

40 2
Божко Л.Ю.

АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ І ПРОГНОЗИ

Навчальний посібник

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Л. Ю. БОЖКО

**Агрометеорологічні розрахунки
і прогнози**

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

КИЇВ
КНТ
2005



ББК 40.2
Б76
УДК 63 : 551.509

Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(лист № 14/18.2-730 від 04.04.2005р.)

Рецензенти:

Завідувач кафедри рослинництва Одеського аграрного університету,
д.с.г.н., проф. В. Я. Щербаков

Начальнику відділу агрометеорології і агрометеорологічних прогнозів
Гідрометеорологічного центру Чорного і Азовського морів М. І. Заболюцька

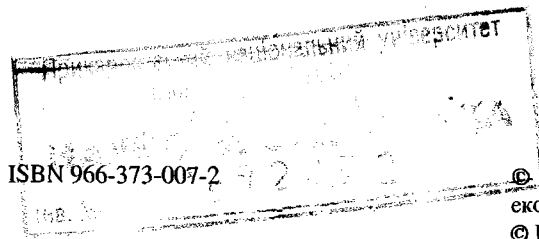
Божко Л. Ю.

Б 76 Агрометеорологічні розрахунки і прогнози: Навчальний посібник. –
Київ: КНТ, 2005. – 216с.
ISBN 966-373-007-2

У посібнику розглядаються методи складання різних видів агрометеорологічної інформації, агрометеорологічних оцінок умов вирощування сільськогосподарських культур у різних регіонах, складання агрометеорологічних прогнозів дат наступу окремих фаз розвитку рослин, умов проведення польових робіт, вологозабезпеченості сільськогосподарських культур та інше.

Посібник розрахований на студентів вузів, що навчаються за напрямом „Гідрометеорологія”, студентів сільськогосподарських вузів та працівників гідрометеорологічної служби і сільського господарства.

ББК 40.2



© Одеський державний
екологічний університет, 2005
© КНТ, 2005

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 агрометеорологічного обслуговування зростає, особливо агрометеорологічних прогнозів. Вони використовуються при розробці заходів, які забезпечують підвищення ефективності у боротьбі з несприятливими умовами погоди.

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

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

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

На основі досліджень, виконаних у цих і інших науково-дослідних установах, були розроблені кількісні методи, які дозволяють складати різні види агрометеорологічної інформації і прогнозів, які необхідні для працівників сільського господарства.

Кількісні методи агрометеорологічних оцінок та прогнозів, які зараз використовуються при агрометеорологічному обслуговуванні працівників сільськогосподарського виробництва, послужили основою для складання цього підручника.

Автор висловлює подяку О.А. Барсуковій та Т.В. Налюшніченко за допомогу при підготовці рукопису та оформленні ілюстрацій, а також О.Д. Соколенко за допомогу при редагуванні рукопису та доброзичливі поради.

Вступ

Гідрометеорологічне обслуговування народного господарства в Україні забезпечує Департамент гідрометеорології при Міністерстві екології та природних ресурсів. Йому підпорядковані обласні гідрометеорологічні центри, бюро погоди, науково-дослідний гідрометеорологічний інститут та ін. Обласні гідрометеорологічні центри керують роботою гідро- та агрометеорологічних станцій та постів.

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

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

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

Агрометеорологічне обслуговування сільськогосподарських та урядових організацій здійснюється за напрямками:

- інформаційно-довідкове обслуговування (агрометеорологічні бюлетені, агрометеорологічні довідки, огляди тощо);
- прогностичне агрометеорологічне обслуговування, яке в свою чергу поділяється на декілька груп агрометеорологічних прогнозів за їх змістом.

Всі види агрометеорологічних прогнозів умовно поділяються на чотири групи: 1 – прогнози агрометеорологічних умов розвитку та формування врожаїв сільськогосподарських культур; 2 – фенологічні прогнози (прогнози дат наступу фаз розвитку рослин); 3 – прогнози врожаїв сільськогосподарських культур; 4 – прогнози, що пов'язані з проведенням агротехнічних заходів, збиранням врожаю та зрошенням. Всі ці чотири великих групи можна розділити ще на декілька груп.

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

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

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

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

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

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

У 60-ті роки широко розвернулись дослідження по розробці методів агрометеорологічних прогнозів врожайності основних зернових культур та методів прогнозів площ загиблених та зріджених озимих посівів

(В.О. Мойсейчик), методів оптимальних режимів зрошення сільськогосподарських культур та інше.

У 70-ті роки удосконалюються вже існуючі та створюються нові методи прогнозів урожайності сільськогосподарських культур (М.С. Кулик, Є.С. Уланова, І.В. Свісюк, В.П. Дмитренко, Ш.І. Церцвадзе, Р.С. Мкртчян, К.В. Кирилічева, А.М. Польовий, Т.І. Мизіна, Н.М. Жовта). Розробляються методи прогнозу стану озимих культур восени на момент припинення вегетації.

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

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

Наукові розробки перелічених авторів стали основою для складання підручника.

1 Основні види та форми гідрометеорологічної інформації

Урядові та сільськогосподарські організації забезпечуються різними видами гідрометеорологічної інформації:

- метеорологічними прогнозами різної завчасності;
 - гідрологічними прогнозами (прогнози режиму вод річок, водоймищ та інших водних об'єктів);
 - агрометеорологічними довідками та прогнозами;
 - попередженнями про небезпечні гідрометеорологічні явища;
 - агрометеорологічними довідками про поточний стан рослин, стан зволоження ґрунту, розміри пошкодження і т. ін.;
 - рекомендаціями про диференційоване застосування агротехнічних засобів в залежності від метеорологічних умов, що склалися або очікуються;
 - агрокліматичною інформацією.
- Головні форми забезпечення споживачів агрометеорологічною інформацією:
- щоденний та щотижневий гідрометеорологічний бюлетень;
 - декадний агрометеорологічний бюлетень;
 - довідка “Основні агрометеорологічні особливості минулого місяця та їх вплив на об'єкти сільськогосподарського виробництва”
 - огляд агрометеорологічних умов за вегетаційний період;
 - огляд агрометеорологічних умов за сільськогосподарський рік;
 - агрометеорологічні щорічники;
 - агрометеорологічні прогнози, рекомендації та консультації;
 - кліматичні та агрокліматичні довідники, карти, атласи та ін.

Схема агрометеорологічного обслуговування господарських організацій на рис. 1.1.

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

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

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

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

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

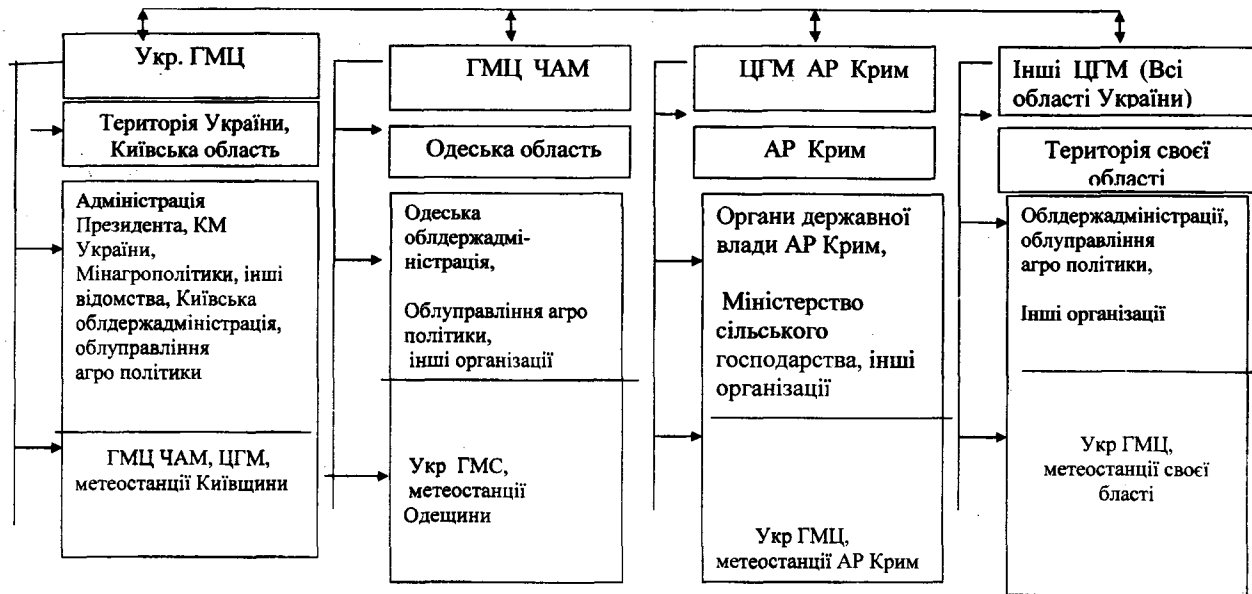


Рис. 1.1 – Блок “Агromетеорологія” (аналіз та прогнозування агromетеорологічних умов, стану і розвитку, врожайності та валового збору основних сільськогосподарських культур та обслуговування споживачів, підготовка режимно-довідкових матеріалів.

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

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

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

Агрометеорологічне обслуговування сільськогосподарських організацій може обмежуватись окремими видами агрометеорологічної інформації та прогнозів окремих видів, або агрометеорологічними рекомендаціями та прогнозами по вирощуванню груп культур. До рекомендацій входять усі існуючі види розрахунків та прогнозів по цих групах культур. Наприклад Є.С. Жуковським запропонована схема обслуговування вирощування зернових культур (табл. 1.1)

Таблиця 1.1 – Агрометеорологічні рекомендації та прогнози щодо обґрунтування вирощування зернових колосових культур

Головні види робіт у господарстві	Агротехнічні, меліоративні та організаційні заходи	Необхідні заходи та їх корегування в залежності від агрометеорологічних умов
1	2	3
Обробіток ґрунту під озими та ярі культури	Лущіння, оранка, догляд за зябом. Без відвальна оранка. Дискування. Поверхнева обробка шару багаторічних трав. Догляд за чистими парами. Передпосівна обробка ґрунту: Боронування, культивування або глибоке рихлення (лущіння або повторна оранка)	1.Прогноз строків збирання попередників з врахуванням агрометеорологічних умов літнього періоду. 2.Визначення доцільності різних заходів обробки ґрунту. Рекомендації щодо кількості та глибини весняної обробки чистих парів в залежності від опадів та вологості ґрунту. 3.Прогноз початку весняних польових робіт.
Посів кулісних культур.	Підготовка ґрунту, визначення строків та норм висіву	Оцінка та прогноз умов для сівби кулісних культур.

Продовження табл. 1.1

1	2	3
	Насіння кулісних культур.	
Визначення структури посівних площ	Коректування структури посівних площ та підбір сортів різної інтенсивності та скоростиглості	1.Обґрунтування оптимального співвідношення площ посіву озимих і ярих культур з врахуванням умов осіннього та весняного зволоження ґрунту після різних попередників. 2.Оцінка умов, що склалися та прогноз очікуваних умов, що визначають оптимальне співвідношення сортів різної інтенсивності та скоростиглості.
Сівба	Підготовка насіння до сівби. Вибір оптимальних строків норм та засобів сівби, заглиблення насіння.	1.Прогноз оптимальних строків сівби. 2.Коректування норм висіву в залежності від агрометумов. 3.Рекомендації щодо заглиблення насіння в залежності від вологості ґрунту.
Догляд за озимими культурами	Коткування ґрунту. Відвід залишку. вологи з полів.	1.Обґрунтування доцільності перед-посівного та післяпосівного коткування ґрунту в залежності від вологості та об'ємної маси орного шару ґрунту. 2.Прогноз стану озимини на припинення вегетації та на дату відновлення її.
Снігові меліорації	Снігозатримання, ущільнення снігу	1.Обґрунтування доцільності, строків та видів снігових меліорацій. 2.Прогноз та оцінка умов перезимівлі озимих культур та прогноз стану озимих на момент відновлення вегетації. Рекомендації щодо доцільності підсіву або пересіву озимих.
Підсів на ділянках пересів озимих	Сівба ярих культур, пошкоджених або загублених озимих	1.Рекомендації щодо доцільності та строках весняного боронування озимих в залежності від кількості опадів та вологості ґрунту.

Продовження табл. 1.1.

1	2	3
Догляд за посівами у весняно-літній період	Озимі. Руйнування льодяної кірки. Затримка та відведення талих вод. Весняне боронування посівів. Боротьба з бур'янами. Проріджування посівів. Заходи боротьби проти вилягання. Ярі культури. Прикочування, боронування посівів. Боротьба з бур'янами. Запобігання поляганням.	1. Рекомендації щодо доцільності та строків весняного боронування озимих в залежності від вологості ґрунту та кількості опадів. 2.Рекомендації щодо строків застосування хімічних речовин для боротьби з бур'янами в залежності від погодних умов. 3. Прогноз імовірності вилягання посівів, рекомендації щодо строків та доз внесення ретардантів та підготовки техніки до збирання. 4. Обґрунтування доцільності прикочування ґрунту в залежності від вологості та об'ємної маси орного шару.
Збирання хлібів	Підготовка техніки до збирання. Пряме та роздільне збирання. Збирання соломи.	1.Прогноз оптимальних строків початку роздільного та прямого збирання врожаю в залежності від погодних умов. 2.Обґрунтування вибору засобів збирання. Рекомендації що до доцільності прямого та роздільного збирання в залежності від умов погоди. 3.Оцінка умов просихання зерна та соломи у валках та на корінні. Оцінка тривалості та якості роботи комбайнів в залежності від погодних умов. 4.Оцінка можливих втрат зерна за метеорологічними умовами. 5.Попередження про можливість і інтенсивність проростання зерна у валках у різних сортів зернових.

Продовження табл. 1.1.

1	2	3
		<p>6.Попередження про можливість ранніх осінніх приморозків та їх вплив на врожай.</p> <p>7.Розрахунок обсягу необхідних робіт та технічних заходів для обробки зерна після збирання в залежності від погодних умов.</p>
Внесення добрив	Внесення органічних добрив під попередники. Внесення мінеральних добрив: основне припосівне, підживлення.	<p>1.Обґрунтування оптимальних доз та строків внесення основних добрив та підживлення в залежності від погодних умов.</p> <p>2.Рекомендації щодо заглиблення добрив в залежності від вологості орного шару</p>
Боротьба з хворобами та шкідниками	Застосування хімічних та агротехнічних заходів боротьби з шкідниками та хворобами зернових культур.	<p>1.Прогноз чисельності шкідників і інтенсивності хвороб в залежності від агрометеорологічних умов.</p> <p>2.Агрометеорологічне обґрунтування агротехнічних заходів для боротьби з шкідниками та хворобами.</p> <p>3.Агрометеорологічне обґрунтування термінів проведення хімічних обробок посівів. Оцінка їх ефективності.</p> <p>4.Прогноз можливих втрат врожаю від шкідників і хвороб.</p>
Зрошення.	Осінні та весняні вологозарядкові поливи. Вегетаційні поливи зернових культур.	1.Прогноз норм та строків вологозарядкових поливів, зрошувальних норм, доз та строків вегетаційних поливів у зв'язку з агрометеорологічними умовами.

Основу усіх форм агрометеорологічного обслуговування складають фактичні матеріали паралельних спостережень над метеорологічними умовами та станом сільськогосподарських культур та синоптичні прогнози погоди. Агрометеорологічне обслуговування має велике значення для сільського господарства. Значення кожного з видів обслуговування для сільського господарства буде розглядатись при викладанні видів та форм обслуговування.

Всі форми агрометеорологічного обслуговування розділяються на дві великі групи: 1) інформаційно-довідкові; 2) прогностичні форми.

2 Інформаційно-довідкове агрометеорологічне обслуговування

До інформаційно – довідкових форм агрометеорологічного обслуговування відносяться: агрометеорологічні бюлетені (щоденні, тижневі, декадні), агрометеорологічні довідки, агрометеорологічні огляди (місячний, за вегетаційний період, за сільськогосподарський рік).

Агрометеорологічні бюлетені – це постійна форма агрометеорологічного обслуговування, яка здійснюється протягом року в обласних, регіональних бюро погоди та гідрометеорологічних центрах.

Агрометеорологічні довідки складаються епізодично тільки на запити організацій на агрометеорологічних станціях та в гідрометеорологічних центрах. Найчастіше вони складаються після несприятливих явищ погоди (приморозки, посухи, суховії, сильні зливи, град та ін.).

Агрометеорологічні огляди складаються обов'язково за вегетаційний період та за сільськогосподарський рік (з 1 вересня минулого року по 31 серпня поточного року). За інші відрізки часу агрометеорологічні огляди складаються тільки на запити організацій на агрометеорологічних станціях, обласних та регіональних гідрометеорологічних центрах.

2.1 Агрометеорологічні бюлетені

Щоденні агрометеорологічні бюлетені складаються на матеріалах спостережень агрометеорологічних станцій. Тижневі та декадні агрометеорологічні бюлетені складаються в Бюро погоди або в Гідрометеорологічних центрах на матеріалах спостережень агрометеорологічних станцій, що надходять до цих організацій у вигляді щоденних та декадних агрометеорологічних телеграм.

Тижневі бюлетені вміщують огляд метеорологічних елементів за тиждень та їх вплив на стан сільськогосподарських рослин. Особлива увага при складанні тижневого бюлетеня надається екстремальним значенням метеорологічних елементів (температурі повітря, відносній вологості, опадам, сильному вітрові, зливам, заморозкам, посухам, суховіям), характеристиці їх впливу на стан сільськогосподарських культур, характеру та розмірам пошкоджень рослин, а також можливого негативного впливу на формування очікуваного врожаю.

Декадні агрометеорологічні бюлетені складаються в агрометеорологічних відділах Бюро погоди чи Гідрометеорологічних центрів. Вони складаються у перші дві доби після закінчення декади, тобто 11 – 12, 21 – 22 числа поточного та 1 і 2 числа наступного місяця (за третю декаду попереднього місяця). Декадні агрометеорологічні бюлетені складаються на основі декадних агрометеорологічних телеграм, що надходять з агрометеорологічних станцій області, регіону чи країни.

Декадні агрометеорологічні телеграми вміщують постійні та епізодичні спостереження добових та середніх за декаду значень усіх метеорологічних елементів (температури та вологості повітря, опадів, хмарності, вітру, їх екстремальних значень, наявності роси, туману, граду, злив тощо); агрометеорологічні спостереження за розвитком та зростанням рослин, їх станом, забрудненням бур'янами, пошкодженням несприятливими метеорологічними явищами, хворобами та шкідниками, за елементами продуктивності, вологозабезпеченості посівів, умовами проведення сільськогосподарських робіт тощо.

Декадний агрометеорологічний бюлетень складається з трьох розділів: 1 – метеорологічні особливості декади; 2 – агрометеорологічні особливості зростання та розвитку рослин за поточну декаду та їх вологозабезпеченість а також оцінка стану рослин; взимку – умови перезимівлі озимих культур; 3 – умови проведення агротехнічних заходів у тому числі кількість та норми зрошення, вид та кількість внесених добрив тощо. Для характеристики кожного розділу можуть складатись таблиці, графіки та картосхеми.

У першому розділі бюлетеня докладно характеризуються значення метеорологічних елементів та синоптична обстановка, що їх обумовила.

Якщо впродовж декади спостерігались екстремальні явища, то обов'язково характеризується сила та тривалість цих явищ (заморозки, суховії, посухи, сильні зливи, град тощо). Текст першого розділу може ілюструватись таблицею, в якій наводяться добові та декадні значення метеорологічних елементів. Текст також доповнюється картосхемами розподілу середньої, мінімальної і максимальної температур повітря, та опадів. Взимку на карту наносяться значення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння озимих культур та висоти снігу.

Другий розділ агрометеорологічного бюлетеня вміщує відомості про розвиток та стан сільськогосподарських культур за декаду: фази розвитку і дати їх наступу, висоту рослин на кінець декади, гущину посівів, дані про структуру врожаю, забруднення посівів бур'янами, оцінку стану рослин та характеристики умов, які викликали погіршення або поліпшення його у порівнянні з попередньою декадою. Всі характеристики подаються у порівнянні з середніми багаторічними значеннями, та за таку ж декаду минулого року. Обов'язково звертається увага в тексті на наявність екстремальних погодних умов та характеристику змін рослин, що викликані цими умовами. Визначаються розміри пошкоджень та пропонуються пропозиції щодо заходів по поліпшенню стану рослин, їх підсіву або пересіву.

Детально характеризуються умови вологозабезпеченості посівів як за значеннями запасів продуктивної вологи у різних шарах ґрунту під різними культурами, так і за значеннями вологозабезпеченості, розрахованої за методом С.О. Веріго [1, 2, 3].

Розрахунок вологозабезпеченості (V) за методом С.О. Веріго виконується за формулою:

$$V = \frac{E_{\phi}}{E_{оп}} \cdot 100 \quad (2.1)$$

де E_{ϕ} – сумарне випаровування за декаду, мм;

$E_{оп}$ – випаровуваність за декаду, мм.

Сумарне випарування за декаду розраховується за будь-якою із існуючих формул. Найчастіше розрахунки виконуються за скороченою формулою водного балансу:

$$E_{\phi} = (W_{п} + x) - W_{к} \quad (2.2)$$

де $W_{п}$ – запаси продуктивної вологи на початок декади, мм;

x – сума опадів за декаду, мм;

$W_{к}$ – запаси продуктивної вологи на кінець декади, мм.

Потреба рослин у воді прирівнюється до значення випаровуваності, розрахованої будь-яким методом. Найчастіше випаровуваність розраховується за формулою А.М. Алпатєва [5]:

$$E_{оп} = k \cdot \Sigma d \quad (2.3)$$

де k – біологічний коефіцієнт випаровування, безрозмірний;

Σd – сума нестачі насичення повітря вологою, мм.

Текст другої частини бюлетеня також доповнюється таблицями, графіками, картами. Наприклад, карта строків сівби ярих зернових культур по області т. ін. Крім того, другий розділ доповнюється ще й таблицею або картосхемою значення запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами за декаду в шарах ґрунту 0 – 20, 0 – 50, 0 – 100 см. Восени таблиця замінюється картосхемою запасів продуктивної вологи під озимими культурами. Влітку, коли культур багато, складаються таблиці значень запасів продуктивної вологи під основними групами культур.

В останній час таблиці часто замінюють картосхемами, тому що вони більш інформативні.

Картосхеми будуються за таким принципом: на карту наносяться значення середньої за декаду, мінімальної та максимальної температур для кожного пункту спостережень. Потім проводяться ізотерми. Якщо по території температура не дуже різко змінювалась, то ізотерми проводяться за загальними правилами через 1°C . Якщо ж температура по території відрізняється більше чим на 5°C , то ізотерми проводяться через 2°C .

Ізотерми середньої температури – суцільна лінія, мінімальної та максимальної температур – пунктири різного характеру. Ізотерми на обрізі карти обов'язково підписуються.

Складання карт опадів (у теплу пору року) виконується так: на карту біля пунктів спостережень наносяться значення сум опадів за декаду. Проводиться аналіз цих сум і вони розбиваються на градації. Наприклад, по території області випадало від 5 до 25 мм опадів за декаду. Розбивається сума опадів з градацією у 5 мм, тобто: 0 – 5 мм; 6 – 10 мм; 11 – 15 мм; 16 – 20 мм; 21 – 25 мм. Якщо ж розбіжність у сумах опадів буде більшою, то межі градацій збільшуються. За градаціями на карті проводиться штрихова розмітка території по сумах опадів за декаду. Така карта дозволяє наглядно виявити райони з різною кількістю опадів, та визначити райони надмірного та недостатнього зволоження.

За таким же принципом будуються карти запасів продуктивної вологи. За значеннями запасів вологи найчастіше навесні будуються карти для шару 0 – 20 см, у подальший період розвитку культур – для шару 0 – 100 см. Якщо на території значні площі відводяться під овочеві культури, картоплю або цукрові буряки, то у такому випадку будуються карти за значеннями запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 50 см.

У третьому розділі декадного агрометеорологічного бюлетеня характеризується вплив погодних умов на проведення сільськогосподарських робіт (сівба, збирання, обробка посівів) та агротехнічних заходів (внесення добрив, зрошення, боротьба з виляганням, боротьба з шкідниками та хворобами тощо).

Декадні агрометеорологічні бюлетені щодакдно надсилаються організаціям і відомствам за завчасно складеними списками. Приклад декадного бюлетеня наводиться у додатку А.

2.2 Агрометеорологічні огляди

Ще одним видом інформаційного агрометеорологічного обслуговування є агрометеорологічні огляди. Вони можуть складатись за окрему декаду, окремий міжфазний період розвитку сільськогосподарських культур, в цілому за вегетаційний період та за сільськогосподарський рік. Агрометеорологічні огляди складаються на запити організацій і відомств та містять характеристику агрометеорологічних умов розвитку однієї культури, групи сільськогосподарських культур, або всіх культур, за якими проводяться спостереження на території обслуговування.

Агрометеорологічні огляди за вегетаційний період та сільськогосподарський рік є обов'язковою формою агрометеорологічного обслуговування і складаються після закінчення вегетаційного періоду або сільськогосподарського року.

Інші агрометеорологічні огляди складаються тільки на запити організацій або окремих осіб.

Вимоги до агрометеорологічних оглядів в цілому зводяться до того, що в огляді повинна бути чітка відповідь на запит, на який складається огляд. Взагалі ж в оглядах чітко характеризуються погодні умови за визначений період та їх вплив на ріст і розвиток сільськогосподарських культур та проведення агротехнічних заходів.

Якщо огляд складається за вегетаційний період (з початку сівби до кінця збирання культур), або сільськогосподарський рік (з першого вересня минулого року до 31 серпня поточного року) то в текстах таких агрометеорологічних оглядів обов'язково характеризуються умови проведення сівби сільськогосподарських культур, тривалість періоду сівби. Потім характеризуються погодні умови вегетаційного періоду або сільськогосподарського року та їх вплив на розвиток та формування врожаю однієї чи всіх культур, а також тривалість та умови збирання врожаю.

Всі відомості подаються у порівнянні з середніми багаторічними даними. Особлива увага звертається на несприятливі для сільського господарства погодні умови, та характеристику збитків. Тексти агрометеорологічних оглядів необхідно ілюструвати таблицями та картами для більшої виразності характеристики погодних умов та їх впливу на розвиток сільськогосподарських культур. В таблицях розміщують середні характеристики метеорологічних елементів та їх порівняння з середніми багаторічними даними. Карти будують за термінами сівби по території, термінами настання фаз розвитку провідних сільськогосподарських культур, запасами продуктивної вологи теж під провідними сільськогосподарськими культурами, то що.

В огляді за сільськогосподарський рік обов'язково звертається увага на умови зимівлі озимих культур та розміри їх пошкоджень, які викликані несприятливими умовами зимівлі (відсутність снігу, або значна товщина його – більше 30 см, мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушніня, глибина промерзання ґрунту, тривалість залягання снігу на полях, тривалість періоду танення снігу і таке ін).

В агрометеорологічних оглядах також подається досить докладна характеристика погодних умов у період збирання врожаю, тому що від погодних умов цього періоду у великій мірі залежать величини його втрат. Особлива увага при цьому приділяється характеристиці опадів, їх кількості та кількості днів з опадами більше 1 мм та більше 5 мм.

Тексти агрометеорологічних оглядів повинні бути складені чітко і лаконічно, без можливостей подвійного формулювання виразів та підтверджуватись посиланнями на таблиці та карти, що додаються до тексту. Вимоги до складання карт такі ж як і при складанні агрометеорологічних бюлетенів.

Агрометеорологічні огляди, що складаються на запити організацій, розсилаються тільки на запити. Агрометеорологічні огляди за вегетаційний період та за сільськогосподарський рік є обов'язковою формою агрометеорологічного обслуговування і тому розсилаються так як і агрометеорологічні бюлетені, за списками постійних організацій.

3. Розрахунок термінів сівби сільськогосподарських культур

3.1 Розрахунок термінів сівби озимої пшениці та озимого жита

Розвиток озимих культур восени залежить від агрометеорологічних умов від сівби до припинення вегетації. Агрометеоролог повинен обґрунтувати терміни сівби озимих культур з тим, щоб вони закінчили вегетацію у стані кушіння 3 – 6 пагонів.

Методика прогнозу термінів сівби озимих культур, агрометеорологічних умов їх розвитку до припинення вегетації розроблена Є.С. Улановою [6] для Європейської території країн СНД. Для України методика термінів сівби озимих розроблена В.П. Дмитренком та І.Г. Грушкою [13], для Білорусі – Л.К. Пятівською [15, 16].

Для озимих культур оптимальними термінами сівби вважаються такі, за яких у рослин на припинення вегетації спостерігається 3 – 5 пагонів, дуже ранніми – ті, за яких озимі закінчують вегетацію з кущистістю 6 пагонів і більше, дуже пізніми – терміни, за яких озимі на припинення вегетації залишаються в стані сходів або на початку кушіння.

Головними агрометеорологічними показниками, які визначають розвиток озимих восени, є температура повітря і вологість ґрунту.

Є.С. Улановою розроблено два методи визначення термінів сівби озимих культур: а) для районів доброго осіннього зволоження ґрунту, до яких відносяться райони з запасами вологи у шарі 0 – 20 см більше 25 мм; б) для районів недостатнього зволоження ґрунту – з запасами вологи в орному шарі за вказаний період менше 25 мм.

В умовах достатнього зволоження ґрунту вирішальне значення для зростання та розвитку озимих має температура повітря і ґрунту. У зв'язку з цим у районах достатнього зволоження для визначення термінів сівби, сходів, початку кушіння і міри кущистості використовуються суми ефективних температур вище 5° С, встановлені О.О. Шіголевим [9, 10]:

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

При недостатньому зволоженні ґрунту восени терміни наступу фаз розвитку озимих культур залежать від температури повітря та запасів вологи у орному шарі ґрунту. Є.С. Улановою були знайдені залежності тривалості у днях періодів "сівба – сходи" від зволоження ґрунту за

температури вище 14° С (табл. 3.1) та сходи-кушіння від вологості у шарі ґрунту 0 – 20 см та середньої температури (табл. 3.2) повітря.

Таблиця 3.1 – Залежність тривалості періоду сівба-сходи від запасів вологи у шарі ґрунту 0 – 20 см

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

Таблиця 3.2 – Залежність тривалості періоду "сходи-кушіння" 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 – кушіння", °С												
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
10			30	28	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	13	12	12	12	
30	25	23	20	17	15	13	12	10					
35	25	23	20	17	15	13	10						

Очікувані запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту розраховуються за методом С.О. Веріго (рис. 3.1) або за відповідними рівняннями:

для чорноземних ґрунтів

$$Y = -0,19t + 0,44b - 0,22c \quad (3.1)$$

для опідзолених ґрунтів

$$Y = -0,23t + 0,53b - 0,24c \quad (3.2)$$

де Y – 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.

Поправки на температуру для різних шарів ґрунту у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – 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	

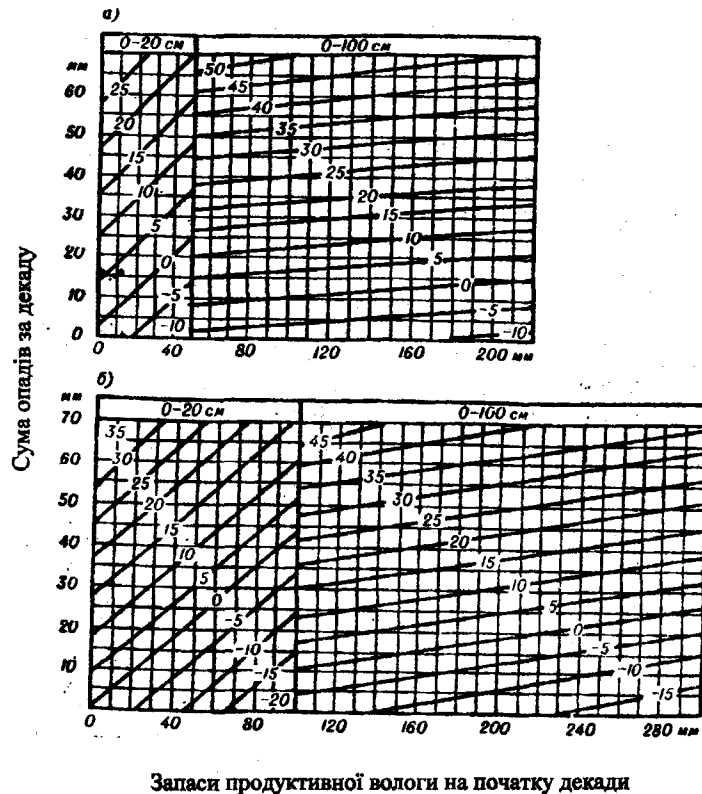


Рис. 3.1 – Зміна запасів ґрунтової вологи в шарах ґрунту 0 – 20 та 0 – 100 см у період осінньої вегетації:
а – під озимую пшеницею в зоні чорноземних ґрунтів;
б – під озимими культурами в зоні підзолистих ґрунтів.

Розрахунки виконуються окремо для районів доброго зволоження та для районів недостатнього зволоження ґрунту.

У районах достатнього зволоження терміни сівби озимих розраховуються за сумами ефективних температур, які підраховуються від дати припинення вегетації. За дату припинення вегетації приймається дата стійкого переходу температури повітря через +5° С восени. У районах з добрим зволоженням ґрунту терміни сівби визначаються за сумами ефективних температур.

Пізній термін сівби визначається за сумою ефективних температур 119° С для жита та 134° С для озимої пшениці. Сума температур підраховується від дати припинення вегетації у сторону літніх місяців. Дати накопичення вказаних сум температур будуть відповідати пізньому терміну сівби, бо озимі закінчують вегетацію в фазі третього листка, тобто нерозкущеними.

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, закінчують вегетацію перерослими, з кущистістю більше 6 пагонів.

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

Дата початку кушіння 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 кушіння 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 кушіння розраховується дата появи сходів для оптимального та раннього термінів сівби за даними табл. 3.2. Для визначення тривалості періоду кушіння-сходи запаси продуктивної вологи беруть середні за 2 – 3 декади від кушіння в сторону літніх місяців. Визначена тривалість міжфазного періоду віднімається від дати початку кушіння 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. 3.1 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 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. Спочатку визначається з синоптичного прогнозу погоди очікувана температура повітря в осінні місяці та розраховується дата припинення вегетації озимих культур восени. Для цього необхідно знайти дату 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 по сумах ефективних температур від першого листопаду в сторону літніх місяців. Сума ефективних температур 200° С накопичується 5 вересня, 300° С – 26 серпня. Таким чином, оптимальні терміни сівби у Рівненській області з 26 серпня по 5 вересня. З 16 серпня 26 серпня – надмірно ранні строки сівби, з 5 вересня по 15 вересня – надмірно пізні.

3.2 Розрахунок оптимальних термінів сівби озимих в Україні

Метод прогнозу оптимальних термінів сівби озимих культур в Україні розроблено в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті В.П. Дмитренко та І.Г. Грушкою [6].

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 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 – кушіння.

Авторами методу були розраховані оптимальні терміни сівби озимих культур майже для всієї території України (табл.3.4).

Таблиця 3.4 – Оптимальні терміни сівби в Україні

№ п/п	Станція	Дата оптимального терміну сівби	№ п/п	Станція	Дата оптимального терміну сівби
1	Ніжин	29. VIII	15	Берегове	1. IX
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	Затиншля	8. IX
9	Хмельницький	11. IX	23	Одеса	17. IX
10	Вінниця	30. VIII	24	Базарянка	19. IX
11	Озерна	1. VX	25	Баштанка	3. IX
12	Гребінка	27. VIII	26	Асканія Нова	14. IX
13	Полтавка	2. IX	27	Мелітополь	8. IX
14	Приколотне	19. VIII	28	Клепініно	1. IX

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 її відхилення. За розрахованими значеннями відхилень температури повітря визначається перша поправка з табл. 3.5.

За графіками С.О. Веріго (рис. 3.1) або формулами (3.1 та 3.2) розраховуються для кожної декади очікувані запаси продуктивної вологи. Потім за період "сходи – кушіння" визначаються середні запаси продуктивної вологи у орному шарі ґрунту.

За середніми значеннями вологи у період сходи – кушіння визначається друга поправка (Δ_2) з табл. 3.6. Потім розраховується сумарна поправка.

Таблиця 3.5 – 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	-13	-9	-5	1	4	8	11	14	20	24	26

Таблиця 3.6 – 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

$$\Delta = \Delta_1 + \Delta_2 \quad (3.3)$$

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

Приклад. Розрахувати терміни сівби озимої пшениці в районі Хмільника Вінницької області (район доброго зволоження) восени. Прогноз складається наприкінці серпня. Запаси вологи в орному шарі на 30 серпня становлять 32 мм. Середній багаторічний оптимальний термін сівби

по ст. Хмільник визначається з карти (рис. 2.1) або з табл. 3.5. Це буде 30 серпня. Середня багаторічна температура за серпень – 20,5° С; середня багаторічна дата припинення вегетації на ст. Хмільник визначається із агрокліматичного довідника – це буде 29 жовтня. У поточному році, для якого складається прогноз, середня температура за серпень буде 21,5° С. Перехід температури повітря через 5° С (припинення вегетації) очікується 15 листопада. Таким чином, відхилення температури повітря становитиме 21,5 – 20,5 = 1° С, а відхилення дати переходу температури повітря через 5° С від середньої багаторічної становитиме 16 днів (з 29 жовтня по 15 листопада). За таких відхилень поправка до середніх багаторічних термінів сівби становитиме 13 днів (табл. 3.5). Середина періоду сходи – кушіння прийде на 19 вересня (30 серпня плюс 20 днів). Очікувані запаси продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 20 см на цю дату розраховуються за методом С.О. Веріго і становлять 15 мм. Поправка на запаси вологи визначається з табл. 3.6 і становить 3 дні. Таким чином, сумарна поправка до середнього багаторічного терміну сівби у поточному році буде 10 днів (13 – 3 дні), а оптимальним терміном сівби на ст. Хмільник буде 9 вересня (до 30 серпня додається 10 днів).

3.3 Розрахунок оптимальних термінів сівби озимих культур у Білорусі

Метод прогнозу розроблено Л.К. Пятівською [15]. Він засновується на тісному зв'язку між оптимальними термінами початку сівби озимих культур з середньою температурою повітря за осінній період (з 25 серпня по 20 жовтня). Л.К. Пятівською шляхом статистичної обробки багаторічних спостережень знайдені рівняння залежності дат оптимальних термінів (Y) сівби від середньої температури повітря за осінній період (t_0):

$$Y = 10,04t_0 - 0,26t_0^2 + 163,58 \quad (3.4)$$

Крім того, встановлено, що існує досить тісний зв'язок між середньою температурою повітря за вересень (x) та датою закінчення сівби озимих культур (Y):

$$Y = 15,65x - 0,52x^2 + 141,96 \quad (3.5)$$

Для складання прогнозу оптимальних термінів сівби озимих у Білорусі необхідно з синоптичного прогнозу погоди визначити очікувану температуру, розрахувати середню за період з 25 серпня по 20 жовтня та визначити їх з рівняння (3.4). При цьому отриманий результат необхідно відрахувати від першого січня року, для якого ведуться розрахунки.

Приклад. Необхідно розрахувати оптимальні терміни сівби озимих культур у Гродненській області Білорусі. Для цього з синоптичного прогнозу погоди визначається очікувана температура повітря. Потім підраховується середня температура за період з 25 серпня по 20 жовтня. Для визначення середньої температури за вказаний період сума температур ділиться на кількість днів у періоді від 25 серпня до 20 жовтня – вона становить 10° С. За рівнянням (3.4) визначається оптимальний термін сівби. Це буде 26 серпня. Термін закінчення сівби визначається за рівнянням (3.5) – 5 вересня.

4 Фенологічні прогнози

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

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

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

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

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

4.1 Наукові основи методів фенологічних прогнозів

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

Багатьма дослідженнями [9 – 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, що необхідні для зростання та

розвитку рослин часто не співпадають. Рослини досить довго можуть рости, але залишатися на одній і тій же фазі розвитку.

