.000	i 13.083	i 0.411	i 0.76	i
i 9	i 85	i 2.22	i 362.438	i 106.071	i 1211.000	i 12.835	i 0.708	i 0.78	i
i 10	i 95	i 1.51	i 350.973	i 38.235	i 1451.000	i 4.387	i 0.514	i 0.79	i
i 11	i 105	i 0.75	i 300.982	i 2.671	i 1731.000	i 0.343	i 0.130	i 0.83	i

Ростові функції

iDEK	i CYT	i bl	i bs	i br	i bp	i afl	i arl	i W0	i
i 1	i 4	i 0.363	i 0.440	i 0.196	i 0.000	i 0.614	i 0.521	i 178.6	i
i 2	i 14	i 0.379	i 0.434	i 0.187	i 0.000	i 0.671	i 0.606	i 162.8	i
i 3	i 24	i 0.401	i 0.425	i 0.174	i 0.000	i 0.779	i 0.771	i 150.5	i
i 4	i 34	i 0.394	i 0.429	i 0.177	i 0.000	i 0.888	i 0.925	i 139.4	i
i 5	i 44	i 0.352	i 0.448	i 0.198	i 0.001	i 0.951	i 0.990	i 129.2	i
i 6	i 54	i 0.292	i 0.462	i 0.232	i 0.014	i 0.987	i 0.991	i 122.8	i
i 7	i 65	i 0.191	i 0.402	i 0.242	i 0.164	i 0.980	i 0.834	i 117.0	i
i 8	i 75	i 0.015	i 0.044	i 0.032	i 0.908	i 0.829	i 0.459	i 116.4	i
i 9	i 85	i 0.001	i 0.003	i 0.002	i 0.995	i 0.587	i 0.170	i 118.7	i
i 10	i 95	i 0.000	i 0.000	i 0.000	i 0.999	i 0.349	i 0.043	i 121.3	i
i 11	i 105	i 0.000	i 0.000	i 0.000	i 1.000	i 0.157	i 0.006	i 127.4	i

Випарування, випаровуваність

iDEK	i CYT	i Os	i Eakt	i E0r	i bp	i afl	i arl	i rad	i
i 1	i 4	i 3.7	i 9.1	i 16.4	i 0.000	i 0.614	i 0.521	i 261.3	i
i 2	i 14	i 7.1	i 22.8	i 41.0	i 0.000	i 0.671	i 0.606	i 261.3	i
i 3	i 24	i 8.5	i 20.8	i 40.7	i 0.000	i 0.779	i 0.771	i 261.4	i
i 4	i 34	i 10.9	i 22.0	i 46.5	i 0.000	i 0.888	i 0.925	i 300.0	i
i 5	i 44	i 13.3	i 23.5	i 53.7	i 0.001	i 0.951	i 0.990	i 350.7	i
i 6	i 54	i 15.2	i 21.6	i 52.5	i 0.014	i 0.987	i 0.991	i 354.5	i
i 7	i 65	i 15.5	i 21.3	i 54.5	i 0.164	i 0.980	i 0.834	i 349.5	i
i 8	i 75	i 16.9	i 17.5	i 45.9	i 0.908	i 0.829	i 0.459	i 342.3	i
i 9	i 85	i 18.2	i 15.9	i 41.5	i 0.995	i 0.587	i 0.170	i 329.6	i
i 10	i 95	i 18.2	i 15.7	i 40.0	i 0.999	i 0.349	i 0.043	i 342.4	i
i 11	i 105	i 19.9	i 13.7	i 33.9	i 1.000	i 0.157	i 0.006	i 320.5	i