

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з навчальної дисципліни  
«СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МЕТЕОРОЛОГІЯ»  
за темою: «Оцінка агрометеорологічних умов вирощування зернових  
культур в окремому районі»  
для студентів денної та заочної форми навчання  
спеціальності 103 «Науки про Землю»

Одеса 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до практичних занять з навчальної дисципліни  
«СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА МЕТЕОРОЛОГІЯ»  
за темою: «Оцінка агрометеорологічних умов вирощування зернових  
культур в окремому районі»  
для студентів денної та заочної форми навчання  
спеціальності 103 «Науки про Землю»

Затверджено  
на засіданні групи  
забезпечення спеціальності  
Протокол № 9  
від « 24 » травня 2022 р.

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Сільськогосподарська метеорологія» за темою «Оцінка агрометеорологічних умов вирощування зернових культур в окремому районі» для студентів III року денної та заочної форм навчання за спеціальністю 103 «Науки про Землю», рівень вищої освіти бакалавр.  
Укладачі: Костюкевич Т. К., канд. геогр. наук, Одеса, ОДЕКУ, 2022, 27 с.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА .....		5
1	ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА .....	7
1.1	Комплексний метод оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю сільськогосподарських культур .....	7
1.2	Розрахунок щорічного статистичного максимуму врожайності .....	8
1.3	Метод оцінки гідрометеорологічних умов формування врожаю зернових культур .....	9
1.4	Загальна оцінка продуктивності та умов вегетації сільськогосподарських культур .....	14
1.5	Оцінка недобору врожаю польових культур .....	15
2	ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА .....	18
3	КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	20
ЛІТЕРАТУРА .....		21
ДОДАТКИ .....		22

## ПЕРЕДМОВА

Врожайність зернових культур значною мірою визначається природно-кліматичними умовами, що зрештою позначається на виробництві зерна, ставить у залежність роботу суміжних галузей, насамперед тваринництва, що переробляє, харчової та комбікормової промисловості.

В даний час суб'єктам господарювання надана велика самостійність при веденні підприємницької діяльності та ухваленні самостійних рішень. Тому виникає потреба в організації міжгалузевих, міжрегіональних та міжгосподарських зв'язків та відносин на кілька років уперед. Звідси зростає потреба комплексної оцінки агрометеорологічних умов вирощування зернових культур як фактору підвищення рівня стійкості цих зв'язків та відносин, що сприяє економічному розвитку як зерновий, і пов'язаних галузей.

Розробка та використання комплексної оцінки агрометеорологічних умов вирощування зернових культур дозволить своєчасно коригувати плани, технологічні прийоми та приймати оптимальні управлінські рішення, спрямовані на розвиток зерновиробництва та АПК загалом.

Кількісна оцінка агрометеорологічних умов формування врожаю зернових культур ґрунтується на закономірностях впливу температури повітря і опадів на продуктивність рослин за відрізки часу значної тривалості (місяць і більше).

Послідовність виконання практичного заняття полягає у вивченні теоретичної частини, виконання практичної частини і відповіді на контрольні питання.

Методика проведення та оцінювання контрольних заходів полягає в оцінюванні результатів виконаних розрахунків, умінні студента узагальнювати результати розрахунків, складати відповідні тексти, повноті відповідей на запитання. Оцінюється виконання практичного заняття і відповіді на запитання. За виконання роботи студент може отримати максимум 5 балів.

## **1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА**

### **1.1 Комплексний метод оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю сільськогосподарських культур**

Використання результатів комплексного методу оцінки агрометеорологічних умов формування врожаю сільськогосподарських культур як теоретичної основи для зниження ступеня невизначеності дозволяє підвищити якість прийнятого управлінського рішення. Сучасні ринкові механізми господарювання вимагають забезпечення ухвалення ефективних управлінських рішень достовірними прогнозними розрахунками.

Необхідність передбачати майбутні результати практичної діяльності завжди буде актуальною, оскільки дає можливість звести до мінімуму прояви негативних наслідків та максимально використовувати наявні ресурси.

Кількісна оцінка агрометеорологічних умов формування врожаю сільськогосподарських культур ґрунтується на закономірностях впливу температури повітря і опадів на продуктивність рослин за відрізки часу значної тривалості (місяць і більше).

Короткочасні коливання термічного режиму і значні опади враховуються сумарно. Тому в окремих випадках аналіз доповнюється

іншими показниками, як то: кількість днів з суховіями, температура ґрунту на глибині вузла кущіння, тривалість і товщина льодової кірки, аналіз настання фаз розвитку, вологозапаси ґрунту, приморозки та ін.

Загалом метод засновано на розрахунку щорічного статистичного максимуму врожайності та коефіцієнтів продуктивності по температурі повітря та опадах.

Для України комплексний метод оцінки агрометеорологічних умов вирощування зернових культур розроблено в УкрНДГІ під керівництвом В. П. Дмитренка.