Швидкість настання більшості фаз розвитку рослин (тобто появи нових морфологічних ознак) у значній мірі залежить від температури навколишнього середовища. Ще Т.Д. Лисенко [9] встановив:

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

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

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

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

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

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

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

B – біологічний нуль, °C;

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

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

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

О.О. Шіголев [9, 10], використовуючи формулу Т.Д. Лисенко, запропонував розраховувати очікувані дати настання фаз розвитку за формулою:

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

де D – очікуваний термін настання послідувочої фази;

D_1 – дата настання попередньої фази розвитку;

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

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

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

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

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 про те, що при високій температурі повітря відхилення розрахованої дати від фактичної менше, ніж при низькій температурі. Це говорить про те, що в періоди з високими температурами прогнози фаз розвитку можна складати з більшою завчасністю.

Л.М. Бабушкін [11] запропонував формулу для розрахунку швидкості розвитку рослин:

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

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

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

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

4.2 Прогноз настання фаз розвитку озимих культур (жито, пшениця)

4.2.1 Прогноз стану озимих культур на припинення вегетації восени

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

Як встановлено дослідженнями Є.С. Уланової та А.Я. Грудєвої [6, 17, 18] кушіння 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 кустистості при достатньому зволоженні ґрунту та знайдені статистичні залежності темпів кустистості (Y) від сум позитивних температур за період кушіння (x):

- 1) найменша інтенсивність – у озимої пшениці сортів Безоста 1, Білоцерківська 198 та Лютеценс 230:

$$Y = 0,0085x + 1,0 \quad (4.5)$$

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

$$Y = 0,01x + 1,0 \quad (4.6)$$

- 3) середня інтенсивність кушіння – у озимого жита сортів Саратовське, Харківське та Безенчукське:

$$Y = 0,01x + 2,0 \quad (4.7)$$

- 4) найбільша інтенсивність кушіння – у озимої пшениці сортів Миронівська 808 та Миронівська 264:

$$Y = 0,017x - 0,45 \quad (4.8)$$

У випадку недостатнього зволоження орного шару ґрунту (запаси вологи менше 20 мм) залежності відповідно мають вигляд:

для сортів пшениці Безоста 1, Білоцерківська 198, Миронівська 808 та 264:

$$Y = 0,0041x + 1,4 \quad (4.9)$$

для сортів озимої пшениці Одеська 3 і 12 та озимого жита Безенчукське:

$$Y = 0,005x + 1,5 \quad (4.10)$$

для озимого жита сорту Лисиціна:

$$Y = 0,0065x + 1,0 \quad (4.11)$$

Краще всього переносять умови зимівлі озимі культури у стані кустистості 3 – 6 пагонів. Озимі у фазі сходів, третього листка а також кустистості більше 6 пагонів зимують значно гірше.

Оцінка та прогноз агрометеорологічних умов осіннього періоду і стану озимини на припинення вегетації (перехід температури повітря через 5°C) практично зводяться до визначення фаз розвитку озимих культур за тими ж залежностями, що і визначення дат сівби. Тільки у цьому випадку фази розвитку розраховуються від фактичних дат сівби або тих фаз, з яких починається розрахунок фаз розвитку.

Окрім очікуваної кустистості восени також визначається оцінка стану озимих культур за показниками, розробленими С.О. Веріго (табл. 4.1 та 4.2).

Таблиця 4.1 – Середні оцінки¹ стану сходів озимих культур при різних значеннях запасів вологи

Зона	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.

Таблиця 4.2 – Зміна балової оцінки стану озимих в залежності від запасів вологи після сходів

Середні за декаду запаси продуктивної вологи, мм								
1 - 5	6-10	11-15	16 - 20	21-25	26 -30	31-35	36-40	41-50
-1,0	-0,5	-0,3	-0,2	0	0	0,2	0,5	0,5

Стан озимини на припинення вегетації як на окремих полях, так і на великих територіях областей, економічних районів, республік також визначається через кількість рослин на один m^2 . Як встановлено дослідженнями, А.Я. Грудєвої, найтісніший зв'язок площі озимих культур восени у поганому стані спостерігається з кількістю рослин на m^2 . Як уже було сказано вище, кількість рослин на один m^2 на припинення вегетації залежить від запасів продуктивної вологи в орному шарі і добре характеризує загальний стан посівів як на конкретних полях так і на великих площах. Було знайдено статистичні залежності між середньою по області кількістю рослин на один m^2 (u) та середніми по області значеннями запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту (w):

для України, Молдови і Північного Кавказу:

$$u = 178,68 + 21,735w - 0,459w^2 \quad (4.12)$$

для центральних чорноземних областей та Поволжя

$$u = 109,20 + 22,015w - 0,352w^2 \quad (4.13)$$

для нечорноземної зони

$$u = 117,35 + 22,29w - 0,361w^2 \quad (4.14)$$

Якщо середні по області запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту становлять 30 – 35 мм, то стан посівів буває добрим (400 – 500 рослин на m^2) Таким чином, на дату сівби (засіяно 20% площі) можна розрахувати гушину посівів та визначити їх стан на припинення вегетації. Залежність розмірів площі (у відсотках від посівної) з поганим станом озимини восени від середньої по області кількості рослин на m^2 для різних зон можна розрахувати за рівняннями (табл. 4.3)

Приклад. Розглянемо складання прогнозу для Чернігівської області. В декаду початку сівби озимих культур (засіяно біля 20% площі) розраховуються середні запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту, вони становлять 20 мм.

Підставляється це значення у рівняння (4.12):

Таблиця 4.3 – Залежність стану озимих культур від кількості рослин на m^2 .

Територія	Рівняння	Номер рівняння
Нечорноземна зона	$S_0 = -0,061u + 32,208$	(4.15)
Центральна чорноземна зона та Поволжя	$S_0 = -0,07u + 34,64$	(4.16)
Молдова та південні райони України	$S_0 = -0,0218u + 102,38$	(4.17)
Інші райони України та Північний Кавказ	$S_0 = -0,103u + 51,17$	(4.18)

Примітка. В рівняннях S_0 – площа озимих (%) з поганим станом на припинення вегетації; u – кількість рослин на m^2 на припинення вегетації.

$$u = 178,68 + 21,735 \cdot 20 - 0,459 \cdot 400 = 429,8$$

Потім розраховується значення S_0 за рівнянням (4.18) з табл. (4.3):

$$S_0 = -0,103 \cdot 429,8 + 51,17 = 7\%.$$

Після визначення стану озимих на припинення вегетації складається текст прогнозу, в якому характеризуються агрометеорологічні умови сівби і осінньої вегетації озимих культур та очікувана кущистість рослин.

4.2.2 Прогнози дат настання фаз розвитку озимих культур після відновлення вегетації

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

Після виходу у трубку швидкість настання послідовних фаз розвитку рослин залежить головним чином від температури повітря. Тому для наступу фаз колосіння та воскової стиглості були встановлені постійні суми ефективних температур для більшості сортів озимого жита та озимої пшениці. О.О. Шіголевим були встановлені суми ефективних температур

для озимого жита: від виходу в трубку до колосіння – 183° С; від колосіння до цвітіння – 144° С; від цвітіння до молочної стиглості – 225° С; від молочної до воскової стиглості – 175° С.

Для озимої пшениці для більшості сортів О.О. Шіголев 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; та від виходу у трубку до воскової стиглості – 757° С. Суми ефективних температур від колосіння до цвітіння для озимої пшениці не встановлені, так як 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 з синоптичного прогнозу погоди.

Слід відзначити, що вказані суми температур дійсні тільки для Європейської частини СНД, для інших територій для розрахунків дат настання фаз розвитку озимих культур вони повинні бути встановлені окремо.

Приклад. Розрахувати дату воскової стиглості озимої пшениці сорту Безоста 1 на ст. Фастів Київської області. Розрахунки в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Приклад розрахунку дат настання воскової стиглості озимої пшениці

Станція Фастів, Безоста 1

Дата коло- сіння	Температура повітря							Сума ефективних температур	Очікувана дата воскової стигlosti
	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

4.3 Прогнози фаз розвитку ранніх ярих культур

4.3.1 Прогнози фаз розвитку ярої пшениці, ячменю, вівса

Оптимальною температурою, за якої тривалість початкових міжфазних періодів ранніх ярих культур буває найменшою, є температура 15 – 20° С. Зі зменшенням температури швидкість розвитку

уповільнюється. У природних умовах перші фази розвитку ярих культур проходять при температурах нижче оптимальних, тому що сівба цих культур проводиться у більшості районів з наступом температури повітря 4 – 7° С.

Ярі зернові культури (яра пшениця, овес, ячмінь) сіють майже одночасно і початкові фази свого розвитку вони проходять синхронно. О.О. Шіголевим встановлено, що від сівби до сходів та від сходів до кушіння ярих культур, як і для озимих, необхідна сума ефективних температур 67° С. У подальшому розвитку культур ці суми вже значно відрізняються. О.О. Шіголевим визначені суми ефективних температур по міжфазних періодах усіх зернових культур (табл. 4.5).

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

Як і для озимих культур, для ярих встановити суми ефективних температур від кушіння до виходу у трубку досить складно, бо швидкість настання цієї фази залежить не тільки від температури повітря, вологості ґрунту, але і від світлових умов. Тому у ярих зернових найчастіше 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.

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

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

Таким же чином розраховуються очікувані дати фаз розвитку ячменю та вівса. Суми ефективних температур по міжфазних періодах визначаються з табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Суми ефективних температур, необхідні для періодів репродуктивного розвитку зернових культур

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

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

4.4 Прогноз дат настання фаз розвитку гороху

Розробка щодо визначення термічних показників проводилась М.З. Івановою-Зубковою [33, 34] для Європейської частини СНД і Д.П. Федюшиною для Казахстану [35]. Цими авторами були отримані суми

температур, необхідні для настання основних фаз розвитку гороху (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Суми ефективних температур, необхідні для настання основних фаз гороху

Казахстан

Міжфазний період	Біологічний мінімум	Сума ефективних температур
Сівба – сходи	3	110
Сходи – цвітіння	11	250
Цвітіння – дозрівання	9	290

Європейська частина СНД

Міжфазний період	Суми температур	
	середньостиглі	Пізньостиглі
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 для Європейської частини Союзу Незалежних Держав. При цьому за біологічний мінімум прийнято температуру 5° С.

Приклад. Розрахувати дату цвітіння гороху на ст. Любашівка. Дата сходів 20.V. Очікувана температура повітря на III декаду травня – 14° С; I червня – 15,2° С; II червня – 17, 6° С. В = 5° С. $\Sigma t_{\text{эф.}} = 250^{\circ}\text{C}$.

$$\Sigma t = (14 - 5) \cdot 11 + (15,2 - 5) \cdot 10 + (17,6 - 5) \cdot 4 = 251^{\circ}\text{C}$$

Таким чином, цвітіння гороху настане 24 червня.

4.5 Прогноз врожаю 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 агрометеорологічному аспекті ця культура вивчена слабо і методик прогнозу врожайності гороху до теперішнього часу по території України немає.

В Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті А.А. Левенко [37] розроблена методика прогнозу середніх по області значень врожайності і валового збору гороху. Виробничі випробування методики проведені Українським УГКС на матеріалах за 1986 – 1995рр. За їх результатами Технічною радою Українського УГКС 26.12.1995р. 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. Середня виправданість 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

$$y_n = y_T + \kappa_0^j \cdot k_n \quad (4.19)$$

де y_n – врожайність, долучена шляхом екстраполяції кривої тренда;

κ_0^j – коефіцієнт, що враховує вплив метеорологічних умов на врожайність даного року по відношенню до врожайності еталонного року ($j = 1, 2, 3$ – номер зони);

k_n – значення тренда модулів відхилення врожайності від її тренда в ц/га. За еталонний при розробці методики був вибраний 1988р.

В цій схемі коефіцієнт κ_0^j для кожної з названих вище зон розраховується за формулами:

для зони 1

$$\kappa_0^1 = \kappa_{ог}^1 + \Delta_{1г}^1 + \Delta_{2г}^1 + \Delta_{3г}^1 + \Delta_{4г}^1 + \Delta_{5г}^1, \quad (4.20)$$

для зони 2

$$\kappa_0^2 = \kappa_{ог}^2 + \Delta_{1г}^2 + \Delta_{2г}^2 + \Delta_{3г}^2 + \Delta_{4г}^2 + \Delta_{5г}^2, \quad (4.21)$$

для зони 3

$$\kappa_3 = \kappa_{ог}^3 \quad (4.22)$$

де $\kappa_0^1, \kappa_0^2, \kappa_0^3$ – середні значення коливання врожаю відповідно для зон 1, 2 і 3 в залежності від сум температур не менше 15° С за період квітень – перша декада червня включно;

$\Delta_{1г}^1, \Delta_{2г}^1, \Delta_{3г}^1, \Delta_{4г}^1, \Delta_{5г}^1$ – 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;

$\Delta_{1г}^2, \Delta_{2г}^2, \Delta_{3г}^2, \Delta_{4г}^2, \Delta_{5г}^2$ – 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 $\kappa_{ог}^1, \kappa_{ог}^2, \kappa_{ог}^3$ – приведені в таблиці 4.4 і визначаються за сумами ефективних температур не менше 15° С за період квітень – перша декада червня, другі елементи формул (4.6) і (4.7) – з табл. Б.1.

Рівень врожаю з в рахунком тренду y_T і величина його коливання κ_0 визначаються з аналізу рядів динаміки врожайності так:

врожайність відноситься до нестационарних випадкових величин, тобто з часом змінюється її рівень, а також значення відхилень від нього. Тому необхідно відокремлення як тренду врожайності y , так і тренду цих відхилень κ_0 . Для надійного визначення цих величин потрібні ряди врожайності не менше 15 років.

Порядок отримання вхідних параметрів моделі (4.23) розглянемо на прикладі Луганської області. Вихідні дані і результат розрахунків приведені у табл. Б.1.

В першій строчці табл. Б.1 ряд врожайності y з 1974 до 1990 роки. Для полегшення виділення тренду врожайності проводиться згладжування ряду за формулою

$$y_1^1 = \frac{y_1 + 2y_{1+1} + 4y_{1+2} + 2y_{1+3} + y_{1+4}}{10} \quad (4.23)$$

де $i = 1, 2, 3, \dots, n-4$; n – число членів вихідного ряду;

$j = i+2$ – порядкове місце запису згладжуваної величини в рядку врожайності з n елементів; де $j = 3, 4, \dots, n-2$.

Якщо дати величині i значення 1, тоді перше згладжене значення

$$y_3^1 = \frac{8,8 + 8,6 \cdot 2 + 19,6 \cdot 4 + 8,8 \cdot 2 + 8,3}{10} \frac{\text{ц}}{\text{га}} = 13,0 \frac{\text{ц}}{\text{га}}$$

запишеться у стовпчик 1976 року. Потім $i=2$ - отримається

$$y_4^1 = \frac{8,6 + 19,6 \cdot 2 + 8,8 \cdot 4 + 8,3 \cdot 2 + 14,7}{10} \frac{\text{ц}}{\text{га}} = 11,4 \frac{\text{ц}}{\text{га}}$$

і запишеться в стовпчик з даними за 1977 рік та т. ін. до $i = n - 4$

$$y_5^1 = \frac{19,1 + 22,8 \cdot 2 + 20,5 \cdot 4 + 4,1 \cdot 2 + 23,5}{10} \frac{\text{ц}}{\text{га}} = 17,8 \frac{\text{ц}}{\text{га}}$$

запишеться в стовпчик з даними за 1988 рік.

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:

$$y_{n-1}^1 = \frac{y_m^1 \cdot 2 + y^1 - y^1}{2} \quad (4.24)$$

так як

$$y_n^1 = \frac{y_{n-1}^1 \cdot 2 + y_{n-2}^1 - y_{n-4}^1}{2}, \quad (4.25)$$

$$y_{16}^1 = \frac{17,8 \cdot 2 + 17,9 - 13,4}{2} \frac{\text{ц}}{\text{га}} = 20,0 \frac{\text{ц}}{\text{га}} \quad \text{і}$$

$$y_{17}^1 = \frac{20,0 \cdot 2 + 17,8 - 17,2}{2} \frac{\text{ц}}{\text{га}} = 20,3 \frac{\text{ц}}{\text{га}},$$

потім y_{16}^1 записується в стовпчик 1979 р., а y_{17}^1 - в 1980р.

Таким чином, методом заглажуваної середньої (дивись формули (4.23 - 4.25) і розрахунки до них) отриманий заглажуваний ряд значень y^1 наноситься на графік часового ходу і з'єднується відрізками прямих. По заглаженому часовому ході врожайності y^1 проводиться плавна середня лінія (лінія тренду) таким чином, щоб плаці, створені ломаною і пальною лінією, вище і нижче лінії були б приблизно однаковими (аналогічно проведенню гістограм часового ходу температури повітря). Значення, відповідні лінії тренду y_t , приводяться в 3-й строчці табл. Б.6.

Різниця значень 1 і 3-ї строчок дає відхилення врожайності від її тренду,

$$\kappa_i = y_i - y_{ti}, \quad (4.26)$$

значення яких представлені в 4-й строчці табл. Б.6. Будується графік динаміки абсолютних відхилень врожайності від її тренду $|\kappa_i|$, а потім для них аналогічно описаному вище, знаходиться тренд коливання κ_c , його значення приведені в 5-й строчці табл. Б.6.

Приклад виконання розрахунків при складанні прогнозу

Розрахунок врожайності гороху на 1990 рік по Полтавській області.

Знаходиться з табл. Б.6. значення тренда врожайності $y_t = 21,8$ ц/га і тренда коливання $\kappa_c = 6,4$ ц/га. При прогнозі ці величини знаходяться шляхом екстраполяції за ходом кривої тренда на рік вперед.

Так як Полтавська область відноситься до другої зони, то для розрахунку κ_0^i використовується формула (4.20), початковими даними є фактичні:

- 1) суми ефективних температур не менше 15°C за період квітень - перша декада червня включно $\Sigma T \geq 15^\circ \text{C} = 37^\circ$;
- 2) середня по області температура повітря за травень $t_2 = 12,0^\circ \text{C}$, першу декаду червня $t_3 = 16,1^\circ \text{C}$ і за квітень $t_1 = 6,7^\circ \text{C}$;
- 3) середні по області продуктивні запаси вологи в мм шарі ґрунту 0-20 см за квітень $W_1 = 45$ і в шарі 0-100 см за травень $W_2 = 180$ мм.

З табл. Б.1 по $\Sigma T \geq 15^\circ \text{C} = 37^\circ$ знаходиться значення $\kappa_{0t}^i = 0,09$, а за іншими даними з табл. Б.2 поступово знаходиться, що

$$\Delta_{1t}^2 = 0,10 \text{ (за } t_2 = 12,0^\circ)$$

$$\Delta_{2t}^2 = -0,17 \text{ (за } t_1 = 6,7^\circ)$$

$$\Delta_{4t}^2 = -0,10 \text{ (за } W_1 = 45 \text{ мм)}$$

$$\Delta_{3t}^2 = 0,17 \text{ (за } t_3 = 16,1^\circ)$$

$$\Delta_{5t}^2 = -0,20 \text{ (за } W_2 = 180 \text{ мм)}$$

За формулою (4.20) $\kappa_0^2 = 0,09 + 0,10 - 0,17 + 0,17 - 0,10 - 0,20 = -0,11$ і за формулою (4.19) $y_n = (21,8 - 0,11 \cdot 6,4) \text{ ц/га} = (21,8 - 0,7) \text{ ц/га} = 21,1 \text{ ц/га}$

Фактична врожайність склала 21,3 ц/га. Помилка розрахунку -0,2 ц/га.

Прогноз валового збору гороху складається за формулою:

$$Y_0 = y_n \cdot S \quad (4.27)$$

Посівна площа склала в 1990 р. $S = 100$ тис. рослин/га, тоді прогноз валового урожаю - $Y_0 = 2,11 \cdot 100 \text{ тис.т.}$ Фактично валовий урожай склав $2,13 \cdot 100 = 213 \text{ тис.т.}$

4.6 Прогнози фаз розвитку пізніх ярих культур

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

4.6.1 Прогноз фаз розвитку кукурудзи

Метод прогнозу дат настання фаз розвитку кукурудзи розроблено Ю.І. Чирковим [31] і засновується він на зв'язку темпів розвитку кукурудзи з термічним режимом. Найчастіше у виробництві для кукурудзи розраховуються дати викидання волоті, молочної та воскової стиглості. Ю.І. Чирковим встановлено, що різні за скоростиглістю сорти кукурудзи вимагають різних сум ефективних температур. Для кукурудзи властиві особливості, що різні за скоростиглістю сорти мають різну кількість листків. Кількість листків на головній стебліні у кукурудзи є сортовою відзнакою.

Між кількістю листків, що утворюються на стеблі кукурудзи та сумою температур (вище 10°C) за період утворення цих листків існує тісний зв'язок. Середня сума ефективних температур за один міжлисточковий період становить $30^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Тривалість періоду утворення листків у кукурудзи розраховується за рівнянням:

$$n = \frac{30(N+1)}{C(t-10)} \quad (4.28)$$

де n – тривалість періоду, дні;

N – кількість міжлисточкових періодів;

t – середня температура періоду, °C;

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

Таблиця 4.7 – Залежність поправочного коефіцієнту (C) від середньої температури повітря (t_{cp})

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

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

Для усунення впливу баластних температур Ю.І. Чирковим було розроблено поправочний коефіцієнт C (табл. 4.7).

4.6.2 Прогноз дати настання фази викидання волоті

Суми ефективних температур до дати настання фази викидання волоті розраховані Ю.І. Чирковим починаючи з утворення будь-якого листка (табл. 4.8).

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

Таблиця 4.8 – Сума ефективних температур (°C), необхідна для настання фази викидання волоті з врахуванням появи листків

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

Кількість закладених листків у залежності від сорту визначається з табл. 4.9.

Дату викидання волоті також можна розрахувати за формулою:

$$D = D_1 + \frac{30(\alpha + 1)}{c(t - 10)} \quad (4.29)$$

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

α – кількість міжлисточкових періодів. Інші позначки у формулі (4.29) ті ж, що і у формулі (4.28).

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

Таблиця 4.9 – Кількість листків у сортів кукурудзи різної скоростиглості

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

Приклад. Скласти прогноз настання дати викидання волоті на ст. Гуляй Поле. Сорт – гібрид Вір – 42. На перше липня утворилось 11 листків. У гібрида ВІР – 42 утворюється 18 листків до викидання волоті. Згідно табл. 4.8 сума температур, необхідна для появи волоті становить 240°C . За синоптичним прогнозом у першій декаді липня очікується середня температура 23°C , у другій – 21°C , у третій – 20°C . З врахуванням поправок (табл. 4.7) сума ефективних температур за дев'ять днів першої декади становитиме:

$$\begin{aligned} &0,93 (23 - 10) \times 9 = 109^\circ \text{C}, \\ &\text{за другу декаду} \\ &0,98 (21 - 10) \times 10 = 108^\circ \text{C} \\ &\text{за третю декаду} \\ &1,0 (20 - 10) \times 11 = 110^\circ \text{C} \end{aligned}$$

Всього до кінця липня накопичиться 327°C , тобто на 87°C більше, ніж необхідно для настання фази. Для визначення дати накопичення суми температур 240°C 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.

4.6.3 Прогноз дат настання фаз молочної та воскової стиглості кукурудзи

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

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

$$n = 0,6t - 0,15W + 4,4 \quad (4.30)$$

В практичній роботі для визначення періоду викидання волоті – поява ниток користуються графіком (рис. 4.1).

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

$$n = 42,5 - 0,6t \quad (4.31)$$

Зручніше його визначати з графіка (рис. 4.2) за даними середньої температури повітря за 10 – 15 днів після появи ниток. Температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

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

Приклад. Гібрид ВІР – 42 (середньопізній), фаза викидання волоті 25 липня. За синоптичним прогнозом середня температура повітря наприкінці липня становитиме 21°C , у першій декаді серпня – 21°C , у другій декаді

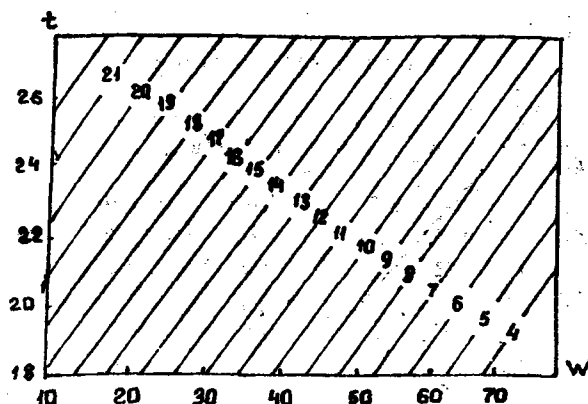


Рис. 4.1 – Залежність тривалості періоду викидання волоті – поява ниток початку кукурудзи від середньої температури та вологості ґрунту

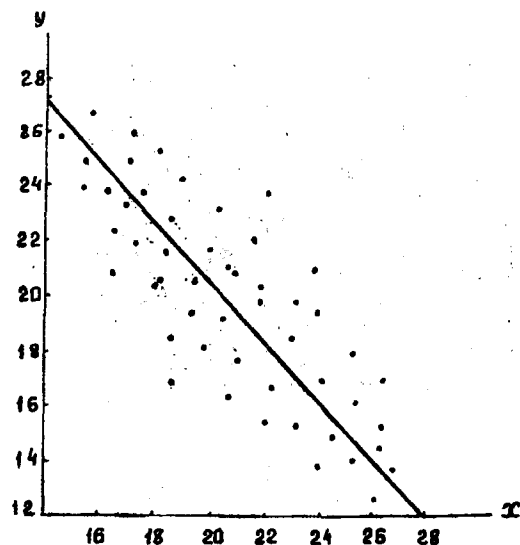


Рис. 4.2 – Залежність періоду поява ниток – молочна стиглість від Середньої температури повітря.

серпня – 19° С, у третій – 14° С. З врахуванням поправок на температуру за період з 26 липня по 31 серпня накопичиться сума ефективних температур:
 $0,98(21-10) \times 6 + 0,98(21-10) \times 10 + 1,0(19-10) \times 10 + 1,0(14-10) \times 11 = 307^{\circ} \text{C}$.

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

4.6.4 Прогноз дат настання воскової стиглості кукурудзи

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

$$n = \frac{\sum t_{>10}}{(t - 10) \cdot C} \quad (4.32)$$

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

t – середня температура повітря.

Термін настання фаз воскової стиглості розраховується також за сумами ефективних температури (табл. 4.10).

З прогнозу погоди визначається очікувана середня температура повітря після настання фази викидання волоті і по табл. 4.10 визначається необхідна для воскової стиглості сума температур.

Таблиця 4.10 – Суми ефективних температур за період викидання волоті – воскова стиглість

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

Приклад. Розрахувати дату настання воскової стиглості кукурудзи середньостиглого сорту. Дата викидання волоті спостерігалась 20 липня, молочної стиглості – 14 серпня. З синоптичного прогнозу погоди очікується середня температура повітря: на третю декаду липня 22° С, на серпень – 19° С, на першу декаду вересня 18° С. З табл. 4.10 визначається сума ефективних температур, яка необхідна для настання воскової стиглості. Для середньостиглих сортів вона становить 400°С. Розрахунок виконується:

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

Таким чином, воскова стиглість кукурудзи настане 31 серпня.

4.7 Методи прогнозів фаз розвитку овочевих культур

В основу методів прогнозу основних фаз розвитку овочевих культур покладено врахування впливу температури повітря на темпи розвитку культур шляхом підсумовування ефективної температури повітря вище біологічного 0. Суми температур необхідні для настання тих чи інших фаз розвитку були встановлені для томатів – Т.О. Побетовою [23], В.П. Краснянською [21], Х.М. Абдуллаєвим [38, 39], для солодкого перцю – Л.Ю. Божко [27], для баклажанів – М.О. Пихтінню [28], капусти – Х.М. Абдуллаєвим. Найчастіше прогнозуються дати стиглості томатів, перцю, баклажанів, а у капусти – дати завивання качану та технічна стиглість.

4.7.1 Прогноз дати стиглості томатів

Метод розроблено Т.О. Побетовою. У виробництві відомі три фази стиглості томатів: зелена, бланжова та повна. Розрахунки дат настання фаз розвитку томатів виконуються від фази утворення суцвіть. Суми температур, що необхідні для дозрівання томатів різної міри стиглості у табл. 4.11. Біологічний мінімум томатів становить 15° С.

Таблиця 4.11 – Суми ефективних температур (°С) вище 15° С, необхідні для різних фаз стиглості скоростиглих та середньостиглих сортів томатів

Міжфазний період	$\Sigma t_{\text{эф}} > 15^{\circ}\text{C}$
Утворення суцвіть – зелена стиглість	100
Утворення суцвіть – бланжова стиглість	200
Утворення суцвіть – повна стиглість	300

Завчасність прогнозу 1,5 – 2 місяці. Найкращу виправданість має прогноз повної стиглості. У районах з невисокою середньою температурою повітря краще підсумовувати середні за добу температури ніж середні за декаду.

Прогноз складається після утворення суцвіть на першій квітковій гілочці, за 35 – 50 днів до повної стиглості.

Таблиця 4.12 – Суми ефективних температур (вище 15° С) за декаду при різних значеннях середньої температури

Середня декадна температура, °С	Сума ефективних t за декаду, °С	Середня декадна температура, °С	Сума ефективних t за декаду, °С	Середня декадна температура, °С	Сума ефективних t за декаду, °С	Середня декадна температура, °С	Сума ефективних t за декаду, °С
18,0	30	16,6	17	15,0	9	13,5	3
17,9	30	16,4	16	14,9	8	13,4	3
17,8	29	16,3	16	14,8	8	13,3	3
17,7	28	16,2	15	14,7	7	13,2	3
17,6	27	16,1	14	14,6	7	13,1	2
17,5	26	16,0	14	14,5	6	13,0	2
17,4	25	15,9	13	14,4	6	12,9	2
17,3	24	15,8	13	14,3	6	12,8	2
17,2	23	15,7	12	14,2	5	12,7	2
17,1	22	15,6	11	14,1	5	12,6	2
17,0	21	15,5	11	14,0	4	12,5	1
16,9	20	15,4	10	13,9	4	12,4	1
16,8	19	15,3	10	13,8	4	12,3	1
16,7	18	15,2	9	13,7	4	12,2	1
16,6	17	15,1	9	13,6	3	12,1	0

Для складання прогнозу необхідні відомості про фактичні дати настання утворення суцвіть та фактичний і очікуваний температурний режим. Очікувана температура розраховується з синоптичного прогнозу погоди.

У районах з невисокою середньою температурою (15° С і нижче) значна помилка між розрахованою та фактичною датами може бути із-за недоврахування тепла внаслідок осереднення температур.

Вже за середньої температури повітря 12° С відбувається накопичення сум ефективних температур вище 15° С за рахунок денних максимумів. У цих випадках користуються табл. 4.12, в якій наводяться суми ефективних

температур вище 15° С за декаду в залежності від середньої за декаду температури повітря.

Приклад. Скласти прогноз дати настання бланкової стиглості томатів для ст. Суми. Томати сорту Маяк були висаджені у ґрунт 23 травня у фазі утворення суцвіть. Прогноз настання бланкової стиглості складається 30 червня. Для розрахунку дати бланкової стиглості наростаючим підсумком визначались суми ефективних температур вище 15° С з початку утворення суцвіть до 30 червня. Після 30 червня з синоптичного прогнозу погоди визначалась середня температура за липень, вона становила 20,3° С. Сума ефективних температур від дати утворення суцвіть до дати складання прогнозу 30 червня становила 86° С. У липні за один день накопичується сума ефективних температур 5° С (20 – 15). Якщо із суми 200° С (сума необхідна для настання бланкової стиглості) вилучити 86° С (сума ефективних температур на момент складання прогнозу), то залишок становитиме 114° С. Це сума температур, що необхідна для настання бланкової стиглості від моменту складання прогнозу. Ця сума розділяється на 5 і отримані 23 дні додаються до 30 червня. Таким чином, бланкова стиглість настане 21 – 22 липня.

За такою ж схемою розраховуються дати настання зеленої та повної стиглості томатів.

4.7.2 Прогноз настання фаз розвитку солодкого перцю

Перець відзначається підвищеними вимогами до тепла та вологи і вимоги ці досить специфічні. Тому поля солодкого перцю розташовані переважно у теплих степових районах України, Молдови, Північного Кавказу. На Європейській території країн СНД північна межа вирощування солодкого перцю обмежується ізотермою сум температур 2200° С. Особливі вимоги до тепла пред'являє культура у період від бутонізації до цвітіння та впродовж 20 днів після дати настання масового цвітіння. У солодкого перцю, як і у баклажанів на одній рослині одночасно спостерігаються бруньки, відкриті квіти, зав'язь та плоди, що знаходяться у різній мірі дозрівання.

Культура вирощується переважно на зрошувальних полях. Без зрошування, або з частковим зрошенням солодкий перець вирощується в районах з сумою опадів за вегетаційний період більше 350 – 370 мм. Біологічний мінімум розвитку солодкого перцю складає 13 – 15° С. На основі багаторічних фенологічних спостережень та спостережень за температурою повітря були визначені суми ефективних температур для настання кожної фази (табл. 4.13).

При розрахунках дат настання фаз розвитку необхідно зазначити, що добра виправданість прогнозу буде в тому разі, якщо зріст розсади складав > 45 днів.

Таблиця 4.13 – Суми ефективних температур по міжфазних періодах розвитку солодкого перцю (> 15° С)

Сорти	Від висадки в ґрунт до цвітіння	Від цвітіння до технічної стиглості	Від технічної стиглості до останнього збору
Ранні	104	120	260
Середньостиглі	150	140	290
Пізньостиглі	170	160	410

Якщо зріст розсади менше 45 днів, то розрахунок цвітіння виконується за формулою:

$$z = -11,64x - 0,38y + 279,7 \quad (4.33)$$

де z – тривалість періоду від висадки розсади у ґрунт до цвітіння, дні;

x – середня температура за період, °С;

y – зріст розсади, дні.

Помилка рівняння $\pm 2 - 3$ дні.

При розрахунках наступних фаз розвитку зріст розсади не враховується.

Прогноз дат настання фаз розвитку солодкого перцю складається за схемою:

1. Виписуються із щорічників: – дати настання попередніх фаз розвитку; сорти солодкого перцю, фактична температура повітря до дати складання прогнозу; прогноз погоди на місяць; середні багаторічні дані: фази розвитку, температура повітря.
2. Розраховується очікувана температура повітря із синоптичного прогнозу за загальною схемою.
3. Підраховуються суми температур (табл. 4.13), необхідні для настання очікуваної фази розвитку відповідно сорту солодкого перцю.
4. Порівнюються розраховані дати з середніми багаторічними фазами розвитку.
5. Складається текст прогнозу.

За такою ж схемою по сумах температур складаються прогнози дат настання фаз розвитку баклажанів та капусти.

Для баклажанів біологічний мінімум також 15° С, для капусти – 6° С.

4.8 Методи прогнозів фаз розвитку плодів культур

4.8.1 Теоретичні положення

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

Прогноз цвітіння плодів було розроблено одним із перших. О.О. Шіголевим [9, 10] були отримані показники швидкості розвитку плодів дерев, які відображались сумами температур.

У плодів дерев час настання фази цвітіння добре співпадає з часом накопичення певних сум ефективних температур (табл. 4.14).

Таблиця 4.14 – Суми ефективних температур (вище 5°С) від початку вегетації до цвітіння плодів культур

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

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

Окрім сум температур, складання прогнозу цвітіння плодів культур виконується також за формулою, яку запропонував Л.Н. Бабушкін [10]:

$$n = \frac{\Sigma t_{>5}}{(T - 5)} \quad (4.34)$$

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

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

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

Слід зауважити, що навесні, коли складається прогноз цвітіння плодів, в окремих дні середня температура повітря може бути нижче 5° С. Тому суми ефективних температур у такому випадку визначаються з табл. 4.15.

Таблиця 4.15 – Суми ефективних температур (вище 5°С) за декаду при різних значеннях середньої декадної температури повітря

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

Допустима помилка прогнозу ± 4 дні.

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

Для розрахунку імовірності припинення заморозків на дату цвітіння плодів необхідно знати середню багаторічну дату припинення заморозків для даного району та коефіцієнти для різних значень імовірності. Коефіцієнти розраховані (а) І.А. Гольцберг [40] (табл. 4.16).

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

Таблиця 4.16 – Значення коефіцієнтів (а) (за І.А. Гольцберг)

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

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

очікувані дати цвітіння з датами припинення заморозків різної імовірності, отримують імовірність припинення заморозків на цвітіння.

4.8.2 Методи прогнозу термінів настання основних фаз розвитку винограду

Основні розробки щодо прогнозування дат настання фаз розвитку винограду виконанні у Закавказькому науково-дослідному гідрометеорологічному інституті Ш.І. Церцвадзе [36] та його послідовниками. Ці розробки засновані на врахуванні теплозабезпеченості території. Прогнозування дат настання фаз розвитку винограду йде двома шляхами: шляхом набору необхідної суми активних температур та шляхом набору необхідної суми балів.

Використовуючи положення Т.Д. Лисенка та О.О. Шульгіна про те що тривалість міжфазних періодів залежить від термічного режиму, Ш.І. Церцвадзе визначив термічні показники у вигляді сум активних температур вище 10° С, необхідних для настання фаз розвитку винограду найбільш поширених пізньостиглих сортів Ркацителі і Цицка (табл. 4.17).

Дослідження показали, що суми температур можуть змінюватись, особливо в роки з підвищеним температурним режимом. При підвищенні температури повітря розвиток рослин прискорюється але тільки до певної межі, а потім – уповільнюється.

Ш.І. Церцвадзе встановлено, що оптимальною температурою розвитку винограду є 25° С.

Таблиця 4.17 – Суми активних температур, що необхідні для проходження міжфазних періодів винограду

Фаза розвитку	Суми температур, °С	
	Ркацителі	Цицка
Набухання бруньок – початок цвітіння	830	850
Набухання бруньок – кінець цвітіння	1050	1030
Кінець цвітіння	220	180
Початок цвітіння – стиглість	2400	2780

Для отримання більш стійких показників Ш.І. Церцвадзе запропонував оцінювати температуру повітря у балах (табл. 4.18, 4.19) і визначив суми балів, необхідних для настання тієї чи іншої фази розвитку.

Таблиця 4.18 – Оцінка температури повітря у балах

Середня температура, °С	Оцінка у балах	Середня температура, °С	Оцінка у балах
8 – 10	0,5	25,1 – 30,0	1,5
10,1 – 15,0	1,0	30,1 – 35,0	1,0
15,1 – 20,0	1,5	35,1 – 40,0	0,5
20,1 – 25,0	2,0		

Розрахунок дат настання основних фаз розвитку винограду за сумою балів виконується за формулою:

$$D = D_{1+v} - \frac{v_1}{v_2} \quad (4.35)$$

де D_1 – дата складання прогнозу;

v – середня сума балів, необхідна для проходження міжфазного періоду;

v_1 – накопичена сума балів на дату складання прогнозу;

v_2 – оцінка у балах очікуваної температури повітря.

Крім того, Ш.І. Церцвадзе та А.Ф. Снопко встановлено залежність між датами переходу температури повітря вище визначеної межі і початком цвітіння, дозрівання та початком збору ягід.

Авторами розроблені залежності між датами переходу температури повітря через 15° С навесні (D_1) і початком цвітіння винограду (D).

Таблиця 4.19 – Сума балів, необхідна для проходження міжфазних періодів винограду

Міжфазний період	Суми балів	
	Ркацителі	Цицка
Набухання бруньок – цвітіння	70	74
Початок цвітіння – кінець цвітіння	20	14
Початок цвітіння – стиглість	204	250

Ці формули мають вигляд:

$$D = D_1 + 30 \quad (4.36)$$

а також залежності між датами дозрівання і збору ягід і датою переходу температури повітря через 20° С (D_1).

