

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійної роботи студентів IV курсу з дисципліни  
«Агрометеорологічні прогнози»

Напрямок підготовки – Екологія, охорони  
навколишнього середовища та  
збалансування

Спеціалізація – Агроекологія

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів 4 курсу природоохоронного факультету при вивченні дисципліни «Агрометеорологічні прогнозів» за спеціалізацією – Агроекологія.  
//Укладачі: к.г.н., доц. Божко Л.Ю., к.г.н., доц. Барсукова О.А. Одеса, ОДЕКУ, 2010. – 61 с.

## Передмова

Агrometeorологічні прогнози – це галузь науково-практичної діяльності, яка направлена на вивчення закономірностей впливу погодних умов на ріст, розвиток, формування врожайності сільськогосподарських культур, методів прогнозування темпів їх розвитку та врожайності, появи шкідників та хвороб, методів прогнозування кількості та якості врожаїв і т. ін. Агrometeorологічні прогнози є однією із основних форм агrometeorологічного обслуговування. Важливою задачею агrometeorологічного обслуговування є надання господарським організаціям відомостей, які направлені на отримання максимально можливої економічно виправданої та екологічно збалансованої сільськогосподарської продукції. Підготовка висококваліфікованих фахівців вимагає від них знань про закономірності впливу навколишнього середовища на ріст, розвиток та формування врожайності сільськогосподарських культур в різних ґрунтово-кліматичних умовах та основних методів прогнозування.

Вибіркова дисципліна «Агrometeorологічні прогнози» відноситься до професійно-орієнтованого циклу дисциплін, яка викладається при підготовці фахівців з напрямку „Екологія”, спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища», шифр 7.070801, спеціалізація – агроекологія.

**Мета** чинних методичних вказівок надати допомогу студентам при вивченні дисципліни «Агrometeorологічні прогнози», забезпечити відповідні сучасним вимогам знання студентів та надати рекомендації до самостійної роботи. Задача дисципліни – навчити студентів методам складання агrometeorологічних прогнозів та розрахунків їх виправданості.

Вивчення дисципліни «Агrometeorологічні прогнози» здійснюється після набуття знань з біології, ґрунтознавства, сільськогосподарської метеорології, землеробства та рослинництва, математики, фізики, хімії і ін.

Кількість годин, що відводиться на вивчення дисципліни, визначається затвердженням робочим навчальним планом.

Після вивчення дисципліни "Агrometeorологічні прогнози" студенти повинні **знати**:

- основну мету і завдання дисципліни, основні методи узагальнення агrometeorологічної інформації,
- методи розрахунку та прогнозування продуктивності сільськогосподарських культур та їх фаз розвитку,
- методи прогнозування якості врожаю, виконувати розрахунки кількісних показників впливу погодних умов на стан сільськогосподарських культур,

- виконувати аналіз цих показників та надавати рекомендації працівникам сільськогосподарського виробництва щодо поліпшення агрометеорологічних умов вирощування сільськогосподарських культур.

Студенти повинні **вміти** на основі знань, добутих у процесі вивчення теоретичного матеріалу та навичок, придбаних при виконанні практичних робіт за даними поточних метео та агрометеорологічних спостережень:

- складати конкретні схеми агрометеорологічного обслуговування різних галузей сільськогосподарського виробництва;
- розраховувати агрометеорологічні показники та на їх основі складати агрометеорологічні прогнози різного напрямку;
- користуватись синоптичними прогнозами погоди при визначенні агрометеорологічних показників;
- визначати головні інерційні фактори та вміти оцінювати їх вплив на врожайність сільськогосподарських культур.

Вивчення дисципліни «Агрометеорологічні прогнози» передбачає аудиторні лекційні і практичні заняття та самостійну роботу студентів

З метою контролю поточних та залишкових знань розроблені тестові завдання, проводиться модульний контроль знань та вмінь студентів з теоретичного та практичного матеріалу, іспит.

Методика модульного контролю з дисципліни «Агрометеорологічні прогнози» розроблена у відповідності до положення про модульну систему організації навчання та контролю знань студентів. В основі методики лежить розподіл програми навчальної дисципліни на окремі логічно пов'язані змістовні модулі з оцінкою засвоєння студентами знань та вмінь за цими модулями.

В кожному змістовному модулі відводяться теми для самостійної роботи студентів. Самостійна робота передбачає підготовку до лекційних занять, підготовку до усного опитування та підготовку до контрольної роботи. Питання самостійної роботи входять до контрольної роботи окремим запитанням.

Теми занять і кількість годин СРС наводяться в наступному розділі.

**ТЕМИ ЗАНЯТЬ**  
**Лекційні змістовні модулі**

<b>Змістовні модулі</b>	<b>Розділи програми (назва)</b>	<b>Теми</b>	<b>Кіл-сть аудиторних годин</b>	<b>Кіл-сть годин СРС</b>	<b>Форми завдань на СРС</b>	<b>Форми поточного контролю СРС</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<b>Семестр 8</b>						
<b>ЗМЛ-1</b>	Агрометеорологічне обслуговування народно-господарських організацій	1. Вступ. Історія розвитку агрометеорологічного обслуговування. Показники впливу погодних умов на ріст, розвиток та формування врожаю сільськогосподарських культур.	<b>2</b>	<b>3</b>	Підготовка конспекту лекцій	<b>МК-1</b>
		2. Основні види агрометеорологічних прогнозів та їх теоретичні основи.	<b>2</b>	<b>6</b>		
		3. Прогнози дат настання фаз розвитку сільськогосподарських культур.	<b>4</b>	<b>5</b>	Підготовка до контрольної роботи	
		4. Прогнози появи шкідників і хвороб сільськогосподарських культур.	<b>2</b>			
		5. Прогнози якості врожаю сільськогосподарських культур	<b>2</b>			
<b>ЗМЛ-2</b>	Вплив погодних умов на формування зимостійкості озимих та прогнози умов їх перезимівлі	6. Вплив погодних умов на проведення польових робіт.	<b>2</b>	<b>3</b>	Підготовка конспекту лекцій	<b>МК-2</b>
		7. Вплив погодних умов на розвиток озимини. Формування зимостійкості та морозостійкості озимих культур.	<b>2</b>	<b>5</b>		
		8. Методи прогнозу стану озимих культур на припинення вегетації	<b>2</b>		Підготовка до контрольної	

1	2	3	4	5	6	7
		9 Методи прогнозів перезимівлі озимих та їх стану на початок весни	4	3	роботи Підготовка до УО	
<b>ЗМЛ-3</b>	Вплив умов зволоження на формування врожаїв сільськогосподарських культур	10.Основні поняття і значення ґрунтової вологи.	2	3	Підготовка конспекту лекцій	<b>МК-3</b>
		11. Закономірності формування запасів продуктивної вологи в різні пори року.	2			
		12.Прогнози запасів продуктивної вологи.	4	5	Підготовка до контрольної роботи Підготовка до УО	
		13..Методирозрахунку вологозабезпеченості сільськогосподарських культур	2	3		
		Всього	32	36		

### Практичний модуль

Змістовн і модулі	Розділи програми (назва)	Теми робіт (занять)	Кіл-сть аудиторних годин	Кіл-сть годин СРС	Форми завдань на СРС	Форми поточного контролю СРС
<b>Семестр 8</b>						
<b>ЗМП-1</b>	Практичні заняття 1-3	1. Прогнози дат настання фаз розвитку сільськогосподарських культур	<b>6</b>	<b>3</b>	Підготовка до усного опитування	<b>УО</b>
		2. Прогноз появи шкідників і хвороб	<b>4</b>	<b>3</b>		
		3. Прогнози якості врожаю сільськогосподарських культур	<b>6</b>	<b>3</b>		
<b>ЗПМ-2</b> Практичні заняття 4-6		1.Прогнози термінів сівби сільськогосподарських культур	<b>6</b>	<b>3</b>	Підготовка до усного опитування	<b>УО</b>
		2. Прогнози вимерзання озимини та її стану на момент відновлення вегетації	<b>6</b>	<b>4</b>		
		3.Прогнози випрівання та вимокання озимини	<b>4</b>	<b>2</b>		
Практичні заняття 7-10		1.Прогноз запасів продуктивної вологи на початок весни	<b>2</b>	<b>2</b>	Підготовка до усного опитування	<b>УО</b>
		2. Прогнози запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами	<b>4</b>	<b>2</b>		
		3. Прогнози вологозабезпеченості сільськогосподарських культур	<b>4</b>	<b>2</b>		
		4. Прогнози термінів та норм зрошення	<b>2</b>	<b>2</b>		
		5. Прогноз термінів живлення посівів	<b>4</b>	<b>2</b>		
<b>Всього</b>			<b>48</b>	<b>28</b>		
<b>Всього по дисципліні</b>			<b>80</b>	<b>64</b>		

## ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

<b>Змістовні модулі</b>	<b>Розділи (роботи)</b>	<b>Завдання</b>	<b>Кіл-сть годин СРС</b>	<b>Контрольні заходи</b>	<b>Термін проведення (№ тижня)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Семестр 8</b>					
<b>ЗМЛ-1</b>	Розділи 1-5	Вивчення теоретичного матеріалу.	<b>2</b>		
<b>ЗМП-1</b>	ПЗ 1-3	Підготовка до лекцій. Підготовка до контрольної роботи. Підготовка до усного опитування.	<b>3</b> <b>5</b> <b>12</b>	<b>КР1</b> <b>УО</b>	<b>6</b> <b>5</b>
<b>ЗМЛ-2</b>	Розділи 6 - 9	Вивчення теоретичного матеріалу.	<b>2</b>		
<b>ЗМП-2</b>	ПЗ 4 – 6	Підготовка до лекцій. Підготовка до контрольної роботи. Підготовка до усного опитування.	<b>3</b> <b>5</b> <b>12</b>	<b>КР2</b> <b>УО</b>	<b>10</b> <b>8</b>
<b>ЗМЛ-3</b>	Розділи 10 –13	Вивчення теоретичного матеріалу.	<b>3</b>		
<b>ЗМП-3</b>	ПЗ 7 – 10	Підготовка до контрольної роботи. Підготовка до усного опитування.	<b>5</b> <b>12</b>	<b>КР3</b> <b>УО</b>	<b>15</b> <b>13</b>
		Всього	<b>64</b>		



## ЗМЛ – 1 – Агrometeorологічне обслуговування народно-господарських організацій

### Тема1. Основні види та форми агrometeorологічного обслуговування

Урядові та сільськогосподарські організації забезпечуються різними видами гідромeteorологічної інформації:

- метеорологічними прогнозами різної завчасності;
- гідрологічними прогнозами (прогнози режиму вод річок, водоймищ та інших водних об'єктів);
- агrometeorологічними довідками та прогнозами;
- попередженнями про небезпечні гідромeteorологічні явища;
- агrometeorологічними 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 агrometeorологічною інформацією:

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

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

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

$$EE = K_y \cdot C(УЦ - 3) \quad (1)$$

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;

$У$  – 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;

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

Агromетеорологічне обслуговування сільськогосподарських організацій може обмежуватись окремими видами агromетеорологічної інформації та прогнозів окремих видів, або агromетеорологічними рекомендаціями та прогнозами по вирощуванню груп культур. До рекомендацій входять усі існуючі види розрахунків та прогнозів по цих групах культур.