Комплексний метод оцінки дозволяє:

- провести аналіз рівня врожаїв сільськогосподарських культур та дати оцінку внеску головних агрометеорологічних факторів в їх формування за кліматичними та щорічними даними;
- визначити міру відповідності між умовами, що склалися, і найсприятливішими агрометеорологічними умовами за всі міжфазні періоди та в цілому за період вегетації;
- розробити рекомендації для подальшого найбільш повного використання агрометеорологічної інформації в управлінні сільськогосподарським виробництвом.

## **1.2 Розрахунок щорічного статистичного максимуму врожайності**

Часто для оцінки стану, властивостей чи прогнозування процесів, явищ виникає необхідність знаходження таких екстремальних значень, які можуть вважатися статистичними максимумами. Під статистичним максимумом урожайності будемо розуміти потенційну урожайність певної культури за деякий фіксований інтервал часу. Вона визначається як внутрішніми біологічними (генетичними) властивостями рослини, так і особливостями території (ґрунт, рельєф) та клімату. Але через сортове (генетичне) розмаїття посівів у межах господарства, мінливість технології вирощування та їх динаміку в часі осереднене по площі значення статистичного максимуму вміщує тренд урожайності і змінюється з року в рік. Прийнятий у агрометеорології розрахунок значень щорічного статистичного максимуму врожайності для певної території, що дістав назву господарського максимуму.

Статистичний максимум урожайності залежить від інтенсифікації вирощуваних культур, з часом він змінюється. Головна закономірність зміни врожаїв з часом має назву тренда, який представляє собою чинник щорічного приросту врожайності. Щорічний приріст та статистичний максимум загалом представляють щорічний статистичний максимум врожайності і дають змогу визначити максимальний рівень врожаїв кожного року. Ці показники

розраховуються за методами математичної статистики за даними натурального ряду врожаїв.

Щорічний статистичний максимум врожайності розраховується за формулою:

$$y_i = y_c + A_c t, \quad (1.1)$$

де  $y_c$  – статистичний максимум врожайності з ймовірністю 99,9% на реперний рік, ц/га;

$A_c$  – щорічний приріст врожайності, ц/га;

$t$  – відхилення поточного року  $t_j$  від реперного  $t_c$ , яке визначається кількістю років ( $t = t_j - t_c$ ).

Розрахунок значень щорічного статистичного максимуму врожайності проводиться за формулою (1.1) для території області, району, господарства у такій послідовності. За значенням врожаїв за останні 20-25 років обчислюється середня врожайність культури та її середнє квадратичне відхилення  $\sigma_y$ :

$$\bar{y} = \sum_{i=1}^n y_i / n; \quad (1.2)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}} \quad (1.3)$$

де  $y_i$  – врожайність будь-якого року, ц/га;

$n$  – кількість років.

Потім ряд врожайності розташовується у зростаючому порядку. Для кожного номера цього ряду обчислюється забезпеченість врожайності:

$$P = \frac{m}{n + 1} 100, \quad (1.4)$$

де  $P$  – забезпеченість врожаю, % ;

$m$  – порядковий номер ряду врожаїв;

$n$  – обсяг вибірки.

Для обрахування щорічного приросту врожайності  $A_c$  використовують дані врожайності за останні 10-11 років. За формулою (1.2) обчислюють середню врожайність для цього відрізка часу та відхилення врожайності від



середньої. Потім роки нумерують так, щоб середина відрізка відповідала початку відліку. Суму множників відхилень врожайності від середньої на номер року  $(y - \bar{y})t_i$  ділять на суму квадратів номерів року  $t_i^2$  і розраховують  $A_c$  за формулою:

$$A_c = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})t_i}{\sum_{i=1}^n t_i^2}. \quad (1.5)$$

### 1.3 Метод оцінки гідрометеорологічних умов формування врожаю зернових культур

Кількісну оцінку впливу метеорологічних умов на формування врожаю сільськогосподарських культур проводять за допомогою коефіцієнта продукційності, який представляє собою відношення різниці між фактичним та оптимальним значенням урожаю до біологічного ефективного інтервалу, який має бути виражений в одиницях врожаю даної культури. Коефіцієнт продукційності враховує вплив метеорологічних елементів на формування врожаю в інтервалі від біологічного мінімуму до біологічного максимуму і є відображенням законів мінімуму, оптимуму і максимуму. За його допомогою визначається відповідність між потребами рослин у даний період розвитку та метеорологічними умовами, які склалися в цей же час. Коефіцієнт продукційності змінюється від 0 до 100 %. Його нульове значення показує, що даний метеорологічний елемент обумовлює зовсім малу врожайність за певних погодних умов, а коефіцієнт, що становить 100% - максимальну. Цей діапазон розподілено на групи з різною якісною оцінкою умов:

- від 85 до 100% - сприятливі;
- від 65 до 84% - задовільні;
- від 45 до 64% - несприятливі;
- від 24 до 44% - дуже несприятливі;
- від 0 до 23% - надзвичайні умови.