для Західної Грузії

і Північного Кавказу

$$D = D_1 + 125 \quad (4.37)$$

для Картлі $D = D_1 + 98 \quad (4.38)$

для Кахетії $D = D_1 + 98 \quad (4.39)$

За отриманими залежностями пропонується прогнозувати дати настання початку і кінця цвітіння та дозрівання ягід винограду.

Розроблені також методи прогнозу набухання бруньок, утворення суцвіть, цвітіння та дозрівання винограду в умовах Узбекистану. Методи розроблені С.П. Анікеевою та І.Г. Сабініною на основі температурних показників Л.Н. Бабушкіна [11].

4.8.3 Методи прогнозу термінів настання початку дозрівання винограду

За основу методів прогнозів настання фаз розвитку винограду використано забезпеченість вегетаційного періоду винограду теплом. В цілому найчастіше складається прогноз термінів дозрівання винограду.

Метод цього прогнозу розроблено Т.І. Турманідзе та Н.Б. Бідзінашвілі. При розробці його за основу взято роботу Ф.Ф. Давітая [22, 36] по прогнозуванню теплозабезпеченості вегетаційного періоду.

Авторами методу встановлені залежності тривалості періоду розпукування бруньок – початок дозрівання від дати розпукування бруньок та тривалості періоду розпукування бруньок – кінець цвітіння, а також від сум середніх добових значень температури за цей період. Т.І. Турманідзе та Н.Б. Бідзінашвілі шляхом статистичної обробки матеріалів спостережень отримані рівняння регресії для розрахунку початку дозрівання ягід для більшості стандартних сортів для основних виноградарських районів Грузії та Північного Кавказу (табл. 4.20).

Таблиця 4.20 – Рівняння регресії для прогнозу дати початку дозрівання винограду

Райони	Рівняння
Західна Грузія (від 20.02)	$y = -1,38x + 219,2$
Кахетія (від 20.03)	$y = -0,868x + 156,0$
Сангорі (від 20.03)	$y = -1,03x + 145,6$
Месхеті і Картлі (від 10.08)	$y = -1,21x + 170,5$
Рага, Лечхумі (від 20.03)	$y = -1,23x + 174,8$

де y – очікувана дата початку дозрівання, від 20 лютого;

x – кількість днів до розпускання бруньок.

Прогноз складається у 2 етапи.

На першому етапі за вказаними рівняннями розраховується очікувана дата початку дозрівання.

На другому етапі використовуються дані дат наступу фази "кінця цвітіння". Розраховується тривалість періоду "розпускання бруньок – кінець цвітіння" і підраховується сума середньої за дату температури повітря. Це уточнюючий прогноз. Дату настання початку дозрівання ягід на другому етапі розраховують за рівняннями (табл. 4.21).

Таблиця 4.21 – Рівняння регресії для розрахунку початку дозрівання винограду

Райони	Рівняння
Західна Грузія	$z = 1,28x - 0,016y + 88,8$
Кахетія	$z = 1,19x + 0,02y + 57,8$
Сангорі	$z = 1,82x - 0,03y + 51,9$
Месхеті і Картлі	$z = 1,71x - 0,054y + 81,3$
Рага, Лечхумі	$z = 1,2x - 0,02y + 36,3$

де z – дата початку дозрівання ягід;

x – тривалість періоду розпукування бруньок – кінець цвітіння;

y – сума температур за той же період.

Прогноз складається наприкінці цвітіння, в червні. Тобто його завчасність 2 – 2,5 місяці.

Приклад. Скласти прогноз дозрівання винограду у 2003 р. Дата розпукування бруньок 24 квітня. Підраховується кількість днів від 20 березня до 24 квітня. Це становить 35 днів. Підставляється кількість днів (35) у друге рівняння табл. 4.20:

$$y = -0,868 \cdot 35 + 156,0 = 126.$$

Тобто очікувана тривалість періоду від розпускання бруньок до початку дозрівання становить 126 днів. Початок дозрівання настане 27 серпня.

4.8.4 Методи прогнозів строків цвітіння сіяних та лугових трав

Визначення строків цвітіння трав має велике виробниче значення, так як в період цвітіння починається збирання трав на сіно. Трави – конюшина,

люцерна, еспарцет на початку цвітіння; тимофіївка, лисохвіст та інші – на початку колосіння дають найбільш цінне за харчовими якостями сіно. Пізніше – трави грубішають, гублять харчову цінність, а покіс погано відростає і не дає подальших укосів. Тому дуже важливо знати дати настання цвітіння трав.

Вимоги трав до температурного режиму неоднакові. Показниками потреб трав у теплі є суми температур за період відновлення вегетації – цвітіння. Біологічний мінімум розвитку трав – 5° С. У залежності від комплексу погодних умов вегетаційного періоду і різної агротехніки суми температур змінюються для різних трав і навіть для однієї і тієї ж трави.

Крім того, є трави одноукісні – пізньостиглі і ранньостиглі – двоукісні. До таких відноситься конюшина.

Велика різноманітність сортів (місцевих та селекційних) викликає великі труднощі у встановленні конкретних показників, які б або мало змінювались, або зовсім не змінювались.

Таблиця 4.22 – Суми ефективних температур від початку вегетації до початку цвітіння бобових трав

Райони	Суми ефективних температур вище 5°С
Одноукісна конюшина	
Північний Захід Росії, Білорусь, Республіка Балтії	400 – 430
Захід України	430 – 450
Центральна чорноземна і нечорноземна зони, південно-східні райони Білорусі, північ України	450 – 470
Одноукосна конюшина	
Північні райони Росії	430 – 450
Республіка Балтії і центральна нечорноземна зона Росії, північно-західні області	520 – 610 (місцеві сорти 550°)
Центральні чорноземні райони	ранні – 550 середньостиглі – 580 пізньостиглі – 620
Люцерна	
На ЕЧ СНД	
Сорти: Херсонська	400
Слов'янська	430
Синя гібридна	450
Манигська	475
В середній Азії	620
Еспарцет	300

Дослідженнями А.М. Могильової, А.В. Дев'яткової та Н.В. Савинського встановлені значення сум ефективних температур за період від відновлення вегетації до початку для одноукосних та двоукосних сортів конюшини, люцерни синьої. Для еспарцету ці суми встановлені І.Г. Сабініною та Р.І. Осокіною [51, 53, 54, 55] (табл. 4.22).

Злакові трави – тимофіївка, типчак, луговий лисохвіст, тонконіг луговий та інші найчастіше зустрічаються на суходолах, низинних та повоневих луках.

Для злакових трав найбільш раціональні строки сінокошу співпадають з датами колосіння – цвітіння. Оскільки трави майже завжди зустрічаються в суміші, то строки їх цвітіння залежать від переважності виду трави у травостой, від типу луків та умов погоди.

Дослідженнями А.М. Могильової встановлено, що якщо на полі переважно тимофіївка, то цвітіння настає при сумі ефективних температур вище 5° С – 470° С; якщо переважає типчак луговий, то – 450°, тонконіг луговий або трясинця збірна – 400° С, лисохвіст – 350° С.

Суми температур для цвітіння злакових трав на низинних луках на 30 – 50° С більше, ніж на суходолах.

4.8.5 Техніка складання прогнозу цвітіння трав

Техніка складання прогнозу строків цвітіння сіяних і лугових трав однакова. Завчасність складає від 20 до 30 діб.

1. Для складання прогнозу необхідно виписати фактичні дані:

- фактичні дати відновлення вегетації, або дату переходу середньої за добу температури повітря через 5° С наверх;
- ознайомитися з синоптичним прогнозом погоди і визначити очікувану температуру повітря;
- визначити сорти трав, які складаються переважно більшість (%);
- визначити з табл. 4.22 суми температур, які необхідні для початку цвітіння трав.

2. Від дати відновлення вегетації, починаючи з наступного дня підраховується сума ефективних температур. До дати складання прогнозу підрахунок виконується за фактичними даними температури повітря, після дати складання прогнозу – за очікуваними. Підрахунок проводиться до дати, поки не набереться сума температур, необхідна для цвітіння трав. Якщо прогноз погоди відсутній, то розрахунки виконуються за значеннями середньої багаторічної температури повітря (табл. Б.7).

4.9 Прогноз перезимівлі багаторічних трав в Україні

Перезимівля багаторічних трав залежить від агрометеорологічних умов, які складаються у зимовий період, та від стану рослин перед припиненням вегетації.

Питання перезимівлі багаторічних трав складніше, ніж перезимівлі озимих культур. Окрім посівів поточного року є посіви минулих (2 – 3) років сівби. Розвиток і біологічний стан таких рослин різко відрізняється. Крім того, на них накладається вплив погоди різних років теплої і холодної пори.

Зрідженість посівів і загибель рослин взимку спостерігається внаслідок вимерзання, вимокання, випрівання, витискання та льодової кірки. Стійкість рослин до цих факторів у польових умовах проявляється у дії сполучених їх або в результаті дії одного фактора.

На території України багаторічні трави займають 7 % загальної площі орної землі. У кормовому балансі країни питома вага їх значна – вони займають 25 % площі всіх кормових культур. В останні роки площі під кормовими травами в Україні постійно збільшуються.

Агрометеорологічні умови вирощування багаторічних кормових трав вивчені недостатньо. Найбільш широко освітлене це питання в роботах Г.І. Страшної [33, 34]. Але її дослідження виконані в основному для районів Росії. Недостатнє вивчення агрометеорологічних умов вирощування кормових трав та їх перезимівлі пов'язані з відсутністю матеріалів спостережень.

Наукові дослідження по розробці методів оцінки перезимівлі багаторічних трав на Україні виконували В.М. Лічкакі та І.Г. Грушка [51]. Їх дослідження стали основою при розробці методу прогнозу умов перезимівлі багаторічних трав.

Для розрахунку зрідженості (Р) кормових багаторічних трав на протязі зими І.Г. Грушка запропонував модель:

$$P = 100 \cdot K \quad (4.40)$$

$$K = \begin{cases} \frac{e^{-\left(\frac{T_{\min}-a_2}{a_1}\right)^2} - \left(\frac{T-a_4}{a_3}\right)^2}{1} & \text{при } t_{\min} > a_2 \text{ та } t > a_4 \\ 1 & \text{інакше} \end{cases}$$

T_{\min} та T – мінімальна та середня з мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см за зиму;

$a_1 - a_4$ – емпіричні параметри, визначаються з табл. 4.23

Таблиця 4.23 – Параметри $a_1 - a_4$

Культури	П а р а м е т р и				Помилка розрахунку
	a_1	a_2	a_3	a_4	
Люцерна	-0,427	-18,0	-0,911	-9,8	2,2 %
Конюшина	-0,986	-12,4	-0,788	-5,1	2,6 %

Таблиця 4.24 – Залежність зрідженості конюшини (%) від мінімальної (T_{\min}) та середньої з мінімальних (T) температур на глибині 3 см за період перед складанням прогнозу.

Мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см	Середня за зиму з мінімальних температур / T_{\min} /										
	-3,2	-3,4	-3,6	-3,8	-4,0	-4,2	-4,4	-4,6	-4,8	-5,0	-5,2
-10,0	0	0	0	0	0						
-10,2	0	0	0	0	0	0					
-10,4	0	0	0	0	0	1	1				
-10,6	0	0	0	0	1	1	2	3			
-10,8	0	0	0	1	1	2	4	5	7		
-11,0	0	0	0	1	2	4	7	10	12	14	
-11,2	0	0	1	2	3	6	11	16	21	23	100
-11,4	0	0	1	2	5	10	17	25	32	36	100
-11,6		0	1	3	7	14	24	35	46	51	100
-11,8			2	4	10	19	32	47	60	68	100
-12,0				5	12	23	39	58	74	83	100
-12,2				6	14	25	44	65	84	94	100
-12,4					14	28	47	69	88	99	100
-12,6						100	100	100	100	100	100

Розрахунки за моделлю складні, тому для прискорення їх розроблені робочі табл. 4.24 та табл. 4.25. При користуванні таблицями слід пам'ятати, що по горизонталі розташовані значення середньої з мінімальних температур за зиму (T), по вертикалі – мінімальна температура на глибині 3 см (T_{\min}). На перетині двох ліній знаходиться величина зрідженості багаторічних трав. Так, при середній з мінімальних температур $t = -4,6^\circ\text{C}$ та мінімальній температурі ґрунту на глибині 3 см $-11,8^\circ\text{C}$ зрідженість конюшини, визначена з табл. 4.24, становить 47 %.

Розрахунки виконуються по декадах, п'ятиденках або за окрему добу. Починати розрахунки можна через місяць після настання зими.

Таблиця 4.25 – Залежність зрідженості люцерни (%) від мінімальної (T_{\min}) та середньої з мінімальних (T) температур на глибині 3 см за період перед складанням прогнозу.

Мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см	Середня за зиму з мінімальних температур / T_{\min} /												
	-7,6	-7,8	-8,0	-8,2	-8,4	-8,6	-8,8	-9,0	-9,2	-9,4	-9,6	-9,8	-10,0
-17,0	0	0	0	0	0	0	0						
-17,1	0	0	0	0	0	0	0	0					
-17,2	0	0	0	0	0	0	0	1	1				
-17,3	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2			
-17,4	0	0	0	0	1	1	2	3	4	5	6		
-17,5		0	0	1	1	2	4	6	9	11	13	14	
-17,6		0	0	1	2	4	7	11	16	20	23	25	
-17,7			1	2	4	7	12	18	26	33	39	41	100
-17,8				3	5	10	17	27	38	49	57	60	100
-17,9					7	13	23	35	50	64	75	79	100
-18,0					8	16	27	42	59	76	89	94	100
-18,1						17	29	45	63	81	94	100	100
-18,2							100	100	100	100	100	100	100

Приклад. Розрахувати зрідженість конюшини. Розрахунки виконуються у табл. 4.26. Як видно з табл. 4.26 найнижча температура на глибині 3 см спостерігалась у другій декаді січня, коли абсолютний мінімум становив $-11,4^{\circ}\text{C}$. Середня з мінімальних температур становила $-4,7^{\circ}\text{C}$. За таких умов згідно з табл. 4.24 загибель конюшини буде 28 %, загибель люцерни спостерігатись не буде (табл. 4.25).

Таким чином, очікувана зрідженість конюшини становить 28%, зрідженості люцерни не буде.

Таблиця 4.26 – Приклад розрахунку зрідженості багаторічних трав від вимерзання

Місяць	Декада	Мінімальних температура ґрунту на глибині 3 см				Очікувана загибель, %	
		Середня за декаду	Сума	Середня від дати переходу через 0°C , (t)	Абсолютний мінімум за декаду (t_{\min})	Конюшина	Люцер-на
Грудень	II	-1.5	-1.5	-1.5	-2.8	0	0
	III	-2.9	-4.4	-2.2	-6.1	0	0
Січень	I	-6.4	-10.8	-3.6	-7.2	0	0
	II	-8.2	-19.0	-4.7	-11.4	28	0
	III	-6.7	-25.7	-5.1	-10.0	0	0
Лютий	I	-3.2	-28.9	-4.8	-8.0	0	0
	II	-3.0	-31.9	-4.6	-6.3	0	0
	III	-1.0	-32.9	-4.1	-4.4	0	0
Березень	I	-4.2	-37.1	-4.1	-8.8	0	0
	II	0			-0.5	0	0

5 Прогнози запасів продуктивної вологи та вологозабезпеченості сільськогосподарських культур

5.1 Розрахунок залежності ґрунтової вологи від основних метеорологічних факторів і зволоження ґрунту

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

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

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

$$\Delta W = aW_i + br - ct + d \quad (5.1)$$

де W_i – початкові запаси продуктивної вологи, мм ;

t – температура повітря за декаду, °C;

r – сума опадів за декаду, мм.

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

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

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

Розробляючи прогноз запасів продуктивної вологи для ярих зернових культур, С.О. Веріго розбила вегетаційний період на 3 періоди, які

відрізняються потребою рослин у воді та розмірами і будовою надземної маси і коріння:

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

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

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

Розрахунок зміни запасів продуктивної вологи під зерновими культурами виконується за рівнянням (5.1), а числові коефіцієнти наводяться у табл. 5.1

Таблиця 5.1 – Коефіцієнти a , b , c , d рівняння (5.1)

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

Для прискорення розрахунків побудовані графіки (рис. 5.1 а, б, в). На рис. 5.1 на осі x – запаси вологи на початку декади, на осі y – сума опадів за декаду, для якої виконується розрахунок; у полі графіків – зміна запасів

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

$$W_2 = W_n + \Delta y(\pm \Delta t) \tag{5.2}$$

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

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

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

Очікувані запаси продуктивної вологи під озимую пшеницею розраховуються за рівняннями табл. 5.2, або графіками С.О. Веріго (рис. 5.2 а, б, в, г).

Таблиця 5.2 – Рівняння залежності зміни запасів продуктивної вологи у ґрунті під озимую пшеницею від метеорологічних елементів

Зона	Період	Шар ґрунту, см	Рівняння
Чорноземні ґрунти	Весняне відростання	0-20	$W_2 = -0,70 t + 0,26r - 0,25W_1 + 7,4$
		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	$W_2 = -0,64 t + 0,40r - 0,20W_1 + 7,4$
Підзолисті ґрунти	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	$W_2 = -0,32 t + 0,80r - 0,035W_1 - 15,4$

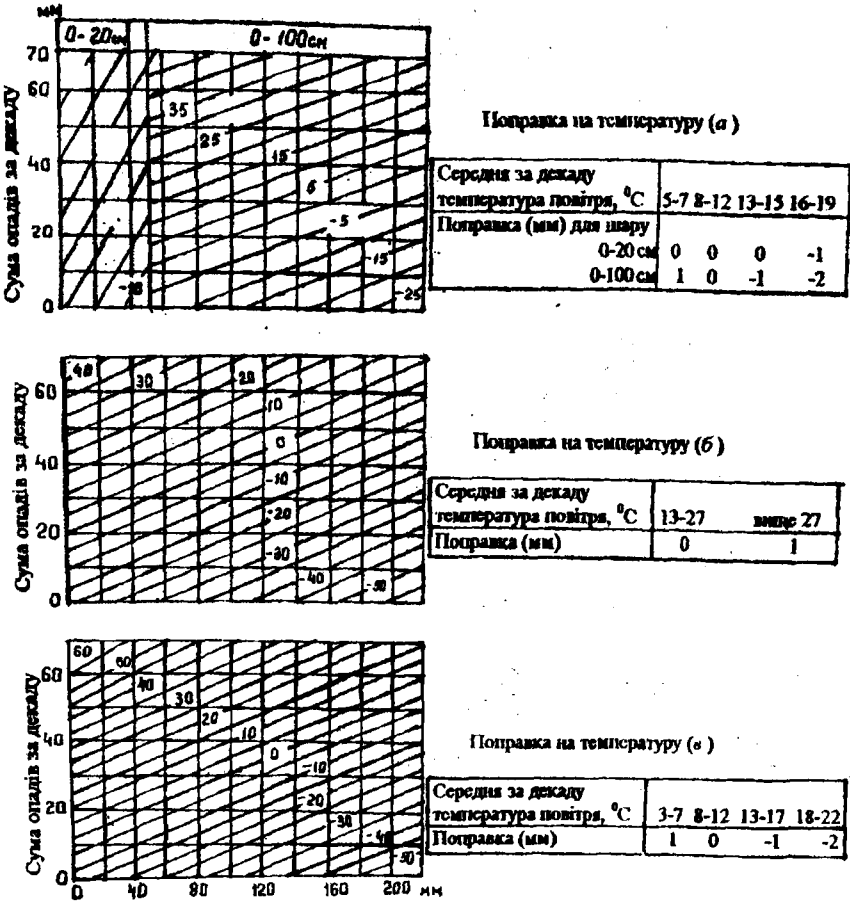
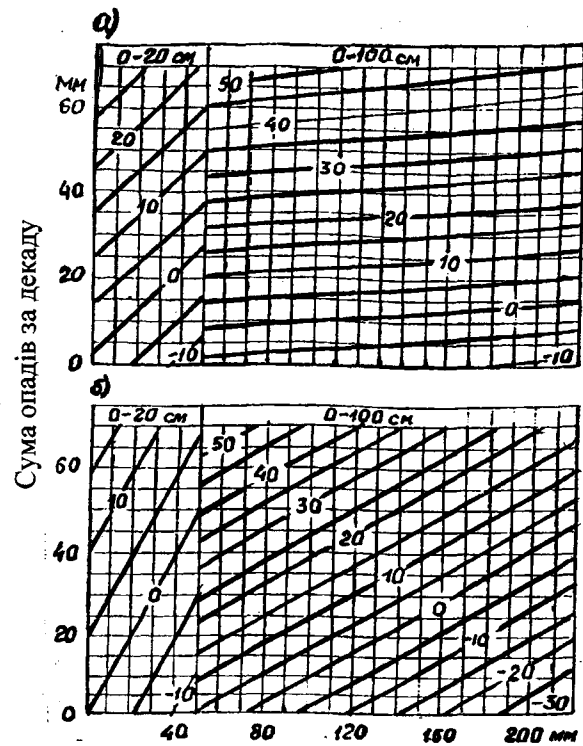


Рис. 5.1 – Зміна запасів продуктивної вологи у зоні чорноземних ґрунтів під ярою пшеницею: а) від сівби до виходу у трубку; б) від виходу у трубку до цвітіння; в) після цвітіння.



Запаси продуктивної вологи на початку декади

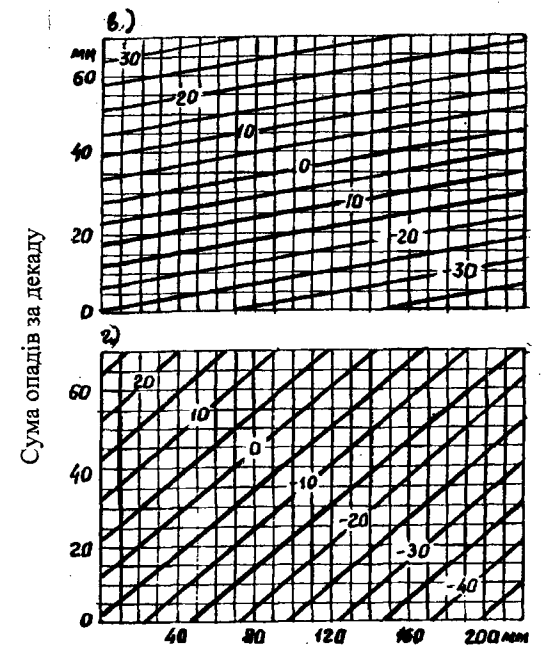
Поправка на температуру (а)

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

Поправка на температуру (б)

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

Рис. 5.2 (а, б) – Зміна запасів продуктивної вологи під озимою пшеницею у зоні чорноземних ґрунтів (мм за декаду):
а – період осінньої вегетації;
б – період весняного відростання.



Запаси продуктивної вологи на початку декади

Поправка на температуру (в)

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

Поправка на температуру (г)

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

Рис. 5.2 (в, г) – Зміна запасів продуктивної вологи під озимою пшеницею у зоні чорноземних ґрунтів (мм за декаду):
в – період формування колосу і квіток;
г – період формування зерна.

5.2 Метод прогнозу запасів продуктивної вологи під картоплею

Метод розроблено С.Б.Мостинською [8] на основі тих же закономірностей, які були встановлені С.О. Веріго. Цей метод враховує особливості коріння картоплі не проникати глибоко у ґрунт, а розповсюджуватись у верхньому шарі та на впливі температури повітря (t), опадів (r) та зволоження ґрунту в попередню декаду (W_1) на зміну запасів вологи у подальшому.

Таблиця 5.3 – Рівняння зміни запасів продуктивної вологи під картоплею та травами

Чорноземна зона		
Період Розвитку	Шар ґрунту, см	Рівняння зв'язку
Картопля		
1. Період формування сходів	0-20	$y = 0,01 t + 0,24r - 0,42w + 6,5$
	0-50	$y = 0,21 t + 0,34r - 0,29w + 14,6$
	0-100	$y = 0,22 t + 0,56r - 0,18w + 5,0$
2. Період утворення бокових пагонів	0-20	$y = -0,26 t + 0,24r - 0,45w + 8,5$
	0-50	$y = 0,45 t + 0,45r - 0,21w + 5,6$
	0-100	$y = -0,38 t + 0,88r - 0,22w - 12,8$
3. Період бутонізації	0-20	$y = -0,24 t + 0,40r - 0,84w + 2,4$
	0-50	$y = -0,26 t + 0,75r - 0,24w - 2,3$
	0-100	$y = 0,58 t + 0,57r - 0,23w + 14,3$
4. Період цвітіння	0-20	$y = -0,62 t + 0,31r - 0,37w + 11,9$
	0-50	$y = -0,85 t + 0,54r - 0,24w + 14,3$
	0-100	$y = -0,94 t + 0,72r - 0,10w + 7,8$
Люцерна		
1. Ранній весняний період (від початку вегетації до встановлення $T + 15^\circ C$)	0-100	$y = 1,8 t + 0,70r - 0,06w + 4,05$
2. Період перші три декади	0-100	$y = -1,10 t + 1,06r - 0,1w - 5,8$
3. Період формування другого укосу (IV–VI декади після пере- ходу температури повітря через $+15^\circ C$)	0-100	$y = -0,6 t + 0,73r - 0,21w + 5,3$
4. Період після другого укосу до кінця вегетації	0-100	$y = -1,1 t + 0,83r - 0,16w + 11,7$

Особливості розвитку картоплі враховані в тому, що рівняння для розрахунку запасів вологи розроблені для чотирьох міжфазних періодів (табл. 5.3).

За цими рівняннями побудовані графіки (рис. 5.3 а, б, в; 5.4 а, б, в; 5.5 а, б, в, г), на яких на осі x – запаси продуктивної вологи на початку декади, на осі y – сума опадів за декаду, для якої проводяться розрахунки. У полі графіка (5.3 а, б, в, г) зміна запасів вологи за декаду. Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею розраховуються аналогічно як і для зернових за формулою (5.1).

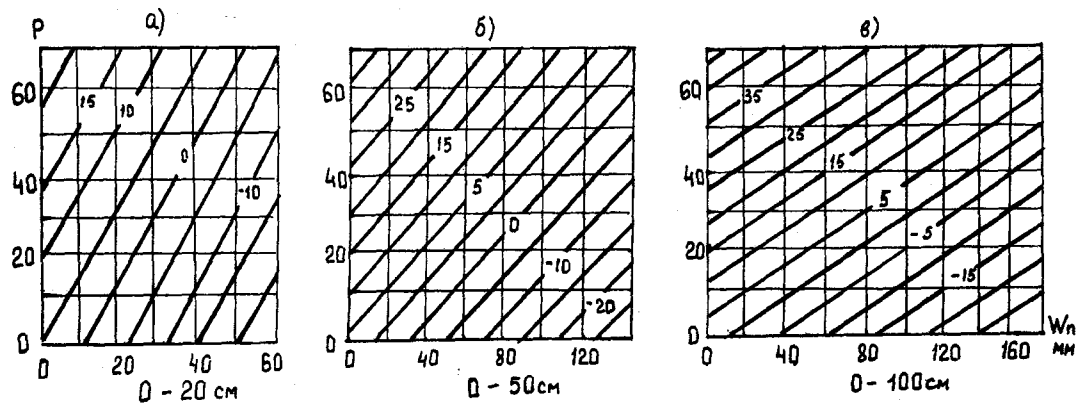
Розрахунок зміни запасів вологи під картоплею потребує відомостей про фази розвитку картоплі (сходів, утворення бокових пагонів, бутонізації і цвітіння). Дати настання вказаних фаз розраховуються за сумами активних температур (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Суми температур по міжфазних періодах розвитку картоплі

Фон добрив	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

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

Зміна запасів вологи під конюшиною та люцерною розраховується за графіками (рис. 5.6 а, б – від відновлення вегетації до 1-го укосу; рис. 5.6 в, г – від першого укосу до припинення вегетації).



Поправка на температуру

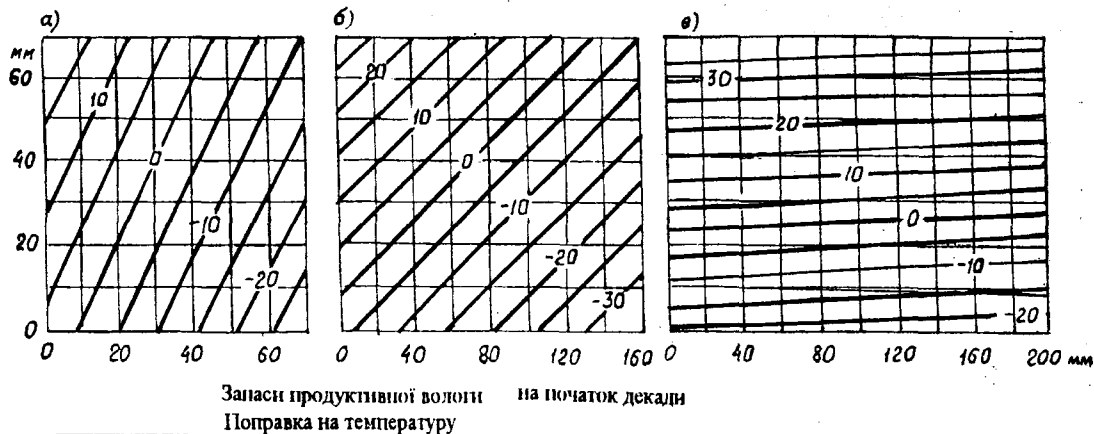
Середня за декаду температура повітря, °C	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Поправка (мм)	9	7	5	4	2	0	-2	-4	-5	-7	-9	-11	3	2	1	0	-1	-2	-3	-4	-5

Рис. 5.3 — Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період формування сходів:

а — у шарі ґрунту 0 — 20 см;

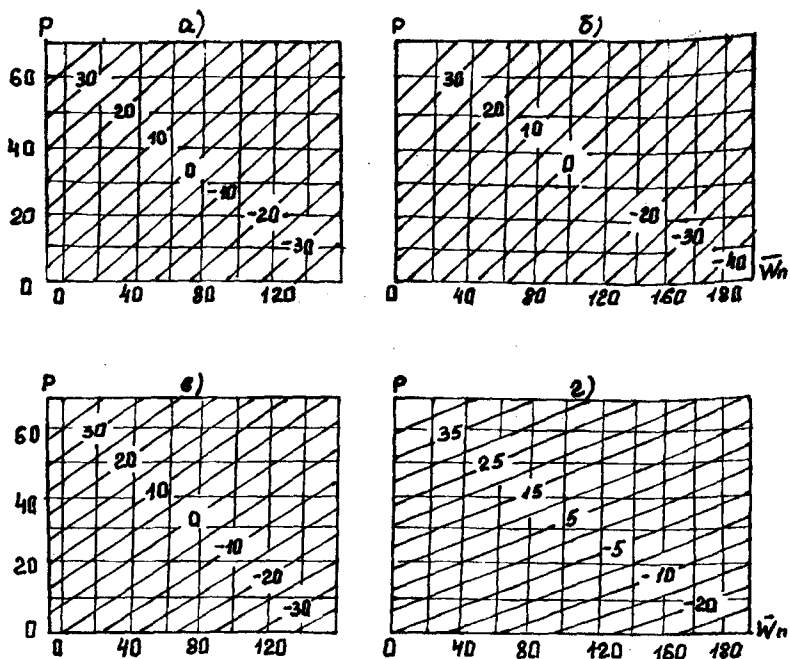
б — у шарі ґрунту 0 — 50 см;

в — у шарі ґрунту 0 — 100 см.



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

Рис. 5.4 – Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період формування бокових пагонів (а, б, в – позначки ті ж, що на рис. 5.3).



Поправка на температуру (а,б)

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

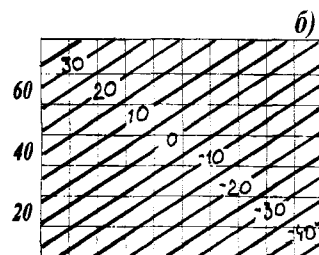
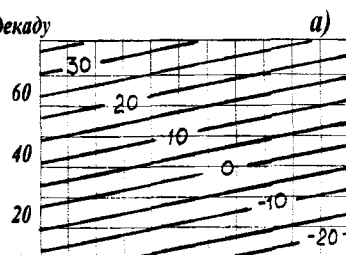
Поправка на температуру (в,г)

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

Рис. 5.5 – Зміна запасів продуктивної вологи під картоплею у період утворення суцвіть та цвітіння:

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

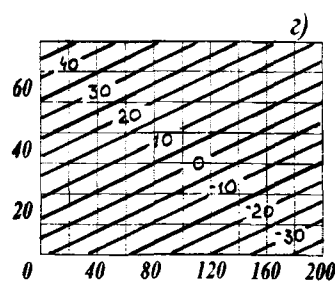
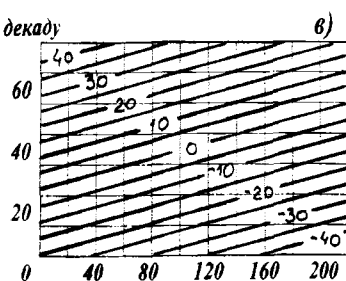
ΣR за декаду



Поправка на температуру а, б

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

ΣR за декаду



Поправка на температуру в, г

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

Запаси продуктивної вологи на початку декади, мм

Рис. 5.6 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°C до 15°C;

б – за перші три декади після переходу температури повітря через 15°C;

в – за четверту, п'яту та шосту декади після переходу температури повітря через 15°C;

г – до кінця вегетації.

5.3 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 обумовлені біологією культури. Коріння розташовується головним чином у верхніх шарах ґрунту (до 50 см.) Тому Ю.І. Чирковим [31] були розроблені рівняння (табл. 5.5) та побудовані графіки для розрахунку зміни запасів вологи у шарах 0-20 см та 0-50 см (5.7 а, б; 5.8, 5.9)

На рис. 5.7 – 5.9 на осі x – значення 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).

Таблиця 5.5 – Коефіцієнти a , b , c , d для розрахунку запасів вологи під кукурудзою, овочевими та гречкою

<u>Кукурудза</u>					
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
<u>Баклажани, томати, солодкий перець</u>					
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
<u>Гречка</u>					
Сходи – цвітіння	0-20	0,62	0,45	-0,99	+13,5



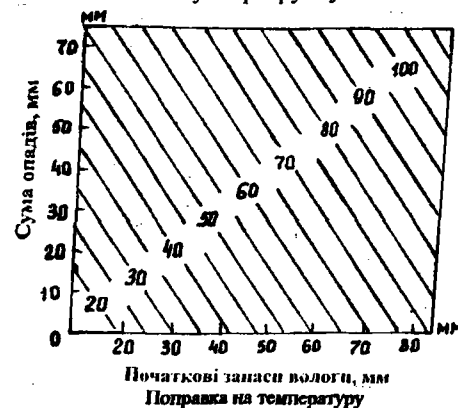
Поправка на температуру (а)												
Середня за декаду температура повітря, °C	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Поправка (мм)	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8		

Поправка на температуру (б)												
Середня за декаду температура повітря, °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. 5.7 – Розрахунок запасів продуктивної вологи під кукурудзою у період від сходів до появи 10 листка:

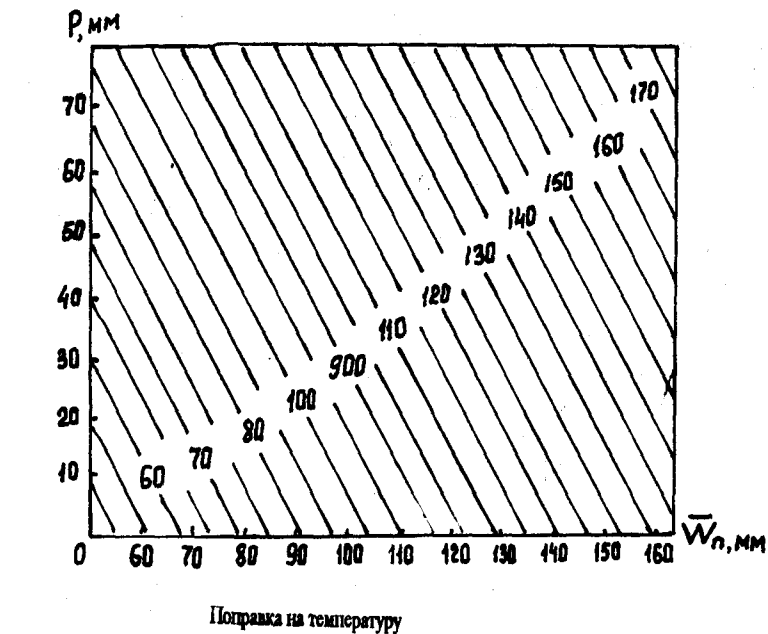
а – у шарі ґрунту 0 – 20 см;

б – у шарі ґрунту 0 – 50 см.



Поправка на температуру												
Середня за декаду температура повітря, °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. 5.8 – Розрахунок запасів продуктивної вологи під кукурудзою у період від 10 листка до викидання волоті у шарі ґрунту 0 – 50 см.



Середня за декаду температура повітря, °C	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Поправка (мм)	10,4	7,8	5,2	2,6	0	-2,6	-5,2	-7,8	-10,4	-13,0	-15,6

Рис. 5.9 – Розрахунок запасів продуктивної вологи у шарі 0 – 50 см під кукурудзою у період від викидання волоті до воскової стиглості.

Техніка складання прогнозів запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами майже однакова для всіх культур.

Для складання прогнозу необхідно підготувати для розрахунків такі відомості:

- фази розвитку та дати їх настання для кожної культури;
- типи ґрунтів та їх механічний склад;
- середні багаторічні значення температури повітря та опадів за розрахунковий період;

- синоптичний прогноз температури повітря та опадів;

- значення запасів продуктивної вологи на початок розрахункового періоду у шарах 0 – 20 см, 0 – 50 см, 0 – 100 см.

Виконати розрахунки:

- розрахувати очікувану температуру повітря та суми опадів по декадах розрахункового періоду за синоптичним прогнозом;
- визначити коефіцієнти в рівняннях для розрахунків або самі рівняння (з табл. 5.1 – 5.4);
- розрахувати зміну запасів продуктивної вологи за кожну декаду розрахункового періоду за рівняннями або відповідними графіками;
- визначити величину очікуваних запасів продуктивної вологи за кожну декаду за рівнянням (5.2). При цьому величину зміни запасів продуктивної вологи з відповідним знаком додають до значень запасів вологи за попередню декаду.

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

5.4 Прогнози вологозабезпеченості посівів сільськогосподарських культур

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

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

Оцінкою вологозабезпеченості посівів займалися багато дослідників: О.В. Процеров, О.С. Конторщикова, О.М. Конторщикова [8, 62 – 65] та ін. Це дозволило розробити цілу низку методів, що дозволяють виконувати оцінку вологозабезпеченості сільськогосподарських культур в районах недостатнього та нестійкого зволоження. Такі оцінки дуже часто використовуються при прогнозуванні врожаїв сільськогосподарських культур.

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

5.4.1 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 як відношення фактичного сумарного випаровування (E_{ϕ}) з поля, зайнятого культурою, до сумарного випаровування при оптимальних умовах зволоження (E_o):

$$V = \frac{E_{\phi}}{E_o} \cdot 100 \quad (5.3)$$

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

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

$$E_{\phi} = (W_1 + x) - W_2 \quad (5.4)$$

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

x – сума опадів за декаду.

Випаровування в оптимальних умовах зволоження – випаровуваність можна розраховувати за будь-яким методом. В агрометеорології найчастіше використовується метод А.М. Алпатєва [46]. Він запропонував випаровуваність (E_o) розраховувати через сумарний дефіцит насичення повітря (d) з врахуванням коефіцієнтів біологічної кривої водоспоживання (K):

$$E_o = K \cdot \Sigma d \quad (5.5)$$

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

5.4.2 Розрахунок вологозабезпеченості зернових культур

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

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

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

$$W_2 = (W_1 + x) - E \quad (5.6)$$

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

x – сума опадів за декаду, мм.