**Агromетеорологічні показники та їх розрахунки.** На ріст та розвиток сільськогосподарських культур впливають фактори навколишнього середовища, які характеризуються такими показниками: сонячна радіація, термічний фактор (температура повітря, ґрунту, рослин), фактор зволоження (опади, запаси продуктивної вологи, вологозабезпеченість, сумарне випаровування, випаровуваність, коефіцієнти зволоження та ін.), пошкодження несприятливими погодними явищами (пошкодження зимуючих культур в холодну пору року, несприятливі погодні умови в період вегетації сільськогосподарських культур), пошкодження шкідниками та хворобами та ін. Розрахунки агromетеорологічних показників виконуються по між фазних періодах розвитку сільськогосподарських культур і в цілому за вегетаційний період.

## **Тема 2. Фенологічні прогнози**

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

Якщо розглянути умови вирощування сільськогосподарських культур в Україні, то вони змінюються від прохолодних та 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 настання фаз розвитку сільськогосподарських культур (фенологічні прогнози) є одним із найважливіших розділів агрометеорологічного обслуговування сільського господарства. Вони складаються як самостійно так і можуть бути складовою частиною багатьох інших прогнозів, де необхідно виконувати оцінку агрометеорологічних умов по міжфазних періодах [1 – 4].

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

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

Багатьма дослідженнями [5 – 8] встановлено, що швидкість розвитку рослин найчастіше визначається ходом термічного режиму. Слід відрізнити поняття "ріст рослин" та "розвиток рослин". Ріст рослин – це збільшення маси рослин незалежно від того, 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 настання більшості фаз розвитку рослин (тобто появи нових морфологічних ознак) у значній мірі залежить від температури навколишнього середовища. Ще Т.Д. Лисенко встановив:

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

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

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

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

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

$$N = \frac{A}{(t - B)} \quad (2)$$

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

$B$  – біологічний нуль, °С ;

$A$  – постійна сума температур, яка необхідна для настання чинної фази будь-якої сільськогосподарської культури, підрахована від значення  $B$ , °С.

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

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

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

$$D = D_1 + \frac{A}{(t - B)} \quad (3)$$

де  $D$  – очікуваний термін настання послідувочої фази;

$D_1$  – дата настання попередньої фази розвитку;

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

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

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

$$D = D_1 + \frac{A - \Sigma t}{(t - B)} \quad (4)$$

де  $D_1$  – дата розрахунку фази розвитку;

$\Sigma t$  – сума ефективних температур, що накопичилась за час від дати настання попередньої фази до дати складання прогнозу.

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

температурами прогнози фаз розвитку можна складати з більшою завчасністю.

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.

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

Для прикладу розглянемо декілька фенологічних прогнозів, зокрема прогнози дат настання фаз розвитку кукурудзи.

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

Метод прогнозу дат настання фаз розвитку кукурудзи розроблено Ю.І. Чирковим 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 °С) 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:

$$n = \frac{30(N+1)}{C(t-10)} \quad (5)$$

де  $n$  – тривалість періоду, дні;

$N$  – кількість міжлисточкових періодів;

$t$  – середня температура періоду, °С;

$C$  – поправочний коефіцієнт, який визначається з табл. 1.

Дослідженнями Ю.І. Чиркова встановлено, що оптимальною температурою для розвитку кукурудзи у період від 3-го листка до викидання волоті є температура 20 – 24 °С.

Таблиця 1 – Залежність поправочного коефіцієнту ( $C$ ) від середньої температури повітря ( $t_{cp}$ )

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

Для усунення впливу баластних температур Ю.І. Чирковим було розроблено поправочний коефіцієнт  $C$  (табл.1).

*Прогноз дати настання фази викидання волоті.* Суми ефективних температур до дати настання фази викидання волоті розраховані Ю.І. Чирковим починаючи з утворення будь-якого листка (табл. 2).

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

Кількість закладених листків у залежності від сорту визначається з табл. 3.

Дату викидання волоті також можна розрахувати за формулою:

$$D = D_1 + \frac{30(\alpha + 1)}{c(t - 10)} \quad (6)$$

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

$\alpha$  – кількість міжлистяних періодів.

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 2 – 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	–	–

Таблиця 3 – Кількість листків у сортів кукурудзи різної скоростиглості

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

*Прогноз 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:

$$n = 0,6t - 0,15W + 4,4 \quad (7)$$

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

$$n = 42,5 - 0,6t \quad (8)$$

Температура повітря визначається з синоптичного прогнозу погоди.

*Другий метод.* Дата настання молочної стиглості розраховується за сумами ефективних температур вище 10 °С. За даними Ю.І. Чиркова для ранньостиглих сортів ця сума складає 240 °С; середньостиглих – 260 °С, пізніх – 280 °С. При підрахуванні сум обов'язково користуються значеннями поправочного коефіцієнту на температуру повітря (табл. 2).

*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:

$$n = \frac{\Sigma t_{>10}}{(t - 10) \cdot C} \quad (9)$$

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



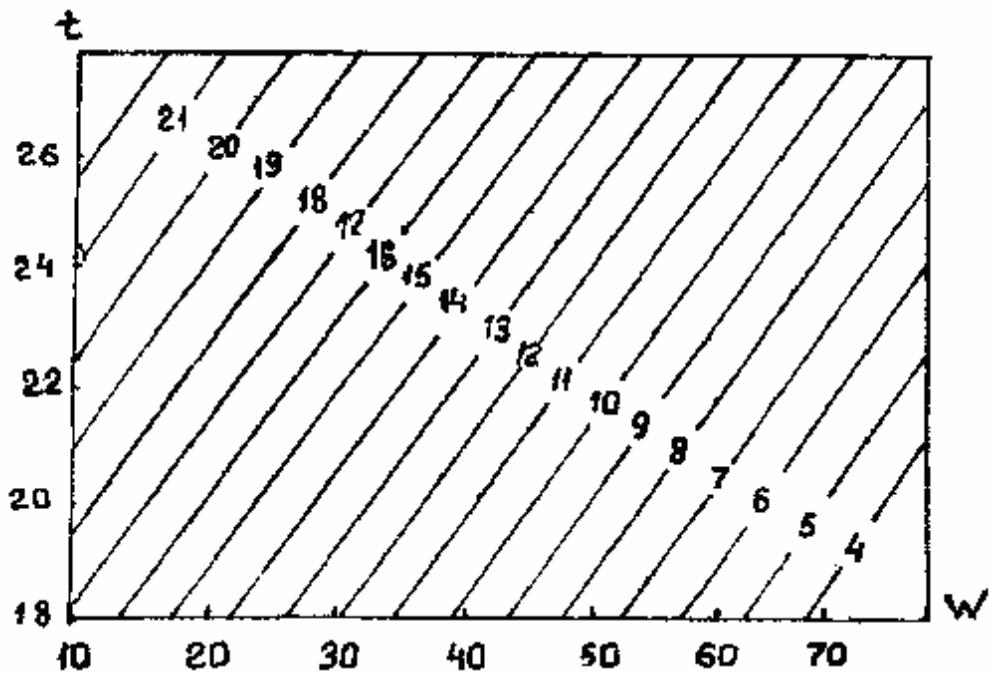


Рис. 1 – Залежність тривалості періоду викидання волоті – поява ниток початку кукурудзи від середньої температури та вологості ґрунту

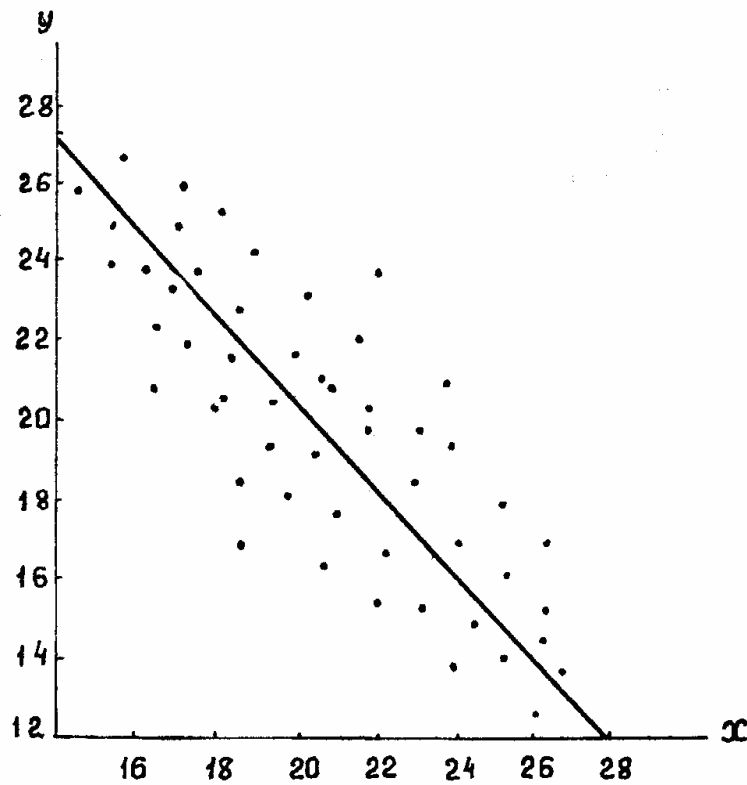


Рис. 2 – Залежність періоду поява ниток – молочна стиглість від середньої температури повітря.