Коефіцієнт продукційності (%) за даними В. П. Дмитренка по температурі повітря для формування врожайності від сівби до дозрівання аналітично має вигляд:

$$\eta(T) = \frac{m(t)}{M(T_o)} = 100 \cdot e^{a \left( \frac{T - T_o}{10} \right)^2}, \quad (1.6)$$

де,  $\eta(T)$  – відношення реального приросту продукції  $m(t)$  при температурі  $t$  до найбільш можливого  $M(T_o)$  при оптимальній температурі  $T_o$  у даний період вегетації;

$a$  – параметр.

Коефіцієнт продукційності за впливом опадів у будь-який час вегетації розраховується за виразом:

$$\eta(R) = \frac{m(R)}{M(R_o)} = \left(1 + \frac{R - R_o}{R_o - R_{\min}}\right)^{a_1} \cdot \left(1 - \frac{R - R_o}{R_{\max} - R_o}\right)^{a_2} \cdot 100, \quad (1.7)$$

де,  $\eta(R)$  – відношення реального приросту продукції  $m(R)$  при даній кількості опадів  $R$  до максимально можливого приросту  $M(R_o)$  при оптимальній сумі опадів  $R_o$  у будь-який час вегетаційного періоду;

$R_{\min} = 0$  – біологічний мінімум опадів;

$R_{\max}$  – біологічний максимум опадів;

$a_1$  та  $a_2$  – параметри.

Спільний вплив температури повітря та опадів на формування врожаю у будь-який міжфазний період вегетації оцінюється перемноженням відповідних коефіцієнтів продукційності:

$$\eta(R) = \frac{m(R)}{M(R_o)} = e^{a \left(\frac{T - T_o}{10}\right)^2} \cdot \left(1 + \frac{R - R_o}{R_o - R_{\min}}\right)^{a_1} \times \left(1 - \frac{R - R_o}{R_{\max} - R_o}\right)^{a_2} \cdot 100, \quad (1.8)$$

де,  $\eta(T, R)$  – відношення реального приросту продукції за реальних умов у будь-який період вегетації до найбільш можливого при оптимальних температурах повітря і кількості опадів.

В цілому за вегетаційний період вплив температури повітря та опадів оцінюється за формулою:

$$S(T, R) = \sum_{i=1}^n \eta_i(T) \eta_i(R) \alpha_i, \quad (1.9)$$

де,  $S(T, R)$  – сумарний коефіцієнт продукційності;

$\alpha$  – ваговий коефіцієнт, що враховує внесок будь-якого міжфазного періоду у формування врожайності за найсприятливішої густини та маси рослин.

Співмножники  $\eta(T)$  та  $\eta(R)$  для кожного періоду вегетаційного циклу визначаються за формулами (1.6) та (1.7). Значення  $\alpha$  розраховується за формулою:

$$\alpha = \frac{1}{1 + C(1 - \tau)e^{-\gamma_o \tau}}, \quad (1.10)$$

де,  $C$  – параметр, який відображає вплив агрометеорологічних умов у передпосівний період;

$\tau$  – вегетаційний період у частках одиниці;

$\gamma_o$  – середній початковий коефіцієнт самозріджування посівів.

Сумарний коефіцієнт продукційності по температурі повітря та кількості опадів за весь вегетаційний період  $S(T,R)$  враховує внесок поіменованих метеорологічних елементів у формування врожайності.

Оцінка гідрометеорологічних умов формування врожаю озимої пшениці, ярого ячменю та кукурудзи за допомогою вищенаведених закономірностей проводиться на території області, району або окремого господарства з рівнинним або слабопересіченим рельєфом.

В. П. Дмитренком встановлені оптимальні значення температури повітря та опадів для озимої пшениці та ярого ячменю (табл. 1.1)

Таблиця 1.1 - Оптимальні значення температури повітря ( $T$ ) та опадів ( $R$ ) у різні періоди вегетаційного циклу і параметри для розрахунку коефіцієнтів продукційності для озимої пшениці та ярого ячменю

Період вегетаційно- го циклу	Місяці	Оптимальна температура повітря $T_o, C$	Параметр $a$		Опти- мальна сума опадів $R_o, мм$	Параметри рівняння (1.8)			Ваговий коефіцієнт $\alpha$
			$T \leq T_o$	$T \geq T_o$		$R_{max}$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Озима пшениця									
Передпосів- ний	VII- VIII	18	-1	-2	130	526	1/3	1	7
Посів- укорінення	IX-X	13	-1	-2	170	411	1/3	1/2	7
Ріст пагонів	XI	5	-1	-2	120	243	1/2	1/2	5
Зимовий спокій	XII-II	-0,5	-1	-2	160	552	1/2	1	29