Для зручності використання цих формул для ярої пшениці були побудовані графіки для визначення очікуваних запасів продуктивної вологи та сумарного випаровування для трьох періодів вегетації: сівба – вихід у трубку, вихід у трубку – цвітіння, цвітіння – воскова стиглість (рис. 5.10 а, б, в). За цими рисунками одночасно визначаються запаси продуктивної вологи на кінець декади та сумарне випаровування. На рис. 5.10 на осі абсцис - значення температури повітря, $t^\circ\text{C}$. На осі ординат – сумарне випаровування, (E_ϕ) мм; у полі графіка криві, які відповідають сумі запасів вологи на початок декади і опадів за декаду, ($W + x$), мм.

Для складання прогнозу вологозабезпеченості посівів зернових культур необхідно мати синоптичний прогноз температури повітря, опадів та дефіциту насичення повітря. Але дефіцит насичення не прогнозується. Тому О.В. Процеров запропонував прогнозовану величину дефіциту насичення розраховувати через відхилення від норми температури повітря (табл. 5.6).

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

Таблиця 5.6 – Співвідношення відхилень температури повітря та дефіциту насичення повітря від норми

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

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

Забезпечення рослин вологою розраховується по декадах періоду вегетації культури, а потім середня величина за період розраховується як середня арифметична.

С.О. Веріго розраховувала оцінку агрометеорологічних умов формування врожаю в залежності від забезпечення рослин вологою (рис. 5.11).

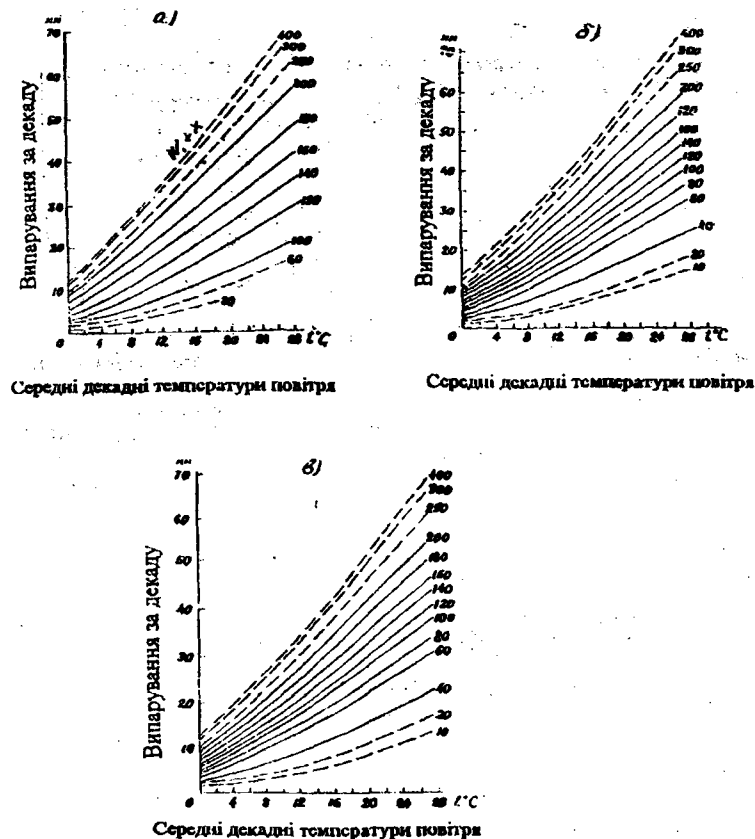


Рис. 5.10 – Сумарне випаровування за декаду (E_ϕ) на полях ярої пшениці в залежності від початкових запасів продуктивної вологи (W_1), опадів за декаду (x) та середньої температури повітря (t):

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

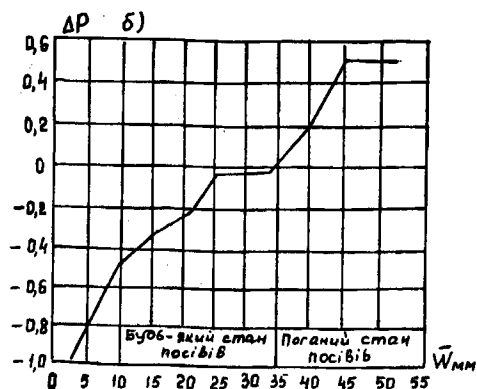
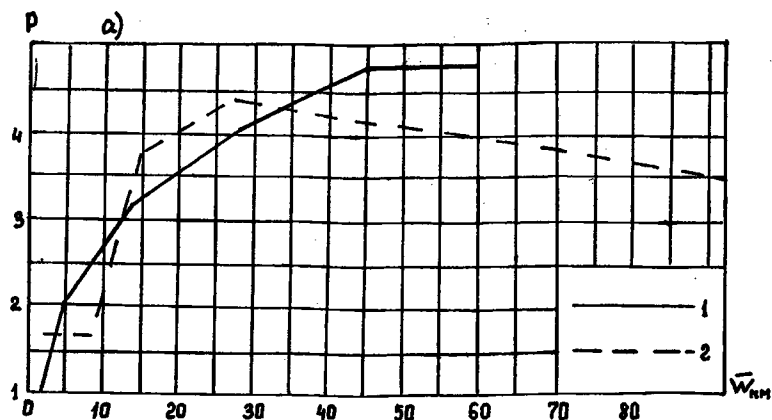


Рис. 5.11 – Відносна оцінка посівів ярої пшениці в залежності від забезпеченості вологою ярої пшениці в зоні:

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

Прогноз забезпеченості вологою ярих зернових культур складається трічі 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. 5.7).

Таблиця 5.7 – Приклад розрахунку вологозабезпеченості ярої пшениці

Середні по області показники	Травень		Червень			Липень			Серпень	
	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
Середня декадна температура повітря	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 води у метровому шарі ґрунту (мм)	11	105	110	90	80	50	25	15	22	27
Сума середньодобової нестачі води повітря за декаду (мм)	22	25	34	49	60	97	90	105	82	82
Величина випаровування, 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 вологозабезпеченість за весь минулий період (%)		133	116	110	100	90	85	80	76	72

5.4.3 Розрахунок забезпечення вологою посівів цукрових буряків

Найбільші посівні площі цукрових буряків розташовані в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. В цих зонах відчувається вплив забезпечення вологою посівів а розвиток та формування продуктивності рослин впродовж всього періоду вегетації. Розрахунок забезпечення вологою цукрових буряків виконується за тими ж формулами, що і зернових культур. Однак коефіцієнти біологічної кривої для цукрових буряків будуть зовсім інші, вони визначені О.М. Конторщикою (табл. 5.8).

Таблиця 5.8 – Коефіцієнти K для визначення потреби у воді цукрових буряків

Декада вегетації	K	Декада вегетації	K	Декада вегетації	K	Декада вегетації	K
перша	0,22	п'ята	0,49	дев'ята	0,78	Тринадцята	0,66
друга	0,26	шоста	0,65	десята	0,75	Чотирнадцята	0,64
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

В окремі роки в залежності від агрометеорологічних умов розвиток цукрових буряків може прискорюватись або уповільнюватись, тому при розрахунках потреби їх у воді коефіцієнти або зміщуються на одну декаду, або повторюються двічі за одну й ту ж декаду. У будь-якому випадку значення коефіцієнту 0,49 повинно припадати на декаду початку росту коренеплоду. Вона розраховується по сумі ефективних температури вище 5°C , що становить 500С.

Фактичне сумарне випаровування з поля цукрових буряків визначається з табл. 5.9.

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

Забезпечення рослин 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. 5.10).

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

Таблиця 5.9 – Сумарне випаровування 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, $^{\circ}\text{C}$	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	
Період від посіву до початку росту коренеплоду												
5	5	6	7	8	9	11	13	14	15	16	18	
6	5	7	8	9	10	12	14	15	16	18	20	
7	6	7	9	10	12	13	15	16	17	19	21	
8	6	8	10	11	13	15	16	18	19	21	23	
9	7	9	11	12	14	16	17	19	21	23	24	
10	8	10	12	13	15	17	19	21	22	24	26	
11	8	10	13	15	16	18	20	22	23	26	28	
12	9	11	14	16	18	20	22	23	24	27	30	
13	9	12	15	17	19	21	23	25	26	28	32	
14	10	13	16	18	20	22	24	26	27	30	33	
15	11	14	17	19	21	23	25	27	29	32	35	
16	11	15	18	20	22	24	27	28	30	34	37	
17	12	15	19	21	23	26	28	30	32	35	38	
18	13	17	20	22	24	27	30	32	34	37	40	
19	14	18	21	23	25	28	31	33	35	38	42	
20	15	19	22	24	27	29	32	35	36	40	44	
21	16	20	23	25	28	31	34	36	38	42	46	
22	17	21	24	27	29	32	35	37	39	44	47	
23	18	22	25	28	30	34	36	39	41	46	49	
24	19	23	26	29	32	35	37	40	43	47	51	
25	20	24	27	30	33	36	39	42	45	49	53	
26	21	25	28	31	34	37	40	43	46	51	55	
27	22	26	29	32	36	38	42	45	48	53	57	
28	23	27	30	33	37	40	44	47	50	54	58	
29	24	28	31	35	39	42	45	48	52	56	60	
30	25	29	32	36	40	43	47	50	53	58	62	

Продовження табл. 5.9

Середня декадна температура повітря, °C	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	
Період після початку росту коренеплоду												
5	5	6	7	8	9	10	10	11	11	12	13	
6	6	7	8	9	10	11	11	12	12	13	14	
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	

Продовження табл. 5.9

Середня декадна температура повітря, °C	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						
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
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 5.10 – Рівняння зв'язку для розрахунків очікуваної середньої вологозабезпеченості (%) посівів за вегетаційний період

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

5.5 Метода прогнозів оптимальних режимів зрошення зернових культур

Зрошуване землеробство у районах нестійкого та недостатнього зволоження дедалі більше розвивається. Основною особливістю клімату в цих районах є загальний дефіцит опадів та їх вкрай нерівномірний розподіл, що викликає дуже сильні коливання значень запасів продуктивної вологи в період сівби та розвитку сільськогосподарських культур.

На зрошуваних землях збільшується виробництво зернових культур, рису, овочевих. Збільшення зрошуваних земель вимагає надійних методів розрахунку зрошуваних норм, кількості поливів за вегетаційний період та норм одного поливу.

Агromетeоролoгiчнi прогнози оптимальних режимів зрошення дозволяють враховувати закономірності витрат води із зрошуваних полів у різні моменти розвитку сільськогосподарських культур за різних умов погоди та різного стану зволоження ґрунту.

На разі на мережі гідрометеорологічного обслуговування складаються три види прогнозів зрошення:

- 1) прогноз вологозарядкових поливів озимих зернових культур;
- 2) прогноз оптимальних зрошувальних норм на вегетаційний період основних зернових культур (озима та яра пшениця, кукурудза);
- 3) прогнози оптимальних строків та норм поливу зернових культур, картоплі та цукрових буряків, овочевих культур.

Ці методи розроблені у Гідрометеорологічному центрі Росії та в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті.

5.5.1 Метод прогнозу вологозарядкових поливів озимих культур

У районах недостатнього зволоження на момент сівби озимих культур у деякі роки запаси вологи у орному шарі ґрунту або занадто малі, щоб забезпечити проростання насіння, або зовсім відсутні. Тому тут необхідне зрошення.

Прогноз вологозарядкових поливів під озимі культури складається за один-півтора місяці до сівби і в ньому розраховується очікувані норми та строки поливів.

Норма вологозарядкових поливів (N) розраховується як різниця між найменшою вологомісткістю промочуваного шару ґрунту (W_0) і запасами продуктивної вологи, які спостерігалися у шарі ґрунту перед початком поливу (W_1):

$$N = W_0 - W_1 \quad (5.7)$$

Найменша вологомісткість визначається за даними фактичних спостережень, які проводяться на агromетeоролoгiчнiх станціях кожні п'ять років. Якщо такі спостереження не проводились, то вологомісткість метрового шару тяжких ґрунтів (глинистих та суглинків) приймається 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:

$$N = \frac{A}{t - 5} \quad (5.8)$$

де N – тривалість періоду від дати сівби до наступу оптимального (тричотири пагони) або задовільного (один пагін) кушіння озимих, дні;

A – сума ефективних температур, що необхідна від сівби до оптимального або задовільного кушіння, °C;

t – середня за добу температура повітря за ті ж періоди, °C.

Так як вологозарядкові поливи забезпечують добре зволоження ґрунту, то при розрахунках N використовуються константи О.О. Шіголева [9, 10]. Сума ефективних температур (A), що необхідна від сівби до появи

першого пагону кушніня для жита становить 119°C , для пшениці – 134°C ; для періоду від сівби до появи третього пагону сума становить 200°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, приведеними у табл. 5.11 та 5.12.

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 використовується рівняння (5.9), після збирання – рівняння (5.10).

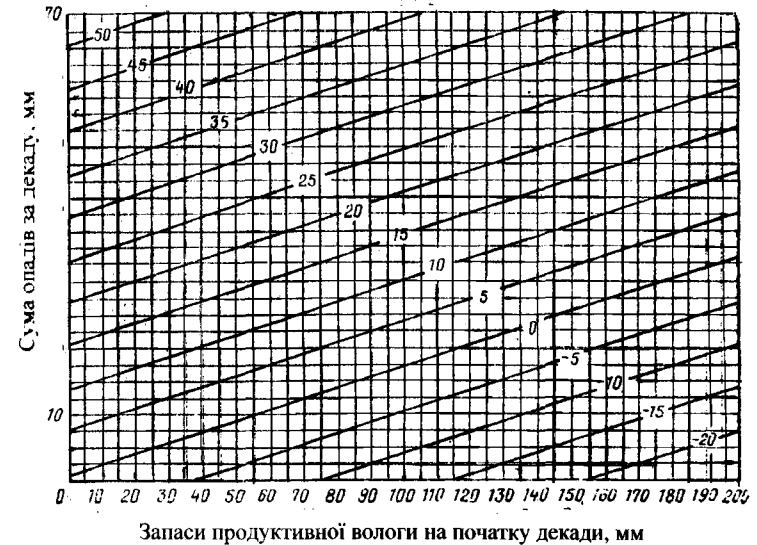
Якщо ж поля знаходились під пізніми ярими пропашними культурами (наприклад під кукурудзою), то до моменту їх збирання використовуються рівняння (5.11) та (5.12) в залежності від фази розвитку, а після збирання – рівняння (5.137). Для прискорення розрахунків були побудовані графіки (рис. 5.12 – 5.14).

На рис. 5.12 представлено графік, побудований на основі рівняння (5.9).

Таблиця 5.11 – 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

Період вегетації	Рівняння зв'язку	Номер рівняння
Після збирання ярих культур	$Y = -0,076W_1 - 0,36t + 0,74x + 1,3$	5.10
Чистий пар	$Y = -0,063W_1 - 0,79t + 0,67x + 13,0$	5.11
Формування зерна ярих культур	$Y = -0,229W_1 - 1,72t + 1,08x + 23,3$	5.12

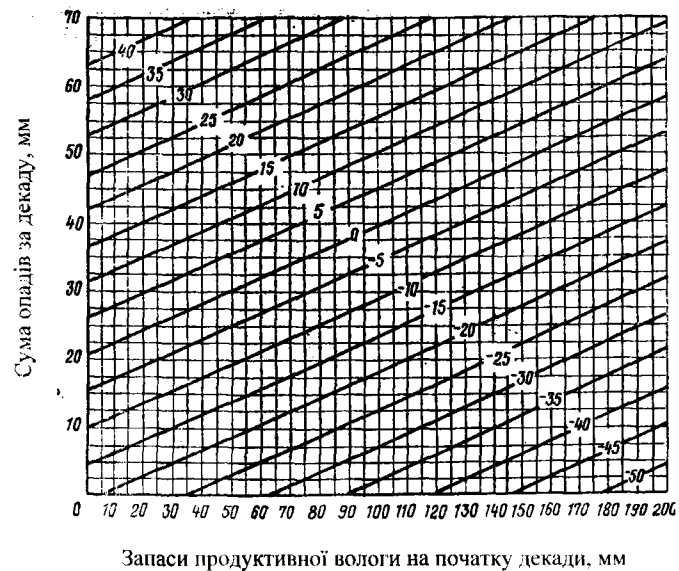
На графіку на осі абсцис зазначені запаси продуктивної вологи на початок розрахунку (W_1), по осі ординат – сума опадів за декаду (x); похилі лінії у полі графіка – відповідні зміни запасів вологи за декаду.



Поправка на температуру

Температура повітря, $^{\circ}\text{C}$	5 – 7	8 – 12	13 – 15	16 – 19
Поправка (мм) для шару ґрунту 0 – 100 см	1	0	-1	-2

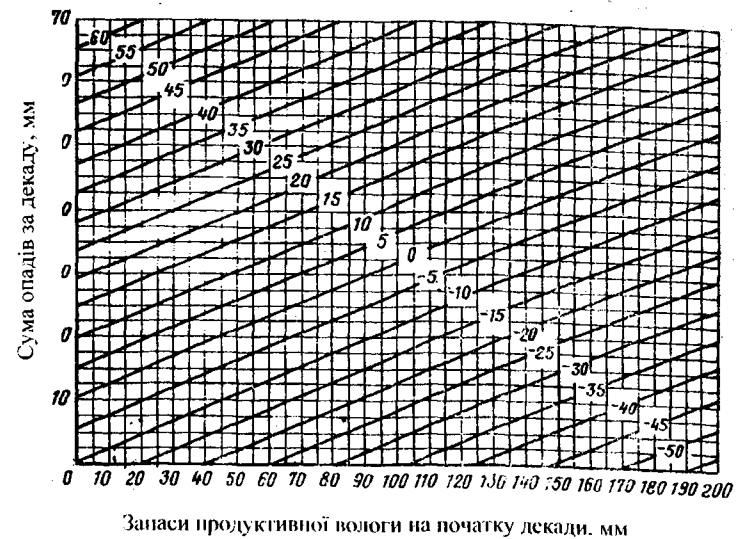
Рис.5.12 – Зміна запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 100 см у період формування сходів та листя у ярих культур



Поправка на температуру

Температура повітря, °C	13 – 17	Вище 27
Поправка, мм	0	1

Рис. 5.13 – Зміна запасів продуктивної вологи під ярими культурами у шарі ґрунту 0 – 100 см у період формування колосу та квіток



Поправка на температуру

Температура повітря, °C	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. 5.14 – Зміна запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 100 см у період формування зерна ярих культур

Таблиця 5.12 – 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	$Y = 0,74W_1 - 3,06t + 0,57x + 60,0$	5,13
Від молочної до повної стиглості	$Y = 0,76W_1 - 0,66t + 0,62x + 9,0$	5,14

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.

Приклад. Розрахувати запаси продуктивної вологи на момент оптимального і пізнього вологозарядкового поливу озимої пшениці. Розрахунки виконуються у робочій табл. 5.13

Таблиця 5.13 – 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, °C	22,0	20,4	19,6	15,3
Сума опадів за декаду, мм	11	15	11	10
Термін сівби озимих:				
оптимальний		25,08		
дуже пізній				15,09
Номер формули розрахунку	(10,4)	(10,4)	(10,4)	–
Термін вологозарядкового поливу:				
оптимальний	15,08			
пізній			5,09	–
Зміна запасів вологи у метровому шарі ґрунту	5	-6	3	–
Очікувані запаси вологи	20	14	20	–

Після визначення запасів вологи розраховується зрошувальна норма нолого зарядового поливу. Найменша вологомісткість становить 180 мм. Тоді зрошувальна норма буде $180 \text{ мм} - 20 \text{ мм} = 160 \text{ мм} - 1600 \text{ м}^3/\text{га}$ при оптимальному терміні сівби та $180 \text{ мм} - 14 \text{ мм} = 166 \text{ мм}$ або $1660 \text{ м}^3/\text{га}$.

Приклад наведено для розрахунків на конкретному полі. Якщо розрахунки виконуються для території області, то вони виконуються для декількох пунктів.

5.5.2 Метод прогнозу норм зрошення зернових культур на вегетаційний період

Прогноз норм зрошення озимої пшениці складається восени, перед сівбою і потім уточнюється. Прогнози норм зрошення ярих культур складаються ранньої весни після першого визначення запасів продуктивної вологи.

Зрошувані норми (N) на вегетаційний період розраховуються як різниця між сумарними витратами води (Q), які забезпечують отримання урожаю певної величини та сумарними витратами води (Q_1) у природних умовах:

$$N = Q - Q_1 \quad (5.15)$$

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 опаді, які випали за цей час (X):

$$Q = (W_1 - W_2) + X \quad (5.16)$$

Метод засновано на залежності врожаїв зернових культур від таких факторів: сумарних витрат води за вегетаційний період (рис. 5.11).

При розрахунках оптимальних норм зрошення за максимально високий врожай зернових культур приймається середній із максимальних урожаїв, які отримані за високої агротехніки, відсутності засолення ґрунтів та глибокого залягання ґрунтових вод.

Як видно з рис. 5.15 (а, б) для отримання високих врожаїв необхідно для ярої пшениці на тяжких ґрунтах 420 мм води, на легких – 460 мм; для кукурудзи на тяжких ґрунтах – 475 мм води, для озимої пшениці на півдні України – 500 мм води.

На момент складання прогнозу норм зрошення фактично відомі тільки запаси продуктивної вологи та середні багаторічні суми опадів за вегетаційний період. Сума опадів поточного року визначається внесенням

поправки до середньої багаторічної суми за синоптичним прогнозом погоди.

Таким чином, норми зрошення (N_i) на вегетаційний період розраховуються:

$$N_i = N_o - (W_i - W_o) - (X_i - X_o) \quad (5.17)$$

де N_o – середня багаторічна норма зрошення, що необхідна для отримання певного врожаю;

W_i – запаси продуктивної вологи навесні;

W_o – середні багаторічні запаси продуктивної вологи навесні;

X_i – сума опадів, що очікується від сівби до воскової стиглості;

X_o – середня багаторічна сума опадів.

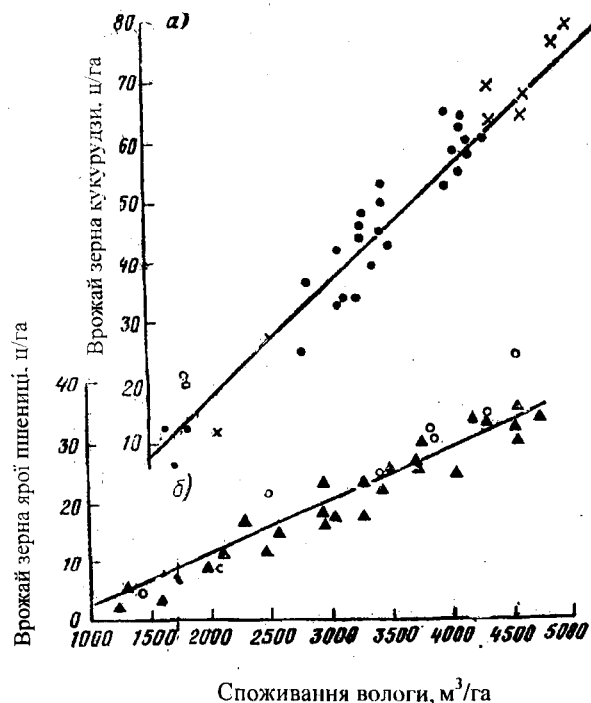


Рис. 5.15 – Залежність врожаю ярої пшениці (а) і кукурудзи (б) (у) від споживання води за вегетаційний період (х).

Розраховані норми зрошення є найбільш імовірними, бо розраховані за середніми багаторічними даними. Разом з тим можна також розрахувати норми зрошення будь якої забезпеченості, тобто, прогнозувати потребу сільськогосподарських культур у воді у різні роки (як у сухі так і у вологі).

Для складання прогнозів норм зрошення певної забезпеченості необхідно знати повторність тих чи інших сум опадів за період вегетації та запаси вологи у ґрунті на дату воскової стиглості. Такі величини отримують із номограм (рис. 5.16).

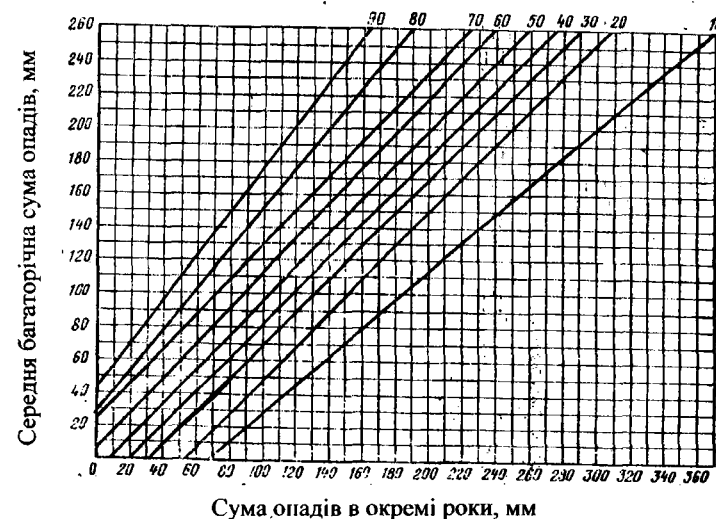


Рис. 5.16 – Забезпеченість (%) різної кількості опадів за період вегетації ярої пшениці.

Приклад. Розрахувати норми зрошення ярої пшениці у 2003 році у районі станції Олександрівка Херсонської області. Ґрунт тяжко глинистий чорнозем. Дата складання прогнозу 20 березня. Найменша вологомісткість – 180 мм. Розрахунки краще виконувати в табл. 5.14.

Таблиця 5.14 – Приклад розрахунку норм зрошення ярої пшениці

Норми зрошення	Запаси вологи у шарі 0 – 100 см		Сумарні витрати води (мм) в умовах природного зволоження				Норми зрошення (м³/га)
	на сівбу	воскову стиглість	з ґрунту	за рахунок	мм	м³/га	врожай вис. пом.
Середні багаторічні	110	13	105	92	197	1970	2270
Очікувані за прогнозом	135	13	140	92	232	2320	2050
Уточнення прогнозу	130	3	122	92	214	2140	2135
							1125

5.5.3 Прогноз оптимальних термінів та норм поливів основних зернових культур

Метод прогнозу оптимальних термінів та норм поливів засновується на сучасній теорії пересування вологи у ґрунті і її доступності рослинам, а також на виявлених закономірностях витрат води із зрошуваних полів за різних умов погоди.

Встановлено, що найбільш рухливою та доступною рослинам є вода, 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 (у) розраховується в залежності від запасів вологи на початок періоду розрахунку (W_1), середньої температури повітря (t) та суми опадів (x) за рівнянням вигляду:

$$Y = aW_1 + bt + cx + k \quad (5.18)$$

Для багатьох сільськогосподарських культур розрахунок запасів продуктивної вологи на зрошуваних полях виконується за рівняннями з визначеними літерними коефіцієнтами (табл. 5.15), що отримані для різних

Таблиця 5.15 – Зміна запасів продуктивної вологи на зрошуваних полях в залежності від початкових запасів вологи (W_1), середньої температури повітря (t) та суми опадів за декаду (x)

Період вегетації	Шар ґрунту, см	Рівняння зв'язку	Номер рівняння
Яра пшениця, легкі ґрунти			
Сівба – вихід у трубку	0–20	$Y = -0,052W_1 - 0,11t + 0,133x + 1,893$	(5.19)
	0–50	$Y = -0,063W_1 - 0,16t + 0,37x + 3,80$	(5.20)
	0–100	$Y = -0,04W_1 - 0,07t + 0,56x + 2,77$	(5.21)
Вихід у трубку – молочна стиглість	0–50	$Y = -0,07W_1 - 0,27t + 0,44x + 5,27$	(5.22)
	0–100	$Y = -0,07W_1 - 0,42t + 0,58x + 9,09$	(5.23)
Молочна стиглість – воскова стиглість	0–50	$Y = -0,04W_1 - 0,10t + 0,44x + 1,76$	(5.24)
	0–100	$Y = -0,04W_1 - 0,08t + 0,53x + 1,47$	(5.25)
Важкі ґрунти			
Сівба – вихід у трубку	0–20	$Y = -0,03W_1 - 0,06t + 0,20x + 0,84$	(5.26)
	0–50	$Y = -0,03W_1 - 0,11t + 0,41x - 1,99$	(5.27)
	0–100	$Y = -0,02W_1 - 0,04t + 0,01x + 1,11$	(5.28)
Вихід у трубку – молочна стиглість	0–50	$Y = -0,05W_1 - 0,02t + 0,71x + 0,04$	(5.29)
	0–100	$Y = -0,03W_1 - 0,13t + 0,01x + 1,27$	(5.30)
Молочна стиглість – воскова стиглість	0–50	$Y = -0,04W_1 - 0,14t + 0,56x + 2,71$	(5.31)
	0–100	$Y = -0,04W_1 - 0,18t + 0,85x + 3,69$	(5.32)
Озима пшениця			
Сівба – 3-тій листок	0–20	$Y = -0,44W_1 - 0,006t + 0,25x + 0,97$	(5.33)
	0–50	$Y = -0,02W_1 - 0,02t + 0,42x + 0,57$	(5.34)
3-тій лист – куціння	0–20	$Y = -0,03W_1 - 0,04t + 0,41x + 0,76$	(5.35)
	0–50	$Y = -0,02W_1 - 0,07t + 0,77x + 0,91$	(5.36)
Відновлення вегетації – вихід у трубку	0–50	$Y = -0,03W_1 - 0,08t + 0,36x + 1,38$	(5.37)
	0–100	$Y = -0,02W_1 - 0,12t + 0,61x + 1,90$	(5.38)
Вихід у трубку – колосіння	0–50	$Y = -0,03W_1 - 0,16t + 0,39x + 1,92$	(5.39)
	0–100	$Y = -0,03W_1 - 0,24t + 0,50x + 3,86$	(5.40)
Колосіння – молочна стиглість	0–50	$Y = -0,05W_1 - 0,14t + 0,75x + 2,35$	(5.41)
Кукурудза, легкі ґрунти			
Сівба – початок росту стебла	0–20	$Y = -0,53W_1 - 0,06t + 0,18x + 1,47$	(5.42)
	0–50	$Y = -0,06W_1 - 0,07t + 0,92x + 1,36$	(5.43)
Початок росту стебла – цвітіння	0–50	$Y = -0,06W_1 - 0,17t + 0,33x + 4,2$	(5.44)
	0–100	$Y = -0,06W_1 - 0,21t + 0,41x + 5,7$	(5.45)
Цвітіння – воскова стиглість	0–50	$Y = -0,05W_1 - 0,12t + 0,35x + 2,5$	(5.46)
	0–100	$Y = -0,04W_1 - 0,02t + 0,26x + 0,4$	(5.47)

типів ґрунтів та різних міжфазних періодів розвитку. Ці рівняння отримані внаслідок експериментальних досліджень багатьох авторів. Для спрощення розрахунків за рівняннями табл. 5.15 побудовані графіки (рис. 5.12 – 5.13). На рисунках на осі абсцис розташовані 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.

Норма кожного поливу розраховується як різниця між верхньою (значення НВ) та нижньою (70 % НВ) межею. При цьому також враховується глибина промочування ґрунту, яка залежить від глибини проникання коріння рослин. Найчастіше це шар 0 – 100 см.

Враховуючи це, для зернових культур при складанні прогнозу оптимальних строків та норм поливів користуються положеннями:

- дата та норма поливу встановлюється в залежності від глибини промочування ґрунту;
- за верхню межу зволоження для тяжких ґрунтів приймається значення найменшої волого місткості у мм продуктивної вологи; для легких ґрунтів – найменша волого місткість збільшується на 30 – 40 мм;
- нижньою межею зволоження вважається величина 70 % НВ;
- витрати вологи із зрошуваних полів досить інтенсивні і залежать від запасів вологи у ґрунті на початок розрахунку та умов погоди, тому запаси вологи розраховуються не за декадами, а за п'ятиденками і дата поливу розраховується з точністю до однієї доби.

Необхідні для розрахунків відомості на момент складання прогнозу отримують із інформації агро- та гідрометеорологічних станцій. Температура повітря та опади визначаються із синоптичного прогнозу погоди, або з агрокліматичних довідників.

Приклад Розрахунок запасів вологи, норм та термінів зрошення озимої пшениці наводяться у табл.10.6. Дата складання прогнозу 30 квітня, ґрунт тяжкий суглинковий чорнозем. Шар ґрунту 0 – 100 см. Верхня межа зволоження 180 мм, нижня – 80 мм.

При наближенні до термінів поливу у розрахунки вносять поправки на минулі умови погоди за фактичними даними по температурі повітря та опадах.

Слід враховувати, що на тяжких ґрунтах витрати води відбуваються повільніше, ніж на легких. Тому кількість поливів та кількість зрошуваної води будуть значно меншими.

Метода розрахунку норм та термінів поливів придатна тільки для районів з глибоким заляганням ґрунтових вод.

Таблиця 5.16 – Приклад складання норм і термінів поливу озимої пшениці.

Показник	1 – 5.V	6 – 10.V	11 – 15.IV	16 – 20.IV
Середня температура повітря	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 змін запасів вологи	(10.33)			
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/га)	1000			

6 Оцінка агрометеорологічних умов зростання та прогнозу врожаю льону-довгунцю

Льон має найбільші посівні площі у центрі Європейської території Росії (32,0 %), у Білорусі (19,9 %), в Україні (16,6 %) та 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 льонних 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 займалися Л.В. Комоцька та А.А. Андреев [47, 48].

6.1 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 – сходів. 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 густина посіву значно зменшується, а це, в свою чергу, призводить до зменшення врожаю та погіршення його якості навіть при умовах подальших сприятливих умов вирощування.

Середня багаторічна тривалість періоду сівба – сходів складає 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 вологомисткості (30 – 50 мм) та при температурі повітря впродовж 10 днів після сівби не менше 14° С. За таких умов сходів льону з'являються через 6 – 8 днів.

Дуже часто при оптимальних умовах сходів 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 [47] встановлена чітка залежність тривалості періоду сівба – сходів від середньої температури повітря за перші 10 діб після сівби при оптимальному зволоженні ґрунту (рис. 6.1).

Л.В. Комоцькою була розроблена оцінка агрометеорологічних умов зростання льону після сівби до появи сходів і розраховується вона в залежності від тривалості цього періоду.

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

Добрі умови спостерігаються при тривалості періоду сівба – сходів 10 – 12 днів, задовільні – від 13 до 15 днів. Збільшення тривалості періоду сівба – масові сходів до 20 днів є показником поганих та дуже поганих умов формування густини посіву. Сходів дуже зріджуються – до 50 %, а іноді до 25 – 30 %.

Період від сходів до цвітіння. Цей період є найбільш відповідальним для формування волокна високої якості, особливо від утворення суцвіть до цвітіння. Як і у попередньому випадку, на тривалість періоду впливають умови зволоження та температурний режим (рис. 6.2).

Найбільш сприятливі умови для зростання льону складаються якщо тривалість періоду сходів – цвітіння становить 30 – 45 днів. Така тривалість періоду спостерігається при середній температурі 15 – 17° С 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° С та збільшенні кількості опадів більше 100 мм.

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 менше 30 мм в орному шарі ґрунту та температурі повітря 14 – 17° С (табл. 6.1).

За даними досліджень І.О. Сизова [47] при оптимальних умовах вирощування висота льону у період від сходів до утворення суцвіть становить 25 % кінцевої висоти, а інші 75 % приросту висоти приходяться на період від утворення суцвіть до цвітіння.

Період від цвітіння до ранньої жовтої стиглості. У період після цвітіння ростові процеси майже закінчуються, у рослин починається формування та дозрівання насіння, а волокно набуває технічної стиглості.

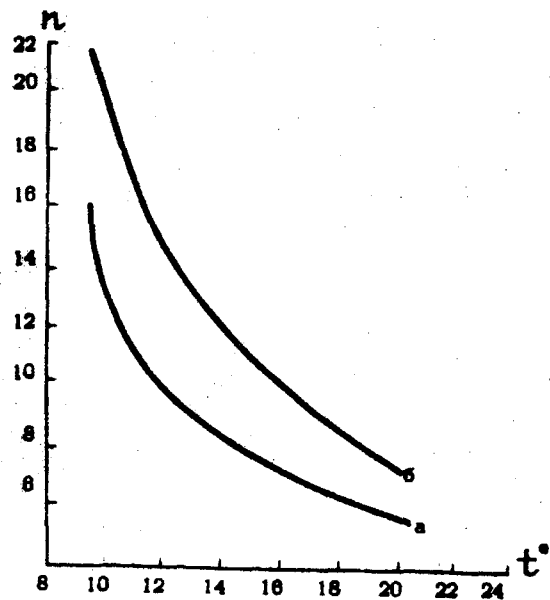


Рис.6.1 – Залежність тривалості періоду сівба – сходи у днях (n) від середньої температури повітря за перші 10 днів після сівби (t):
 а – за оптимального зволоження ґрунту;
 б – за зливових опадів (більше 15 мм)

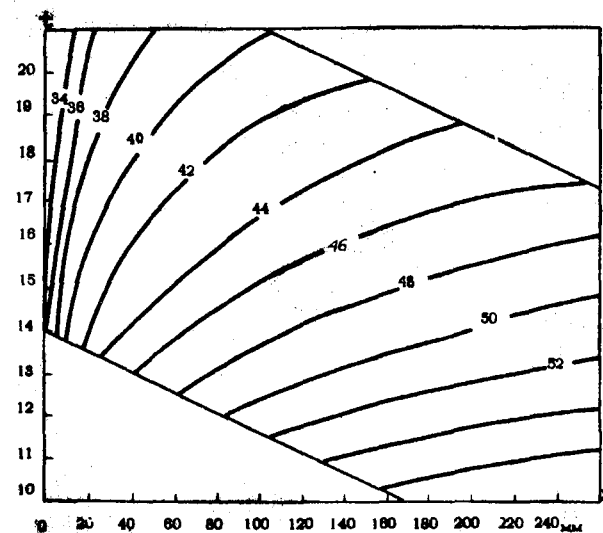


Рис. 6.2 – Залежність тривалості періоду сходи – цвітіння льону (n) від середньої температури за період (t) та суми опадів (x) (у полі графіка тривалість періоду у днях)

Таблиця 6.1 – 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
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

Тривалість періоду цвітіння – рання жовта стиглість знаходиться у тісній залежності від умов тепло- та вологозабезпеченості яка виражається значеннями середньої температури повітря та сумою опадів за період (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 – Залежність тривалості періоду цвітіння – рання жовта стиглість льону від середньої температури повітря та суми опадів

Температура повітря	О п а д и, 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° С та сума опадів 20 – 60 мм.

6.2 Розрахунок запасів продуктивної вологи на полі з посівами льону

Більша частина коріння льону розташована у шарі ґрунту 0 – 50 см. Тому величина запасів продуктивної вологи у шарі мешкання коріння є одним із вирішальних факторів формування врожаю волокна льону.

Спостереження за запасами вологи під льоном дуже обмежені, тому були розроблені рівняння залежності швидкості витрат ґрунтової вологи на полі льону за декаду (W) від початкових запасів вологи на початок

розрахунку (W_1), суми опадів за декаду (x) та середньої температури за декаду (t). Рівняння були розраховані для полів з суглинками та супіщаних полів по міжфазних періодах:

а) сходи – утворення суцвіть

суглинкові ґрунти	$W = 0,81W_1 + 0,20r - 0,75t + 11,72$	шар 0 – 20 см	(6.1)
	$W = 0,91W_1 + 0,36r - 0,78t + 6,31$	0 – 50 см	(6.2)
супіщані ґрунти	$W = 0,79W_1 + 0,22r - 0,03t + 1,01$	0 – 20 см	(6.3)
	$W = 0,86W_1 + 0,54r - 2,83t + 40,06$	0 – 50 см	(6.4)

б) початок утворення суцвіть – цвітіння

суглинкові ґрунти	$W = 0,66W_1 + 0,36r - 1,10t + 17,70$	шар 0 – 20 см	(6.5)
	$W = 0,78W_1 + 0,42r - 2,26t + 35,36$	0 – 50 см	(6.6)
супіщані ґрунти	$W = 0,82W_1 + 0,35r - 0,74t + 3,85$	0 – 20 см	(6.7)
	$W = 0,85W_1 + 0,61r - 1,07t + 5,56$	0 – 50 см	(6.8)

в) після цвітіння для всіх типів ґрунтів:

$$W = 0,84W_1 + 0,58r - 1,14t + 10,8 \quad \text{шар 0 – 50 см} \quad (6.9)$$

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.