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

$t$  – середня температура повітря.

Термін настання фаз воскової стиглості розраховується також за сумами ефективних температур (табл. 4).

З прогнозу погоди визначається очікувана середня температура повітря після настання фази викидання волоті і по табл. 4 визначається необхідна для воскової стиглості сума температур.

Таблиця 4 – Суми ефективних температур за період викидання волоті – воскова стиглість

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

### Тема 3. Прогноз якості врожаю насіння зернових культур

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 на га. Також важливе значення мають вміст цукру в коренеплодах цукрових буряків, крохмалю в бульбах картоплі, комплексу вітамінів у плодах плодових та 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, які 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, які вконтані В.М. Страшним та А.Н. Строга новою.

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 розвитку коріння надземній масі уповільнює постачання рослинам азоту. Тому спостерігається зворотній зв'язок вмісту білка та клейковини з запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на дату стійкого переходу температури повітря через 10 °С навесні. Найгірша якість зерна спостерігається при запасах вологи більше 220 мм. При запасах вологи біля 100 – 120 мм якість зерна підвищується (до 14 – 15 % білка та 26 – 30 % клейковини). Таким чином, запаси продуктивної вологи є головним інерційним фактором, який визначає не тільки умови формування врожаю, але і його якість.

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

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

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

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

$$Y = 4,45A - 0,002W + 0,11d - 0,002N + 0,38t \quad (10)$$

Клейковини

$$Y = 0,67 + 0,37A - 0,017W + 0,65d - 0,004N + 0,86 \quad (11)$$

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

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

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

$N$  – кількість колосonoсних стебел на м<sup>2</sup> у фазу колосіння;

$t$  – середня температура повітря за період від колосіння до воскової стиглості, °С.

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

Розрахунок очікуваної якості зерна виконується після визначення кількості колосonoсних стебел на дату масового колосіння. Для виконання розрахунків по області використовуються спостереження не менше 6 – 8 станцій.

*Техніка складання прогнозу якості зерна.*

Середня амплітуда температури повітря ( $A$ ) за період визначається шляхом поділу різниці сум максимальних та мінімальних температур, підрахованих за добовими значеннями, на кількість днів у періоді від дати

відновлення вегетації до дати стійкого переходу температури повітря через 10 °С.

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

Дата настання воскової стиглості розраховується за сумами ефективних температур 500 °С 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.

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

### Контрольні питання

1. Які Ви знаєте основні напрями досліджень в агрометеорологічному прогнозуванні?
2. В чому полягають закономірності впливу метеорологічних факторів на розвиток сільськогосподарських культур?
3. Перелічіть основні показники, які характеризують вплив погодних умов на сільськогосподарське виробництво;
4. Які Ви знаєте методи розрахунку дат настання фаз розвитку сільськогосподарських культур?
5. Які показники входять до основної фенологічної формули?
6. Як розраховується тривалість міжфазного періоду?
7. Яка сума температур необхідна для появи наступного листка кукурудзи?
8. Що вважається ознакою скоростиглості сорту кукурудзи?
9. На чому засновуються методи прогнозування появи шкідників і хвороб?
10. Якими показниками характеризується якість зерна?
11. Як розраховується якість врожаю сільськогосподарських культур?.

Вид контролю: *контрольна робота.*

### Методичне забезпечення ЗМЛ1

1. Божко Л.Ю. Агрометеорологічні розрахунки і прогнози. Навчальний посібник. Одеса. ТЕС. 2006. – 216 с.
2. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Довготрокові агрометеорологічні прогнози. Київ., КНТ, 2007. – 291 с.

3..Руководство по составлениюа метеорологических прогнозов. Т. 1 и 2. –Л.:Гидрометеиздат, 1984.

## **ЗМЛ – 2. – Вплив погодних умов на формування зимостійкості озимих культур та прогнози умов їх перезимівлі**

### **Тема 1. Прогнози термінів сівби озимих культур**

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 кущіння 3 – 6 пагонів.

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

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 кущіння.

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 кущіння і міри кущистості використовуються суми ефективних температур вище 5 °С, встановлені О.О. Шіголевим:

При недостатньому зволоженні ґрунту восени терміни настання 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. 6) та сходи-кущіння від вологості у шарі ґрунту 0 – 20 см та середньої температури повітря (табл. 7).

Таблиця 5 – Суми ефективних температур по міжфазних періодах розвитку зернових культур, °С

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

Таблиця 6 – 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 7 – Залежність тривалості періоду “сходи-кущіння” від запасів вологи у шарі ґрунту 0 – 20 см та температури повітря

Запаси вологи у шарі 0 – 20 см, мм	Середня температура повітря у період "сходи – кущіння", °С												
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
10		30	28	25	25	23	23	23	23	23	23	22	
15	29	25	23	23	23	23	22	21	21	21	21	21	
20	25	23	21	19	17	16	15	13	12	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) або за відповідними рівняннями:

для чорноземних ґрунтів

$$Y = -0,19t + 0,44b - 0,22c \quad (13)$$

для опідзолених ґрунтів

$$Y = -0,23t + 0,53b - 0,24c \quad (14)$$

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 декаду, мм.

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. Запаси продуктивної вологи розраховуються за даними початкових їх значень та сумами опадів за рис. 3.

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.



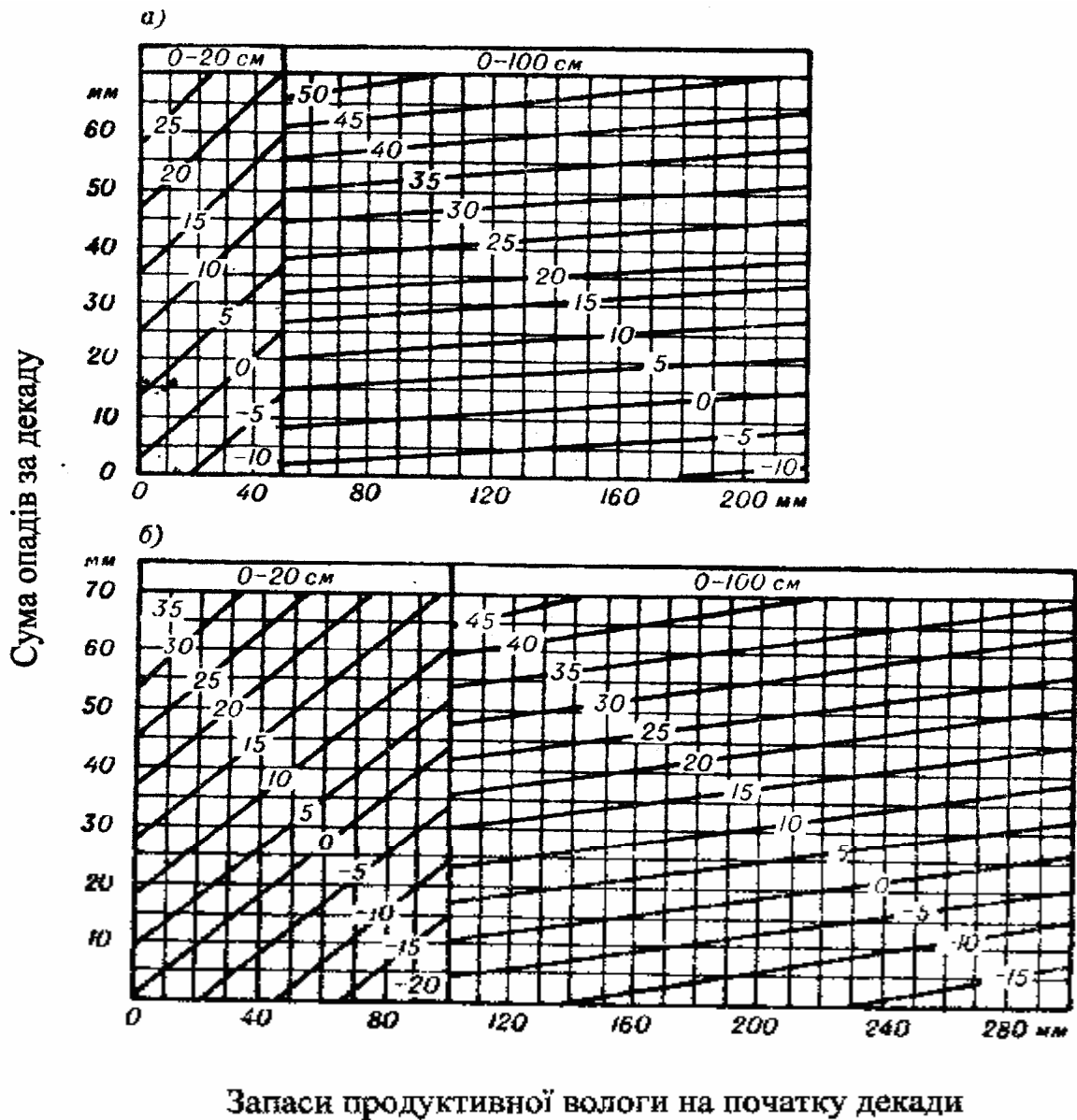


Рис. 3 – Зміна запасів ґрунтової вологи в шарах ґрунту 0 – 20 та 0 – 100 см у період осінньої вегетації:  
 а – під озимією пшеницею в зоні чорноземних ґрунтів;  
 б – під озимими культурами в зоні підзолистих ґрунтів.

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

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

Після визначення дати кущіння розраховується дата появи сходів для оптимального та раннього термінів сівби за даними табл. 6. Для визначення тривалості періоду кущіння-сходи запаси продуктивної вологи беруть середні за 2 – 3 декади від кущіння в сторону літніх місяців. Визначена тривалість міжфазного періоду віднімається від дати початку кущіння і визначається дата сходів.