Утворення генеративних органів	III-V	8	-1	-2	170	709	1/3	1	36
Формування зерна	VI	17	-1	-2	17	320	0	2	9
Дозрівання	VII	22	-1	-2	<10	320	0	2	7
Ярий ячмінь									
Передпосівний	XII-II	-1	-1	-2	100	450	1/2	2	9
Посівукорінення	III-IV	4	-1	-2	100	340	1/3	1	30
Формування вегетативних органів	V	13	-1	-2	120	300	1/3	1/2	27
Утворення генеративних органів	VI	18	-1	-2	90	430	1/2	2	22
Дозрівання	VII	19	-1	-2	<10	420	0	1/2	12

Надійну оцінку умов формування врожаю можливо одержати, якщо достовірна початкова інформація, особливо про опади, що відзначаються дуже великою нерівномірністю. Тому необхідно мати достатню кількість пунктів спостережень. Наприклад, якщо площа посіву озимої пшениці 65 км<sup>2</sup>, то треба мати не менше 4-16 опадовимірювальних постів. Температура повітря змінюється значно менше і тому достатньо мати значення температури у двох пунктах, розташованих на відстані не більше ніж 30-40 км один від одного. Авторами методу обчислений необхідний мінімум кількості пунктів спостережень на території різної площі (табл.1.2).

Таблиця 1.2 – Необхідний мінімум кількості пунктів спостережень на різній площі

Площа території		Спостереження над			
км <sup>2</sup>	тис. га	опадами з помилкою		температурою з помилкою	
		5%	10%	0,1°C	0,2°C
<10	<1	15	4	1	1
11-200	1-20	16	4	1	1
200-500	20-50	17	5	2	1
500-3000	50-300	18	5	3	1
3000-5000	300-500	19	6	6	2
5000-7000	500-700	20	6	6	2
7000-10000	700-1000	21	6	6	3

10000-15000	1000-1500	22	7	7	3
15000-20000	1500-2000	23	8	8	3
20000-25000	2000-2500	24	8	9	4
25000-30000	2500-3000	25	8	10	4
30000-35000	3000-3500	26	8	11	4
35000-50000	3500-5000	27	9	12	5

Аналіз динаміки коефіцієнтів продукційності показав, що в різні роки в залежності від гідрометеорологічних умов, значення коефіцієнтів змінюється, особливо в аномальні роки. Тому одержання високих врожаїв можливе лише в тому випадку, коли проводиться щорічне корегування технології вирощування культури у відповідності з погодними умовами.

Модель (формула (1.11)) дозволяє також оцінювати вплив несприятливих явищ у загальному вигляді, без розподілу на окремі складові. За оцінку несприятливих явищ можна використати величину недобору ( $\delta$ ) врожаю, яка визначається як:

$$\delta_o = 1 - y_\phi / y, \quad (1.11)$$

де,  $y$  – середній із максимальних врожаїв;  
 $y_\phi$  – врожай при несприятливих явищах.

Загальний недобір врожаю відбувається за рахунок загальних метеорологічних умов ( $\delta_m$ ) та випадкових і локальних несприятливих явищ і факторів ( $\delta_l$ ):

$$\delta_o = \delta_m + \delta_l; \quad (1.12)$$

$$\delta_m = 1 - S(T,R); \quad \delta_l = \delta_o - \delta_m \quad (1.13)$$

#### **1.4 Загальна оцінка продуктивності та умов вегетації сільськогосподарських культур**

Загальну відносну оцінку продуктивності та умов вирощування будь-якої культури розраховують за допомогою відношення  $\eta_j(y)$  фактичної величини врожаю ( $y_j$ ) до її потенціалу ( $y$ ) за формулою:

$$\eta_j(y) = y_j / y, \quad (1.14)$$

де,  $y_j$  – фактична величина врожаю у поточному році, ц/га;  
 $y$  – господарський максимум у тому ж році на тій же території, ц/га.

Показник  $\eta_j(y)$  змінюється від 0 до 100%. Характеристика значень  $\eta_j(y)$  наводиться у табл. 1.3. Розподіл відносних врожаїв на групи різного рівня виконується за допомогою графіків і зав'язків з  $S(T,R)$  і є орієнтовним. В шкалі відносних врожаїв відзначено 6 груп із сприятливими, добрими, задовільними, несприятливими та надзвичайними умовами.

Кожній із груп відповідає чисельна оцінка загальних умов в порівнянні з господарським максимумом та екологічним мінімумом врожайності. Господарський максимум визначений для основних культур для областей України.

Економічний мінімум визначається як рівень врожайності, при якому покриваються витрати на вирощування культури у заданих умовах та отримується певний мінімальний прибуток. Економічний мінімум пропорційний середній врожайності, а також відношенню собівартості до закупівельної вартості. В різних зонах України економічний мінімум озимої пшениці приблизно становить 4-5 ц/га  $\pm$  10% середнього врожаю за останні 10 років.