6.3 Оцінка вологозабезпеченості посівів льону та прогноз середнього по області врожаю волокна

Вологозабезпеченість (V) посівів льону розраховується як і інших сільськогосподарських культур, як відношення величини сумарного випаровування (E) до величини випаровуваності (E_0), (що приймається за вологопотребу рослин) виражене у відсотках:

$$V = \frac{E}{E_0} \cdot 100 \quad (6.10)$$

При визначенні величини випаровуваності льону використовуються біологічні коефіцієнти, визначені Л.В. Комоцькою. Вони становлять: у період сходи – початок утворення суцвіть – 0,53, початок утворення

суцвіть – цвітіння – 0,74, після цвітіння до наступу ранньої жовтої стиглості – 0,58.

Величина фактичного випаровування розраховується за спрощеною формулою водного балансу:

$$E = (W_n + r) - W_k \quad (6.11)$$

де E – фактичне випаровування, мм;

W_n – запаси продуктивної вологи у шару 0 – 50 см на початок декади, мм;

r – сума опадів за декаду, мм;

W_k – запаси продуктивної вологи на кінець декади, мм.

При відсутності визначень запасів продуктивної вологи вони розраховуються за рівняннями (6.1 – 6.9).

Оцінка вологозабезпеченості льону розраховується як відношення вологозабезпеченості у поточному році до вологозабезпеченості у минулому році та до середньої багаторічної.

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 (за дві декади).

Л.В. Комоцькою були розроблені 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 менше 30 мм

$$y = 0,002V + 0,31V^2 + 25,88 \quad (6.12)$$

б) для суми опадів 30 – 60 мм

$$y = 0,0014V + 0,45V^2 + 39,15 \quad (6.13)$$

в) для суми опадів більше 60 мм

$$y = 0,0063V + 1,45V^2 - 0,46 \quad (6.14)$$

Величина врожаю льняного волокна знаходиться в тісному зв'язку з технічною довжиною стебел.

6.4. Прогноз врожаю волокна льону-довгунцю

Прогноз врожаю льону для основних районів вирощування розроблений О.О. Андрєєвим [48]. За основу методу прогнозу взяті залежності врожаю льону від середньої по області гущини 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 гущини рослин 700 – 1500 рослин на m^2 (m) та висоти рослин 45 – 102 см (h) на дату збирання

$$y = 0,005m + 0,84h - 11,736 \quad (6.15)$$

- 2) для середньостиглих сортів при гущині 1500 – 3000 рослин на m^2 та висоті 42 – 95 см

$$y = 0,001m + 0,193h - 6,007 \quad (6.16)$$

- 3) для пізньостиглих сортів при гущині рослин 1500 – 3000 рослин на m^2 та висоті на дату збирання 60 – 115 см

$$y = 0,002m + 0,234h - 10,4 \quad (6.17)$$

Для розрахунку очікуваного врожаю волокна льону необхідно знати висоту та гущину посівів на дату збирання. Для визначення гущини рослин на збирання використовується формула:

$$m = 0,85m_{cx} + 156 \quad (6.18)$$

де m – гущина рослин на збирання;

m_{cx} – гущина рослин на фазу сходів.

Висота рослин на дату збирання розраховується за формулою:

$$h = fh_l + h_l \quad (6.19)$$

де h – висота рослин на збирання;

h_l – висота рослин на кінець декади розрахунку;

f – потенційно можливий (залишковий) відносний приріст.

Для розрахунку f О.О. Андрєєв 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:

$$f = -0,898h_t + 0,032b + 17,702 \quad (6.20)$$

якщо $h_t = 21 - 40$ см,

$$f = -0,091h_t + 0,005b + 4,299 \quad (6.21)$$

якщо $h_t = 41 - 60$ см,

$$f = -0,026h_t + 0,08b + 1,587 \quad (6.22)$$

якщо $h_t = 61 - 80$ см,

$$f = -0,006h_t + 0,082b + 0,37 \quad (6.23)$$

якщо $h_t = 81 - 100$ см,

$$f = -0,0081h_t + 0,0103b + 0,124 \quad (6.24)$$

де b – відносний лінійний приріст за попередню декаду, який визначається з виразу:

$$b = \frac{h_t}{h_{t-10}} \quad (6.25)$$

де h_{t-10} – висота рослин на кінець попередньої декади.

Очікуваний середній по області врожай волокна льону також розраховується у відсотках середньої врожайності за останні п'ять років. Середня врожайність знаходиться з табл. 6.3.

Техніка складання прогнозу врожаю льону – довгунцю

Метод О.О. Андреева дозволяє скласти прогноз очікуваного врожаю щодавно, 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, густина 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.

За даними густини рослин на 1 м^2 на фазу сходів розраховується густина рослин на збирання за формулою (6.18). Потім розраховуються значення f і b . Далі за цими значеннями розраховується висота рослин на дату збирання за формулою (6.19). Вказані величини розраховуються за

даними кожної із станцій області, потім розраховуються середні по області величини як середні арифметичні.

Таблиця 6.3 – 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

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 (6.15 – 6.17). Приклад у табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок середньої обласної врожайності волокна льону-довгунцю

Львівська	Область	Фактична інформація							Розрахункові дані					
		Сорт	Дата посіву	Дати настання		Густота рослин на дату сходів	Висота рослин на декади		Густота рослин до часу збирання	в	Г	Висота рослин до часу збирання	Очіку мий середній врожай, ц/га	Прогноз врожайності, % середнього за 5 років
				Сходів	Цвітіння		Перед цвітінням	Цвітіння						
Поліський		12.IV	26. IV	26.VI	1848	50	70	1848	1,0	1,1	72	79	95	

Таким чином, урожайність волокна 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.

7 Методи прогнозу оптимальних доз азотного живлення для зернових культур

Ефективність добрив значно змінюється з року в рік в залежності від особливостей агрометеорологічних умов. Дослідженнями впливу агрометеорологічних умов на величину доз живлення займалися О.І. Коровін, О.П. Федосєєв та З.А. Шостак, М.С. Кулик та ін.[73 – 76]. Вони запропонували за критерій доцільності дози добрив використовувати найменшу прибавку зерна, вартість якої б перевищувала витрати на добрива та роботу по їх внесенню. Встановлено, що на 10 кг діючої речовини азотних добрив ефективна прибавка врожаю для чорноземної зони становить більше 0,3 ц/га, для нечорноземної зони – 0,2 ц/га.

Головним показником, що визначає необхідність внесення поправок до оптимальних доз живлення, є сума опадів за осінньо-зимовий період. Встановлено, що із збільшенням суми осінніх та зимових опадів зростає необхідність збільшення оптимальних доз азотних добрив.

Крім того, також було встановлено, що розміри оптимальних доз добрив також залежать від того, на яких полях посіяні культури. На полях, де посіви проведені по зайнятих парах або непарових попередниках, дози живлення вищі, ніж на посівах по чистих парах.

Оптимальні дози азотних добрив для культур, посіяних по чистих парах, на полях після трав і на полях, де вносились органічні добрива, значно менші, ніж по зайнятих парах або по непарових попередниках.

Оскільки період початку польових робіт на Європейській частині СНД в різних районах різний, то період врахування опадів за холодну пору року теж неоднаковий.

Для нечорноземної зони опади враховуються за період до першої весняної декади з температурою повітря 5°C. Для лісостепових та степових районів з вилуженими звичайними та південними чорноземами опади враховуються по січень.

При складанні прогнозів доз живлення розраховуються поправки на норми азотних добрив, які встановлюються агрохімічними лабораторіями для полів з різними ґрунтами.

О.П. Федосєєвим та З.А. Шостак були побудовані графіки залежності величин поправок на норми азотних добрив для різних регіонів Європейської частини СНД для ярих зернових культур (рис. 7.1 а, б, в) та озимих культур (рис. 7.2 а, б; 7.3 а, б). На рис 7.1 вказані поправки до встановлених норм азотних добрив під ярі культури в залежності від різних сполучень опадів за період з серпня до переходу температури через 5° С восени (х) та від дати переходу температури повітря через 5° С восени до переходу її через 5° С навесні (у). По рис. 7.2 та 7.3 розраховуються поправки до встановлених норм азотного живлення навесні та влітку для

озимих культур. Сума опадів розраховується за ті ж періоди, що і для ярих культур.

На рис. 7.1 – 7.3 виділено чотири зони різних сполучень осінніх та зимових опадів. Якщо дані по сумах опадів попадають у першу зону графіків, то кількість опадів була недостатня і добрива не вносяться. Якщо по кількості опадів точка попадає в другу зону, то встановлену норму добрив зменшують на 40 – 50 %. При попаданні точки суми опадів в третю зону встановлена норма добрив не змінюється. Якщо кількість опадів на графіках попадає в четверту

Якщо розрахунок азотних добрив необхідний раніше вказаних строків, то до суми опадів на декаду розрахунку додається сума опадів за дві-три попередні декади.

Метод розрахунку доз азотного живлення може використовуватись для окремих полів і для територій районів та областей.

7.1 Встановлення оптимальних доз азотного живлення під ярі зернові культури

Нечорноземна зона Європейської частини СНД. При складанні прогнозу на цій території кількість опадів розраховується за даними спостережень по станціях, розташованих від місця розрахунку на відстані не більше 40 км.

Кількість опадів для прогнозу величини поправок доз азотного живлення розраховується за два періоди: 1 – з серпня до дати переходу температури повітря через 5° С восени; 2 – з послідувочної декади після переходу температури через 5° С восени до першої весняної декади, після якої спостерігається перехід температури повітря через 5° С.

Кількість опадів за перший період відкладається по вертикальній осі графіків (рис. 7.1), за другий – по горизонтальній осі. Точка перетину значень опадів попадає в ту чи іншу зону графіків, в залежності від цього і визначається поправка до доз азотних добрив у % від норми (фон $R_{40-60}K_{40-60}$).

Приклад. У 2000 році за даними ст. Малоярославець перша декада жовтня була останньою декадою осені з температурою вище 5° С. З серпня до цієї декади випало 158 мм опадів. Навесні перехід температури повітря через 5° С відбувся у першій декаді травня. Кількість опадів від осінньої декади з температурою повітря нижче 5° С (від другої декади жовтня) до останньої декади перед переходом температури повітря через 5° С (третья декада квітня) становила 278 мм. По вертикальній осі відкладається перша сума опадів – 158 мм (рис. 7.1), а по горизонтальній – друга сума опадів (278 мм) Точка перетину цих значень опадів попадає в четверту зону. Це

говорить про те, що за умовами зволоження норму добрив для цього поля необхідно збільшити на 40 – 60 %.

Чорноземна зона Європейської частини СНД. Кількість опадів для цієї зони підраховується за два періоди: 1 – з серпня попереднього року до переходу температури повітря через 5° С восени; 2 – з наступної декади після переходу температури повітря через 5° С восени до січня місяця.

Цей метод розрахунку поправок до доз азоту в залежності від умов зволоження застосовується при внесенні азотних добрив під ярі культури навесні. Якщо добрива вносились восени, то поправку на кількість опадів доцільно вносити лише в окремі вологі роки. У випадку, коли за розрахунками дозу добрив навесні необхідно збільшити, то дозу вносять за винятком кількості добрив, внесених восени.

Приклад. На ст. Суми перехід температури повітря через 5° С восени спостерігався у третій декаді жовтня. З серпня по третю декаду жовтня випало 153 мм опадів (перший період). За другий період від осінньої декади з температурою повітря нижче 5° С (перша декада листопада) по січень випало 166 мм опадів. По рис. 7.2 визначається, що точка перегину значень опадів попадає в III зону. Тобто, в цих умовах поправки до встановленої дози азотних добрив за рахунок зволоження не потрібні.

Посушлива зона південного сходу Російської федерації. При складанні прогнозу кількість опадів для цієї зони підраховується за два періоди: 1 – з вересня попереднього року по декаду переходу середньої за декаду температури повітря через 5° восени; 2 – з наступної декади після переходу температури повітря через 5° С восени по січень. Розрахунки виконуються за тією ж схемою, що і попередній прогноз.

7.2 Метод прогнозу оптимальних доз весняного живлення озимих культур

Для повного забезпечення рослин елементами живлення впродовж їх розвитку необхідно вірно розраховувати строки внесення добрив: до сівби, при сівбі та після сівби (підживлення). Підживлення озимих культур навесні азотними добривами дуже ефективне.

Встановлено, що в районах Нечорноземної зони, центральній частині лісостепової зони та у Прикарпатті успішність підживлення рано навесні озимих культур азотними добривами за кліматичними даними забезпечується на 90 – 100 %. Далі на південь та на південний схід, де зростає посушливість, ефективність весняного підживлення зменшується до 50 – 70 %.

Техніка складання прогнозу оптимальної дози внесення добрив ранньою весною нічим не відрізняється від такого ж прогнозу для ярих культур. Площі з загиблими посівами, та ті, що будуть пересіватись з

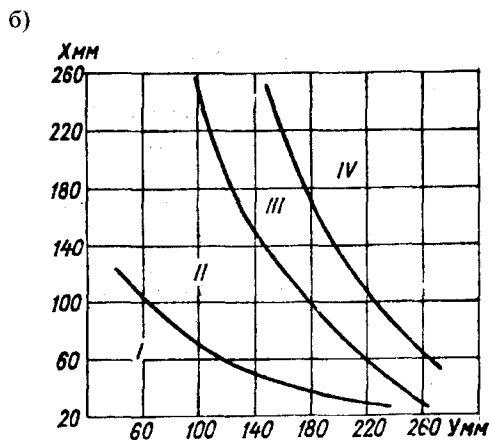
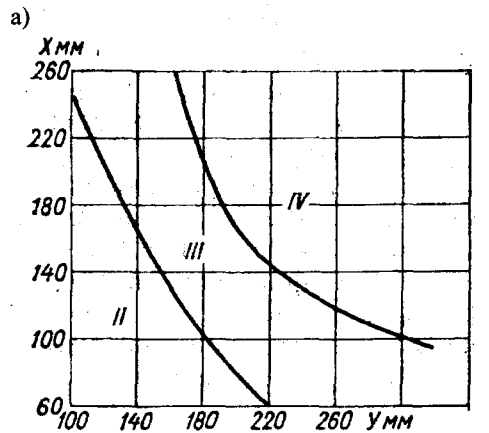


Рис. 7.1 – Поправки до встановлених доз азотних добрив (по фону $P_{40-80}K_{40-80}$) під ранні ярі культури в залежності від кількості опадів за осінньо-зимовий період по непарових попередниках;

- а) Нечорноземна зона ЄЧ СНД;
- б) Чорноземна зона ЄЧ СНД;
- І-ша зона – низька ефективність;
- ІІ-а зона нижче норми на 40 – 50 %;
- ІІІ-я зона розрахована доза;
- ІV-а зона – вище норми на 40 – 60 %.

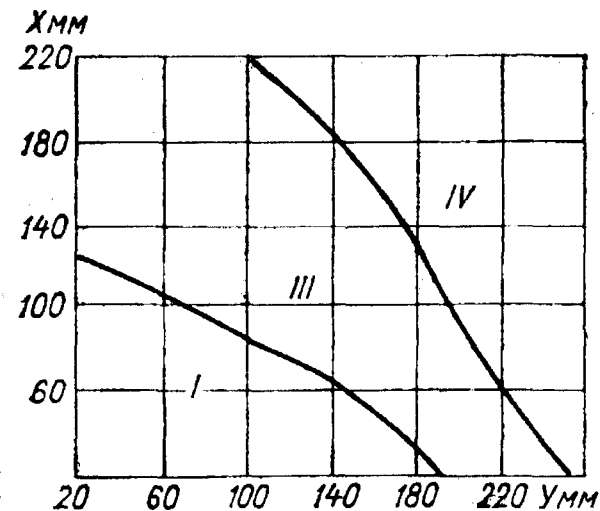


Рис. 7.2 – Поправки до встановлених норм весняного азотного живлення озимих культур в залежності від кількості опадів за осінньо-зимовий період. Посушлива зона Південного сходу Росії.

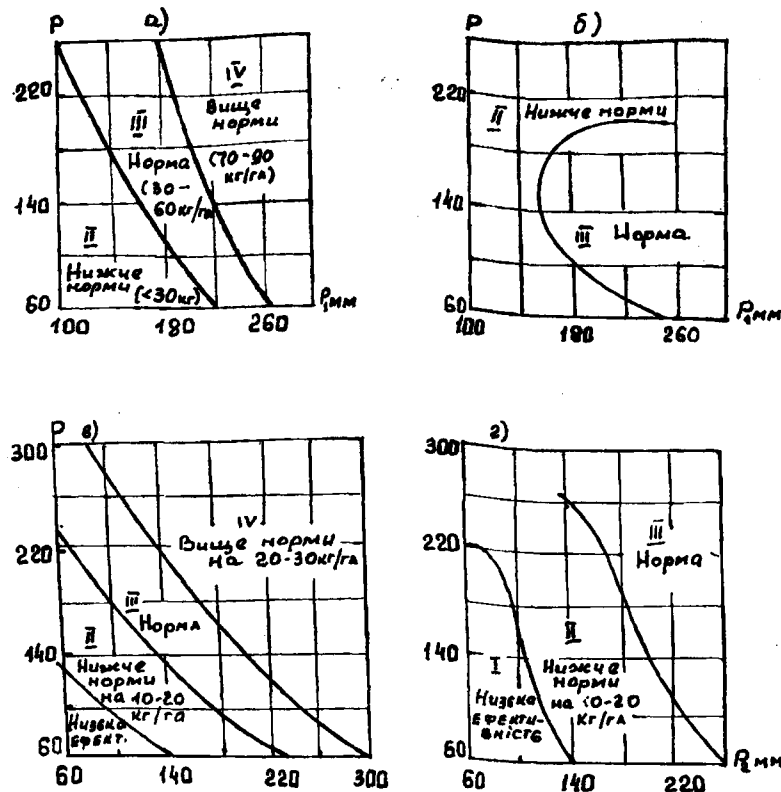


Рис. 7.3 – Поправки до встановлених доз весняного підживлення азотом озимих зернових культур:

- 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.

прогнозу виключаються. Для Нечорноземної зони Європейської частини СНД прогноз складається з використанням рис. 7.2 (а, б). Для Чорноземної зони використовується рис. 7.3 (а, б).

Приклад. За даними станції Красноград (табл. 7.1) (чорноземна зона) на рис. 7.2 на вертикальній осі відкладається сума опадів за перший період (186 мм), по горизонтальній – опади за другий період (75 мм). Точка перетину попадає в зону II. У цьому випадку встановлену дозу азотних добрив під озимі зернові культури зменшують на 10 – 20 кг/га.

Таблиця 7.1 – Метеорологічні дані станції Красноград

Показник	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад			Грудень	Січень
				1	2	3		
Температура повітря, °С	20,7	16,0	8,7	5,0	6,5	2,4	-3,3	-1,6
Опади, мм	22	24	51	26	63	12	53	10
Опади (мм) наростаючим підсумком (по періодам)	–	46	97	123	186	–	65	75

7.3 Метод прогнозу літнього азотного підживлення зернових культур

Літнє азотне підживлення підвищує вміст білка в зерні. Ефективність літнього підживлення залежить від метеорологічних умов.

Азот може потрапити в зону коріння тільки з водою, тому ефективність літнього азотного живлення залежить від значення запасів продуктивної вологи верхніх шарів ґрунту та тривалості періоду без дощів після внесення азотних добрив.

З.А. Шостак [75] запропонувала рівняння залежності прибавки протеїну (ΔП) від вологості ґрунту при літньому підживленні зернових культур:

$$\Delta P = 0,058x - 5 \cdot 10^{-6} x^3 - 0,55$$

$$R = 0,760, S_n = 0,6\%$$
(7.1)

де x – вологість ґрунту в шарі 0 – 20 см під час підживлення (у % НВ).

Ефективність літнього азотного підживлення забезпечена за оптимальних умов зволоження при кількості колосоносних стебел більше 300 на 1 м². Для використання запропонованого рівняння необхідно дотримуватись умов:

1 – літнє підживлення рекомендується при вологості ґрунту не менше 50 – 80 % НВ (тобто при м'якопластичному стані ґрунту);

2 – після підживлення опади 20 мм за добу і більше зменшують ефективність підживлення;

3 – якщо вологість ґрунту становить 20 – 50 % НВ, то підживлення проводиться тільки при опадах більше 5 мм;

4 – якщо вологість ґрунту більше 80 % або менше 25 % НВ, то підживлення не проводиться.

Рекомендації що до літнього підживлення в залежності від погодних умов складаються за даними вологості ґрунту на дату колосіння або в декаду перед колосінням. Рекомендації складаються для тих полів, де кількість колосоносних стебел на 1 м² становить більше 360.

За даними академіка Д.М. Прянишникова врахування впливу дози добрив менше 10 кг/га не забезпечуються точністю польового досвіду. Межі доз азотних добрив коливаються для ярих культур від 30 до 120 кг/га, при весняному живленні озимих – від 20 до 90 кг/га. За допустиму помилку прогнозу при внесенні невеликих та помірних доз добрив прийнято ± 10 кг/га; при підвищених дозах (більше 60 кг/га) допустима помилка складає ± 15 кг/га. Можливі відхилення в оптимізованих за рекомендаціями дозах від фактичних в межах $\pm 10 - 15$ кг/га вважаються допустимими.

8 Оцінка впливу погодних умов на середню районну врожайність кукурудзи, соняшника та цукрових буряків

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 [77].

Теоретичною основою для розробки методики стали відомі залежності росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур від умов навколишнього середовища [28, 40, 58]. 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 –ій 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.

8.1 Оцінка впливу погодних умов на середню районну врожайність 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:

$$Y = \frac{1}{10} (-307,0 + 151,21 \ln X - 41,3d_1 - 8,1d_2 - 0,36r^2) \quad (8.1)$$

де Y – 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 сівби початок росту коренеплоду та початок росту коренеплоду – в'янення гички;
 t^2 – середня температура повітря за період початок росту коренеплоду – в'янення гички.

За вказаним рівнянням в кожному році розраховується можлива врожайність, а потім за допомогою табл. 8.1, знаходиться міра сприятливості погодних умов вирощуванню цукрових буряків.

Таблиця 8.1 – Шкала оцінки сприятливості погодних умов для формування середнього по району врожаю цукрових буряків

Розрахований за рівнянням (8.1) середній врожай, т/га	Оцінка міри сприятливості погодних умов
менше 14,0	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 ($\ln X$), буде 5,7. Нестача насичення повітря вологою (t_1) за період сівби – 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 404° С. Якщо підставити значення складових у рівняння:

$$Y = \frac{-307,0 + 151,21 \cdot 5,7 - 41,3 \cdot 1,3 - 8,1 \cdot 9,1 - 0,36 \cdot 404,0}{10} = 26,33 \text{ т/га}$$

то очікуваний середній по району врожай становитиме 26,33 т/га.

З табл.8.1 знаходиться, що у 2003 році у Тимашівському районі склались сприятливі умови для формування врожайності цукрових буряків.

8.2 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:

$$Y = -63,51 - 8,48t_1 + 1,14W_1 + 1,27X_1 + 1,4t_2 + 0,92X_2 + 2,13d + 0,75X_3 \quad (8.2)$$

де Y – 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 сівби – 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. 8.2 оцінюється міра сприятливості погодних умов для формування врожаю.

Таблиця 8.2 – 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 сівби сходи становила 12,8° С, за період сходи – друга пара листя – 15,3° С;
- сума опадів за період сівби – 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 сівби – сходи становили – 167 мм;
- нестача насичення повітря вологою за період цвітіння – дозрівання становила 25,9 гПа.

Тоді:

$$U = -63,51 - 8,48 \cdot 12,8 + 1,1 \cdot 167 + 1,3 \cdot 45,1 + 1,4 \cdot 15,3 + 0,92 \cdot 107,9 + 2,13 \cdot 25,9 + 0,75 \cdot 508 = 623,8$$

Для переводу у т/га одержана величина ділиться на 233,7 = 2,67 т/га. Таким чином, у 2003 році у районі склались дуже сприятливі умови для формування врожаю соняшника.

8.3 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 (U) 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:

$$U = 146 + 0,364X_1 + 0,703X_2 - 1,547n_1' - 9,809n_1''' - 10,282d_1 - 5,787n_2''' + 2,987d_2 \quad (8.3)$$

Метод розрахунку оцінки агрометеорологічних умов формування врожаїв кукурудзи такий же, як і цукрових буряків та соняшника. Тільки для кукурудзи розроблена інша шкала оцінок (табл. 8.3).

Таблиця 8.3 – 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 соняшника та цукрових буряків, тому тут не наводиться.

9 Агрометеорологічні умови формування якості насіння зернових культур

Високі врожаї сільськогосподарських культур у сполученні з високою якістю продукції є дуже важливим резервом у зростанні виробництва.

Висока якість врожаїв важлива для усіх видів культур. Але особливої цінності вона набуває у зернових культур, в яких підвищення вмісту білка в зерні на 1 % дає додатково декілька сот тон білка. Також важливе значення мають вміст цукру в коренеплодах цукрових буряків, крохмалю в бульбах картоплі, комплексу вітамінів у плодах овочевих культур тощо.

Створення та накопичення поживних речовин в рослинах залежить від ґрунтово-кліматичних умов, технології їх вирощування та сортових особливостей. Обґрунтування раціонального використання технології вирощування, яка б підвищувала якість продукції, вимагає встановлення кількісних залежностей якості продукції від факторів навколишнього середовища, серед яких провідне місце займають агрометеорологічні умови.

Поки що досліджень кількісних залежностей якості врожаїв від погодних умов, що дозволяють складати прогнози якості очікуваного врожаю, досить мало.

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 [82].

9.1 Вплив погодних умов на вміст білка та клейковини в зерні озимої пшениці

Дослідженнями В.М. Страшного встановлено, що накопичення білка в зерні злакових рослин відбувається за рахунок двох джерел: використання азотистих речовин, які накопичуються у вегетативних органах до початку наливу зерна, та поглинання азоту з ґрунту в період наливу зерна. Тому агрометеорологічні умови вже на ранніх стадіях розвитку рослин впливають на якість зерна.

У період від сходів до припинення вегетації озимої пшениці найбільш тісний зв'язок вмісту білка та клейковини спостерігається з тривалістю цього періоду і середньою температурою повітря за цей же період. Температура повітря 10 – 11° С та тривалість періоду 40 – 50 днів сприяють максимальному вмісту білка та клейковини в зерні пшениці.

В ранній весняний період найбільш тісний зв'язок вмісту білка та клейковини в зерні спостерігається з середньою амплітудою температури

повітря. З підвищенням амплітуди температури від 6 до 13° С вміст білка в зерні озимої пшениці підвищується з 9 до 15 %, а клейковини з 15 до 30 %.

При доброму зволоженні ґрунту навесні відбувається інтенсивний ріст рослин та інтенсивне утворення бокових пагонів, тобто йде збільшення маси, яка накопичує азот. Ріст коріння в цей період значно уповільнюється. Невідповідність між розвитком коріння та надземної маси уповільнює постачання рослиною азоту. Тому спостерігається зворотній зв'язок вмісту білка та клейковини з запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на дату стійкого переходу температури повітря через 10° С навесні. Найгірша якість зерна спостерігається при запасах вологи більше 220 мм. При запасах вологи біля 100 – 120 мм якість зерна підвищується (до 14 – 15 % білка та 26 – 30 % клейковини). Таким чином, запаси продуктивної вологи є головним інерційним фактором, який визначає не тільки умови формування врожаю, але і його якість.

При збільшенні тривалості періоду від стійкого переходу температури повітря через 10° С до колосіння якість зерна теж погіршується. В цей період просліджується досить тісний зв'язок якості зерна з дефіцитом насичення повітря. Найвища якість зерна спостерігається за середніх дефіцитів насичення повітря 11 – 13 мб за період від стійкого переходу температури повітря через 10°С до колосіння.

При загущених посівах зменшується кількість пагонів та листя, що формується на них. Зменшення площі листя викликає зменшення кількості азоту, що надходить в зерно. Найменший вміст білка (9 – 10 %) та клейковини (15 – 16 %) спостерігається при кількості колосonoсних стебел на квадратний метр більше 900 штук. Із зменшенням гущини посівів на кожні 100 штук колосonoсних стебел кількість білка зростає на 0,4 – 0,5 %, клейковини – на 1 – 2 %.

В період наливу зерна азот перетікає із вегетативних органів в зерно. Наприкінці вегетації в зерні накопичується до 6 % загальної кількості азоту.

При збільшенні тривалості періоду від колосіння до досягання та при збільшенні кількості опадів в цей період вміст білка та клейковини в зерні зменшується. Найменше білка (9 %) та клейковини (15 %) спостерігається в зерні озимої пшениці за середньої температури повітря за період від колосіння до воскової стиглості 16°С. З підвищенням температури до 24°С воно збільшується відповідно до 15 та 30 %.

Враховуючи все вищесказане, В.М. Страшний [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 (Y) в зерні розраховується після наступу фази масового колосіння за рівнянням:

$$Y = 4,45A - 0,002W + 0,11d - 0,002N + 0,38t \quad (9.1)$$

Клейковини:

$$Y = 0,67 + 0,37A - 0,017W + 0,65d - 0,004N + 0,86 \quad (9.2)$$

де A – середня амплітуда температури повітря за період від відновлення вегетації до стійкого переходу через 10°C ;

W – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту (мм) на дату стійкого переходу температури повітря через 10°C ;

d – середній дефіцит насичення повітря (мб) за період від стійкого переходу температури повітря через 10°C до дати колосіння;

N – кількість колосonoсних стебел на м^2 у фазу колосіння;

t – середня температура повітря за період від колосіння до воскової стиглості.

Рівняння застосовуються у межах змін середніх по області значень: A – від 6 до 12°C ; W – від 110 до 240 мм; d – від 5 до 14 мб; N – від 350 до 900 колосonoсних стебел; t – від 16 до 23°C .

Розрахунок очікуваної якості зерна виконується після визначення кількості колосonoсних стебел на дату масового колосіння. Для виконання розрахунків по області використовуються спостереження не менше $6 - 8$ станцій. Приклад розрахунку наводиться у табл. В.1.

Техніка складання прогнозу якості зерна.

Приклад розрахунку наводиться у табл. В.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°C .

Запаси продуктивної вологи (W) для розрахунків використовуються за декаду найближчу до дати стійкого переходу температури повітря через 10°C .

Дата наступу воскової стиглості розраховується за сумами ефективних температур 500°C від дати колосіння. Середня температура визначається з синоптичного прогнозу погоди. За значеннями середніх добових температур визначається середня температура за період від колосіння до воскової стиглості. Для кожної станції всі показники розраховуються окремо. І потім у графах (табл. В.1) $8 - 9$, $13 - 14$ та 18 визначаються середні по області величини, які необхідні для розрахунків за рівняннями (9.1) та (9.2).

При розрахунках середніх по області значень запасів продуктивної вологи та кількості колосonoсних стебел необхідно використовувати спостереження не тільки агрометеорологічних станцій, але і постів та маршрутні спостереження.

Приклад. Розрахувати очікуваний вміст білку та клейковини в зерні озимої пшениці у Київській області. Розрахунки приведені в табл. В.1. Після визначення середніх по області запасів продуктивної вологи, середньої амплітуди температур, дефіциту вологи, кількості колосonoсних стебел та середньої температури повітря вони підставляються в рівняння (9.1) для визначення вмісту білка та в рівняння (9.2) для визначення вмісту клейковини:

$$Y = 4,45 + 0,19 \cdot 8,7 - 0,002 \cdot 143W + 0,11 \cdot 7,0 - 0,002 \cdot 808 + 0,38 \cdot 18,6 = 12$$

Таким чином очікуваний вміст 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 виправданість прогнозу за формулою:

$$S_y = \frac{100 - (Y_p - Y_\phi)}{Y_\phi} \cdot 100 \quad (9.3)$$

де Y_p – очікуваний вміст білка або клейковини;

Y_ϕ – фактичний вміст білка або клейковини.

У прикладі: $S_y = 100 - (12 - 11,6) / 11,6 \times 100 = 97\%$

Слід зазначити, що зростання культури землеробства відбувається повсякчасно, тому залежність якості зерна від агрометеорологічних умов буде змінюватись і через те, через кожні $4-5$ років ці залежності необхідно уточнювати.

9.2 Методика розрахунку врожайної якості зерна озимої пшениці

В Україні досить різноманітні ґрунтово-кліматичні умови, які поки що мало враховуються у насінницькій технології.

Методика оцінки агрометеорологічних факторів для прогнозування врожайних якостей зерна озимої пшениці розроблено в Одеському селекційно-генетичному інституті М.О. Кіндруком [70].

Під врожайними властивостями зерна у насінництві розуміють здібність різних партій зерен одного і того ж сорту давати в різних

Таблиця 9.1 – Межі агрометеорологічних оптимумів формування різного рівня врожайних властивостей насіння озимої пшениці (екологічна модель)

Показник	Міжфазний період вегетації	Рівень врожайних властивостей насіння та його оцінка в балах		
		підвищений, 7 – 9	середній, 4 – 6	Понижений, 1 – 3
1	2	3	4	5
Середня температура повітря, °С	Колосіння – молочна стиглість	13 – 17	10 – 12 18 – 21	менше 10 більше 21
	Молочна – воскова стиглість	16 – 18	11 – 15 19 – 23	менше 11 більше 23
Кількість днів з температурою повітря 25 °С і вище	Колосіння – молочна стиглість	0 – 5	6 – 9	більше 9
	Молочна – воскова стиглість	0 – 7	8 – 10	більше 10
Кількість днів з температурою повітря 10 °С і вище	Колосіння – молочна стиглість	0 – 4	5 – 9	більше 9
	Молочна – воскова стиглість	0 – 2	3 – 5	більше 5
	Воскова – повна стиглість	0 – 1	2 – 4	більше 5
Кількість днів з температурою повітря 5 °С і нижче	Воскова – повна стиглість	0	1	більше 1
Опади, мм	Колосіння – молочна стиглість	61 – 120	21 – 60 121 – 160	0 – 20 більше 160
	Молочна – воскова стиглість	41 – 75	11 – 40 76 – 120	0 – 10 більше 120
	Воскова – повна стиглість	0 – 20	21 – 40	більше 40

Продовження табл. 9.1.

1	2	3	4	5
Середня відносна вологість повітря, %	Колосіння – молочна стиглість	56 – 80	41 – 55 81 – 95	менше 40 більше 95
	Молочна – воскова стиглість	51 – 75	36 – 50 76 – 90	менше 36 більше 90
	Воскова – повна стиглість	41 – 65	Менше 40 60 – 80	Більше 80
Кількість днів з відносною вологістю повітря 50% і нижче	Колосіння – молочна стиглість	0 – 6	7 – 15	Більше 15
	Молочна – воскова стиглість	0 – 4	5 – 10	Більше 10
Кількість днів з відносною вологістю 80% і вище	Воскова – повна стиглість	0 – 1	2 – 4	Більше 4

умовах агротехніки неоднаковий врожай. В залежності від агрометеорологічних умов він може відрізнятися на 4 – 7 ц/га і більше, що навіть перевищує сортові відмінності.

Для оцінки агрометеорологічних умов при прогнозуванні врожайних якостей зерна використовується “екологічна модель” формування врожайних якостей зерна різного рівня: підвищені, середні та зменшені.

За основу при побудуванні екологічної моделі взяті параметри, розраховані по основних міжфазних періодах, починаючи від колосіння рослин: середня температура повітря, середня відносна вологість повітря, кількість атмосферних опадів, кількість днів з температурою повітря 25° С і вище та 10° С та нижче, і кількістю днів з відносною вологістю повітря 50 % і нижче та 80 % і вище (табл.9.1).

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. Г.1).

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. 9.2).

Таблиця 9.2 – Шкала балової оцінки рівня врожайної якості зерна озимої пшениці по міжфазних періодах

Рівень врожайних властивостей	Сума балів по періодам			Загальна сума балів
	колосіння – молочна стиглість	молочна – воскова стиглість	воскова – повна стиглість	
Підвищений	вище 36	вище 38	вище 36	вище 110
Середній	31 – 36	33 – 38	31 – 36	95 – 110
Понижений	нижче 31	нижче 31	нижче 31	нижче 95

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);

2) по матеріалах метеорологічних спостережень розрахувати середні значення для кожного міжфазного періоду: середньої температури повітря, кількості днів з температурою вище 25° С (у табл. Д.1) графа “максимальна температура повітря”, кількості днів з температурою повітря 10° С та нижче, 5° С та нижче (графа “мінімальна температура повітря), суми опадів, середньої відносної вологості повітря, кількості днів з 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 (у табл. Д.1) і потім з табл. Г.1. 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. Пі зерна.

Приклад. У період колосіння – молочна стиглість середня температура повітря становила 16,7° С (записи у табл. Ж.1). Їй відповідає оцінка

врожайності у 7 балів. Кількість днів з температурою повітря вище 25°С становила 2 дні – їй відповідає оцінка 9 балів. Днів з температурою нижче 10 та 5°С не було – оцінка 10 балів. Опади склали 40 мм – оцінка 5 балів. Середня відносна вологість була 55% – оцінка 5 балів. Кількість днів з відносною вологістю повітря 50% і нижче становила 5 – оцінка 7 балів. Загальна сума балів за період колосіння – молочна стиглість становить 38. Так само оцінюються усі елементи періоду молочна – воскова стиглість. У нашому випадку за цей період набирається теж 38 балів. І за період від воскової до повної стиглості сумарна оцінка – 26 балів. За три періоди сумарна оцінка становить 102 бали, тобто зерно буде з середніми врожайними властивостями.

Для оперативної оцінки агрометеорологічних умов автор методу розробив номограму (рис. 9.1). Отримані показники відкладаються на номограмі, де відразу буде чітко просліджуватись, за яким графіком йде формування врожайних властивостей насіння. Так, попередній приклад з температурою повітря в період колосіння – молочна стиглість 16,7° С попадає у поле високих врожайних властивостей зерна.

За 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.

Зрошення зменшує негативний вплив високих температур на врожайні властивості зерна.

Після розрахунків врожайних властивостей зерна на великих територіях виділяються зони гарантованого, стійкого, нестійкого та ризикованого насінництва озимої пшениці.

На матеріалах багаторічних спостережень до зони гарантованого насінництва озимої пшениці відноситься більша частина центрального та правобережного Лісостепу (Вінницька, південні райони Київської області, Черкаська області).

Імовірність формування знижених врожайних властивостей спостерігається у більше 20 % років.

До зони стійкого насінництва відноситься лівобережний Лісостеп (Сумська, Полтавська та Харківська області), та райони північного та центрального Степу, що прилягають до цих областей, центральна частина Криму, та вузькі смуги біля Чорного та Азовського морів. Низьковрожайні властивості зерна тут спостерігаються не більше 17 – 25 % років.

Південно-східні райони північного та центрального Степу (Дніпропетровська, Донецька, Луганська, Запорізька області), Південний Степ, за виключенням центральної частини Криму, а також центральне та

східне Полісся (Житомирська, центральні та північні райони Київської області, Чернігівська область) відносяться до зони нестійкого насінництва. Ймовірність формування знижених властивостей зерна спостерігається тут майже у 30 % років, тобто один раз у 3 – 4 роки. До зони ризикованого насінництва відносяться північно-західна частина Полісся, західна частина Лісостепу (окрім придністровської частини), північно-західні райони Хмельницької області, гірські та перед гірські райони Карпат). Низькі врожайні властивості зерна тут формуються раз у 2-3 роки.

У табл. 3.1 наводиться приклад використання екологічного прогнозування у технологічному процесі виробництва насіння озимої пшениці.