Далі розраховується дата сівби. Для цього спочатку розраховуються середні запаси продуктивної вологи від дати сходів за 2 – 3 декади в сторону літніх місяців. Потім з табл. 5 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.

## **Тема 2. 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 кущистості 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 кущіння озимих зернових культур триває до припинення вегетації. Темпи його визначаються температурними умовами, умовами зволоження орного шару ґрунту та біологічними особливостями сортів. А.Я. Грудєвою виділено чотири групи сортів озимої пшениці та озимого жита за інтенсивністю темпів кущистості при достатньому зволоженні ґрунту та знайдені статистичні залежності темпів кущистості (У) від сум позитивних температур за період кущіння (х):

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

$$U = 0,0085x + 1,0 \quad . \quad (15)$$

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

$$Y = 0,01x + 1,0 \quad . \quad (16)$$

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

$$Y = 0,01x + 2,0 \quad (17)$$

4) найбільша інтенсивність куціння – у озимій пшениці сортів Миронівська 808 та Миронівська 264

$$Y = 0,017x - 0,45 \quad (18)$$

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

$$Y = 0,0041x + 1,4 \quad (19)$$

для сортів озимій пшениці Одеська 3 і 12 та озимого жита Безенчукське

$$Y = 0,005x + 1,5 \quad (20)$$

для озимого жита сорту Лисиціна

$$Y = 0,0065x + 1,0 \quad (21)$$

Краще всього переносять умови зимівлі озимі культури у стані куцистості 3 – 6 пагонів. Озимі у фазі сходів, третього листка а також куцистості 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.

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 м<sup>2</sup>. Як встановлено

дослідженнями, А.Я. Грудевої, найтісніший зв'язок площі озимих культур восени у поганому стані спостерігається з кількістю рослин на м<sup>2</sup>. Кількість рослин на один м<sup>2</sup> 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 м<sup>2</sup> ( $u$ ) та середніми по області значеннями запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту ( $w$ ):

для України, Молдови і Північного Кавказу

$$u = 178,68 + 21,735w - 0,459w^2 \quad (22)$$

для центральних чорноземних областей та Поволжя

$$u = 109,20 + 22,015w - 0,352w^2 \quad (23)$$

для нечорноземної зони

$$u = 117,35 + 22,29w - 0,361w^2 \quad (24)$$

Якщо середні по області запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту становлять 30 – 35 мм, то стан посівів буває добрим (400 – 500 рослин на м<sup>2</sup>) Таким чином, на дату сівби (засіяно 20% площі) можна розрахувати гущину 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 м<sup>2</sup> для різних зон можна розрахувати за рівняннями, отриманими Є.С. Улановою.

### **Тема 3. Формування зимостійкості і морозостійкості озимих культур**

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

*Зимостійкість* рослин – це загальна стійкість їх до несприятливих умов зими. Вона визначається біологічними особливостями рослин, станом посівів перед припиненням вегетації, мірою загартування рослин та умовами перезимівлі. Зимостійкість рослин поступово зростає від осені до середини зими, в другій половині зими вона починає зменшуватись.

Особливо різко вона зменшується взимку при наявності великої кількості відлиг.

*Морозостійкість* рослин – це стійкість рослин до морозів. Вона характеризується критичною температурою вимерзання рослин. *Критична* температура вимерзання рослин – це температура, за якої загибель від вимерзання становить більше 50 % рослин. За даними В.М. Лічикакі [4] значення критичної температури вимерзання тісно пов'язано із середньою за пройдений період зимівлі мінімальною температурою ґрунту на глибині залягання вузла кущіння.

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

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

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

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

*Сніговий покрив.* Велике значення для зимівлі рослин мають строки встановлення та сходу снігу, просторова та часова мінливість висоти та щільності його. При рівномірному заляганні сніг добре захищає рослини від сильних морозів. Після встановлення на полях снігу температура ґрунту на глибині вузла кущіння значно підвищується.

Сніг на полях залягає дуже нерівномірно. Під впливом вітру на відкритих полях відбувається значне перенесення снігу з одних ділянок поля на інші.

Встановлено, що висота снігу 10 см достатня для збереження озимих при сильних морозах і вона буває на всьому полі за середньої висоти снігу 30 см. В.О. Мойсейчик була розрахована ймовірність розподілу снігу на полях з озимими культурами за різної середньої товщини його (табл. 1).

Тривалість періоду з снігом також має велику просторову мінливість. Тривале залягання товстого шару снігу на полях викликає пошкодження рослин внаслідок випрівання.

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

Дослідження Л.О. Разумової показали, що головними факторами, які обумовлюють глибину промерзання ґрунту, є вологість ґрунту, температура повітря, товщина снігу та рівень ґрунтових вод.

*Температура ґрунту на глибині залягання вузла кущіння.* Температура ґрунту на глибині вузла кущіння є комплексним показником агрометеорологічних умов перезимівлі озимих культур. На її значення впливають тепломісткість і теплопровідність ґрунту, температура повітря, товщина снігу, вологість ґрунту, глибина промерзання ґрунту. Вплив температури повітря при відсутності снігу на температуру ґрунту на глибині вузла кущіння носить лінійний характер.

Велика просторова та часова мінливість мінімальної температури ґрунту не дозволяє обмежуватись лише фактичними спостереженнями через малу кількість повторностей. Тому для використання цієї величини в прогнозах та оцінках було розроблено декілька методів розрахунку температури ґрунту на глибині 3 см. Встановлена залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння від мінімальної температури повітря ( $T$ ) при різній висоті снігу та різної глибини промерзання ґрунту ( $H$ ). За значеннями коефіцієнтів кореляції та кореляційних відношень встановлено, що зв'язок температури ґрунту на глибині вузла кущіння з температурою повітря та глибиною промерзання ґрунту прямолінійний, а з товщиною снігу нелінійний і має вигляд параболи другого порядку (табл. 8, рис.4).

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

$$t = 0,618T - 0,082H + 0,658h^2 - 0,008h + 0,0007P - 0,366 \quad (25)$$

для зони нечорноземних земель з добре зволуженим суглинковим ґрунтом

$$t = 0,274T - 0,052H + 0,444h^2 - 0,009h + 0,004P - 5,960 \quad (26)$$

для нечорноземної зони з добре зволуженим супіщаним ґрунтом

$$t = 0,372T - 0,057H + 0,425h^2 - 0,003h + 0,005P - 2,328 \quad (27)$$

для західних районів нечорноземної зони з суглинковим добре зволуженим ґрунтом

$$t = 0,205T - 0,074H + 0,171h^2 - 0,003h + 0,0004P - 0,965. \quad (28)$$

Таблиця 8 – Рівняння зв'язку мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см з мінімальною температурою повітря та глибиною промерзання ґрунту

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

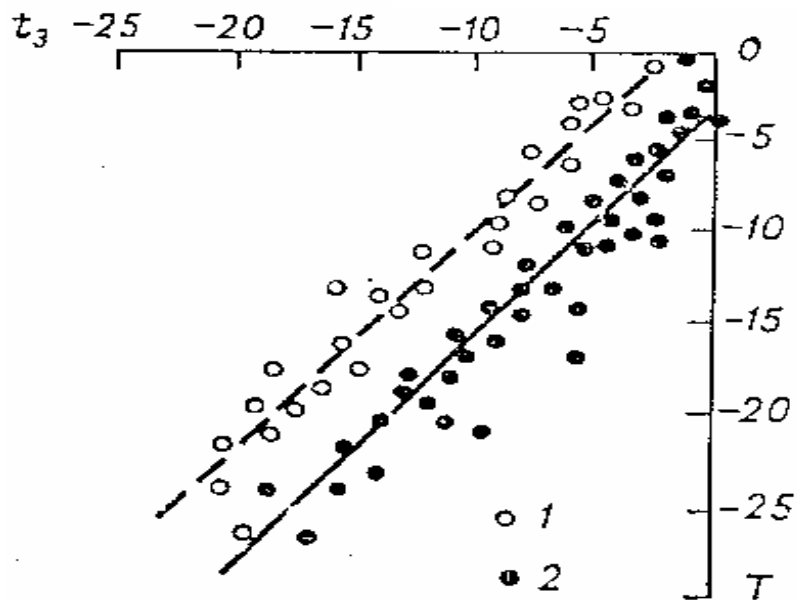


Рис. 4 – Значення мінімальної температури ґрунту на глибині 3 см в залежності від мінімальної температури повітря при відсутності снігу, 1 – при підвищенні температури повітря, 2 – при зменшенні.

За цими рівняннями розраховується мінімальна температура ґрунту на глибині 3 см, якщо:  $T = -10 - 40$  °С,  $H = 20 - 150$  см,  $h = 0 - 40$  см,  $P = 100 - 2000$  пагонів на один метр.

На стійкість озимих культур до несприятливих умов зими впливають також попередники, після яких озимі посіяні, та умови формування критичної температури вимерзання.

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

В.М. Лічкакі встановлена залежність критичної температури вимерзання озимих культур від сум середніх за добу температур повітря та сум мінімальних температур ґрунту на глибині залягання вузла кушіння. Для використання цієї залежності в оперативній роботі була розрахована табл. 9.

За табл. 9 розраховується критична температура вимерзання в першу половину зими, тобто після дати стійкого переходу температури повітря через  $-10$  °С. Закінчення періоду проходження другої фази загартування рослин приблизно співпадає з цією датою.

Таблиця 9 – Критична температура вимерзання розкущеної озимої пшениці морозостійких сортів в залежності від мінімальної температури повітря за листопад та суми температур за листопад – грудень

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



Результати перевірки цієї методики на великій кількості спостережень показали, що визначена за табл. 8 критична температура вимерзання забезпечується точністю  $\pm 1$  °С.