Таблиця 1.3 – Шкала загальної оцінки продуктивності та умов вегетації сільськогосподарських культур

Величина врожаю в порівнянні з його потенціалом	Оцінка продуктивності, %	Якісна оцінка продуктивності культури	Оцінка агрометеорологічних умов, %
1. Наближена до господарського максимуму	70-100	Найбільша	85-100
2. Більша за середню між господарським максимумом та економічним мінімумом	55-70	Велика	65-85
3. Середня між названими показниками та наближена до середньої багаторічної	45-55	Середня	35-65
4. Менша за середню між названими показниками	30-45	Мала	“-”-
5. На рівні екологічного мінімуму	15-30	Найменша	15-35
6. Економічно збиткова	0-15	Згубна	0-15

Оцінка загальних умов вегетації сільськогосподарських культур виконується за формулою (1.14). Оцінка агрометеорологічних умов вирощування сільськогосподарських культур виконується для великих територій (регіон, область) у різні періоди вегетації за спільними

коефіцієнтами продуктивності, а також шляхом порівняння коефіцієнтів продуктивності у різних областях.

### 1.5 Оцінка недобору врожаю польових культур

Оцінка недобору врожаю польових культур поділяється на 3 частини: оцінку загального та відносного недобору врожаю ( $\Delta_o$ ), оцінку недобору за рахунок загальних метеорологічних умов ( $\Delta_m$ ) і недобору за рахунок локальних та епізодичних несприятливих умов і факторів ( $\Delta_l$  та  $\delta_l$ ).

Визначення загального недобору врожаю залежить від вибору задачі: економічної, ресурсної, спеціальної. Для цього за формулою (1.1) спочатку виконується розрахунок господарського потенціалу будь-якої зернової культури за інтервал часу. Потім за формулою (1.12) оцінюється загальний недобір врожаю за кожен рік інтервалу та його середнє значення. При обчисленні середнього недобору щорічний господарський максимум врожайності обраховується на рік, що відповідає середині ряду величин врожайності. Потім статистичними методами оцінюється характеристика недобору: його динаміка, розподіл загального значення, середньоквадратичне відхилення. Потім виконується аналіз причин, які обумовлюють рівень, фонд, розмах коливань недоборів та інші обставини.

В УкрНДГМІ розрахована сумарна повторність значень  $\delta_o > 30$  та  $\leq 30\%$  зернових культур для економічних районів України (табл.1.4).

Суттєво впливає на загальний недобір врожаю недобір його за рахунок загальних метеорологічних умов,  $\delta_m$ . Розрахунок проводиться за загальним правилом.

Аналіз повторюваності значень  $\delta_m$ , виконаний в УкрНДГМІ, (табл.1.5) показує, що для кожної зернової культури по економічних районах є свої особливості, які викликані відмінностями агрокліматичних умов районів та біологічними особливостями культур.

Таблиця 1.4 - Ймовірність  $P(\%)$  значень відносного загального недобору  $\delta_o > 30$  та  $\leq 30\%$  зернових культур в Україні (за даними УкрНДГМІ)

Економічний район	Озима пшениця		Озиме жито		Ярий ячмінь		Овес	
	>30	≤30	>30	≤30	>30	≤30	>30	≤30
Південно-західний (ПЗ)	58,6	41,4	71,7	28,3	62,9	37,1	74,3	25,7

Донецько-Придніпровський (ДП)	77,9	22,1	74,0	25,1	78,9	21,1	83,6	16,4
Південний (П)	64,3	35,7	82,4	17,6	82,7	17,3	87,6	12,4
Україна	66,1	33,9	74,5	25,5	69,8	30,2	79,2	20,8

Таблиця 1.5 - Ймовірність  $P(\%)$  значень  $\delta_m > 20$  та  $\leq 20\%$  зернових колосових культур по економічних районах

Економічний район	Озима пшениця		Озиме жито		Ярий ячмінь		Овес	
	$\leq 20$	$> 20$	$\leq 20$	$> 20$	$\leq 20$	$> 20$	$\leq 20$	$> 20$
Південно-західний (ПЗ)	49,9	50,1	95,0	5,0	91,7	8,3	24,1	75,9
Донецько-Придніпровський (ДП)	47,1	52,9	88,2	11,8	57,4	42,6	48,2	51,8
Південний (П)	46,2	53,8	84,4	15,6	42,0	58,0	73,1	26,9

Недобір врожаю за рахунок локальних та епізодичних несприятливих явищ та факторів включає всі ті причини, що не увійшли до попередніх показників. Сюди відносяться: господарські негаразди, порушення технології вирощування, невідповідність технологій кліматичним умовам, втрати від шкідників та хвороб, несвоєчасне та неправильне вживання добрив, короточасні несприятливі метеорологічні явища та ін. Цей показник дає підстави для приведення організації та технологій виробництва у відповідність з поставленою метою.

Також визначена структура загального недобору врожаю зернових в Україні (табл. 1.6).