9.3 Оцінка агрометеорологічних умов накопичення цукру у коренеплодах цукрових буряків

На вміст цукру у коренеплодах впливають ґрунтово-кліматичні та погодні умови, агротехніка та культура землеробства (догляд за посівами, термін та якість збирання, тривалість періоду збирання коренеплодів, тривалість зберігання до початку переробки, виведення нових сортів, внесення добрив).

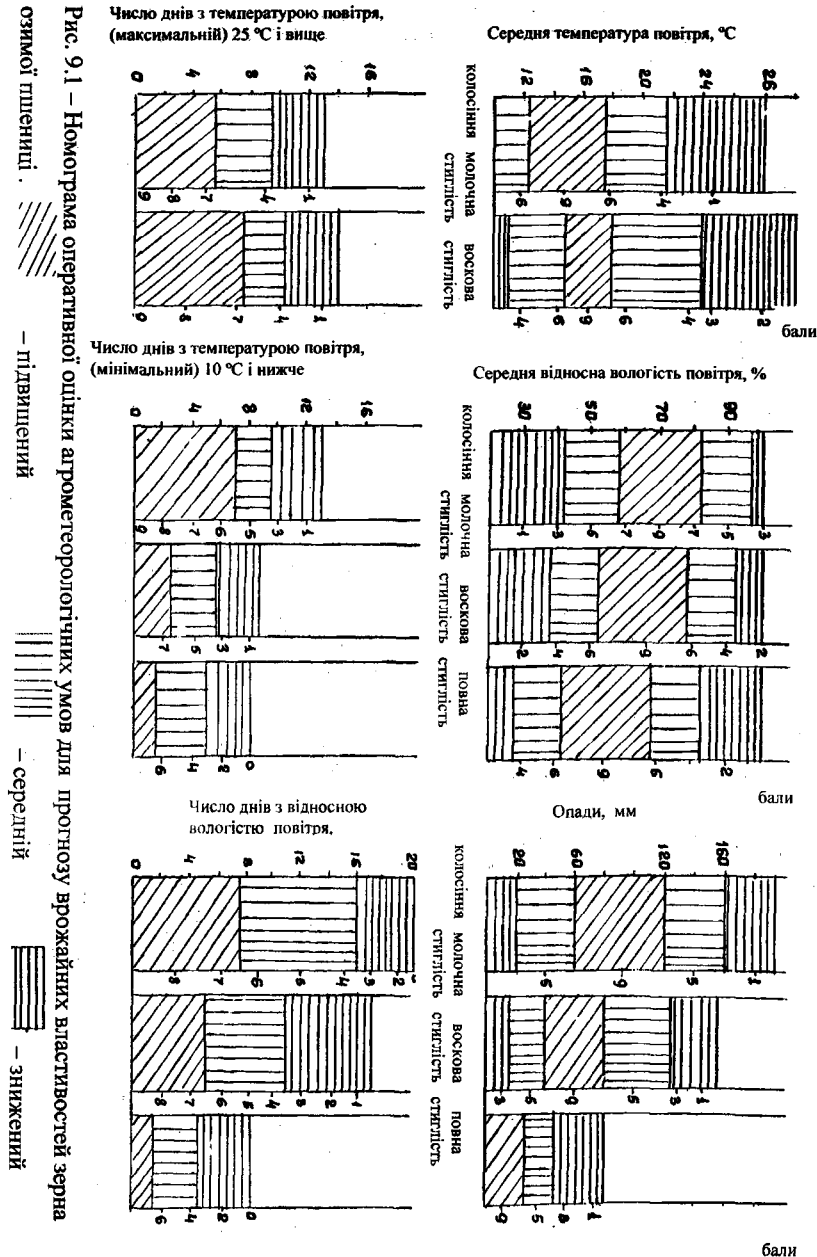
Дослідженнями М.І. Орловського [54] було встановлено, що вміст цукру у коренеплодах тим більший, чим більше зберігається старе листя наприкінці вегетації та чим менше утворюється нових листків восени.

При в'яненні листя процес фотосинтезу уповільнюється і через те уповільнюється накопичення цукру. При вирощування цукрових буряків інколи складаються такі умови, за яких відбувається інтенсивний ріст коренеплоду, але накопичення цукру залишається незначним. Буває і навпаки, накопичення цукру відбувається інтенсивно, а приріст коренеплоду дуже незначний. Такі умови спостерігаються за ясної теплої погоди при недостатньому зволоженні ґрунту. Надмірне зволоження викликає зменшення вмісту цукру в буряках.

Дослідження впливу запасів продуктивної вологи у ґрунті на вміст цукру в коренеплодах показало, що зменшення цукру спостерігається як при значних запасах продуктивної вологи, так і при їх недостатній кількості. Якщо у період інтенсивного накопичення цукру запаси вологи в ґрунті більше 160 мм, вміст цукру зменшується на 15 %. Найбільший вміст цукру спостерігається при запасах вологи 60мм у метровому шарі ґрунту. Запаси вологи шару 0 – 50 см на вміст цукру впливають мало.

Дослідженнями О.М. Конторщикової встановлено, що для оцінки умов накопичення цукру краще користуватись величиною вологозабезпеченості, особливо це стосується останніх років [54].

Важливим фактором накопичення цукру в коренеплодах є кількість надходження сонячної радіації. За доброї вологозабезпеченості посівів



бали

зв'язок вмісту цукру (y) з приходом сонячної радіації за період накопичення цукру (S) характеризується високим значенням коефіцієнту кореляції:

$$Y = 0,23S + 14 \quad (9.4)$$

$$r = 0,72 + 0,03$$

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. Контрощикова 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. 9.2 а, б, в).

На території України умови накопичення цукру оцінюються за такими градаціями:

- дуже добрі, вміст цукру більше 18%;
- добрі, вміст цукру 17 – 18%, вологозабезпеченість 50 – 80 % від оптимальної, сума прямої сонячної радіації від 12,5 до 14,5 ккал/см²;
- задовільні, вміст цукру становить 16 %, вологозабезпеченість 7 – 100 %, сума прямої радіації від 10,5 до 12,5 ккал/см²;
- погані умови, вміст цукру менше 15 %, вологозабезпеченість оптимальна, пряма сонячна радіація менше 11,5 ккал/см².

Для чорноземних областей Росії показники вологозабезпеченості та прямої сонячної радіації будуть дещо нижчі (див. рис. 9.2, 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

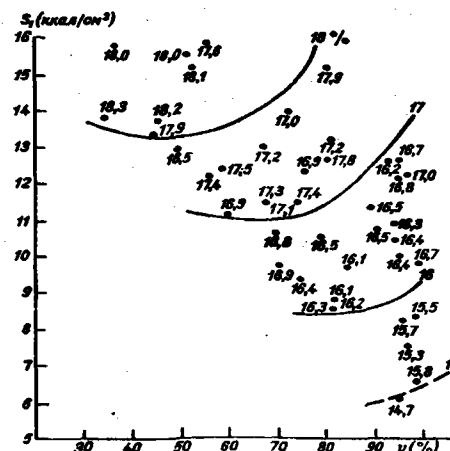


Рис. 9.2 – а) Залежність накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації від прямої сонячної радіації (S_1) і вологозабезпеченості посівів (v) за період інтенсивного накопичення цукру для центральної чорноземної зони (в середньому по області).

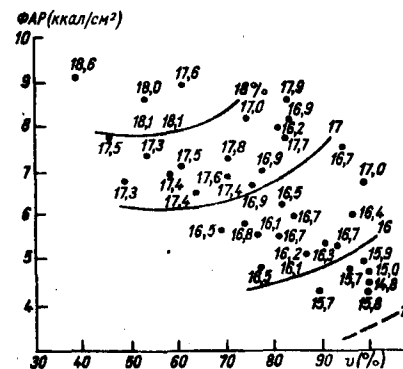


Рис. 9.2. – б) Залежність накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації від суми фотосинтетично активної радіації (ΦAP) і вологозабезпеченості посівів (v) за період інтенсивного накопичення цукру для центральної чорноземної зони (в середньому по області).

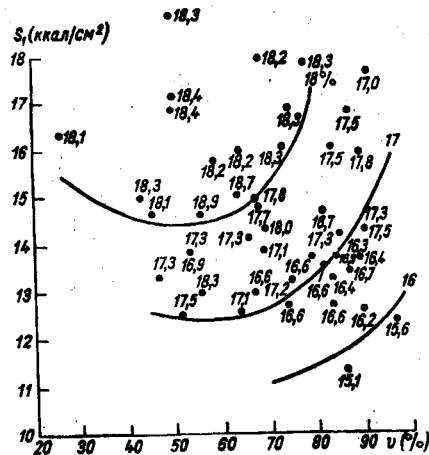


Рис. 9.2 – в) Залежність накопичення цукру в цукрових буряків до кінця вегетації від прямої сонячної радіації (S_1) і середньої вологозабезпеченості посівів (v) за період інтенсивного накопичення цукру для лівобережної частини України (в середньому по області).

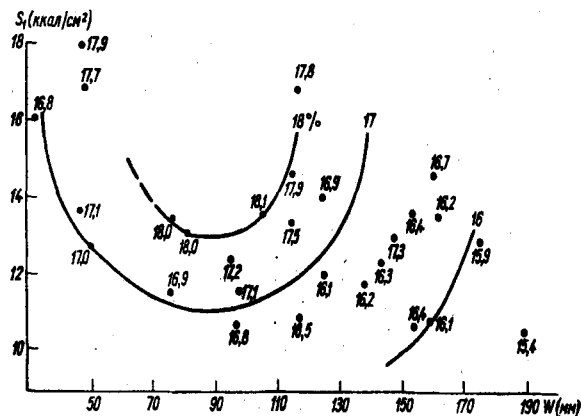


Рис. 9.3 – Залежність накопичення цукру в цукрових буряках до кінця вегетації від прямої сонячної радіації (S_1) і запасів продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 100 см (W) за період інтенсивного накопичення цукру для західних областей України (в середньому по області).

найкращі умови для доброго накопичення цукру складаються при запасах продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту не менше 50 мм і не більше 110 мм, та сумі прямої сонячної радіації більше 13 ккал/см². Добрі умови складаються при запасах вологи не менше 40 та не більше 130 мм і сумі радіації вище 11 ккал/см². Незадовільні умови для накопичення цукру складаються при запасах вологи більше 170 мм і сумі прямої радіації менше 10 ккал/см².

9.4 Прогноз агрометеорологічних умов накопичення цукру в коренеплодах цукрових буряків

Одержані О.М. Контрощиковою залежності (рис. 9.2, 9.3) 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:

$$S = 0,08t - 65 \quad (9.5)$$

де S – очікувана сума прямої радіації, ккал/см² за період з 1 серпня по 20 вересня;

t – сума активних температур повітря за той же період.

Температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

Слід зазначити, що не для всіх районів вирощування цукрових буряків використовується сума температур з 1 серпня по 20 вересня. Для Донецько-Придніпровського району ця сума використовується за період з 20 червня по 20 вересня. Крім того, в цих районах на накопичення цукру дуже впливає величина випаровування. Н.І. Михайловою [72] для Південно-Західного району запропонована формула для розрахунку сум прямої сонячної радіації:

$$S = 0,018t - 0,003x - 1,20 \quad (9.6)$$

для Донецько-Придніпровського району :

$$S = 0,014t - 0,006x + 3,510 \quad (9.7)$$

де t – сума активних температур, °С;

x – сумарне випаровування, мм за період з 20 липня по 20 вересня.

Сумарне випаровування розраховується за спрощеним рівнянням водного балансу:

Таблиця 9.3 – Приклад розрахунку вологозабезпеченості посівів і накопичення цукру в 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	10,3	14,7	15,2	16,8	19,3	19,2	17,4	18,4	–	–	–	–	–	–
за нормою	9,2	12,7	14,4	15,8	17,2	18,1	19,1	20,3	20,8	21,0	20,4	19,1	16,8	14,5
за прогнозом	–	–	–	–	–	–	–	–	19	18	20	18	14	13
Сума температур за прогнозом	–	–	–	–	–	–	–	–	209	389	589	787	927	1057
Сума опадів у поточному році за прогнозом (х)	29	19	28	13	2	13	77	6	–	–	–	–	–	–
	–	–	–	–	–	–	–	–	18	17	16	15	15	15
Сума середньо добового дефіциту вологості повітря, Мб	52	85	69	92	117	90	60	57	–	–	–	–	–	–
Мм	38	60	52	69	88	68	45	43	–	–	–	–	–	–
Коефіцієнт для визначення потреби цукрових буряків у волозі	0,22	0,26	0,31	0,39	0,49	0,65	0,72	0,80	–	–	–	–	–	–
Сумарне випарування, мм														
Фактичне	22	36	36	32	32	32	34	22	–	–	–	–	–	–
прогнозоване (Е)	–	–	–	–	–	–	–	–	33	31	30	27	23	18
Потреба цукрових буряків у	8	16	16	27	43	44	32	34	–	–	–	–	–	–

Продовження табл. 9.3.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Волозі														
Запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 100 см за період минулий (W)	–	175	167	148	118	99	142	118	–	–	–	–	–	–
прогнозований (W)	–	–	–	–	–	–	–	–	103	90	80	71	62	67
Вологозабезпеченість посівів за декаду, %	100	100	100	100	75	73	100	94	–	–	–	–	–	–
Сума процентів вологозабезпеченості наростаючим підсумком		200	300	400	475	548	648	742	–	–	–	–	–	–
Середня вологозабезпеченість (в % посівів за минулий період вегетації)		100	100	100	95	91	92	92	–	–	–	–	–	–

$$E = (W_n + r) - W_k \quad (9.8)$$

де W_n та W_k – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на початок та кінець декади відповідно, мм;

x – сума опадів за декаду, мм.

Температура повітря і сума опадів визначаються з синоптичного прогнозу погоди.

Приклад. Прогноз складається після 1 серпня. Розрахунки очікуваного вмісту цукру краще виконувати у робочій таблиці (табл. 9.3).

З прогнозу погоди визначаються: очікувана температура повітря, та сума опадів. З даних спостережень виписуються у робочу таблицю значення запасів продуктивної вологи до дати складання прогнозу. Потім розраховуються очікувані запаси продуктивної вологи на прогнозований період по залежностях О.М. Конторщиковаї. Розраховуються суми активних температур, вона очікується 1057°C . Сумарне випаровування розраховується за спрощеним рівнянням водного балансу (9.8) – воно становить 147 мм. Потім за формулою (9.7) розраховується сума прямої сонячної радіації – $17,4 \text{ ккал/см}^2$. 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:

$$V = 1,4V_1 - 45 \quad (9.9)$$

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. 9.3 визначається очікуваний по області вміст цукру у коренеплодах – він становить 17,6 %.

10 Прогноз інтенсивності полягання зернових культур

Полягання посівів зернових культур призводить до великих втрат врожаю, бо воно викликає проростання насіння, осипання зерна та низьку якість збирання.

Боротьба з поляганням посівів здійснюється за допомогою агротехнічних заходів – виведення стійких до полягання сортів та обробки посівів ретардантами. Зменшує втрати від полягання перебудова жаток та спеціальна підготовка полів з полеглими рослинами. Для підвищення ефективності цих заходів необхідне завчасне попередження про розміри площ з полеглими посівами. З цією метою і було розроблено методику прогнозу полягання ярого ячменю О.Д. Пасечником [37, 38].

Під поляганням стеблостою розуміють такий його стан, коли під впливом несприятливих явищ погоди (дощ, вітер, мокрий сніг і т.ін.), що механічно впливають на рослини, стеблостій в тій чи іншій мірі нахиляється до землі і не повертається у вертикальне положення відразу ж після припинення дії цих явищ. На гідрометеорологічних станціях відмічається площа з полеглими посівами у відсотках від загальної площі поля. Крім цього, також визначається інтенсивність полягання.

Інтенсивність полягання оцінюється у балах за шкалою:

- 5 балів – полягання відсутнє;
- 4 бали – слабе полягання, місцями (не більше 30 % площі поля);
- 3 бали – середнє полягання, не заважає машинному збиранню хлібів (31–60 %);
- 2 бали – сильне полягання, яке ускладнює збирання хлібів (більше 61 % площі поля);
- 1 бал – дуже сильне полягання, посіви не придатні до збирання.

Головною причиною полягання посівів є сильні дощі та вітер, які механічно впливають на рослини. Однак можливість полягання хлібів у великій мірі залежить від агрометеорологічних умов попереднього періоду.

Стійкість рослин до полягання знаходиться у прямій залежності від середньої температури повітря, амплітуди температури повітря, нестачі насичення повітря вологою та у зворотній залежності – від кількості опадів, кількості днів з опадами, гідротермічного коефіцієнту Г.Т. Селянінова. Найменшу стійкість стеблостою до полягання мають зернові культури в роки з підвищеною вологозабезпеченістю та зниженим температурним режимом.

Інтенсивність полягання посівів залежить від декількох факторів: фази розвитку рослин, гущини посівів, висоти рослин, сортових відзнак, агрометеорологічних умов та агротехнічних заходів.

За показник стійкості рослин до полягання беруть висоту рослин та густоту стеблостою бо інші параметри в полі не визначаються або визначаються дуже рідко.

Дослідженнями встановлено, що якщо у фазі вихід у трубку у озимій пшениці кількість стебел не перевищувала 600 на один m^2 , а у ярого ячменю – 700, то рослини не полягають або полягають слабо. Збільшення гущини посівів збільшує імовірність полягання. Значно полягають посіви при гущині більше 1300 стебел на m^2 (табл.10.1).

Таблиця 10.1 – Імовірність полягання посівів за різної гущини стеблостою у фазу виходу у трубку

Кількість стебел на 1м ²	Відсутність полягання	Міра полягання		
		слабка	середня	сильна
Озима пшениця				
< 500	82	18	0	0
500 – 700	60	34	5	1
701 – 1000	50	22	14	14
1001 – 1300	45	24	14	17
> 1300	10	11	34	45
Ячмінь				
< 700	57	43	0	0
700 – 900	29	40	19	12
901 – 1100	12	16	23	49
1101 – 1300	14	14	14	58
>1300	14	0	0	86

Після виходу у трубку озимій пшениці та ярого ячменю на міру полягання посівів починає впливати висота рослин. Найбільше впливає на розміри площ полягання висота рослин від колосіння до молочної стиглості. Якщо висота стеблостою ячменю в цей період менше 70 см, а пшениці – менше 90 см, то полягання посівів не буде. Збільшення висоти рослин збільшує імовірність полягання. У озимій пшениці висота рослин 100 см і більше викликає полягання до 100 % поля/

Як було вказано вище, головною причиною полягання посівів є сильні дощі та їх кількість. Оскільки надійних синоптичних прогнозів цих явищ нема, то прогнози полягання зернових культур розроблялись у імовірнісній формі за розрахунком того, що в період формування та наливу зерна агрометеорологічні умови будуть близькими до середніх багаторічних. У таких випадках інтенсивність полягання рослин характеризується їх стійкістю до полягання, тобто висотою, гущиною

стеблостою, довжиною міжвузля, товщиною стінки соломи і т. ін. Ці показники стеблостою до полягання визначаються агротехнікою вирощування та метеорологічними умовами попереднього періоду розвитку.

О.Д. Пасечнюком розроблені два прогнози полягання зернових культур – прогноз полягання посівів ячменю та прогноз полягання озимій пшениці.

10.1 Прогноз полягання посівів ячменю

Міра полягання посівів ячменю перед збиранням залежить від стійкості рослин до полягання та від наявності метеорологічних явищ, які викликають полягання.

Спостерігається чіткий зв'язок інтенсивності полягання зі стійкістю стеблостою. А стійкість стеблостою попри все інше визначається висотою стеблостою.

По гущині стеблостою складається імовірнісний прогноз полягання посівів ячменю на супіщаних ґрунтах. На суглинках інтенсивність полягання прогнозується по гущині посівів тільки у двох випадках:

1. Якщо у фазі вихід у трубку або поява нижнього вузла соломини стеблостій ячменю зріджений (менше 700 стебел на $1m^2$), 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 $1m^2$) складає 86 %, тому слід чекати сильного полягання рослин.

Інтенсивність полягання ячменю на полях с гущиною від 700 до 1300 стебел на $1m^2$ прогнозується за значеннями запасів продуктивної вологи у шарі ґрунту 0 – 50 см через декаду після наступу фази виходу у трубку (рис. 10.1).

Якщо запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту через декаду після настання фази виходу у трубку становлять менше 60 мм, то імовірність полягання дуже мала (на рис. 10.2 точка попадає в сектор 1), тому необхідності у прогнозі нема. При запасах вологи більше 100 – 110 мм існує дуже велика імовірність полягання посівів ярого ячменю на великих площах (точка попадає в сектор 4). Якщо спостерігаються проміжні значення запасів продуктивної вологи (більше 60 мм та менше 100 мм), то прогнозується найбільша імовірність полягання (сектор 2 та 3 на рис. 10.2). У випадках, коли імовірності полягання посівів у різних секторах відрізняються мало, то для прогнозу полягання необхідно враховувати температуру повітря за період кушіння – колосіння (фактичну та прогнозовану). Якщо температура повітря очікується у межах 12 – 16° С, то буде очікуватись велика

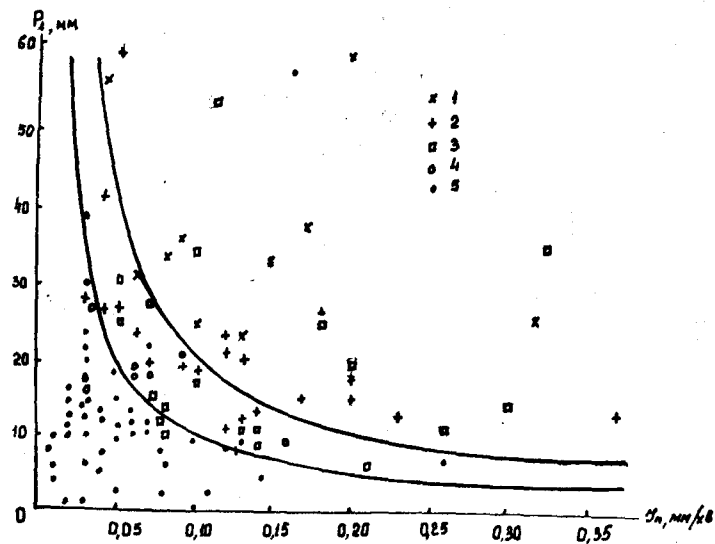


Рис. 10.2 – Залежність інтенсивності полягання ячменю від кількості опадів за один дощ і середньої інтенсивності їх випадання: 1, 2, 3, 4, 5 – інтенсивність у балах

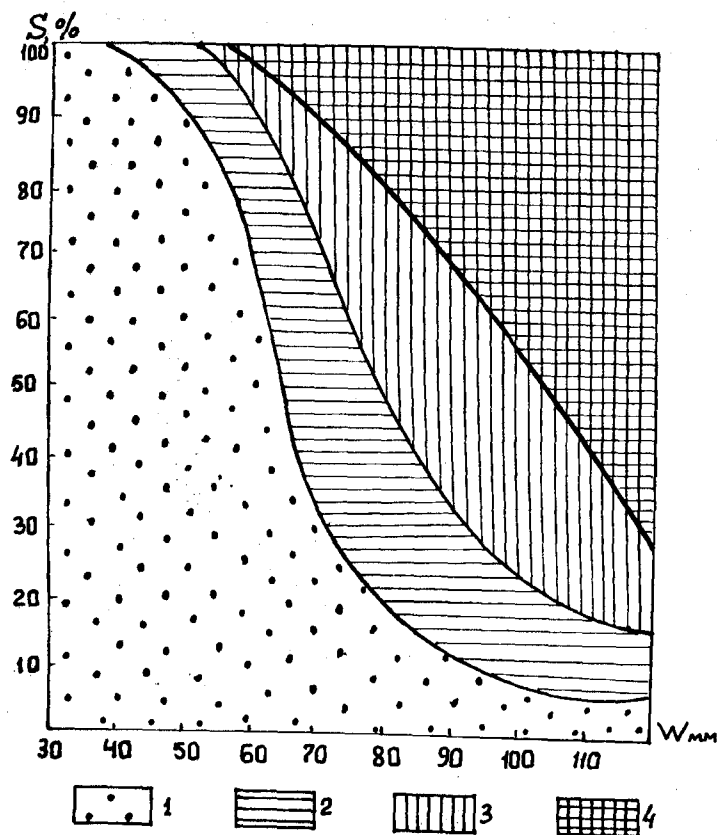


Рис.10.2 – Імовірність полягання ярого ячменю в залежності від запасів продуктивної вологи (W) у шарі ґрунту 0 – 50 см через декаду після настання фази виходу у трубку

інтенсивність полягання. При температурі 18° С та вище імовірність полягання майже відсутня. У випадках, коли на рис. 10.2 чітко виділити градацію імовірності полягання не можливо, прогноз складається за величинами двох суміжних градацій.

Слід зазначити, що при розрахунках виправданості прогнозу полягання ячменю, у випадках відсутності полягання, слабого або сильного полягання, відхилення фактичної величини полягання на одну градацію від прогнозованої вважається допустимим. При прогнозі середнього полягання помилка на одну градацію не допускається, тому що при середньому поляганні характер підготовки техніки до збирання зовсім інший, ніж при сильному та слабкому поляганні.

Метод прогнозу імовірності полягання ячменю О.Д. Пасечнюк розробив для нестійких до полягання сортів ячменю. Співвідношення площі поля з полеглими посівами не стійких сортів ячменю з площею поля середньостійких сортів до полягання показало: у роки з середнім та сильним поляганням воно становить 80 % та 48 % площі, у роки з слабким поляганням – відповідно 98 % та 67 %. Тому при складанні прогнозу імовірності полягання посівів при очікуванні сильного полягання на полях з середньостійкими сортами ячменю слід прогнозувати середнє полягання.

У нечорноземній зоні Європейської частини СНД серед районованих сортів дотепер нема стійких до полягання сортів ячменю.

Метод розроблено для посівів з гущиною сходів від 300 до 650 рослина на 1 м². Для полів із зрідженими посівами прогноз полягання не складається.

Для складання прогнозу необхідні початкові дані: назва сорту ячменю, тип ґрунту за механічним складом, густина сходів, густина стеблостою на фазу виходу у трубку, запаси продуктивної вологи у півметровому шарі ґрунту через декаду після наступу фази виходу у трубку. Розраховується імовірність полягання.

Прогноз складається після наступу дати виходу ячменю у трубку. Для визначення середньої температури за період від виходу у трубку до колосіння фаза колосіння розраховується за сумами ефективних температур, яка для ячменю становить 330° С. Очікувана температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

10.2 Прогноз полягання озимої пшениці

Вплив агрометеорологічних умов осіннього періоду на полягання озимої пшениці майже не вивчено, але вважається, що врахувати їх неможливо. Тільки агрометеорологічні умови зимового періоду впливають на стійкість рослин озимої пшениці до полягання.

Дослідження показали, що загибель більше 20 % рослин майже повністю виключає можливість полягання.

Якщо загибель рослин становить менше 20 %, то полягання озимої пшениці прогнозується по гущині посіву у фазу виходу у трубку. Якщо густина менше 600 стебел на м², то посіви практично не полягають, або полягають слабо. Із збільшенням гущини стеблостою збільшується імовірність полягання озимої пшениці та його інтенсивність. При гущині посівів 1300 стебел на 1 м² посіви сильно полягають у більшості випадків. При гущині посівів від 600 до 1300 стебел на 1 м² прогноз полягання складається по середній за добу температурі повітря (табл. 10.2) за період від виходу у трубку до цвітіння. Складання прогнозу полягання за температурою повітря починається з розрахування дати наступу фази колосіння, яка розраховується за сумами ефективних температур від дати виходу у трубку 312° С (Миронівська 808) та 330°С (інші сорти). Середня температура повітря при цьому визначається з синоптичного прогнозу погоди. Після розрахунків дати колосіння до неї додається середня багаторічна тривалість періоду колосіння -- цвітіння і таким чином знаходиться дата цвітіння. Після цього розраховується середня температура повітря за період вихід у трубку -- цвітіння і по табл. 10.2 визначається імовірність полягання озимої пшениці. Якщо переваги нема ні одна градація, то у такому випадку об'єднуються дві суміжні градації.

Таблиця 10.2 – Імовірність полягання озимої пшениці за різних значень температури повітря

Температура повітря, °С	Відсутність полягання	Міра полягання		
		слабка	середня	сильна
За період вихід у трубку – цвітіння				
< 12,5	0	0	50	50
12,5 – 13,4	42	21	13	24
13,5 – 14,4	50	25	20	5
> 14,4	77	17	3	3
За період з 21 травня по 20 червня				
11,5 – 13,0	12	24	29	35
13,1 – 14,5	50	16	18	16
14,6 – 15,5	60	28	12	0
>15,5	83	17	0	0

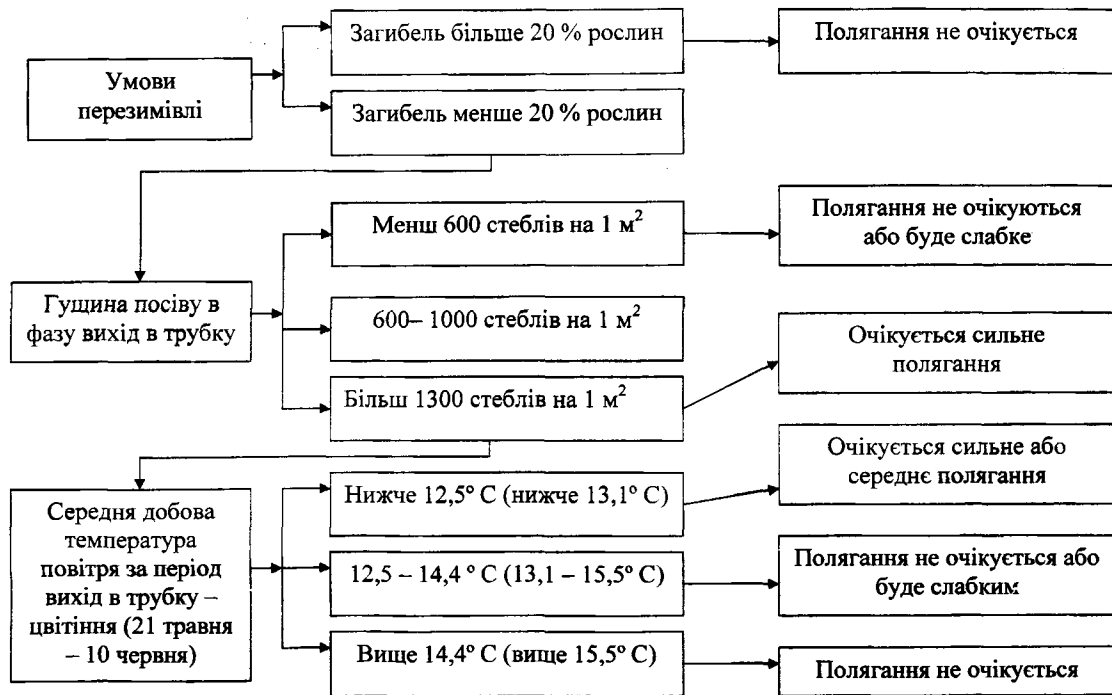


Рис. 10.3 – Схема складання прогнозу полягання озимої пшениці

У центральних районах нечорноземної зони ЄЧ СНД міжфазний період від виходу у трубку до цвітіння має тривалість приблизно місяць (третьа декада травня та дві декади червня). Тому за критичний період приймається період від 21 травня по 20 червня і полягання прогнозується по середній температурі повітря за цей період без розрахунку дати цвітіння.

Послідовність складання прогнозу полягання на рис. 10.3. Прогноз полягання складається наприкінці травня – початку червня, після отримання прогнозу погоди на червень. За сезонним прогнозом погоди складати прогноз полягання не рекомендується так як це зменшує його надійність.

11 Оцінка і прогноз агрометеорологічних умов у період сівби та збирання зернових культур

Планування і проведення польових робіт має дуже важливе значення, тому що терміни проведення сівби, догляду за посівами та збирання зернових культур багато в чому обумовлюють величину врожаю.

Запізнення з термінами сівби на 10 – 15 днів у порівнянні з оптимальним викликає недобір врожаю у різних районах від 12 до 30 %. Запізнення з термінами збирання хлібів викликає втрату врожаю до 30 % через осипання зерна та його проростання.

11.1 Розрахунок тривалості танення снігу та відтанення верхнього шару ґрунту

Встановлено, що сніг на полях розподіляється дуже нерівномірно. На одному й тому ж полі можна спостерігати ділянки без снігу та ділянки із значною його висотою. В.О. Мойсейчик [89] розрахована імовірність розподілу снігу на полях за визначеної середньої його висоти по снігомірній рейці.

Розрахунок танення снігу та його повне зникнення з поля розраховується за допомогою методу, запропонованого В.М. Комаровим та Т.М. Макаровою [90].

Метод засновано на розрахунку розподілу води в снігу. Запас води в снігу визначається шляхом перемноження висоти на його щільність. У зв'язку з нерівномірністю розподілу снігу на полі танення його теж буде нерівномірним. Розрахунок сходу снігу виконується за допомогою графіка (рис. 11.1). При цьому коефіцієнт танення снігу приймається рівним в середньому 5 мм на 1°C . На осі ординат графіка кривих забезпеченості відкладається параметр K , який дорівнює відношенню величини запасів води у снігу у будь якій точці поля до середньої величини цих запасів на всій площі поля. На осі абсцис відкладається розподіл різних запасів води в снігу у % величин запасів всієї площі поля.

По кривих розподілу та забезпеченості запасів снігу та при відомій інтенсивності танення снігу можна завчасно розрахувати процент площі поля, вкритого снігом на будь яку дату періоду танення снігу.

Приклад розрахунку танення снігу наводиться у табл. 11.1.

Після сходу снігу ґрунт повинен відтанути. До сходу снігу відтанення ґрунту зверху не відбувається. Встановлено, що до боронування можна приступати, коли ґрунт відтане на 10 см, а до оранки – на 30 – 50 см. Тривалість відтанення ґрунту залежить від: вологості ґрунту перед замерзанням, типу мерзлотного процесу, міри

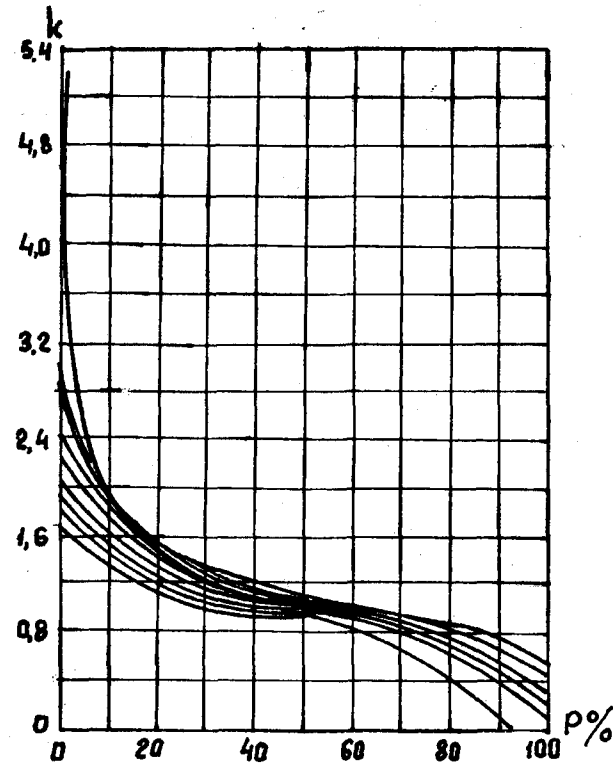


Рис.11.1 – Криві забезпеченості величин запасів води в снігу на відкритому місці у степових та лісостепових районах Європейської частини СНД.

Таблиця 11.1 – Приклад розрахунку сходу снігу з поля

Квітень	Середня добова температура повітря, °C	Шар від танення, мм, $n = 5t$	Сума шару від танення, мм, $\Sigma n = \Sigma 5t$	$K = \frac{\Sigma n}{\bar{x}}$	$f, \%$
1	0,8	4,0	4,0	0,04	100
2	1,2	6,0	10,0	0,09	100
3	3,2	16,0	26,0	0,24	100
4	2,4	12,0	38,0	0,35	97
5	1,4	7,0	45,0	0,42	94
6	2,5	12,5	57,0	0,53	88
7	4,4	22,0	79,5	0,74	72
8	5,4	27,0	106,5	1,0	45
9	4,5	22,5	129,0	1,2	28
10	8,4	42,5	171,0	1,6	11
11	8,4	42,0	213,0	2,0	4
12	8,4	42,0	255,0	2,4	0

охладження ґрунту взимку, особливостей весни. Для посушливих південно-східних районів Європейської частини СНД, де сніговий покрив не стійкий та відтанення відбувається прискорено, дата відтанення ґрунту розраховується за формулою:

$$n = \frac{h}{0,346t + 1,72} \quad (11.1)$$

де n – кількість днів від дати сходу снігу до відтанення ґрунту на задану глибину;

h – задана глибина відтанення верхнього шару ґрунту.

Для районів із стійким сніговим покривом використовується рівняння:

$$\Delta h = 0,20 \Sigma t_1 - 0,175 h_1 + 24,0 \quad (11.2)$$

де Δh – глибина відтанення ґрунту за декаду;

Σt_1 – сума позитивних температур повітря за декаду;

h_1 – глибина відтанення поверхні ґрунту на початок декади.

М.Г. Лубніним для зручності в роботі була розрахована таблиця тривалості періоду від сходу снігу до відтанення верхніх шарів ґрунту для різних районів (табл. 11.2).

Таблиця 11.2 – Тривалість періоду (дні) від сходу снігу до відтанення верхніх шарів ґрунту

Глибина відтанення ґрунту, см	Середня добова температура повітря, °C							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Райони сильного зволоження з високим стоянням ґрунтових вод								
10	29	10	6	5	4	3	–	–
30	–	31	19	14	11	7	6	5
Райони з нестійкою зимою і глибоким стоянням ґрунтових вод								
10	9	7	5	3	3	2	–	–
30	–	20	13	10	8	6	6	5
Райони з ненасичених ґрунтів з глибоким стоянням ґрунтових вод								
10	6	5	4	4	3	3	–	–
30	–	22	11	7	6	4	4	3

Встановлено, що в теплі весни, коли температура повітря у період відтанення снігу становить 5°C і вище відмінності швидкості відтанення в різних районах не спостерігається. А.О. Разумовою розроблені графіки залежності зміни глибини відтанення після сходу снігу від сум позитивних температур повітря за декаду (рис. 11.2 а, б, в, г). При цьому гакож враховується глибина відтанення на початок розрахунку.

Слід зазначити, що за початок танення снігу навесні приймається дата стійкого переходу максимальної температури повітря через 0° C, за кінець сніготанення – дата, коли залишиться не більше 20 % площі поля. Якщо на кінець періоду танення снігу ґрунт під снігом буде талий, то за дату відтанення орного шару ґрунту приймається дата сходу снігу.

Наприклад, якщо на початок декади відтанення становило 0 см, а сума позитивних температур за декаду очікується по прогнозу погоди 30° C, то за рис. 11.2 (а) глибина відтанення на кінець декади становитиме 20 см.