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

для сортів середньої морозостійкості

$$T_{кр} = -14,056 + 1,916t_3^2 + 0,172t_3 \quad (29)$$

для сортів високої морозостійкості

$$T_{кр} = -13,929 + 2,454t_3^2 + 0,191t_3 \quad (30)$$

для сортів слабкої морозостійкості

$$T_{кр} = -13,8 + 0,164t_3^2 - 1,00t_3 - 0,344t^2 - 0,0289t \quad (31)$$

озиме жито

$$T_{кр} = -0,14t_3^2 + 2,65t_3 - 14 \quad (32)$$

озимий ячмінь

$$T_{кр} = -0,488t_3^2 + 3,263t_3 - 9,25 \quad (33)$$

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

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

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

#### **Тема 4. Методи довгострокових прогнозів перезимівлі та стану озимих зернових культур навесні**

Прогнози перезимівлі озимих культур засновуються на порівнянні критичної температури вимерзання рослин з мінімальною температурою ґрунту на глибині вузла кущіння впродовж зими. На разі складаються декілька різних прогнозів перезимівлі в різних регіонах: прогноз вимерзання на окремих полях, на великих площах, прогноз випрівання озимих культур, прогноз пошкодження льодовою кіркою.

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

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

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

$$\lg Y = 2,660 \lg x - 0,129 \lg K - 1,733 \quad (34)$$

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

Для сорту Безоста 1 рівняння має вигляд

$$\lg Y = 0,269(x - 5) + 0,921 \quad (35)$$

В.О. Мойсейчик також визначені температури, при яких необхідно підсівати або пересівати пшеницю.

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

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

$$U = 9,487t_3^2 + 0,374t_3 + 70,181 \quad (36)$$

з врахуванням стану посівів восени

$$U = 9,076t_3 + 0,379t_3^2 - 4,898K + 0,474K^2 + 71,201 \quad (37)$$

Таблиця 10 – Залежність зрідженості озимої пшениці (%) від мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння та розвитку рослин восени

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

Таблиця 11 – Значення мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кущіння, при якій озима пшениця потребує підсіву (1) або пересіву (2)

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

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

$$U = 9,399t_3 + 0,369t_3^2 + 60,012 \quad (38)$$

з врахуванням стану восени

$$U = 9,001t_3 + 0,365t_3^2 - 5,536K + 0,693K^2 + 66,411 \quad (39)$$

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

*Метод прогнозу умов перезимівлі по території України.*

В.М. Лічкакі за характером перезимівлі озимих культур в Україні виділив три головних райони:

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

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

В.М. Лічкакі була знайдена залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння від середньої температури повітря за добу та висоти снігу. Для прискорення розрахунків температури ґрунту на глибині вузла кушіння зняті з графіка її значення представлені у табл. 11.

Якщо відома середня за добу (декаду) температура повітря і висота снігу, то з табл. 12 легко визначається мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння.

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

морозостійкості; -19 – -20 °С пшениця середньої морозостійкості та -15 – -18 °С – сорти низької морозостійкості; -12 – -15 °С – ячмінь.

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

1 – зимостійкість вище середньої (Одеська 16, Одеська 3, Краснодарська 39 та ін.).

2 – середня зимостійкість (Одеська 51, Одеська 21, Миронівська 808, Миронівська Ювілейна, Іллічівка, Білоцерківська 198, Орбіта, Прибой та ін.).

3 – зимостійкість нижче середньої (Безоста 1, Аврора, Кавказ, Дніпровська 521, Поліська 70, Мічуринка, Новомічуринка, Одеська Ювілейна, Рубіж та ін.).

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

$$K = \frac{T_{\min}}{T_{кр}} \quad (40)$$

Були встановлені кількісні зв'язки між коефіцієнтом морозонебезпечності та зрідженістю озимих посівів від вимерзання (табл. 13).

Таблиця 13 – Залежність зрідженості  $U$  (%) озимих культур до весни від коефіцієнта морозонебезпечності  $K$ .

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

Таблиця 12 – Залежність мінімальної температури ґрунту на глибині вузла кушіння від середньої за добу температури повітря і висоти снігу

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

Продовження табл. 12

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

За рівняннями розрахована (табл. 14) для визначення площі загибелі озимих культур (%) від вимерзання а також площа можливого пересіву озимої пшениці.

Таблиця. 14 – Коефіцієнт морозонебезпечності  $K$  і відповідна йому зрідженість  $U$  озимих культур від вимерзання

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

*Метод прогнозу випрівання озимих культур.*

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

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

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

$$n = 17,54 - 1,128h \quad (41)$$

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

$$P = 123n - 5,4 \quad (42)$$



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

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

$$U = 59,07 + 6,82t_3 + 0,22t_3^2 - 5,14K + 0,40K^2 \quad (43)$$

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

$$U = 7,039t_3 + 0,093t_3^2 - 27,514K + 4,796K^2 + 93,106 \quad (44)$$

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

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

Розрахунок площ з загиблими рослинами виконується 20 – 22 лютого, коли період зі снігом більше 30 см ще не закінчився. Тому загальна його тривалість спочатку розраховується за окремими станціями, а потім розраховується її середнє значення по території. Тривалість періоду зі снігом більше 30см розраховується за рівнянням (41).

### Контрольні питання

1. Які Ви знаєте закономірності розвитку сільськогосподарських культур в умовах зниження термічного режиму?
2. Які показники визначають стан озимини на дату припинення вегетації?

3. Охарактеризуйте вплив погодних умов на формування морозостійкості та зимостійкості озимих культур;
4. Як впливають погодні умови осені на стан озимих культур перед припиненням вегетації?
5. Які Ви знаєте основні причини пошкодження зимуючих культур?
6. Що називається морозостійкістю та зимостійкістю озимих культур?
7. Що називається критичною температурою вимерзання та як вона розраховується?
8. Які Ви знаєте методи розрахунку мінімальної температури ґрунту на глибині залягання вузла кущіння?
9. Які основні закономірності розподілу снігу на полях?
10. Які показники покладені в основу методу прогнозу умов перезимівлі озимих культур?
11. Які Ви знаєте методи розрахунку стану озимих на момент відновлення вегетації на окремих полях і великих площах.

*Вид контролю:* контрольна робота 2.

#### Методичне забезпечення ЗМЛ 2

1. Божко Л.Ю. Агрометеорологічні розрахунки і прогнози. Навчальний посібник. Одеса. ТЕС. 2006. – 216 с.
2. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Довготрокові агрометеорологічні прогнози. Київ., КНТ, 2007. – 291 с.
3. Лічкакі В.М. Агрометеорологічні умови перезимівлі озимих культур. – К.: Наука. 1986. – 232 с.
4. Мойсейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1975, 294 с.

### **ЗМЛ – 3. Вплив умов зволоження на формування врожаїв сільськогосподарських культур**

#### **Тема 1. Закономірності формування запасів продуктивної вологи**

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

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

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

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

Запаси вологи у ґрунті постійно змінюються. Поповнення запасів вологи у ґрунті в основному відбувається взимку. Це поповнення залежить від пересування води в середині ґрунту та проникнення у ґрунт опадів і талих вод у період відлиг. Поповнення ґрунтової вологи у різних ґрунтово-кліматичних зонах різне. Це викликає необхідність прогнозу запасів вологи на початок весни. У південних районах країни запаси продуктивної вологи в ґрунті на весну мають чи не найбільше вирішальне значення у господарській діяльності працівників полів.

Дослідження закономірностей зміни запасів продуктивної вологи в холодну пору року виконували А.В. Процеров, Л.О. Разумова, І.В. Свісюк [1, 2]. На разі відомо два методи розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи: 1 – за сумою опадів за холодну пору року і 2 – за глибиною промочування ґрунту (ГПГ) на початок весни.

Л.О. Разумовою виконані фундаментальні дослідження процесів динаміки ґрунтової вологи в холодну пору року . Вона встановила, що збільшення запасів вологи навесні залежить головним чином від кількості опадів за період від переходу температури повітря через 5 °С восени до переходу її через 5 °С навесні та насичення ґрунту вологою восени. Ці дослідження підтвердили також інші автори . Нестача насичення ( $\Delta W$ ) вологою ґрунту восени визначається як залишок між найменшою

вологомісткість (НВ) та запасами продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на дату останнього визначення запасів вологи восени (W)

$$\Delta W = HB - W \quad (45)$$

Для розрахунку очікуваних запасів продуктивної вологи на початок весни Л.О. Разумовою отримані статистичні залежності між сумарними змінами запасів вологи за осінньо-зимово-весняний період (y), кількістю опадів, які випали за цей же період (x), та нестачею насичення ґрунту вологою ( $\Delta W$ ). Статистичні залежності встановлені для районів з стійкою зимою і глибоким заляганням ґрунтових вод (46) та районів з нестійкою зимою і глибоким заляганням ґрунтових вод (47)

$$Y = 0,21x + 0,62\Delta W - 33 \quad (46)$$

$$Y = 0,112x + 0,56\Delta W - 20 \quad (47)$$

де Y – зміна запасів продуктивної вологи за холодну пору року, мм;  
x – сума опадів за цей же період, мм;  
 $\Delta W$  – нестача вологи в ґрунті восени, мм (визначається з формули (45)).

На Європейській частині країн СНД до зони із стійкою зимою та малим збагаченням ґрунту вологою взимку відносяться південно-східні райони; до зони з нестійкою зимою, де збільшення запасів вологи відбувається за рахунок талих вод під час відлиг, відносяться південні та південно-західні області ЄЧ СНД. В районах, де спостерігаються як стійкі, так і нестійкі зими, розрахунки виконуються за вказаними формулами з врахуванням характеру зими; при стійкій зимі розрахунки виконуються за формулою (46), при нестійкій – за формулою (47).

Розрахунок очікуваних запасів вологи на весну виконується за даними усіх станцій, які знаходяться на території обслуговування, або де визначаються запаси вологи під озимими зерновими культурами, які посіяні по пару або непарових попередниках і на зябу, який відводиться для сівби ярих зернових культур. Початковими даними для розрахунків будуть значення осінніх запасів вологи на цих полях. Кількість опадів, необхідних для розрахунку складається з двох величин: фактичної суми опадів, які випали від дати переходу температури повітря через 5 °С восени до дати складання прогнозу (січень – лютий) та прогнозованої суми опадів від дати складання прогнозу до дати переходу температури повітря через 5 °С навесні. Якщо ж з будь-якої причини прогнозом скористуватись неможливо, то у цьому випадку використовують середні багаторічні значення опадів із кліматичних довідників, але обов'язково з врахуванням можливої аномалії опадів. Значення найменшої вологомісткості, яка

необхідна для визначення дефіциту насичення ґрунту восени, враховується за даними агрогідрологічного обстеження полів або за середніми даними: найменша вологомісткість суглинків становить 170 – 190 мм, супіщаних ґрунтів – 150 – 170 мм, піщаних – 80 – 120 мм.