Таблиця 1.6 - Структура (%) загального недобору врожаю зернових колосових культур в Україні (за даними Укр НДГМІ)

Культура	Економічний район			Україна
	Південно-Західний	Донецько-Придніпровський	Південний	
Озима пшениця	65 35	56 44	61 39	61 39
Озиме жито	30 70	32 68	38 62	32 68



Ярий ячмінь	36	49	58	46
	64	51	42	54
Овес	68	54	36	56
	32	46	64	44

Величина недобору зерна колосових залежить від умов тепло- та вологозабезпеченості. Існує тісний зв'язок між загальним недобором врожаю та недобором через локальні несприятливі явища.

Розрахунок недоборів зерна, визначення їх величини та причин дозволить вирішити цілу низку задач у господарстві.

## 2. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

**Мета практичної роботи.** Закріпити теоретичні знання з даної теми та придбати практичні навички з розрахування щорічного статистичного максимуму врожайності; визначати статистичний максимум врожайності за допомогою програмного забезпечення Microsoft XL; розраховувати щорічний приріст врожайності та проводити аналіз отриманих результатів

**Вихідні дані.** Додаток А (Визначити свій варіант за номером залікової книжки (якщо остання цифра 0 або 1 – I варіант, якщо остання цифра 2 або 3 – II варіант, якщо остання цифра 4 або 5 – III варіант, якщо остання цифра 6 або 7 – IV варіант, якщо остання цифра 8 або 9 – V варіант)).

### Порядок виконання практичної роботи.

1. За формулами (1.2) та (1.3) обчислюється середня врожайність культури ( $\bar{y}$ ) та її середнє квадратичне відхилення ( $\sigma_y$ ).

2. Ранжуємо ряд врожаїв у зростаючому порядку (від найменшого до найбільшого значення), приклад наведено в таблиці 2.1 (колонка б).

Таблиця 2.1 - Приклад розрахунку параметрів щорічного статистичного максимуму врожайності озимого жита в районі станції Олевськ Житомирської області.

Розрахунок $\bar{y}$ та $\sigma_y$				Дані для визначення $u_c$		
1	2	3	4	5	6	7
Рік	$y$	$(y - \bar{y})$	$(y - \bar{y})^2$	$m$	$U_{ранж}$	$P, \%$
2001	20,4	-0,2	0,04	1	14,5	4,8
2002	17,7	-2,9	8,41	2	16,8	9,5
2001	21,4	0,8	0,64	3	16,9	14,3
2002	16,9	-3,7	13,69	4	17,1	19,0
2003	17,8	-2,8	7,84	5	17,7	23,8
2004	21,1	0,5	0,25	6	17,8	28,6
2005	26,2	5,6	31,36	7	18,0	33,3
2006	17,1	-3,5	12,25	8	19,8	38,1
2007	24	3,4	11,56	9	20,1	42,9
2008	16,8	-3,8	14,44	10	20,4	47,6
2009	18	-2,6	6,76	11	21,0	52,4
2010	23,2	2,6	6,76	12	21,1	57,1
2011	26,2	5,6	31,36	13	21,4	61,9
2012	25,4	4,8	23,04	14	21,6	66,7
2013	14,5	-6,1	37,21	15	22,7	71,4
2014	19,8	-0,8	0,64	16	23,2	76,2
2015	20,1	-0,5	0,25	17	24,0	81,0
2016	22,7	2,1	4,41	18	25,4	85,7
2017	21	0,4	0,16	19	26,2	90,5
2018	21,6	1	1	20	28,2	95,2
Сума	411,9	-	212,07	-	-	-
Середнє	20,6	-	10,6035	-	-	-
$\sigma$	-	-	3,3	-	-	-

3. Для кожного номера цього ряду обчислюється забезпеченість  $P$  за виразом (1.4), приклад розрахунку наведено в таблиці 2.1 (колонка 7)

5. Використовуючи програмне забезпечення Microsoft XL побудувати графік забезпеченості статистичного максимуму врожаю: по осі абсцис відкладається значення забезпеченості ( $P$ ), на осі ординат – урожайність ( $U_{ранж}$ ). потім проводиться пряма лінія так, щоб точки розташовувались якомога ближче до неї. Зняти з цього графіка статистичний максимум врожайності ( $u_c$ ) із забезпеченістю 99,9%. Приклад визначення статистичного максимуму врожайності наведено на рис. 2.1.