11.2 Прогноз початку польових робіт з завчасністю 10 – 15 днів

Початок польових робіт співпадає з датою просихання ґрунту до м'якопластичного стану. Її можна розраховувати декількома методами в залежності від території, для якої ведуться розрахунки. Так, А.І. Сидоренковою запропоновані два рівняння для розрахунку строків

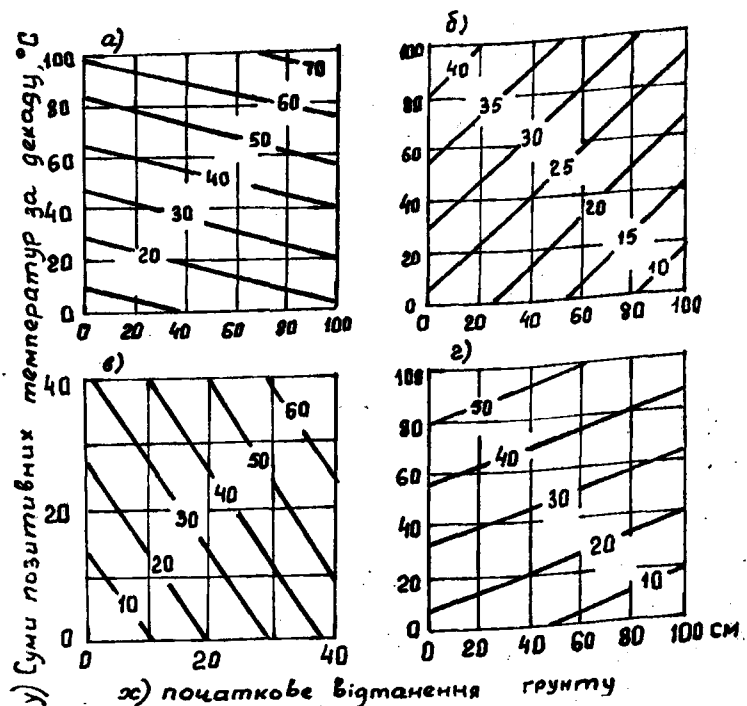


Рис.11.2 – Зміна глибини відтанення ґрунту після сходу снігу на Європейській території СНД:
а – північно-західні райони (з глибоким стоянням ґрунтових вод);
б – південно-східні райони (посушливі);
в – південні райони з не стійкою зимою;
г – для інших рівнинних територій.

просихання ґрунту до м'якопластичного стану для зони нечорноземних ґрунтів:

для суглинків

$$U = 1,05x + 0,03y_1 + 6,01 \quad (11.3)$$

для супіщаних ґрунтів

$$U = 0,80x + 0,09y_1 + 5,1 \quad (11.4)$$

де U – дати просихання орного шару ґрунту до м'якопластичного стану,

x – дати відтанення орного шару,

y_1 – запаси вологи у метровому або півметровому шарі ґрунту.

В рівняння (11.3 та 11.4) вводиться поправка на опади, які випадали від дати кінця розтавання снігу до просихання ґрунту до м'якопластичного стану. Поправка була знайдена шляхом порівняння дат, розрахованих з врахуванням опадів з фактичними датами просихання ґрунту (табл.11.3)

Таблиця 11.3 – Поправки до U на суму опадів (R) від кінця танення снігу до просихання ґрунту

R	0	5	10	15	20	25	30	35
U	-3,1	-2,5	-1,9	-1,3	-0,7	0,1	0,5	1,1
R	40	45	50	55	60	65	70	75
U	1,7	2,3	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,8

Для зручності розрахунків були побудовані графіки для суглинків (рис. 11.3) для супіщаних ґрунтів (рис.11.4)

При використанні цієї методи у районах з суглинками запаси вологи у метровому шарі ґрунту визначаються із спостережень в період найбільшого насичення його водою.

Приклад. На ст. Ковель Луцької області орний шар ґрунту відтанув 16 квітня. ґрунти – суглинкові. Запаси вологи у метровому шарі ґрунту наприкінці березня становили 162 мм. По (рис. 11.3) знаходиться дата досягання ґрунту – це буде 26 квітня. За період повного сходу снігу (12 квітня) до 16 квітня випало 8 мм опадів. З 17 квітня по 27 квітня за прогнозом очікуються опади 12-15 мм. Всього за розрахунковий період випаде 23 мм опадів. На рис.11.3 знаходиться поправка на опади, вона становить 0,4. Таким чином, очікувана дата досягання ґрунту буде 27 квітня. Фактична дата була 28 квітня. Помилка прогнозу становила 1 день, а завчасність прогнозу 11 днів.

Встановлено, що в південних районах Європейської частини СНД дата м'якопластичного стану ґрунту настає внаслідок за датою стійкого переходу середньої за добу температури повітря через 3° С.



Рис.11.3 – Графік для розрахунку дати просихання ґрунту до м'якопластичного стану



Рис.11.4 – Графік для розрахунку дати просихання орного шару ґрунту до м'якопластичного стану для супіщаних ґрунтів

11.3 Оцінка агрометеорологічних умов проведення польових робіт

На проведення сільськогосподарських робіт впливає температура повітря, опади та зволоженість ґрунту.

Можливість проведення обробки ґрунту як восени, так і навесні обмежується зниженням температури до -2, -5° С. Температура ґрунту і повітря також впливає на роботу окремих вузлів сільськогосподарської техніки та споживання пального. Витрати пального при переході від зими до літа змінюються на 5 – 10 %. А витрати пального це суттєвий економічний показник рентабельності роботи техніки. Негативно на витрати пального впливають різкі перепади температури повітря. Навесні та восени у пальному утворюються кристалики льоду, які ускладнюють роботу техніки.

Вологість верхніх шарів ґрунту визначає умови перекочування та зціплення ходової частини машин, а вологість більш глибоких шарів впливає на питомий тягловий опір.

Випадання дощу зменшує якість сільськогосподарських робіт, або зовсім їх припиняє. Тут відіграє роль як кількість опадів, так і їх інтенсивність.

Дослідження агрометеорологічних умов проведення сільськогосподарських робіт показали, що їх можна оцінювати за декількома показниками.

Оцінка за вологістю ґрунту. Оцінка умов виконується у балах.

- Ґрунт надмірно вологий, об'ємна вологість 45 – 50 %. У таких умовах робота техніки неможлива. Виробнича оцінка 1 бал.
- Ґрунт дуже зволожений (липкий), вологість 35 – 44 %, робота техніки ускладнена, але можлива. Оцінка виробності становить 50 % – 2 бали.
- Ґрунт добре зволожений (м'якопластичний, спільий), вологість 21 – 34 %. Якість роботи сільськогосподарських машин висока, оцінка виробності становить 100 % – 3 бали.
- Ґрунт слабо зволожений (твердо пластичний), вологість 10 – 20 %, обробіток ґрунту потребує додаткових зусиль, якість роботи задовільна, виробність становить 80 – 90 % – 4 бали.
- Ґрунт сухий, твердий, вологість менше 10 %, робота сільськогосподарської техніки дуже ускладнена, оцінка виробності становить 60 – 70 % – 5 балів.

Оцінка по сумі опадів за добу. Оцінка агрометеорологічних умов проведення сільськогосподарських робіт за сумою опадів за добу виконується у %. Незалежно від кількості опадів при надмірному зволоженні ґрунту оцінка виробності становить 0 %.

За відсутності опадів та при м'якопластичному стані ґрунту оцінка виробності становить 100 % (день без опадів буде тоді, коли їх зовсім не було або випало менше 1 мм).

При сумі опадів за добу 1 – 4 мм і м'якопластичному 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 роботи сільськогосподарських машин при будь-якому стані ґрунту, оцінка виробності – 0 %.

Оцінка агрометеорологічних умов по температурі повітря. Виконується також у відсотках. Температура повітря вище 5° С дозволяє виконувати сільськогосподарські роботи з оцінкою 100 %. Зниження температури на кожен градус зменшує виробність на 20 %.

Оцінку виробності по температурі слід виконувати тільки до того періоду, поки не буде стійкого переходу температури повітря через 5° С (навесні і восени). В інші сезони оцінка виробності по температурі не виконується.

Приклад. Для зручності розрахунки виконуються у робочій таблиці (табл.11.4)

Як видно з табл. 11.4, 4 квітня температура повітря перейшла через 5° С і оцінка агрометеорологічних умов по температурі припинилась. У наступні дні сумарна оцінка складається із оцінки стану ґрунту та оцінки опадів. У тих випадках, коли сумарна оцінка становить 100 %, день визначається як повний робочий день. У відповідності з отриманими середніми оцінками розраховуються умовно робочі дні в цілому за тиждень, декаду, місяць за схемою:

- оцінка 100 % (відмінна) 9 робочих днів у декаді або 27 робочих днів за місяць;
- оцінка 80 % (добра) – 7 – 8 робочих днів у декаді та 22 – 26 робочих днів за місяць;
- оцінка 60 % (задовільна) – 5 – 7 робочих днів у декаді та 15 – 21 робочий день за місяць;
- оцінка 40 % (погано) – 3 – 4 робочих дні у декаді та 8 – 14 за місяць;
- оцінка 20 % (дуже погано) – менше 3 робочих днів у декаді та менше 8 – за місяць.

Таблиця 11.4 – Приклад розрахунку оцінки агрометеорологічних умов

Показник	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Стан ґрунту, бали	1	2	2	2	3	4	4	4	3	3
Опади, мм	0	10	2	0	0	0	0	15	0	0
Середня температура повітря, °С	2,8	3,9	4,0	7,3	7,2	8,5	7,7	6,1	12,0	11,0
Оцінка, %:										
за станом ґрунту	0	50	50	50	100	80	80	80	100	100
за сумою опадів за добу	0	0	50	100	100	100	100	0	100	100
за температурою повітря	60	80	80	0	–	–	–	–	–	–
Сумарна оцінка, %	60	130	180	150	200	180	180	80	200	200
Середня оцінка, %	20	43	60	75	100	90	90	40	100	100
Умовний робочий день	0,2	0,4	0,6	0,75	1,0	0,9	0,9	0,4	1,0	1,0
Кількість умовних робочих днів за тиждень	–	–	–	–	–	–	4,75	–	–	–
Кількість умовних робочих днів за декаду	–	–	–	–	–	–	–	–	–	7,0
Температура повітря стійко перейшла через 5° С і не враховується більше в розрахунках										

11.4 Прогноз агрометеорологічних умов збирання зернових культур

При складанні прогнозу умов збирання зернових культур насамперед необхідно розрахувати дати настану воскової та повної стиглості зернових культур. Як відомо, дати настану фаз розвитку розраховуються за сумами ефективних температур (дивись розділ 4).

Суми ефективних температур для настану воскової стиглості для різних зернових культур та їх сортів визначаються з табл. 11.5.

Таблиця 11.5 – Суми ефективних температур (вище 5°) необхідна для настану фази воскової стиглості

Культура	Сорт	Фази, від дати настану який ведеться розрахунок	Сума ефективних температур, °С
Озима рож	Більшість сортів	Цвітіння	400
Озима пшениця	Більшість сортів	Колосіння	490
Ярова пшениця	Більшість сортів	Колосіння	450
Ярова пшениця	Народний	Колосіння	540
Овес	Радянський	Викидання волоті	466
Овес	Більшість сортів	Викидання волоті	428
Ячмінь	Вінер	Колосіння	410
Ячмінь	Більшість сортів	Колосіння	388

Для розрахунків сум температур використовується синоптичний прогноз погоди. Якщо з якої-небудь причини синоптичний прогноз відсутній, то використовуються середні багаторічні значення температури повітря. Для переведення середньої за місяць температури у середньодобову використовується графік [77].

Після визначення сум ефективних температур воскова стиглість розраховується за основною фенологічною формулою (розділ 4).

Повна стиглість хлібів є показником початку прямого комбайнування, або обмолоту вже сухих валків. Тривалість переходу від воскової до повної стиглості чисто фізичний процес висихання і тому знаходиться у тісній залежності від вологості повітря.

Дата настану повної стиглості розраховується за формулою:

$$D = D_1 + \frac{100}{a} \quad (11.5)$$

де D – дата настану повної стиглості;

D_1 – дата настану воскової стиглості;

a – швидкість висихання хлібів, яка визначається з табл. 11.6 за даними дефіциту насичення повітря.

Таблиця 11.6 – Швидкість висихання хлібів

Середній дефіцит насичення за добу, гПа	Швидкість висихання, % за добу		Тривалість періоду, дні	
	у стеблості	у валках	у стеблості	у валках
Суха зона (дощі 1 – 3 дні за декаду)				
2	4,8	5,5	20,6	18,0
4	7,0	7,4	14,5	13,5
6	8,4	11,3	11,8	8,8
8	9,8	15,1	10,2	6,6
10	11,0	18,8	9,1	5,3
12	12,0	20,8	8,3	4,8
14	13,0	25,0	7,7	4,0
16	14,0	26,3	7,2	3,8
18	14,6	29,0	6,8	3,3
20	15,6	30,3	6,4	3,0
Волога зона (дощі більше 4 днів за декаду)				
2	6,0	6,2	17,2	17,4
4	8,7	8,9	11,4	11,6
6	11,2	11,5	8,9	9,0
8	13,3	13,3	7,5	7,5
10	15,4	15,5	6,5	6,6
12	16,6	16,8	6,0	6,4
14	18,5	18,2	5,4	5,4
16	20,0	19,6	5,0	4,6
18	21,7	22,1	4,6	4,3
20	22,7	22,1	4,4	4,0

Для прогнозу очікуваної дати повної стиглості необхідно володіти прогнозом значень дефіциту насичення повітря вологою. Його значення не прогнозується. Тому використовується для цього співвідношення, запропоноване А.В. Процеровим (табл. 11.7).

Таблиця 11.7 – Відхилення (%) температури повітря і дефіциту насичення повітря від середніх багаторічних значень (за А.В.Процеровим)

Температура повітря, °С	10	20	30	40	-10	-20	-30	-40
Дефіцит насичення повітря вологою, гПа	15	30	45	60	-15	-30	-45	-60

Приклад. За прогнозом очікується температура повітря 20° С, що вище середньої багаторічної на 2° С, тобто відхилення становить 10 %. В цьому випадку відхилення дефіциту насичення повітря вологою згідно з табл. 11.7 становить 15 %. Визначена по графіку (рис. 11.6) температура повітря використовується для визначення середнього за добу дефіциту і насичення у відповідності з табл. 11.7

Розрахунки швидкості просихання зерна виконуються по табл.11.6.

Після дати настану повної стиглості настає період збирання хлібів.

Для оцінки агрометеорологічних умов у період збирання теж необхідно знати дефіциту насичення повітря. Значення його розраховується за формулою:

$$\lg y = 1,3636 + 1,701 \lg x \quad (11.6)$$

де y – середня за період збирання нестача насичення повітря вологою за 30 днів періоду збирання хлібів, гПа;

x – середня температура повітря за той же період, °С.

Температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

В цілому для просихання хлібів у валках від скошування (вологість зерна 35 – 37 %) до кондиційної вологості зерна (14 – 15 %) потрібна сума середніх за добу значень нестачі насичення повітря вологою 4 – 45 гПа, для нескошених – 70 гПа.

11.5 Розрахунок вологості зерна і соломи та проростання зерна у валках

В період збирання хлібів агрометеорологічні умови суттєво впливають на величину втрат врожаю та погіршення його якості за рахунок проростання зерна у валках. Зерно у валках проростає при значній вологості зерна та соломи.

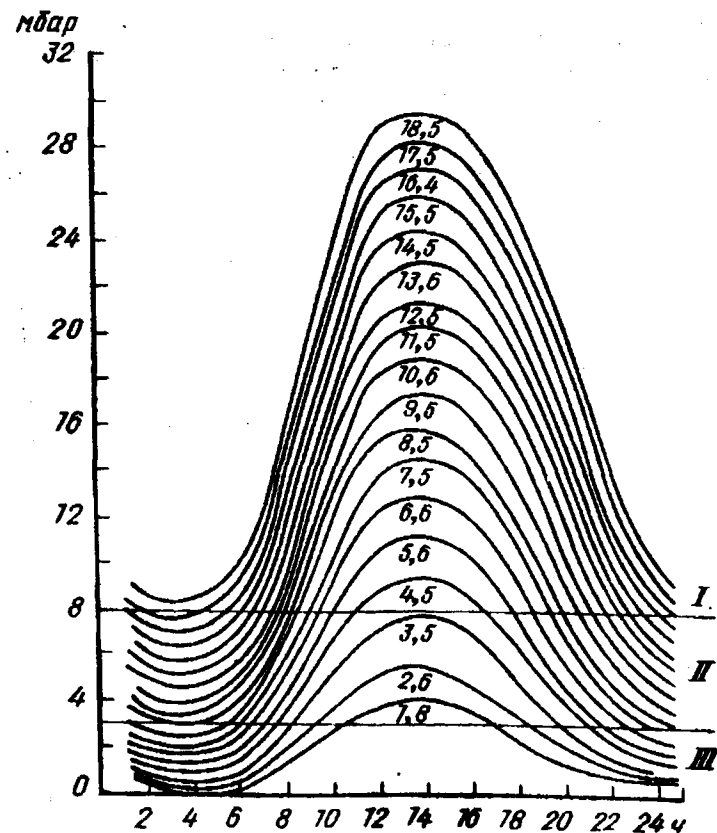


Рис. 11.5 – Залежність вологості зерна у стеблостій та валках (%) від дефіциту насичення повітря в період збирання врожаю:

- 1 – валок без опадів;
- 2 – валок з опадами;
- 3 – стеблостій без опадів;
- 4 – стеблостій з опадами.

Дослідження показали, що вологість зерна і соломи знаходиться у тісній залежності від дефіциту насичення повітря. Ці залежності встановлювалися також з врахуванням кількості опадів (рис. 11.5).

Для визначення вологості зерна і соломи використовуються дані прогнозу. Для зручності користування рис.11.6 побудована табл. 11.8.

Таблиця 11.8 – 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

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 води, а за більш низьких – через нестачу тепла. Насіння у валках починає проростати, коли дефіцит насичення вологою повітря впродовж декількох днів буде нижче 4 гПа. Якщо при такому значенні дефіциту насичення повітря накопичиться сума ефективних температур 40 – 50° С, то у колосі утворюються навіть листя.

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, склались 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. 11.9).

Таблиця 11.9 – 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	-	2,1	-	-	-	-	-	-	-
Сума ефективних температур вище 5° С наростаючим підсумком	-	9	14	20	28	33	43				

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.

11.6 Оцінка очікуваних агрометеорологічних умов роботи комбайну

Робота комбайнів значною мірою залежить від підготовки їх матеріальної частини до збирання, наявності пального, організації збирання. Дослідження А.В. Процера показали, що в період збирання хлібів робота комбайнів та іншої техніки також знаходиться в залежності від агрометеорологічних умов. На виробність комбайнів найбільше впливає дефіцит насичення повітря, оскільки від нього залежить вологість зерна та соломи. При значенні його більше 8 гПа добре підготовлена техніка працює з найбільшою виробністю, зерно та соломка 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 викликає припинення роботи комбайнів.

У зв'язку з тим, що дефіцит насичення повітря має добовий хід, була розроблена таблиця часу з різною якістю агрометеорологічних умов впродовж доби за середніми за добу значеннями дефіциту насичення повітря (табл. 11.10).

Таблиця 11.10 – Кількість годин на добу з різними метеорологічними умовами при різних значеннях середнього за добу дефіциту насичення повітря

Середній за добу дефіцит, гПа	Кількість годин з різними умовами			
	добрими	середніми	поганими	умовно добрими
3	0	10,5	13,5	5,3
4	3,5	9,0	11,5	8,0
5	6,5	7,5	10,0	10,2
6	8,5	7,0	8,5	12,0
7	10,0	7,0	8,5	13,5
8	11,0	8,0	5,0	15,0
9	12,0	9,0	3,0	16,5
10	13,0	11,0	0	13,5
11	14,0	10,0	0	19,0
12	15,0	9,0	0	19,5
13	15,5	8,5	0	20,0
14	16,6	7,5	0	20,3
15	17,5	6,5	0	20,8
16	18,5	5,5	0	21,3
17	20,0	4,0	0	22,3
18	22,0	2,0	0	23,0

Як видно з табл.11.10 найгірші умови збирання врожаю складаються при зменшенні нестачі насичення повітря вологою до 3 гПа та нижче.

Встановлено, що при добрій технічній підготовці комбайнів виробність (W) їх можна розрахувати за рівнянням:

$$w = 1,27d + 7,5 \quad (\text{т/день}) \quad (11.7)$$

де d – дефіцит насичення повітря, гПа, за добу.

Крім технічного стану комбайнів на виробність також впливають: рельєф поля, складність конфігурації поля, висота та густина стеблостою, засміченість бур'янами тощо.

Приклад. Приклад розрахунку оцінки агрометеорологічних умов роботи комбайнів наводиться у табл. 11.11.

Таблиця 11.11 – 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		
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	
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 багаторічна 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 багаторічних умов	37	31	31	110	62	42	90	146	168	84	78	

11.7 Розрахунок кількості втрат зерна за збирання в несприятливих агрометеорологічних умовах

Під час збирання хлібів в несприятливих агрометеорологічних умовах збільшуються втрати зерна. Дослідження М.Г. Лубніна [68] дають змогу розраховувати такі втрати.

Втрати зерна відбуваються, головним чином, від обсіпання на корінні та при комбайнуванні:

$$B = \sum_{вк} - \sum_{во} , \quad (11.18)$$

де B – загальні втрати;

$\sum_{вк}$ – втрати при комбайнуванні;

$\sum_{во}$ – втрати від обсіпання.

Втрати зерна від обсіпання, починаючи з дати повної стиглості і до початку збирання комбайном, розраховуються для кожної доби за рівняннями для декади:

Озимина:

$$\text{I декада} - y = 0,05d + 0,10 (\sigma = \pm 0,1 \%), \quad (11.19)$$

$$\text{II декада} - y = 0,09d + 0,15 (\sigma = \pm 0,1 \%), \quad (11.20)$$

$$\text{III декада} - y = 0,18d + 0,20 (\sigma = \pm 0,2 \%), \quad (11.21)$$

$$\text{IV декада} - y = 0,21d + 0,25 (\sigma = \pm 0,2 \%) \quad (11.22)$$

Ярі культури (пшениця, ячмінь):

$$\text{I декада} - y = 0,45d + 0,11 (\sigma = \pm 0,15 \%), \quad (11.23)$$

$$\text{II декада} - y = 0,94d + 0,20 (\sigma = \pm 0,20 \%), \quad (11.24)$$

де y – величина щоденних втрат зерна на залишках площі, %;

d – зміна середнього за добу дефіциту насичення повітря поточного дня відносно до попереднього, мб.

Втрати зерна за комбайном щоденно від початку збирання розраховуються за формулою:

$$B_{\text{вк}} = 0,021S^2 - 0,06S + 5,76, \quad (11.25)$$

$$R = 0,98; S_B = \pm 1,6\%,$$

де $B_{\text{вк}}$ – втрати зерна, %, (рис. 11.6);

S – вологість зерна, %

Приклад розрахунку втрат зерна наводиться у табл. 11.12. Повна стиглість озимої пшениці – 18 серпня, збирати почали 28 серпня, закінчили збирати 8 вересня. Втрати зерна згідно з формулою (11.18) 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 (табл. 11.12) 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.

11.8 Розрахунок середніх втрат врожаю по області

Середні по області найменші втрати врожаю спостерігаються у межах 0,5 – 0,9 ц/га і бувають у випадках, коли тривалість періоду збирання 15 – 20 діб при оцінці агрометеорологічних умов не менше 100 %.

Середні по області великі втрати зерна (4 – 7 ц/га) спостерігаються, якщо тривалість періоду збирання складає більше 30 діб при оцінці

Таблиця 11.12 – 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
1. Опادي, мм		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Середня добова тривалість опадів, год.		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Залишилось зібрати:		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25 га		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
60 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 11.12

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:	25га	22,5	20,0	17,5	15,0	12,5	10,0	7,5	5,0	2,5	-	-
	60т	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	-
Втрати від осипання, %	кг	60	64	32	85	270	760	1250	770	160	154	-
	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	1,85	2,02	2,19	2,36	2,69	3,47	4,72	5,52	5,69	5,85

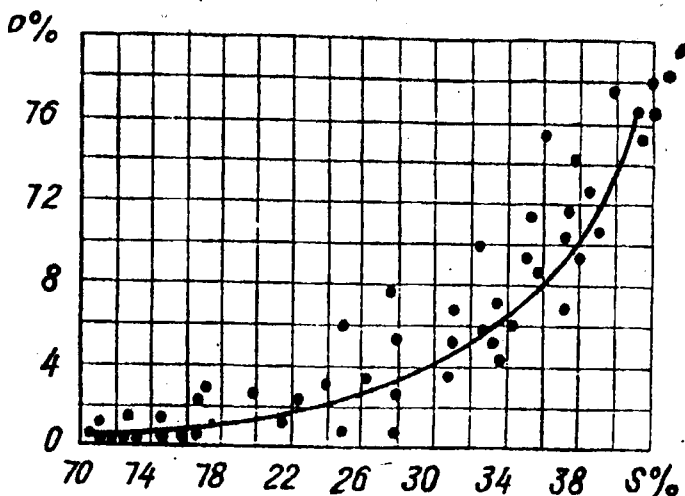


Рис. 11.6 – Залежність втрат врожаю пшениці ($B_{\text{к}}$, %) від недомолоту при різній вологості зерна (S , %)

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:

Озима, якщо врожай становить 10 – 25 ц/га:

$$y_1 = 1,49 - 4,41x_1 + 0,80x_2 \quad (11.26)$$

Озима, якщо врожай становить 16 – 25 ц/га:

$$y_2 = 1,38 - 4,61x_1 + 0,010x_2; \quad (11.27)$$

Ранні ярі культури – за виразом (11.26)

де y_1, y_2 – втрати зерна, ц/га;

x_1 – обласна тривалість періоду збирання, дні;

x_2 – середня обласна оцінка агрометеорологічних умов, % (не більше 100 %).

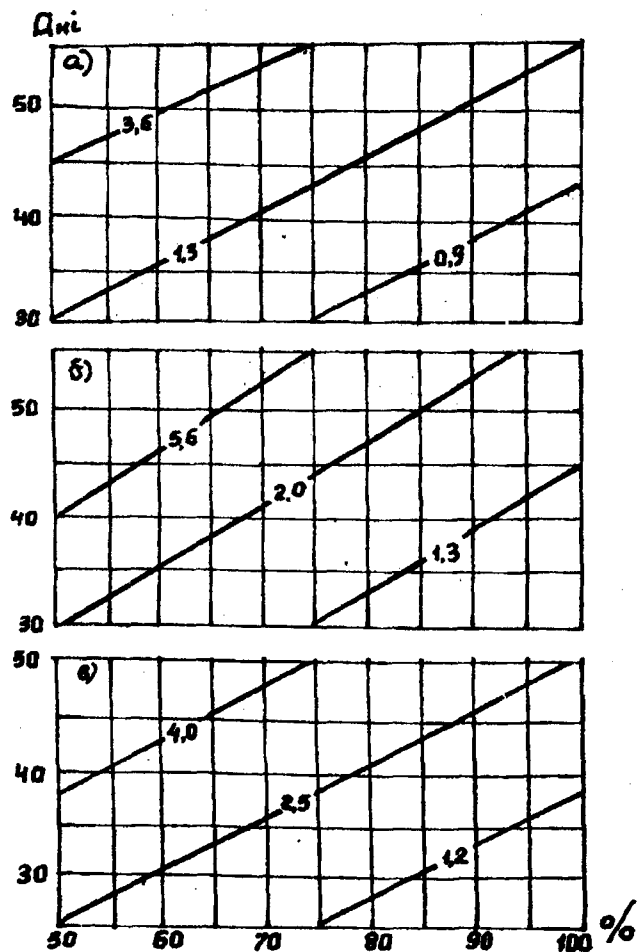


Рис. 11.7 – Залежність середніх по області втрат зерна від середньої тривалості періоду збирання і середньої оцінки агрометеорологічних умов (не більше 100 %):

- а – озимі, врожай 10 – 15 ц/га;
- б – озимі, врожай 16 – 25 ц/га;
- в – ярі, врожай 10 – 15 ц/га.

Для спрощення розрахунків за рівняннями (11.25 – 11.26) були побудовані графіки (рис. 11.7), 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).

Приклад. Розрахунку середніх по області втрат зерна наводиться у табл. 11.13.

Таблиця 11.13 – 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. області
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. 11.7) визначається величина втрат зерна за період збирання. У даному випадку втрати становлять 2.7 ц/га.

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

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

І.Я. Поляковим, Г.М. Дороніною та Л.А. Макаровою [97 – 100] в результаті багаторічних досліджень в різних регіонах встановлено, що характер його поведінки та розповсюдження залежить головним чином від стану кліматичних факторів. Вирішальне значення при цьому мають ті фактори середовища, які визначають рівень плодючості шкідника – умови тепло- і вологозабезпеченості. Показники тепло- та вологозабезпеченості місцевості визначають характер розповсюдження метелика, швидкість його розвитку, інтенсивність літання метеликів, виживання потомства та ін. Вивчення впливу тепло – та вологозабезпеченості на розвиток лугового метелика дозволило отримати кількісні зв'язки стану популяцій метелика з показниками цих величин. Ці зв'язки дозволяють завчасно передбачати тенденцію зміни популяцій лугового метелика у наступному році або сезоні.

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

12.1 Критерії прогнозу фази динаміки популяцій

У динаміці популяцій лугового метелика виділяється 8 фаз: депресія, вихід із депресії, початок зростання чисельності, зростання чисельності, масове розмноження, пік чисельності, початок спаду і спад чисельності. Фази шкідника розрізняються за відсотком заселення, щільності гусіні (середньої та максимальної), масою тіла лялечок, відсотку лялечок з масою тіла менше 30 мг, кількістю паразитованої і хворої гусіні. Середня кількість цих показників на різних фазах динаміки популяцій лугового метелика у табл. 12.1.

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

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

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

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

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

Для метеликів літнього покоління крім вказаних факторів, важливе значення має температура живлення гусіні. Якщо температура повітря знижена, то частина шкідника впадає у діапаузу і популяція зменшується. Оптимальні умови для живлення гусіні складаються при температурі повітря 20 – 25° С та наявності крапельно-рідкої вологи, яка полегшує добування нектару.

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

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

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

12.2 Алгоритм прогнозування фази динаміки популяцій та його інформаційне забезпечення

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

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

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

Розрахунки агрометеорологічних показників виконуються за фенологічними періодами розвитку шкідника.

Після визначення початкового стану популяції розраховується середня температура періоду живлення гусіні, ГТК періоду лялькування та льоту метеликів останньої генерації та суму ефективних температур за період від початку масового льоту метеликів останнього покоління до стійкого переходу температури повітря через 12°C (розрахунки краще виконувати у табл.12.2). За сукупність перелічених показників робиться висновок про імовірні зміни стану популяції на кінець вегетаційного сезону та її чисельності у наступному році.

Для уточнення довгострокового прогнозу розробляють сезонні прогнози. Їх складають для кожного покоління окремо. Фазу динаміки лугового метелика у першому поколінні уточнюють у відповідності із значенням ГТК за період лялькування та температури періоду масового льоту метеликів перезимувавшего покоління. Для прогнозу рівня чисельності гусіні другого покоління використовується значення ГТК періоду лялькування і льоту метеликів першої генерації. Перелік необхідної інформації для складання прогнозів наводиться у табл. 12.3.

Таким чином, процес прогнозування виконується за метеорологічними даними, а фактичне розповсюдження, щільність шкідника і зараженість

Таблиця 12.1 – Кількісна характеристика стану популяцій лугового метелика на різних фазах їх динаміки

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

популяції використовуються тільки для перевірки точності прогнозу.

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

Таблиця 12.2 – Вихідна інформація для складання довгострокового прогнозу фази динаміки популяцій лугового метелика

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

Таблиця 12.3 – Інформація для уточнювального прогнозу фази динаміки лугового метелика (за показниками весни і літа прогнозованого року)

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

12.3 Технологія розробки прогнозу фази динаміки популяцій

З метою співставлення різних предикторів прогнозу лугового метелика використовується бальова оцінка (табл. 12.4).

Показники, що характеризують фактичне розселення та щільність популяції, оцінюються за п'ятибальною шкалою, фізіологічні ознаки і зараженість – за трибальною шкалою (табл. 12.4)

Таблиця 12.4 – Балова оцінка показників стану популяції лугового метелика

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

При оцінці агрокліматичних показників враховується характер і міра їх впливу на формування фазового стану популяції. Фактори, які позитивно впливають, оцінюються зі знаком “+”; ті фактори, що викликають зменшення чисельності шкідника – зі знаком “-”. Розроблена шкала балової оцінки агрометеорологічних показників розвитку лугового метелика охоплює діапазон від -8 до +8 (табл.12.5).

Техніка складання прогнозу. На першому етапі складання прогнозу визначається початковий стан шкідника. Для цього кожний показник оцінюється у балах (табл.12.4). Потім бали складаються у сумарні індекси. За цими індексами і визначається початкова фаза динаміки шкідника: менше 12 – депресія; 12 – 16 – вихід із депресії; 17 – 24 – початок

зростання чисельності; 25 – 30 – зростання чисельності; більше 30 – масове розпліднення (табл.6).

Таблиця 12.5 – Балова оцінка оптимальних агрометеорологічних показників розвитку лугового метелика

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

Отримані результати порівнюються із значеннями індексу попереднього прогнозу. Якщо оцінка вище попередньої, то вона характеризує тенденцію зростання чисельності, якщо ні – то навпаки. Після визначення початкового стану популяції складається прогноз по агрометеорологічним показникам. Для цього використовується значення середньої температури та ГТК окремих критичних періодів. Середні значення розраховуються за формулами:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_{акт}}{N} T \quad (12.1)$$

$$ГТК = \frac{\sum P \cdot 10}{\sum T_{акт}} \quad \dots\dots\dots (12.2)$$

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

N – тривалість періоду, дні;

$\sum P$ – сума опадів за період, мм.

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

$$Д = \frac{(T - T_1) \cdot 10}{T_2 - T_1} \quad (12.3)$$

де $Д$ – кількість днів до переходу температури повітря через 12°С,

T – температура 12°С,

T_1 – середня за декаду температура повітря нижче 12 °С,

T_2 – середня температура вище 12°С.

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

Таблиця 12.6 – Сумарна балова оцінка стану популяції лугового метелика

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

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

Таблиця 12.7 – Використання метеорологічної інформації для розрахунків агрометеорологічних показників прогнозу розвитку і розповсюдження лугового метелика (А. Довгостроковий прогноз)

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

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

Їх значення розраховуються за липень – жовтень поточного року (приклад розрахунку у табл. 12.7 А). Отримані значення оцінюються у балах (табл.12.5). Ці оцінки з відповідним знаком додають до сумарного індексу, який характеризував початковий стан популяції. Отримані цифри відображують фазу динаміки шкідника перед початком зимівлі та можливий рівень його розповсюдження у наступному році (табл. 12.6). При виконанні слід пам'ятати, що нижня межа оцінки не повинна бути нижче 8, а верхня – більше 34. Тому, якщо значення отримують вищі 34 або нижчі 8, то ставлять 34 і 8.

Уточнення довгострокового прогнозу виконується за таким же принципом.

Для того, щоб визначити розповсюдження та чисельність шкідника гусіні першого покоління лугового метелика, розраховується ГТК періоду лялькування і середню температуру періоду масового льоту метеликів покоління, яке перезимувало. За дату початку лялькування приймається дата стійкого переходу температури повітря через 12°C навесні. Значення цих елементів розраховують з квітня по червень, у південних районах при дуже ранній весні – з другої половини березня (табл. 12.7 Б). З врахуванням виконаних розрахунків уточнюється довгостроковий прогноз.

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

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

13 Оцінка економічної ефективності від використання гідрометеорологічної інформації у сільськогосподарському виробництві

13.1 Загальні положення

Сільськогосподарське виробництво в значній мірі залежить від гідрометеорологічних умов. Своєчасне та правильне використання гідрометеорологічної інформації сприяє збільшенню прибутків господарств при сприятливих умовах та зменшенню втрат – при несприятливих погодних умовах.

На разі великий економічний ефект має агрокліматичне обґрунтування розміщення сільськогосподарських культур, прогнози перезимівлі озимих культур, запасів продуктивної вологи на початок весни, прогнози врожаїв сільськогосподарських культур, прогнози появи небезпечних метеорологічних явищ і т. ін.

При визначенні економічного ефекту від гідрометеорологічної інформації важливо використовувати єдину методу розрахунків. Тому Е.І. Монокровичем та О.П. Федесєєвим [73] були розроблені єдині рекомендації для визначення економічного ефекту використання гідрометеорологічної інформації. Вони запропонували економічний ефект (ЕЕ) розраховувати як різницю у величинах чистого прибутку, який отримано господарством в результаті здійснення виробничих заходів з 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 варіанту, який визначає початковий рівень прибутку, урожайності та інших видів, що характеризують ефективність виробництва. Під базисним мають той варіант дій споживача, який був найкращим при відсутності даного виду ГМІ.

При порівнянні ефективності виробничих рішень або проектних варіантів з використанням старої та нової ГМІ варіант з використанням старої ГМІ приймається як базисний.

Головним критерієм ефективності використання ГМІ є отримання додаткового чистого прибутку у господарстві. Але також допускається використання і інших критеріїв. Таким критерієм може бути *зменшення середніх втрат*. Він розраховується шляхом визначення втрат при застосування одного і того ж виду ГМІ.

Ще одним критерієм ефективності врахування ГМІ є *мінімізація повторності великих втрат*. Цей критерій використовується у випадках, коли на відновлення товарної продукції витрачається кілька років.

Потенційний (можливий) ЕЕ ГМІ або прогнозу визначається шляхом отримання середньої величини від результатів неодноразового використання. Для визначення потенційного ЕЕ прогнозів застосовуються економіко-статистичні моделі, структура яких відображує три головні фактори, що впливають на величину ЕЕ:

- 1 – масштаб виробництва та його чутливість до зміни ГМІ;
- 2 – природні мінливості прогнозованого елементу або повторність прогнозованого явища;
- 3 – якість прогнозів – їх виправданість та завчасність.

Математичні моделі поділяються на два типи: дискретні та безперервні. Дискретні (матричні) моделі використовуються для аналізу ЕЕ альтернативних прогнозів; безперервні моделі – для оцінки ефективності прогнозів, які подаються у кількісній формі.

Застосування моделей дозволяє вибрати найкращу із можливих господарських стратегій.

Фактичний ЕЕ – це результат використання окремих прогнозів, а також інформації про агрометеорологічні умови, що склалися за визначений календарний період. Ефект від окремого прогнозу може бути і позитивним і негативним. Тому сумарний фактичний ЕЕ від використання прогнозів за календарний період буде виражено різницею між сумарним вигрешем від вдалих прогнозів та сумарними втратами від невдалих прогнозів.

Надійною оцінкою фактичного ЕЕ агрометеорологічних прогнозів та рекомендацій є метод польового досвіду та дослідження посівів. Урожайність, втрати і т. ін., отримані на полях, де технологія вирощування коректувалась з врахуванням ГМІ, порівнюються з цими ж показниками контрольної частки поля, де застосовувалась стандартна технологія і ЕЕ визначається з формули:

$$EE = K_y S (\Delta U \text{Ц} - 3) \quad (13.1)$$

де S – площа, на який урожай підвищився, га;

ΔU – прибавка урожаю завдяки будь-якому заходу, проведеному з використанням прогнозу або рекомендаціям агрометеорологів, т/га;

Ц – ціна закупівлі на продукцію, що визначається за прейскурантом, грн/т;

3 – витрати на проведення вказаних заходів плюс витрати на збирання додаткової продукції, грн/га.

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

При відсутності даних польових досліджень або про враховані втрати ЕЕ від застосування ГМІ може розраховуватись *розрахунково-нормативним методом*. Нормативи уявляють собою середні характеристики втрат при відхиленні від фактичних термінів сівби та інших робіт від оптимальних. Вони виражені в абсолютних (т/га) або відносних (у % від максимального) показниках. Нормативи визначаються за даними зональних інститутів землеробства, сільськогосподарських дослідних станцій, дерсортодільниць.

Якщо для оцінки ЕЕ окремих видів ГМІ неможливо побудувати економіко-математичну модель, то можливе застосування не прямого методу, у тому числі і методу експертних оцінок для визначення сумарного вкладу ГМІ у сільськогосподарське виробництво. Для експертизи залучаються спеціалісти сільського господарства. Виявлення експертних оцінок виконується шляхом опитування та анкетування. Отримані дані обробляються статистичними методами. В загальному випадку сумарний ефект визначається з формули:

$$EE = \sum_{i=1}^m (EE_1 + EE_2 + \dots + EE_m) + EE_n, \quad (13.2)$$

де m – кількість тих видів ГМІ, ефект яких треба розрахувати;

EE_1 – ефект від врахування першого виду інформації;

EE_2 – ефект від врахування другого виду інформації;

EE_n – постійна складова, яка відображає вклад постійних режимних матеріалів, і виражена часткою вартості вирощеної продукції та оцінюється непрямыми методами.