## **Тема 2. Прогнози запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами**

Запаси продуктивної вологи на сільськогосподарських полях і в районах з глибоким заляганням ґрунтової води формуються внаслідок взаємодії ґрунту, рослин і метеорологічних умов. В зоні високого залягання ґрунтових вод, крім того, впливає їх рівень. В цілому динаміка запасів ґрунтової вологи у вегетаційний період характеризується поступовим зменшенням запасів. Витрати води в літній період не компенсуються опадами, що випадають і тільки в період дозрівання культур спостерігається збільшення запасів вологи.

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

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

$$\Delta W = aW_i + br - ct + d \quad (48)$$

де  $W_1$  – початкові запаси продуктивної вологи, мм ;

$t$  – температура повітря за декаду, °С;

$r$  – сума опадів за декаду, мм.

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

На 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 (49), а числові коефіцієнти наводяться у табл. 14

Для прискорення розрахунків побудовані графіки (рис. 5. а, б, в). На рис. 5. на осі  $x$  – запаси вологи на початку декади, на осі  $y$  – сума опадів за декаду, для якої виконується розрахунок; у полі графіків – зміна запасів продуктивної вологи за декаду. До кожного графіка додається таблиця поправок на температуру повітря. Очікувані запаси продуктивної вологи ( $W_2$ ) становлять суму запасів вологи на початок декади ( $W_n$ ) та зміну їх, зняту з графіка з поправкою на температуру, тобто:

$$W_2 = W_n + \Delta y(\pm \Delta t) \quad (50)$$

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.

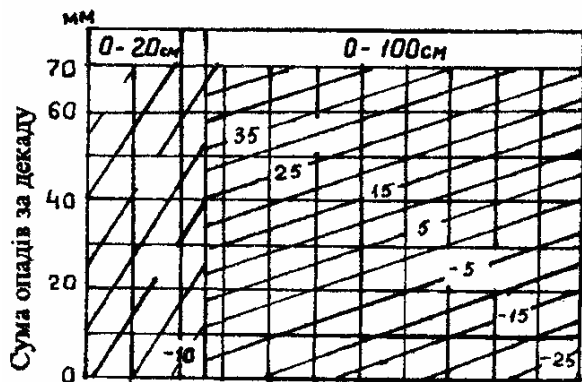
Очікувані запаси продуктивної вологи під озимою пшеницею розраховуються за рівняннями табл. 16, або графіками С.О. Веріго (рис. 6 а, б, в, г).

Таблиця 15 – Коефіцієнти а, b, с, d рівняння (48)

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

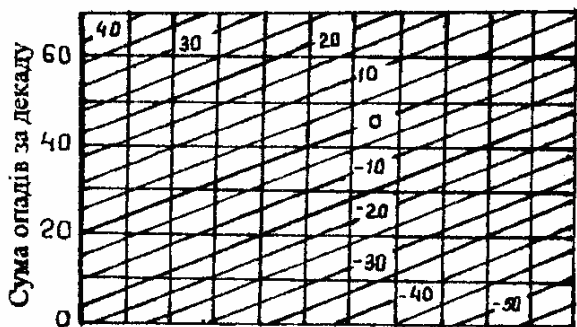
Таблиця 16 – Рівняння залежності зміни запасів продуктивної вологи у ґрунті під озимою пшеницею від метеорологічних елементів

Зона	Період	Шар ґрунту, см	Рівняння
Чорноземні ґрунти	Весняне відростання	0-20	$W_2 = -0,70 t + 0,26r - 0,25W_1 + 7,4$
		0-100	$W_2 = -1,12 t + 0,74r - 0,23W_1 + 27,7$
	Формування колосу і цвіту	0-100	$W_2 = 0,05 t + 0,90r - 0,07W_1 - 26,7$
		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	$W_2 = -0,73 t + 1,10r - 0,09W_1 - 11,4$
		0-100	$W_2 = -0,32 t + 0,80r - 0,035W_1 - 15,4$



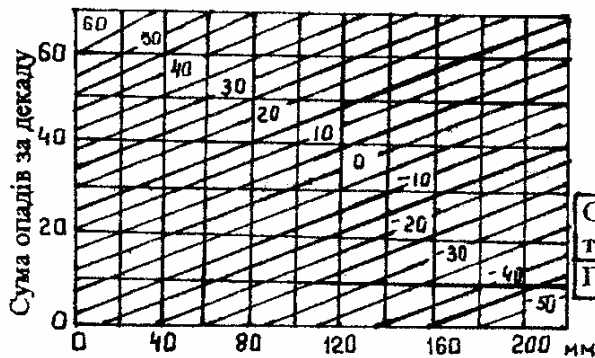
Поправка на температуру (а)

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



Поправка на температуру (б)

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



Поправка на температуру (в)

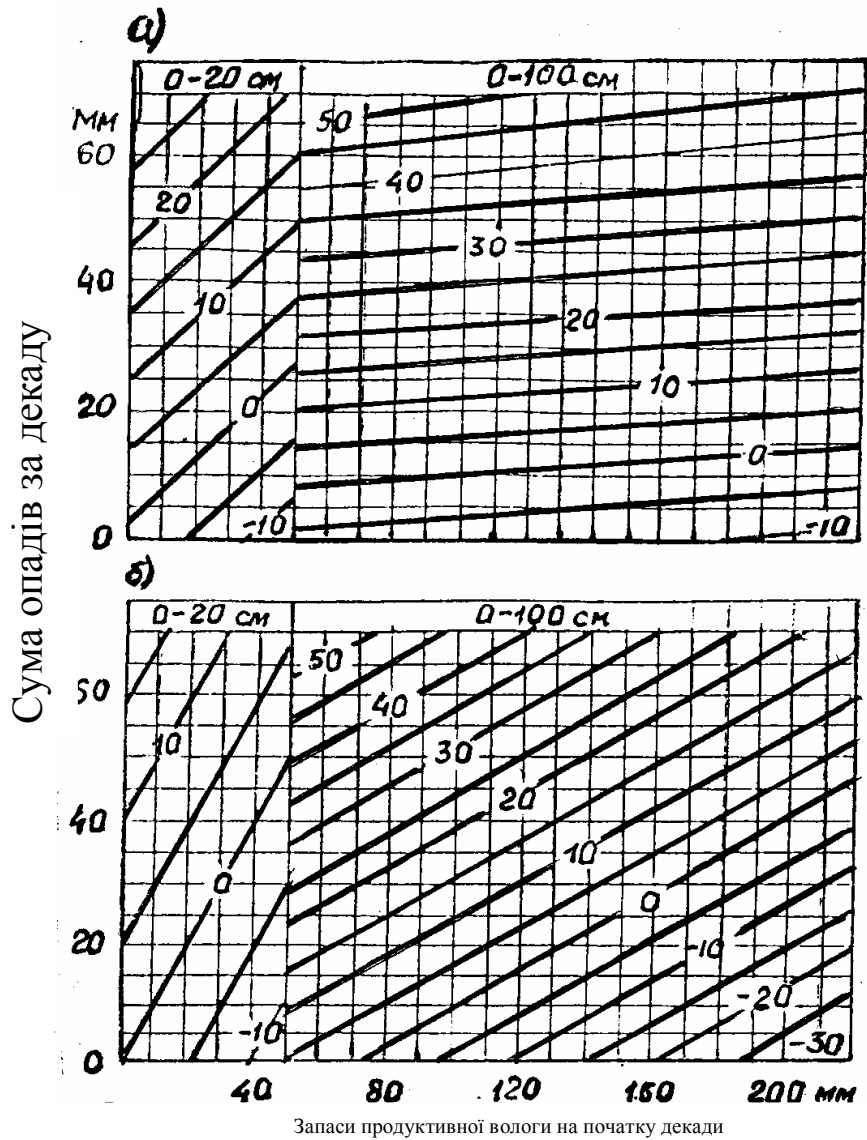
Середня за декаду температура повітря, °С	3-7	8-12	13-17	18-22
Поправка (мм)	1	0	-1	-2

Рис. 5 – Зміна запасів продуктивної вологи у зоні чорноземних ґрунтів під ярою пшеницею:

а) від сівби до виходу у трубку;

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





Поправка на температуру (а)

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

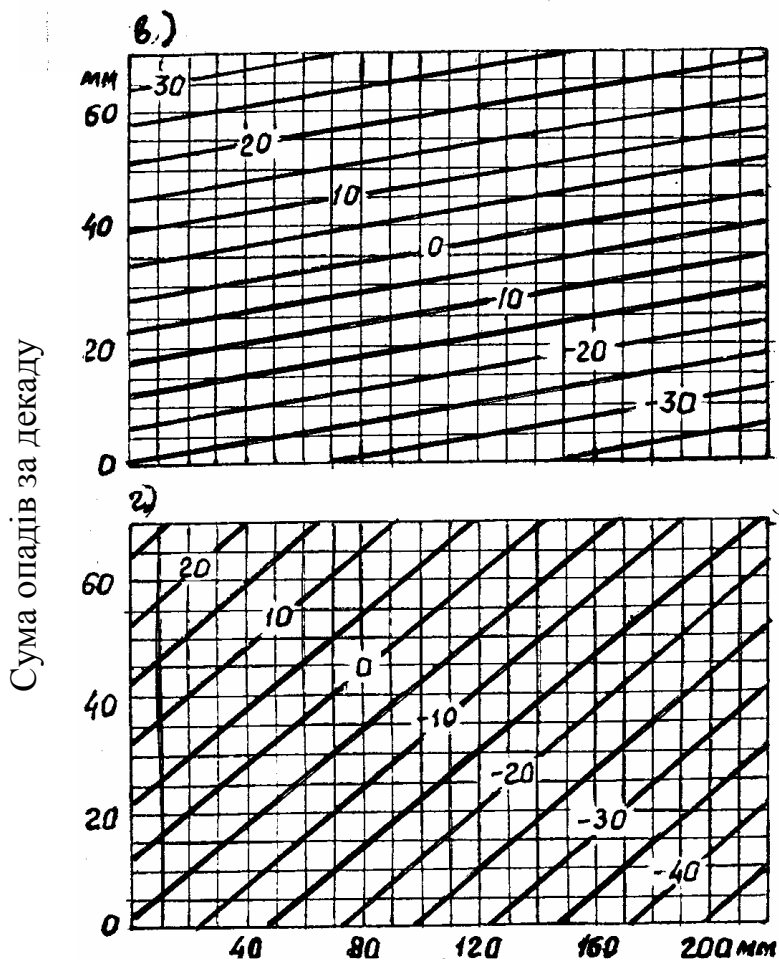
Поправка на температуру (б)

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

Рис. 6 (а, б) – Зміна запасів продуктивної вологи під озимною 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, °С	3-7	8-12	13-17	18-22
Поправка (мм)	-1	0	1	2

**Поправка на температуру (г)**

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

Рис. 6 (в, г) – Зміна запасів продуктивної вологи під озимую пшеницею у зоні чорноземних ґрунтів (мм за декаду):

в – період формування колосу і квіток;

г – період формування зерна.

Такі рівняння та графіки розроблені батьма авторами для розрахунків запасів продуктивної вологши в різних шарах практично для кожної сільськогосподарської культури.

### **Тема 3. Прогнози вологозабезпеченості сільськогосподарських культур**

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

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

*Вологозабезпеченість посівів – це міра забезпечення потреб рослин у воді в природних умовах.* Вона може 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.

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

$$V = \frac{E_{\phi}}{E_o} \cdot 100 \quad (51)$$

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

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

$$E_{\phi} = (W_1 + x) - W_2 \quad (52)$$

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. Алпат'єва. Він запропонував випаровуваність ( $E_o$ ) розраховувати через сумарний дефіцит насичення повітря ( $d$ ) з врахуванням коефіцієнтів біологічної кривої водоспоживання ( $K$ ):

$$E_o = K \cdot \Sigma d \quad (53)$$

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

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 помноженій на  $K$ .

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:

$$W_2 = (W_1 + x) - E \quad (54)$$

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. 7 а, б, в). За цими рисунками одночасно визначаються запаси продуктивної вологи на кінець декади та сумарне випаровування. На рис. 7 на осі абсцис – значення температури повітря,  $t^{\circ}\text{C}$ . На осі ординат – сумарне

випаровування, ( $E_{\phi}$ ) мм; у полі графіка криві, які відповідають сумі запасів вологи на початок декади і опадів за декаду, ( $W + x$ ), мм.

Для складання прогнозу вологозабезпеченості посівів зернових культур необхідно мати синоптичний прогноз температури повітря, опадів та дефіциту насичення повітря. Але дефіцит насичення не прогнозується. Тому О.В. Процеров запропонував прогнозовану величину дефіциту насичення розраховувати через відхилення від норми температури повітря (табл. 17).

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

Елементи	Відхилення від норми (%)			
	±10	±20	±30	±40
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. 7).

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

*Розрахунок забезпечення вологою посівів цукрових буряків.* Найбільші посівні площі цукрових буряків розташовані в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. В цих зонах відчувається вплив забезпечення вологою посівів на розвиток та формування продуктивності рослин впродовж всього періоду вегетації. Розрахунок забезпечення вологою цукрових буряків виконується за тими ж формулами, що і зернових культур. Однак коефіцієнти біологічної кривої для цукрових буряків визначені О.М. Конторщиковою (табл. 18).

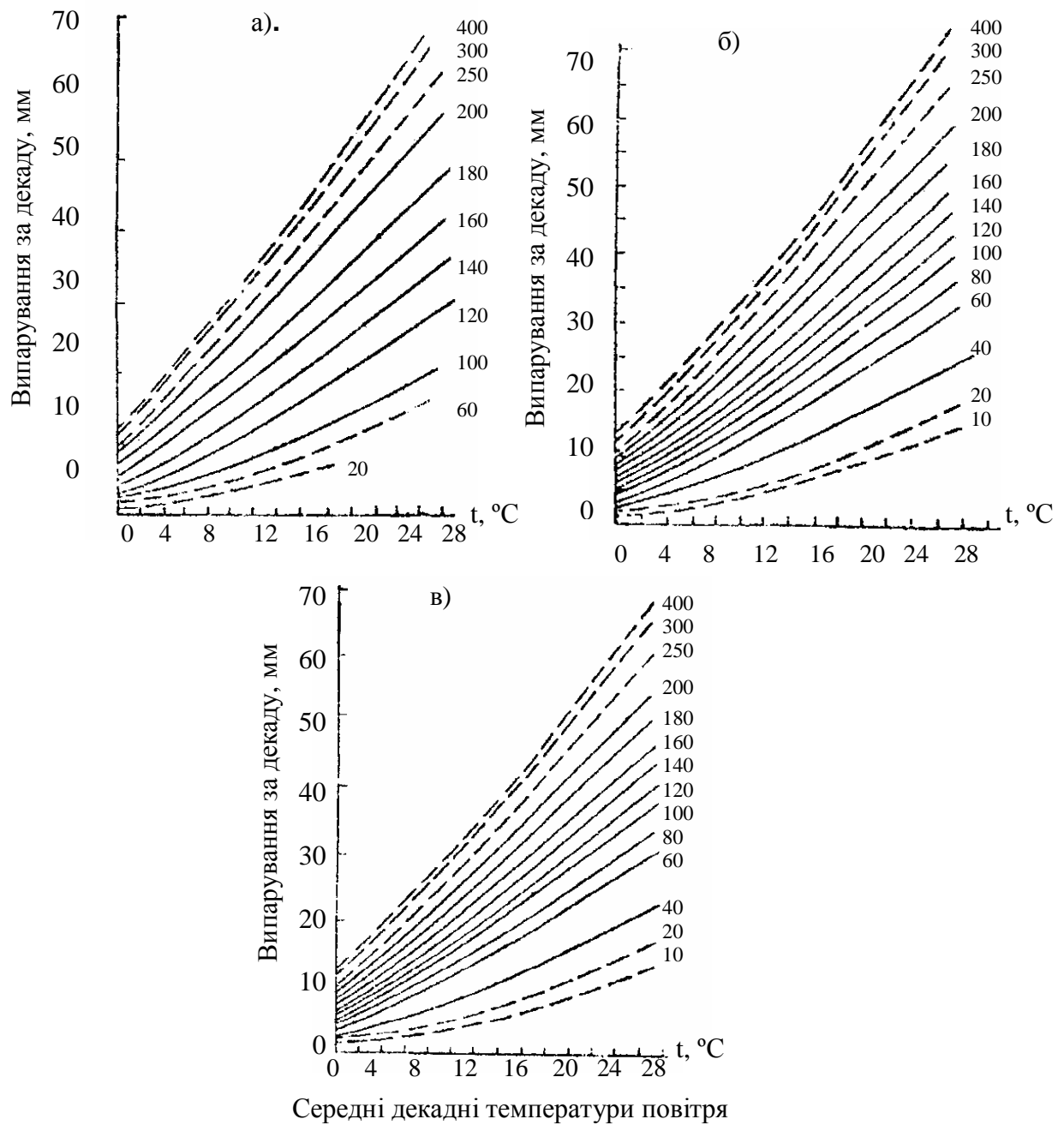


Рис. 7 – Сумарне випаровування за декаду ( $E_{\phi}$ ) на полях ярої пшениці в залежності від початкових запасів продуктивної вологи ( $W_1$ ), опадів за декаду ( $x$ ) та середньої температури повітря ( $t$ ):

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

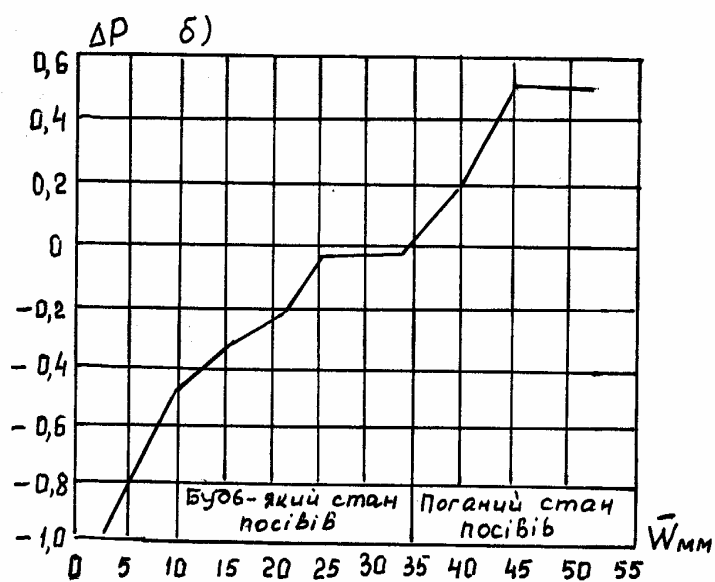
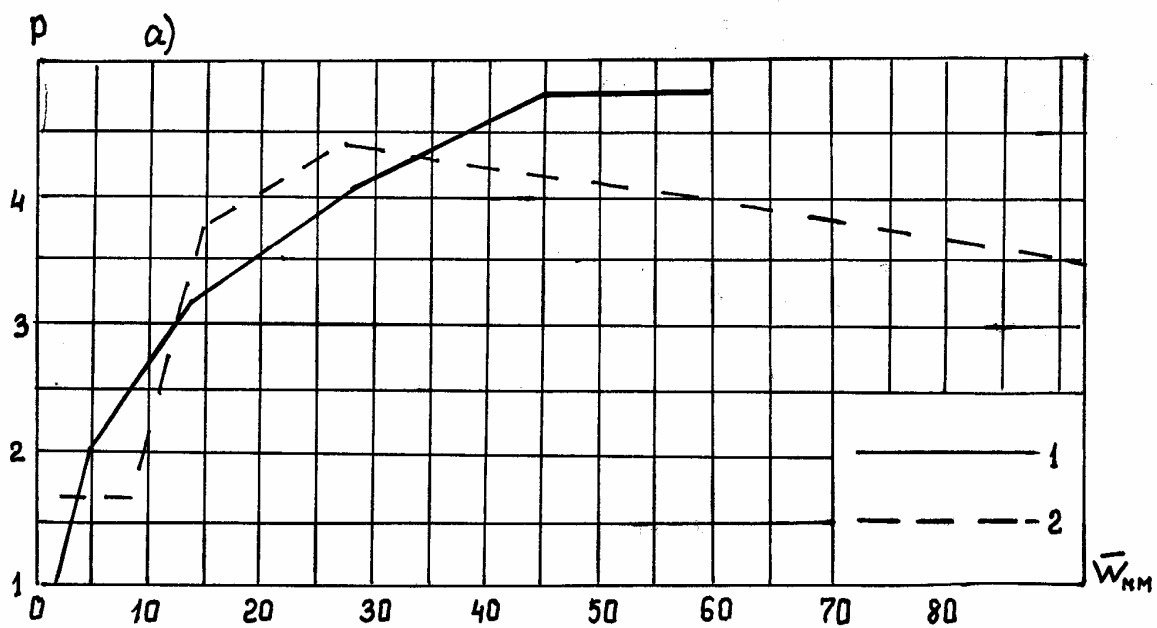