Агрометеорологічні прогнози та рекомендації вміщують характеристику умов, що очікуються на великих площах і не враховують місцеві особливості. Тому у формулу по розрахунку ЕЕ запропоновано вводити поправочний коефіцієнт, який відображає міру справджуваності ($K_{оп}$) прогнозу (табл. 12.1)

Таблиця 13.1 – $K_{оп}$ для врахування економічного ефекту на справджуваність агрометеорологічних прогнозів та рекомендацій

Справджуваність прогнозів, %	90	85–89	80–84	75–79	70–74	65–69	65
$K_{оп}$	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0

З точки зору ЕЕ ефективності 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 досвіду або розрахунково-нормативним методом;
- кліматичні, гідрологічні агрометеорологічні, агрокліматичні показники. Оцінка їх виконується шляхом розрахунку середнього щорічного ефекту при районуванні території угідь з метою оптимального розміщення сільськогосподарських культур, при довготривалому плануванні та організації сезонних робіт, розрахунках кількості техніки та ін;
- поточна ГМІ – щоденні, декадні бюлетені, декадні таблиці ТСХ -1, маршрутні спостереження, аерокосмічні спостереження. Оцінка виконується методом експертних оцінок.

13.2 Рекомендації по розрахунках економічного ефекту при використанні агрометеорологічних прогнозів та довідок

13.2.1 Прогноз перезимівлі озимих культур

Прогноз про стан озимих зернових культур на початок відновлення вегетації дає можливість завчасно визначити площі підсіву чи пересіву. підготувати необхідну кількість кондиційного насіння та провести пересів в оптимальні строки. При розрахунках ЕЕ прогнозів перезимівлі використовується формула:

$$EE = (S - \bar{S}) \Delta V (Ц - 3) K_y K_{оп} \quad (13.3)$$

де ΔV – різниця в урожаєх ярої культури в наслідок різних термінів сівби, т/га;

$Ц$ – ціна закупівлі однієї тони зерна ярої культури, грн;

3 – витрати на збирання однієї тони зерна (за середніми значеннями $3 = 400$ грн/т;

S – розрахована площа пересіву у поточному році.

Точність розрахунків за формулою (13.3) залежить здебільшого від правильності оцінки ΔV . Авторами методу розраховані втрати урожаю (%) основних сільськогосподарських культур при порушенні оптимальних термінів сівби та збирання (табл. 13.2) та при відхиленні термінів сівби озимих (табл. 13.3) від оптимальних..

При вирішенні питання про підсів або пересів озимих культур необхідно враховувати не тільки різницю у врожаях ярих і озимих, але і різницю в цінах закупівлі, а також витрати на пересів.

Таблиця 13.2 – Втрати врожаю сільськогосподарських культур при відхиленні від оптимальних термінів сівби

Культура	Вид роботи	Дні									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Озимі зернові	Сівба	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,3
Ярі зернові	Сівба	3,2	4,0	4,6	5,2	5,8	6,2	6,8	7,2	7,8	
Зернобобові	"	3,5	5,0	6,5	7,7	8,5	10	11	12	13	14
Кукурудза	"	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6
Цукрові буряки	"	2,9	3,8	4,5	5,1	5,7	6,5	7,2	7,9	8,7	9,4
Картопля	Посадка	2,7	3,1	3,7	4,2	4,7	5,2	5,8	6,5		
Огірки	"	2,9	3,8	4,7	5,6	6,4	7,2	8,9	9,3	10	12
Капуста	"	2,5	3,5	4,5	5,5	6,4	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5
Томати	"	3,0	4,1	5,2	6,3	7,3	8,3	9,2	10	11	

Таблиця 13.3 – Втрати урожаю (%) озимої пшениці при відхиленні термінів сівби від оптимальних

Природно-господарський район	Раніше оптимального дні						Пізніше оптимального, дні					
	30	25	20	15	10	5	5	10	15	20	25	30
Білорусія	36	32	24	18	11	6	5	9	13	17	22	27
Центральний чорноземний	–	–	14	10	6	3	4	10	17	25	35	–
Лісостеп України	30	25	20	15	10	5	5	10	16	22	29	35
Степ України	35	28	20	15	10	5	4	9	15	22	29	35
Сухий степ України	16	14	11	8	5	3	8	14	20	25	30	40
Північний Кавказ	25	20	16	11	8	4	4	8	12	16	20	25

Витрати на пересів часто складають 200 – 300 грн/га. Умови економічної доцільності пересіву записуються:

$$U_o C_o < U_y C_y - Z_n \quad (13.4)$$

де індекс «о» відноситься до озимих, а індекс «я» – до ярих культур;
 Z_n – витрати на пересів, грн/га.

Використовуючи прогноз перезимівлі озимих можна заздалегідь підготувати для пересіву необхідну кількість насіння вищого класу. Тоді завдяки цьому, зменшується норма висіву і тим самим економиться цінне зерно. При пересіві зерном вищого класу зберігається 10 % насіння, що дає додатковий економічний ефект приблизно у 20 – 28 грн/га.

У випадках, коли площа пересіву у поточному році менша за середню багаторічну, насіння для пересіву необхідно менше. ЕЕ при цьому буде:

$$EE = (\bar{S} - S)(I_c - I_z)K_y K_{on} \quad (13.5)$$

де N – норма висіву, кг/га;

I_c, I_z – собівартість насіння, грн/т

13.2.2 Прогноз і інформація про запаси продуктивної вологи в ґрунті

Запаси вологи в ґрунті відіграють значну роль у формуванні урожаїв сільськогосподарських культур. Від величини запасів продуктивної вологи у ґрунті залежать також норми висіву насіння, його заглиблення, засоби обробітку ґрунту, внесення доз добрив або підживлення.

При недостатньому зволоженні ґрунту восени, в період сівби озимих культур на підставі значень запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту приймаються рішення про зменшення площ посівів озимих та збільшення площ під ярими культурами. ЕЕ цього рішення буде визначатись різницею в 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 зволеними, зменшується обсяг робіт по снігозатриманню. Це дає економію у 15 – 200 грн на га.

При доброму зволоженні та глибокому промочуванні ґрунту необхідно проводити азотне підживлення. Наприклад, при звичайному зволоженні в області проводиться підживлення на 300 тис.га. В роки доброго зволоження агрометеорологи рекомендували підживити 450 тис.га. Вартість добрив 50 грн/т, або 15 грн/га. Витрати на внесення добрив становили 1,60 грн/га, витрати на збирання зерна – 44 грн/т.

Рекомендація агрометеорологів дозволила отримати додатково 45 тис. т ячменю, а додатковий чистий прибуток складає більше 1,9 млн. грн.

13.2.3 Прогнози оптимальних термінів сівби

Для кожної природно – кліматичної зони встановлені оптимальні терміни сівби сільськогосподарських культур. Але в кожному конкретному році під впливом погодних умов терміни сівби змінюються. Організації Державного департаменту гідрометеорології щорічно складають прогнози термінів сівби різних культур з врахуванням погодних умов, що складаються у поточному році.

Оцінка ефективності прогнозів термінів сівби виконується шляхом співставлення фактичного недобору врожаю за порушення оптимальних термінів сівби з можливими (розрахованими) недоборами при відхиленні прогнозованих термінів від дійсно оптимальних. Розрахунок виконується за формулою:

$$EE = \frac{(P_{\phi} - P_n)}{100} \cdot US(U - 3) \cdot K_y \quad (13.6)$$

де P_{ϕ} – втрати урожаю за рахунок відхилення термінів сівби у господарстві від оптимальних, %;

P_n – втрати урожаю за рахунок відхилення прогнозованих термінів сівби від дійсно оптимальних, %;

U – середній урожай у поточному році, т/га;

Для визначення P_{ϕ} необхідні дійсні оптимальні терміни сівби у поточному році та статистичні величини динаміки засіяних площ по п'ятиденках. Дійсний оптимальний термін сівби встановлюється у кожному поточному році на дослідній сільськогосподарській станції.

Величина P_n визначає справджуваність прогнозу термінів сівби.

Приклад. Розрахувати ЕЕ прогнозу термінів сівби озимих культур. Оптимальний термін сівби за даними ДС – перша п'ятиденка вересня. Фактично термін сівби тривав з четвертої п'ятиденки серпня по третю п'ятиденку вересня. Середні втрати зерна наведені у табл. 13.3.

Шляхом перемноження відсотків засіяної площі по п'ятиденках на відсотки середніх втрат зерна при відхиленні фактичних термінів від оптимальних розраховуються середні втрати зерна для області (табл. 13.4)

У відповідності з табл. 13.4

$$P_{\phi} = \frac{120 + 182 + 140 + 160 + 170}{100} = 7,62\%$$

Відхилення прогнозованих термінів сівби від дійсно оптимальних становило 5 днів у бік більш ранніх, що викликало втрати врожаю 7 %, (табл.13.4).

Таблиця 13.4 – Посів озимих у поточному році для розрахунку P_{ϕ}

Показник	Серпень			Вересень		
	п'ятиденка			п'ятиденка		
	4	5	6	1	2	3
Динаміка сівби, %	6	14	20	30	20	10
Середні втрати урожаю у % від максимального	20	13	7	0	8	16
Втрати урожаю у порівнянні з оптимальним терміном сівби, %	120	182	140	0	160	160

Середня врожайність озимих зернових становила у поточному році 1,5 т/га, площа засіяна озиминою була 216 тис., а ціна закупівлі тони зерна становила 130 грн. За формулою (12.6) визначається ЕЕ прогнозу термінів сівби озимих культур у цілому по області:

$$EE = \frac{(7,62 - 7,0)}{100} \cdot 1,5 \cdot 216000(130 - 4) \cdot 0,5 = 126,6 \text{ тис.грн.}$$

Важливе значення мають також прогнози дат настання фаз розвитку сільськогосподарських культур, оцінка агрометеорологічних умов, що склалися у будь-який період їх розвитку, уточнення доз азотних добрив з врахуванням гідрометеорологічних прогнозів. Прогнози умов збирання врожаю та прогнози величини самих врожаїв. ЕЕ цих прогнозів розраховується окремо за тими показниками, які використовуються у (13.1). Особливо цінними є прогнози врожайності сільськогосподарських культур з великою завчасністю. Для України розроблено метод оцінки ЕЕ агрометеорологічних прогнозів урожайності зернових культур І.Г. Грушкою. При наявності прогнозу урожаю розробляється оптимальна структура посівних площ за допомогою цільової функції:

$$D(S) = \max \left[\sum_{i=1}^n V_i (C_i - Z_i) \cdot S_i \right] \quad (13.7)$$

де D – чистий прибуток з усієї площі вирощування культур;

Y_i – урожай i -тої культури;

C_i, Z_i – відповідно ціна закупівлі та витрати на вирощування та збирання культур.

Величина Z_i залежить від врожайності і зв'язана з нею співвідношенням:

$$Z_i = \frac{Z_i^1}{Y_i} \quad (13.8)$$

де Z_i^1 – витрати на одиницю площі, які залежать від врожайності і визначаються з формули:

$$Z_i = a_i + b_i \cdot Y_i \quad (13.9)$$

Коефіцієнти a_i та b_i у рівнянні (13.9) розраховані І.Г. Грушкою (табл. 13.5).

Таблиця 13.4 – Параметри a_i та b_i рівняння (13.9)

Культура	Перший район		Другий район	
	a_i	b_i	a_i	b_i
Озима пшениця	30,0	5,19	28,8	9,0
Озиме жито	28,0	5,0	28,0	5,0
Яра пшениця	24,0	3,0	24,0	8,07
Ярий ячмінь	20,4	3,28	21,4	8,10
Овес	22,5	3,41	26,5	8,2
Кукурудза	37,9	7,1	40,1	7,5
Горох на зерно	31,0	1,32	36,0	2,22
Просо	27,0	3,62	32,5	3,33

До першого району відносяться області: Миколаївська, Одеська, Херсонська, Запорізька, Донецька. До другого – Лісостепові області України, окрім закарпатських гірських районів.

1. Процеров А.В., Ярошевский В.А. Краткое руководство к составлению декадных агрометеорологических бюллетеней. – Л.: Гидрометеиздат. 1954.

2. Вериги С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага (применительно к запросам сельского хозяйства). – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 317 с.

3. Вериги С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве. – Л.: Гидрометеиздат. 1982. – 164 с.

4. Вериги С.А. Прогноз изменения запасов влаги в почве по периодам вегетации. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 301 с.

5. Алпатьев А.М. Влагообороты в природе и их преобразования. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 322 с.

6. Уланова Е.С. Методы агрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1959.

7. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Т.1. – Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 663 с.

8. Руководство по составлению агрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, Т. 1 и 2, 1984.

9. Шиголев А.А. Руководство для составления фенологических прогнозов (озимая рожь, озимая пшеница, яровая пшеница, плодовые культуры, древесные растения лесных насаждений). – М.: Гидрометеиздат, 1957. – 195 с.

10. Шиголев А.А. Методика составления фенологических прогнозов. Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеиздат, 1957.

11. Бабушкин Л.Н. Оценка влияния погоды на скорость развития хлопчатника и других сельскохозяйственных культур и методы прогнозов наступления основных фаз развития их в условиях Узбекистана. //Методические указания ЦИПа. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – Вып.16.

12.Зубарев Н.А. Скорость прорастания семян и сроки появления всходов зерновых культур при различных агрометеорологических условиях. – В. кн.: Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеиздат, 1957.

13. Грушка И.Г., Дмитренко В.П. О расчете ожидаемых сроков сева озимой пшеницы и оценка его эффективности. //Труды УкрНИГМИ, 1969. – Вып.8

14. 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.

15. Пятовская Л.К. Агрометеорологическое основание сроков сева. – Минск: Ураджай, 1977.
16. Пятовская Л.К. Методические указания по составлению прогноза оптимальных сроков начала полевых работ и сева основных сельскохозяйственных культур в Белоруссии. – Минск: отпечат. на множительном аппарате УГМС БССР, 1977.
17. Максименкова Т.А. Метод прогноза состояния озимых зерновых культур ко времени прекращения их вегетации. //Метеорология и гидрология, 1979, №2.
18. Грудева А.Я. Об оценке агрометеорологических условий осенней вегетации озимых культур. //Метеорология и гидрология, 1976. – Вып. 5. – С. 21 – 27.
19. Аникеева С.П. К методике прогнозирования фазы цветения яблони в северных и южных областях Узбекской ССР. //Труды САННИИ. 1977. – Вып. 40 (120).
20. Аникеева С.П., Сабинина И.Г. Агрометеорологические показатели созревания винограда в Узбекистане. //Труды САННИИ. 1981. – Вып. 88 (169).
21. Краснянская В.П. О прогнозе сроков созревания помидоров на юге Дальнего Востока. // Труды ДВНИИ. 1974. – Вып.48.
22. Меладзе Г.Г. О методике долгосрочного прогноза созревания плодов мандарин и тунга. – Субтропические культуры, 1970. – Вып. 1 (105).
23. Побетова Т.А. Методика прогноза агрометеорологических условий произрастания помидоров. Сб. методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеиздат, 1957.
24. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеиздат, 1975.
25. Дмитренко В.П. Оценка влияния температуры воздуха и осадков на формирование урожая зерновых культур. Методическое пособие. – Л.: Гидрометеиздат, 1976, – 49 с.
26. Божко Л.Е. Влияние агрометеорологических условий на рост, развитие и формирование продуктивности сладкого перца на юге Украины // Автореферат дис...канд. наук, Одесса, 1989. – 19 с.
27. Божко Л.Ю., Пыхтина М.А. Влияние температуры воздуха на темпы развития баклажан и сладкого перца // Метеорология, климатология и гидрология. 1982. – Вып.18. – С. 97 – 102.
28. Божко Л.Е., Пыхтина М.А. Агрометеорологические условия развития перцев и баклажан в Молдавии. // Труды ОГМИ. 1989. – Вып.25. – С. 66 – 72.
29. Муминов Ф.А., Абдуллаев Х.М. Методические указания по составлению прогноза фаз развития и урожайности риса в Узбекистане и

Таджикистане на отдельных полях. – Ташкент: отпечат. на множит. аппарате УГМС УзССР, 1979.

30. Гойса Н.И., Олейник Р.Н., Рогаченко А.Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 230 с.
31. Чирков Ю.И., Конторщикова О.М. Методическое пособие по составлению прогноза агрометеорологических условий и сроков наступления фаз развития кукурузы и сахарной свеклы. – Л.: Гидрометеиздат, 1962.
32. Просунко В.В. Агрометеорологические условия и продуктивность риса в Украине. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 159 с.
33. Иванова-Зубкова Н.З. Методические указания. Прогноз средней областной урожайности гречихи. – М.: Гидрометеиздат, 1973. – 26с.
34. Иванова-Зубкова Н.З. Агрометеорологическое обоснование сроков сева проса и гречихи на ЕЧ СССР. //Труды ЦИП. 1959. – Вып.72. – С. 52 – 54.
35. Федюшина Д.П. Метод прогноза урожайности гороха. //Труды КазНИГМИ, 1980. – Вып.70. – С. 26 – 32.
36. Церцвадзе Ш.И., Снопко А.И. Методика прогноза фаз развития и урожая винограда. – Труды ЗапНИГМИ, 1976. – Вып. 39 (46).
37. Методические указания по составлению прогноза урожая гороха в Украине. Под ред. Цупенко Н., Левенко Н.Н. – Киев: 1986. – 12 с.
38. Абдуллаев Х.М. Агрометеорологические показатели темпов развития помидоров в Средней Азии. //Труды САННИИ. 1979. – Вып. 70 (151).
39. Абдуллаев Х.М. Агрометеорологические показатели темпов развития капусты в Средней Азии. //Труды САННИИ. 1980. – Вып. 83 (164).
40. Гольцберг И.А. Климатическая характеристика заморозков и методы борьбы с ними в СССР. // Труды ГГО. 1959. – Вып 17 (79).
41. Руденко А.И. Определение фаз развития сельскохозяйственных растений. Изд. Моск. Общества испытателей природы. – М.: 1950.
42. Зондзе Е.К., Полевая Л.И. О целесообразности сева озимых культур при различных условиях увлажнения. //Труды ВНИИСХМ, 1987. – Вып. 22. С 110 – 118.
43. Карринг П.К., Варчева С.Е., Тооминг Х.Г. Эффективность регулирования продуктивности посевов ячменя. //Труды ВНИИСХМ, 1987. – Вып. 22. – С.73 – 81.
44. Максименкова Т.А. Способы расчета и оценки состояния озимых зерновых культур осенью на больших площадях. Метеорология и гидрология, 1976. Вып. 5. – С. 89 – 95.
45. Грудева А.Я. Методическое пособие по прогнозированию состояния озимой пшеницы и озимой ржи ко времени прекращения вегетации в черноземной зоне ЕТС. – М.: Гидрометеиздат, 1974. – 28 с.

46. Раунер Ю.Л. Климат и урожайность зерновых культур. – М.: Наука, 1981. – 162с.
47. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 156с.
48. Максименкова Т.А. Метод прогноза состояния озимых зерновых культур ко времени прекращения их вегетации. //Метеорология и гидрология, 1979, №2.
49. 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.
50. Методические указания по составлению прогноза перезимовки многолетних трав на Украине. Под ред. Цупенко Н.Ф. –Киев: 1981. – 7 с.
51. Грушка И.Г. Метод расчета зимней гибели бобовых многолетних трав в Украине. // Труды УкрНИГМИ, 1978. –Вып. 173. – С. 56-63.
52. Полевой А.Н. Сельскохозяйственная метеорология. – Л.: Гидрометеиздат. 1989. – 485 с.
53. Страшная А.И. Влияние агрометеорологических условий на состояние многолетних трав весной в центральных областях ЕЧ СССР. //Метеорология и гидрология, 1980. – Вып. 1. – С.12 – 16.
54. Страшная А.И. Влияние агрометеорологических условий на состояние многолетних сеяных трав весной в центральных областях Европейской территории СССР. //Тр. Гидрометцентра СССР. 1980. – Вып 214. – С. 32 – 38.
55. Гулинова Н.В. Методическое пособие по составлению долгосрочных агрометеорологических прогнозов областной урожайности сена многолетних и однолетних трав на Европейской территории СССР. – М.: Гидрометеиздат, 1972. – 36 с.
56. Гопченко Е.Д., Гушля А. В. Гидрология с основами мелиорации. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 302 с.
57. Константинов А.Р., Астахова Н.И., Левенко А.А. Методы расчета испарения с сельскохозяйственных полей. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 126 с.
58. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 372 с.
59. Зубенко Л.И. Испарение на континентах. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 263 с.
60. Саноян М.Г. Агрометеорологические и агрофизические принципы и методы управления влагообеспеченностью посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 296 с.
61. Процеров А.В. Оценка влагообеспеченности яровой пшеницы (овса, ячменя) в период вегетации. – В кн.: Сборник методических

- указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеиздат, 1957.
62. Давитая Ф.Ф., Мельник Ю.С. Проблема прогноза испаряемости и оросительных норм. – Л.: Гидрометеиздат, 1970.
63. Конторщикова О.М. Методическое пособие по составлению прогноза средней областной урожайности сахарной свеклы в основной зоне возделывания. – М: Гидрометеиздат, 1970. – 20 с.
64. Конторщикова О.М., Чирков Ю.И. Оценка и прогноз агрометеорологических условий формирования урожая кукурузы и сахарной свеклы. Методические указания. – Л.: Гидрометеиздат. 1964. – 18 с.
65. Конторщикова О.М. Методическое пособие по оценке агрометеорологических условий роста сахарной свеклы в нечерноземной зоне ЕТС. – Л.: Гидрометеиздат, 1965.- 11 с.
66. Худякова А.И. Влияние агрометеорологических условий на формирование урожая картофеля на юге Дальнего Востока. //Труды ДВНИИ. 1970. – Вып.33.
67. Шелудякова Р.М. Основы методики прогноза урожая картофеля для территории УССР. //Труды УкрНИГМИ, 1977. – Вып.159
68. Комоцкая Л.В. Оценка агрометеорологических условий произрастания льна-долгунца в основной зоне возделывания. Метеорология и гидрология. 1979. – Вып. 6. – С. 21 – 32.
69. Андреев А.А. Методика составления прогноза урожая льноволокна в нечерноземной зоне ЕТС. – Калинин, 1971.
70. Щерба С.В. Эффективность минеральных удобрений. – М.: Госхимиздат, 1953.
71. Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрения и урожай. – М.: Колос. 1977. – 221 с.
72. Федосеев А.П. Агротехника и погода. – Л.: Гидрометеиздат, 1979.
73. Федосеев А.П. Погода и эффективность удобрений. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 144 с
74. Кулик М.С. Погода и минеральные удобрения. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 138 с.
75. Шостак З.А., Федосеев А.П. Влияние влажности почвы на эффективность летней подкормки азотом зерновых культур. //Труды ИЭМ. 1976. – Вып. 9 (68).
76. Коровин А.И. Роль температуры в минеральном питании растений. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 281 с.
77. Зондзе Е.К. Оценка агрометеорологических условий формирования среднерайонного урожая сахарной свеклы, кукурузы и подсолнечника. Методические указания. – М.: Гидрометеиздат, 1986. – 18 с.

78. Мельник Ю.С. Климат и произрастание подсолнечника. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 142 с.

79. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології. Вид «ТЕС». – Одеса. 2003. – 400 с.

81. Левенко И.Т. Схема расчета показателей качества зерна озимой пшеницы. //Труды УкрНИГМИ, 1970. – Вып. 105. – С. 9 – 17.

82. Страшный В.Н. Методическое указание по прогнозированию качества зерна озимой пшеницы. – М.: Гидрометеоиздат, 1987. – 14 с.

83. Киндрук Н.О. Методические указания по составлению прогноза формирования урожайных качеств семян озимой пшеницы. Изд. СГИ. Одесса. 1989. – 15с.

84. Константинов А.Р., Зондзе Е.К., Смирнова С.И. Почвенно-климатические ресурсы и размещение зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 276 с.

85. Пасечнюк А.Д. Методика прогноза интенсивности полегания посевов ячменя (в нечерноземной зоне Европейской территории РСФСР). //Труды ИЭМ. 1974. – Вып. 5(49).

86. Пасечнюк А.Д., Гончарова Л.И., Филенко В.А. Влияние метеорологических условий на устойчивость озимой пшеницы к полеганию. //Труды ИЭМ. 1979. – Вып. 12(90).

87. Пасечнюк А.Д. Методические указания по составлению прогноза полегания озимой ржи в нечерноземной зоне России. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 26с.

88. Пасечнюк А.Д. Погода и полегание зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 212с.

89. Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975, – 283с.

90. Комаров В.Д. Вопросы теории и расчета снегового половодья небольших равнинных рек. //Труды ЦИП, 1957. – Вып. 50. – С. 6 – 12.

91. Лубнин М.Г. Методическое пособие по оценке и прогнозу агрометеорологических условий в периоды сева и уборки урожая зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 53 с.

92. Процеров А.В. Погода и уборка комбайном зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1962.

93. 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.

94. 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.

95. Сборник методических указаний по анализу и оценке сложившихся и ожидаемых агрометеорологических условий. – Л.: Гидрометеоиздат, 1957.

96. Лубнин М.Г., Деревянко А.Н., Пятковская 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, 1962. – С.16 – 29.

97. Лубнин М.Г. Влияние агрометеорологических условий на работу сельскохозяйственных машин и орудий. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 117 с.

98. Цубербиллер Е.А. Агроклиматическая характеристика суховеев. – Л.: Гидрометеоиздат, 1959.

99. Масловская А.Д. Агрометеорологические условия проведения уборки урожая яровой пшеницы на севере Казахстана. //Труды КазНИГМИ, 1971. – Вып. 40.

100. 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.

101. Макарова Л.А. Погода и болезни культурных растений. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 144 с.

102. Макарова Л.А., Доронина Г.М. Агрометеорологические предикторы прогноза размножения вредителей сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 212 с.

103. Средние многолетние и вероятностные характеристики запасов продуктивной влаги под озимыми и ранними яровыми зерновыми культурами. Справочник, т. 1. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979.

104. Зондзе Е.К. Погода, климат и эффективность труда в земледелии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 244с.

105. Методические рекомендации по оценке экономического эффекта от использования гидрометеорологической информации в сельскохозяйственном производстве. – М.: Гидрометеоиздат, 1981. – 46с.

106. Польовий А.М. Методи експериментальних досліджень в агрометеорології. Одеса. «ТЕС», 2003. – 246 с.

107. Методические указания по проведению оперативных испытаний новых методов агрометеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. – 101 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Агрометеорологічна (і):

бюлетені:

тижневі 12, 13, 14

декадні 14, 15, 16, 17

інформація:

декадна 12, 13, 14

щоденна 9, 10, 11

огляди 15, 16, 17

обслуговування 5 - 11

оцінка 12 – 15, 77 – 79, 100, 165, 211

прогнози:

фенологічні 18, 19, 7, 30, 33, 34, 37, 42, 44, 47, 50, 51

довгострокові 136, 138, 146, 151, 160, 162, 164

фактори 3, 5, 6, 13, 17, 19, 25, 31, 34, 41,

умови 10, 12, 14, 16, 34, 37, 42, 47, 55, 89, 110,

119, 136, 143, 148, 153, 155, 158, 161

Азот 98, 99

Багаторічні трави 58, 59, 60, 61

Баланс водний 9 - 12

Балова оцінка 63, 79, 90, 93, 94, 105, 107, 108, 114, 129, 131

Білок 110 – 112

Бульбоплід 68, 69

Буряк цукровий 119 – 123

Валки 146 – 148

Вегетація 15, 89

Вегетаційний період 6 – 8, 25 – 32

Виноград 53 – 55

Вимерзання 59 - 61

Випрівання 60 – 62

Випаровування 63 – 84

Випаровуваність 63, 74, 78

Від танення 136 – 139

Волога

грунтова 19, 21, 22, 24, 63 – 69, 93, 131, 140, 165

відносна 8, 9, 146, 148, 151

Волого місткість:

найменша 7, 8

капілярна 140, 142

Вологозабезпеченість 78 – 96, 119, 120, 239, 240

Волоть 42 - 47

Вузол кушніня 22 - 25

Гармонічні зважування 36, 37

Горox 36, 37

Гусінь 160 – 165

Густина рослин 23, 42, 94, 99, 128, 129

Дати настання:

польових робіт 139, 140

сівби 18, 20, 22, 25

фаз розвитку 23, 31, 33, 34, 36, 42, 43, 44

Дози живлення 99, 100, 103 – 105

Живлення 98 – 104

Життєвий цикл 104, 105

Забезпеченість 25-31

Зернові культури:

озимі 19, 30, 34, 42, 47, 63, 99, 106, 111, 115

ярі 34 – 36, 42 – 44, 137 – 139

Запаси вологи 13, 17, 22, 24, 30, 43, 124, 165

Засухостійкість 42 – 44, 74

Зволоження 19, 32, 69, 74 – 79, 84, 111, 130, 139

Зернобобові 36, 37

Зимостійкість 22 – 27

Зрошення 85 - 88

Зрідженість 49 – 60, 62 – 72, 76 – 79

Економічна ефективність 6, 170 – 175

Європейська частина 19 – 21, 51 – 53, 58, 60

Інтенсифікація 93, 139, 142, 208, 236, 239

Інформація :

гідрометеорологічна 5, 6

агрометеорологічна 8 – 12, 27 – 29, 37 – 43, 51 – 55,
59 – 62, 89 – 91, 110 – 112

Картопля 69 - 70

Кірка 59

Клейковина 110 - 115

Колос 34, 35, 128, 144 – 148,
Колосок 128
Коренеплід 79, 105
Критична температура 59
Круп'яні культури 183, 184
Кукурудза 47 – 50, 74, 75

Лист 184 – 189
Льодова кірка 55,
Льон 89 – 95
Лялечка 161 – 163

Методи прогнозів:

запасів вологи 63 – 74
вологодобезпеченості 78 – 84
урожаїв 87 – 245
стану сільськогосподарських культур 30 – 58
дат настання фаз розвитку 27 – 58

Метелик луговий 156 – 160
Морозостійкість 59, 60
Мякопластичний 136 – 139

Насичення 78 – 84
Недостатнє зволоження 19 – 22, 32,
89 – 93

Норма 85 – 87

Обстеження

агро гідрологічні 7, 9
агрометеорологічні 79, 81, 82

Овес 34, 35
Озиме жито 30
Оцінка

забезпечення вологою 12, 14, 23 – 30
агрометеорологічних умов 19 143, 153, 165

Перед посівний 18 – 23
Перезимівля 56, 57
Перець солодкий 50, 51
Плодові культури 51, 52
Посівна площа 19. 20
Польові роботи 139 – 142
Попередник 18 – 23

Популяція 165

Посуха:

грунтова 13, 14, 97
атмосферна 96, 97

Потреба 64 – 69

Прогноз

синоптичний 16, 17, 19, 90, 102, 137, 142, 147, 160 – 169
агрометеорологічний 3, 4, 5, 9, 18, 25, 35, 87, 136, 143,
148, 152, 164, 183, 191, 198
динаміко-статистичний 37 – 38

Продуктивна

волога 6 – 9,
стебло 88 – 90, 96, 136

Проростання зерна 30, 148, 153

Посів 30 – 51, 64 – 65, 89 – 93, 161

Промерзання 59, 61

Промочування 85 – 87

Приріст біомаси 94, 95

Пшениця:

озима 20 – 25, 33, 98 – 991, 110 – 113
яра 35, 36, 98 – 104, 111 – 114

Радіація сонячна 119

сумарна 123
фотосинтетично активна 119, 120

Сівба 18, 19, 20 – 24

Соняшник 106, 107

Стебло 30, 33

Сума температур:

активних 25 – 30, 117, 118, 160
ефективних 117, 118, 119, 160, 162, 165
від'ємних 8, 40, 65

Темпи:

розвитку 13 – 16, 19, 96, 147
наростання тепла 20 – 24

Температура повітря 6, 9, 12, 18, 26, 34, 43, 50, 61, 643,
78, 80, 81, 92, 96, 119, 142, 143, 160 – 163

Урожайність:

часовий ряд 37 – 39
середня по області 37 – 40, 95 – 97, 105 – 109

Ярий ячмінь 34 – 36, 99 – 100
Якість 120 - 121

	Стр.
Передмова.....	3
Вступ.....	4
1 Основні види та форми гідрометеорологічної інформації	7
2 Інформаційно-довідкове агрометеорологічне обслуговування	14
2.1 Агрометеорологічні бюлетені	14
2.2 Агрометеорологічні огляди	17
3. Розрахунок термінів сівби сільськогосподарських культур	20
3.1 Розрахунок термінів сівби озимої пшениці та озимого жита ...	20
3.2 Розрахунок оптимальних термінів сівби озимих в Україні	24
3.3 Розрахунок оптимальних термінів сівби озимих культур у Білорусі.....	27
4 Фенологічні прогнози	29
4.1 Наукові основи методів фенологічних прогнозів	29
4.2 Прогноз настання фаз розвитку озимих культур (жито, пшениця)	32
4.2.1 Прогноз стану озимих культур на припинення вегетації восени	32
4.2.2 Прогнози дат настання фаз розвитку озимих культур після відновлення вегетації	35
4.3 Прогнози фаз розвитку ранніх ярих культур	36
4.3.1 Прогнози фаз розвитку ярої пшениці, ячменю, вівса	36
4.4 Прогноз дат настання фаз розвитку гороху	38
4.5 Прогноз врожаю гороху	39
4.6 Прогнози фаз розвитку пізніх ярих культур	44
4.6.1 Прогноз фаз розвитку кукурудзи	44
4.6.2 Прогноз дати настання фази викидання волоті	45
4.6.3 Прогноз дат настання фаз молочної та воскової стиглості кукурудзи	47
4.6.4 Прогноз дат настання воскової стиглості кукурудзи	49
4.7 Методи прогнозів фаз розвитку овочевих культур	50
4.7.1 Прогноз дати стиглості томатів.....	50
4.7.2 Прогноз настання фаз розвитку солодкого перцю.....	52
4.8 Методи прогнозів фаз розвитку плодових культур	54
4.8.1 Теоретичні положення	54
4.8.2 Методи прогнозу термінів настання основних фаз розвитку винограду	56
4.8.3 Методи прогнозу термінів настання початку досягання винограду	58
4.8.4 Методи прогнозів строків цвітіння сіяних та лугових	

трав	59
4.8.5 Техніка складання прогнозу цвітіння трав	61
4.9 Прогноз перезимівлі багаторічних трав в Україні	62
5 Прогнози запасів продуктивної вологи та вологозабезпеченості сільськогосподарських культур	66
5.1 Розрахунок залежності ґрунтової вологи від основних метеорологічних факторів і зволоження ґрунту	66
5.2 Метод прогнозу запасів продуктивної вологи під картоплею..	72
5.3 Метод прогнозу запасів продуктивної вологи під кукурудзою	78
5.4 Прогнози вологозабезпеченості посівів сільськогосподарських культур	82
5.4.1 Розрахунок вологозабезпеченості сільськогосподарських культур за сумарним випаровуванням та дефіцитом насичення повітря	82
5.4.2 Розрахунок вологозабезпеченості зернових культур	83
5.4.3 Розрахунок забезпечення вологою посівів цукрових буряків	87
5.5 Метод прогнозу оптимальних режимів зрошення зернових культур.....	92
5.5.1 Метод прогнозу вологозарядкових поливів озимих культур.....	93
5.5.2 Метод прогнозу норм зрошення зернових культур на вегетаційний період.....	99
5.5.3 Прогноз оптимальних термінів та норм поливів основних зернових культур.....	102
6 Оцінка агрометеорологічних умов зростання та прогноз врожаю льону-довгунцю	106
6.1 Оцінка агрометеорологічних умов вирощування льону по міжфазних періодах	106
6.2 Розрахунок запасів продуктивної вологи на полі з посівами льону	110
6.3 Оцінка вологозабезпеченості посівів льону та прогноз середнього по області врожаю волокна	111
6.4. Прогноз врожаю волокна льону-довгунцю	113
7 Методи прогнозу оптимальних доз азотного живлення для зернових культур	117
7.1 Встановлення оптимальних доз азотного живлення під ярі зернові культури	118
7.2 Метод прогнозу оптимальних доз весняного живлення озимих культур	119
7.3 Метод прогнозу літнього азотного підживлення зернових	

культур	123
8 Оцінка впливу погодних умов на середню районну врожайність кукурудзи, соняшника та цукрових буряків	125
8.1 Оцінка впливу погодних умов на середню районну врожайність цукрових буряків.....	125
8.2 Оцінка впливу погодних умов на середню по району врожайність соняшника.....	127
8.3 Оцінка впливу погодних умов на середню районну врожайність кукурудзи.....	128
9 Агрометеорологічні умови формування якості насіння	130
9.1 Вплив погодних умов на вміст білка та клейковини в зерні озимої пшениці	130
9.2 Методика розрахунку врожайної якості зерна озимої пшениці	133
9.3 Оцінка агрометеорологічних умов накопичення цукру у коренеплодах цукрових буряків	139
9.4 Прогноз агрометеорологічних умов накопичення цукру в коренеплодах цукрових буряків	143
10 Прогноз інтенсивності полягання зернових культур	147
10.1 Прогноз полягання посівів ячменю	149
10.2 Прогноз полягання озимої пшениці	152
11 Оцінка і прогноз агрометеорологічних умов у період сівби та збирання зернових культур	156
11.1 Розрахунок тривалості танення снігу та відтанення верхнього шару ґрунту	
11.2 Прогноз початку польових робіт з завчасністю 10 – 15 днів	159
11.3 Оцінка агрометеорологічних умов проведення польових робіт	163
11.4 Прогноз агрометеорологічних умов збирання зернових культур	166
11.5 Розрахунок вологості зерна і соломи та проростання зерна у валках	168
11.6 Оцінка очікуваних агрометеорологічних умов роботи комбайну	171
11.7 Розрахунок кількості втрат зерна за збирання в несприятливих агрометеорологічних умовах	173
11.8 Розрахунок середніх втрат врожаю по області	174
12 Прогноз фаз динаміки популяцій лугового метелика та термінів боротьби з ним.....	180
12.1 Критерії прогнозу фази динаміки популяцій.....	180
12.2 Алгоритм прогнозування фази динаміки популяцій та його інформаційне забезпечення.....	182

12.3 Технологія розробки прогнозу фази динаміки популяцій.....	185
13 Оцінка економічної ефективності від використання гідрометеорологічної інформації у сільськогосподарському виробництві	192
13.1 Загальні положення	192
13.2 Рекомендації по розрахунках економічного ефекту при використанні агрометеорологічних прогнозів та довідок	195
13.2.1 Прогноз перезимівлі озимих культур	195
13.2.2 Прогноз і інформація про запаси продуктивної вологи в ґрунті	197
13.2.3 Прогнози оптимальних термінів сівби	198
Бібліографічний список.....	201
Предметний покажчик.....	208
Зміст.....	213

Навчальне видання

Божко Людмила Юхимівна

Агрометеорологічні розрахунки і прогнози

(Навчальний посібник)

Підп. до друку 01.07.2005. Формат 60x84 ¹/₁₆. Папір офсетний.
Друк офсетний. Обл.-видав.арк. 15,40. Умов. друк. арк. 12,55.
Тираж 1000. Зам. № 5-1527.

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

Видавництво КНТ
м.Київ, вул. Сокальська, 1, оф.27. Тел. (044) 468-96-63, 537-31-53, 493-20-47
e-mail: knt2003@ukr.net, сайт: www.knt2005.narod.ru, ICQ: 289-464-874
Свідоцтво: ДК № 581 від 03.08.2001.

НБ ПНУС



692852

Друк: ЗАТ „Віпол”, ДК № 15
03151, м. Київ, вул. Волинська, 60