Рис. 8 – Відносна оцінка посівів ярої пшениці в залежності від забезпеченості вологою ярої пшениці в зоні:  
 а) недостатнього зволоження,  
 б) в зоні надмірного зволоження

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

*Розрахунок забезпечення вологою посівів цукрових буряків.* Найбільші посівні площі цукрових буряків розташовані в зонах нестійкого та недостатнього зволоження. В цих зонах відчувається вплив забезпечення вологою посівів а розвиток та формування продуктивності рослин впродовж всього періоду вегетації. Розрахунок забезпечення вологою цукрових буряків виконується за тими ж формулами, що і зернових культур. Однак коефіцієнти біологічної кривої для цукрових буряків визначені О.М. Конторщиковою (табл. 18).

Таблиця 18 – 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 °С, що становить 500 °С.

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

Забезпечення рослин 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.



## Контрольні питання

1. Які закономірності змін вмісту вологи в ґрунті в холодну та теплу пори року?
2. Які знаєте методи прогнозу запасів продуктивної вологи на початок вегетаційного періоду?
3. Які особливості споживання води рослинами влітку?
4. Як впливають біологічні особливості рослин на витрати вологи з ґрунту?
5. Дайте визначення вологозабезпечення, вологопотреби, волого споживання;
6. Які Ви знаєте методи розрахунку сумарного випаровування та випаровуваності?
7. Що називається вологозабезпеченістю рослин та методи розрахунку її?
8. Методи прогнозу запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами;
9. Як розраховується вологозабезпеченість цукрових буряків у другу половину вегетації?
10. Як визначається температура повітря при складанні прогнозу вологозабезпеченості?

Вид контролю: *контрольна робота №3.*

## Методичне забезпечення ЗМЛ 3

1. Божко Л.Ю. Агromетeоролoгiчнi рoзрaхунки i прoгнoзи. Нaвчaльнiй пoсiбник. Одeсa. ТЕС. 2006. – 216 с.
2. Пoльoвий A.М., Бoжкo Л.Ю. Дoвгoтpoкoвi aгpoмeтeорoлoгiчнi прoгнoзи. Киiв., КНТ, 2007. – 291 с.
3. Рaзумoвa Л.А. Мeтoдикa cocтaвлeння прoгнoзa зaпacoв прoдуктивнoй влaги в пoчвe к нaчaлу вeгeтaцioннoгo пeриoдa. - В кн. «Сбopник мeтoдичeских указаний пo aнaлизy и oцeнкe слoжившихся aгpoмeтeорoлoгичeских рyслoвий». Л.: Гидрoмeтeoиздaт . 1967.
4. Рaзумoвa Л.А., Мeщaнинoвa Н.Б. Aгpoмeтeорoлoгичeские рaсчeти и прoгнoзи oптимaльных нoрм и срoкoв пoливa сeльськoгoхoзяйствeнних кyльтyp. Мeтoдичeские указaния.- Л.: Гидрoмeтeoиздaт., 1978.

## Підсумковий контроль

Дисципліна “Агromетeорoлoгiчнi прoгнoзи” вiклaдaєтьcя y 8-мy семeстрi. Вcя прoгрaмa рoзбитa нa 3 змiстoвнi мoдyлi з тeорeтичнoгo кyрcy тa пpактичнi зaняття. В цiлoмy нa кyрс вiдвoдитьcя 100 бaлiв: 60 бaлiв нa

теоретичну частину курсу (ЗМЛ1-20 балів; ЗМЛ2 – 20 балів; ЗМЛ3 – 20 балів; і 40 балів на практичні заняття (ЗМП1 – 15 балів; ЗМП2 –15 балів; ЗМП3 –10 балів;).

Підсумкова атестація або іспит йде за загальною сумою балів:

Контрольна робота по кожному із ЗМЛ включає питання за темами змістовних модулів.

Кожний варіант контрольної роботи містить теоретичні питання , максимальна кількість балів за одну контрольну роботу 20 балів.

Виконання контрольної роботи оцінюється за кожним питанням. Оцінювання контрольної роботи:

- 18 – 20 балів - бездоганна, вичерпна відповідь на всі питання;
- 15 - 17 балів - відповідь надана правильна, але не зовсім повна;
- 12 – 14 балів – надана відповідь не зовсім правильна та неповна;
- менше 12 балів – відповідь помилкова.

Підсумкове оцінювання виконується за загальною сумою балів за всіма відповідями:

«відмінно» – сума балів становить 90 – 100; «добре» – сума балів становить 75 – 89; «задовільно» – сума балів становить 60 – 74; «незадовільно» – менше 60.

Усне опитування на практичних заняттях оцінюється по кожному ЗМП:

- 13 – 15 балів (відмінно) – студент дає повні та правильні відповіді на всі запитання , що наведені в кінці кожної теми;
- 13 – 13 балів (добре) студент дає не зовсім повну відповідь на запитання;
- 10 – 12 балів (задовільно) – студент відповідає тільки на базові питання;
- менше 10 балів ( незадовільно) – студент не відповідає на базові питання

До іспиту допускається студент, який виконав всі контрольні роботи та не менше 50 % практичних занять і за результатами одержав не менше 60 % від загальної кількості балів. Іспитові квитки містять 3 питання теоретичного курсу.

Підсумкова оцінка з дисципліни виставляється як сумарна за контрольну роботу, усне опитування і іспит. Максимально студент може отримати 100 балів (контрольні роботи: №1 – 20 балів, №2 – 20 балів, №3 – 20 балів, усне опитування (практичні заняття) – 40 балів). За баловими оцінками виставляється якісна оцінка за шкалою:

Менше 60% від максимальної суми балів	- незадовільно
60-74,9%    " " " " " "	- задовільно
75-89,9%    " " " " " "	- добре
більше 90%  " " " " " "	- відмінно

Оцінки виставляються у поточних інтегральних відомостях. Питання про виставлення семестрового іспиту за підсумками модульного контролю розглядається тільки при умові, що фактична сума балів за практичну та теоретичну частину складає менше 50%. В іншому випадку студент вважається таким, що не виконав навчальний план і не допускається до іспиту.

Шкала оцінювання знань студентів за шкалою ЄКТАК та системою університету

За шкалою ECTS	За національною системою	Визначення	За системою університету (в процентах)
<b>A</b>	5 (відмінно)	Відмінне виконання <sup>3</sup> незначною кількістю помилок	90 – 100
<b>B</b>	4 (добре)	Вище середнього рівня з кількома помилками	85 – 89
<b>C</b>	4 (добре)	В загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	75 – 84
<b>D</b>	3 (задовільно)	Непогано, але зі значною кількістю грубих помилок	68 – 74
<b>E</b>	3 (задовільно)	Виконання задовольняє мінімальні критерії	60 – 67
<b>Fx</b>	2 (незадовільно)	З можливістю перескласти	35 – 59
<b>F</b>	2 (незадовільно)	З обов'язковим повторним курсом навчання	1 – 34

## Зміст

Передмова .....	4
1.ЗМЛ – 1 Агрометеорологічне обслуговування народно-господарських організацій.....	9
Тема 1. Основні види агрометеорологічного обслуговування .....	9
Тема 2. Фенологічні прогнози .....	10
Тема 3. Прогнози якості врожаю зернових культур.....	18
2.ЗМЛ – 2. Вплив погодних умов на формування зимостійкості озимих культур та прогнози їх перезимівлі.....	22
Тема 1. Прогнози термінів сівби озимих культур.....	22
Тема 2. Прогноз стану озимих на дату припинення вегетації.....	26
Тема 3.Формування зимостійкості і морозостійкості озимих культур.....	28
Тема 4. Методи довгострокових прогнозів перезимівлі озимих культур.....	34
3.ЗМЛ – 3. Вплив зволоження ґрунту на формування врожаїв сільськогосподарських культур.....	43
Тема 1.Закономірності формування запасів продуктивної вологи.....	43
Тема 2.Прогнози запасів продуктивної вологи під сільськогосподарськими культурами.....	45
Тема 3.Прогнози вологозабезпеченості сільськогосподарських культур.....	51
Зміст.....	60

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до самостійної роботи студентів IV курсу з дисципліни  
«Агрометеорологічні прогнози»

Напрямок підготовки – Екологія, охорона навколишнього  
середовища та збалансування природи

Спеціалізація – Агроекологія

Укладачі: к.г.н., доц. Божко Л.Ю.,  
к.г.н., доц. Барсукова О.А.

Підп. до друку  
Умовн. друк. арк.

Формат  
Тираж

Папір  
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, вул. Львівська, 15

---