$U_{\text{ранж}}, \text{ц/га}$

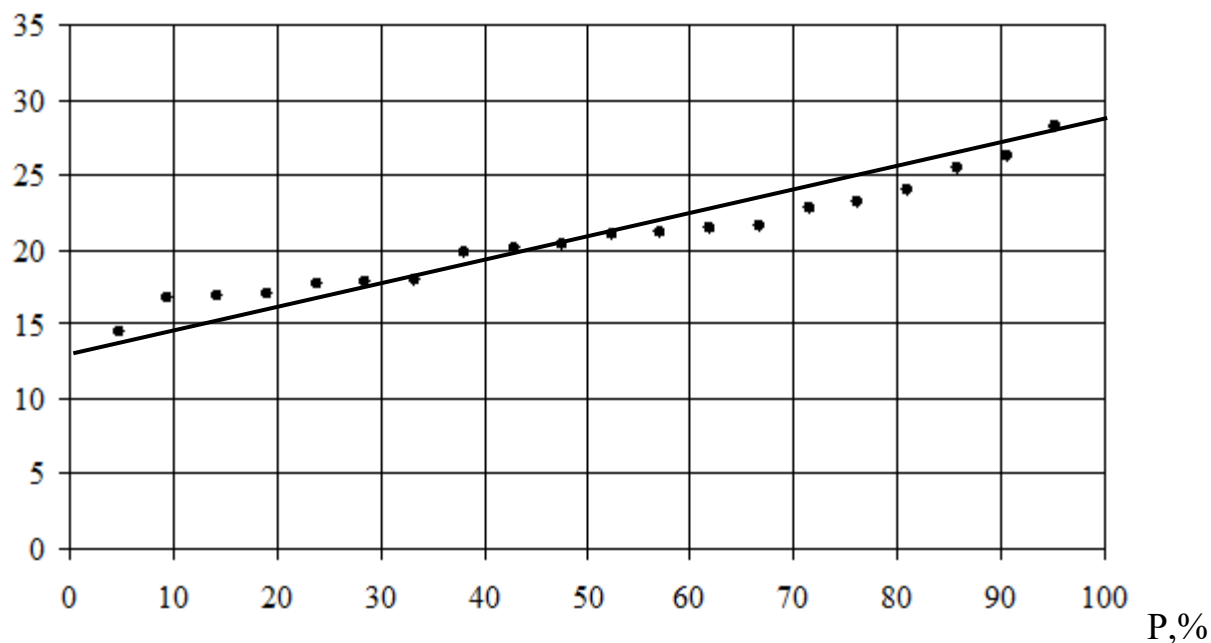


Рис. 2.1. Приклад визначення статистичного максимуму врожайності озимого жита ( $y_c$ ) в районі станції Олевськ Житомирської області.

5. Розрахувати щорічний приріст врожайності  $A_c$  за формулою (1.5). Для цього використовують дані врожайності за останні 10-11 років ряду врожайності ( $y$ ), приклад розрахунку наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Приклад розрахунку щорічного приросту врожайності  $A_c$  озимого жита в районі станції Олевськ Житомирської області.

№ п/п	Рік	$y$	$(y - \bar{y})$	$t_i$	$t_i^2$	$(y - \bar{y})t_i$
1	2008	16,8	-4,1	-5	25	20,5
2	2009	18	-2,9	-4	16	11,6
3	2010	23,2	2,3	-3	9	-6,9
4	2011	26,2	5,3	-2	4	-10,6
5	2012	25,4	4,5	-1	1	-4,5
6	2013	14,5	-6,4	0	0	0
7	2014	19,8	-1,1	1	1	-1,1
8	2015	20,1	-0,8	2	4	-1,6
9	2016	22,7	1,8	3	9	5,4
10	2017	21	0,1	4	16	0,4
11	2018	21,6	0,7	5	25	3,5
Сума	-	229,3	-0,6	0	110	16,7
Середнє	-	20,84545	-	-	-	-
$A_c = 16,7 / 110 = 0,15$						
$Y_i = 29 + 0,15t$						

За формулою (1.2) обчислюють середню врожайність для цього відрізка часу та відхилення врожайності від середньої. Потім роки нумерують так, щоб середина відрізка відповідала початку відліку.

Суму множників відхилень врожайності від середньої на номер року  $(y - \bar{y})t_i$  ділять на суму квадратів номерів року  $(t_i^2)$  і розраховують  $A_c$ , приклад розрахунку для озимого жита в районі станції Олевськ Житомирської області приведено в табл. 2.2.

6. За формулою (1.1) обчислюємо щорічний статистичний максимум врожайності зернових.

7. Провести аналіз отриманих результатів.

### 3. КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що розуміють під статистичним максимумом урожаю?
2. Яким чином розраховується статистичний максимум урожаю?
3. Як отримати забезпеченість врожаю?
4. Як розрахувати щорічний приріст врожаю?
5. Надати визначення коефіцієнта продукційності.
6. Як обчислюється коефіцієнт продукційності по температурі повітря?
7. Як обчислюється коефіцієнт продукційності під впливом опадів?
8. Якій фактор дає надійну оцінку умов формування врожаю?
9. Як проводиться щорічне корегування технології вирощування зернових культур?
10. Як розрахувати загальну оцінку продуктивності та умов вегетації?
11. Як визначається економічний мінімум урожайності?
12. Як обчислюється недобір врожаю за рахунок загальних метеорологічних умов?
13. Як обчислюється недобір врожаю за рахунок локальних та епізодичних несприятливих умов і факторів?
14. Які існують імовірності недобору зернових культур в Україні?

## ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеський державний екологічний університет. Одеса: ТЕС, 2012. 632с. URI: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/2051>
2. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології: навчальний посібник. Одеса, 2002. 400 с. URI: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/2126>
3. Дмитренко В.П. Методи оцінки умов формування врожаю як засіб оптимального керування технологічними й виробничими процесами. *Вісник сільськогосподарської науки*. 1985. №12(337). С. 16-20.
4. Костюкевич Т.К. Агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці на території Східного Поділля в умовах зміни клімату. *Вісник Гідрометцентру Чорного та Азовського морів*. 2020. № 1 (24). С.115-123.

### Додаткова

1. Крамаренко Д.К., Костюкевич Т.К. Оцінка агрокліматичних умов вирощування жита озимого на території Сумської області в весняно-літній період. Генетика і селекція в сучасному агрокомплексі : матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції (15 жовтня, Умань). Умань, 2021. С. 94-97. URI: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9639>
2. Костюкевич Т.К. Оцінка агрокліматичних умов вирощування кукурудзи як енергетичної культури в умовах зміни клімату на території Житомирського Полісся. Стійкий розвиток сільських територій у контексті реалізації державної екологічної політики та енергозбереження : колективна монографія. Полтава : Видавництво ПП «Астроя», 2021. С. 134-142. URI: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9490>
3. Мартинова С.Н., Костюкевич Т.К. Оцінка агрометеорологічних умов вирощування озимої пшениці в районі станції Ізмаїл Одеської області. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Рубіновські читання». Умань, 2020. С. 24-25.
4. Польовий А.М., Костюкевич Т.К., Толмачова А.В., Жигайло О.Л. Вплив кліматичних змін на формування продуктивності кукурудзи в Західному Лісостепу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. № 1(109). С. 29-34. URI: <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/8863>

## **ДОДАТКИ**

## Варіант 1

Таблиця А 1 – Врожайність ранніх па пізніх зернових культур в районі станції Гайсин Вінницької області (1999-2018 рр.)

Роки	Озима пшениця	Ярий ячмінь	Кукурудза
1999	22,9	18,5	34,7
2000	24,5	21,0	38,3
2001	34,0	32,1	37,1
2002	33,8	37,0	46,3
2003	26,2	18,4	57,9
2004	29,2	18,3	69,5
2005	23,0	33,5	58,0
2006	28,0	25,0	64,0
2007	20,0	20,1	80,0
2008	60,0	50,0	78,0
2009	70,0	58,0	82,1
2010	50,0	36,0	99,8
2011	59,0	51,0	98,0
2012	38,0	34,0	41,0
2013	48,9	52,3	102,1
2014	49,2	45,1	76,5
2015	57,3	41,7	55,0
2016	69,2	36,0	97,5
2017	41,0	52,0	82,0
2018	43,0	31,0	86,0

## Варіант 2

Таблиця А 1 –Врожайність ранніх па пізніх зернових культур в районі станції  
Жмеринка Вінницької області (1999-2018 рр.)

Роки	Озима пшениця	Ярий ячмінь	Кукурудза
1999	24,0	18,9	36,8
2000	26,4	14,2	31,0
2001	28,2	17,1	44,9
2002	27,4	21,4	39,0
2003	32,8	12,3	42,8
2004	26,0	15,0	51,0
2005	12,0	12,0	31,0
2006	24,0	21,0	43,0
2007	23,0	18,0	30,0
2008	28,0	32,0	69,0
2009	25,0	15,0	88,4
2010	20,0	18,0	85,2
2011	30,0	25,0	89,0
2012	33,0	22,4	55,0
2013	28,0	34,0	60,0
2014	35,0	31,0	75,0
2015	44,0	40,0	25,0
2016	48,0	46,0	50,0
2017	32,0	36,0	78,0
2018	45,0	39,0	80,0



### Варіант 3

Таблиця А 1 –Врожайність ранніх па пізніх зернових культур в районі станції Могилів-Подільський Вінницької області (1999-2018 рр.)

Роки	Озима пшениця	Ярий ячмінь	Кукурудза
1999	28,0	11,2	25,0
2000	25,0	14,1	23,5
2001	30,0	17,3	31,2
2002	22,0	18,2	25,9
2003	12,5	17,4	19,4
2004	26,0	21,0	28,0
2005	27,5	19,3	24,0
2006	20,9	16,3	33,0
2007	25,0	21,0	32,0
2008	52,0	30,0	43,0
2009	42,0	28,0	84,0
2010	47,6	29,9	84,0
2011	42,2	25,7	60,0
2012	42,0	40,0	60,0
2013	44,0	28,0	70,0
2014	51,0	30,0	94,0
2015	40,0	33,5	25,0
2016	44,0	40,6	65,0
2017	43,0	31,0	43,0
2018	46,0	24,0	80,0

#### Варіант 4

Таблиця А 1 –Врожайність ранніх па пізніх зернових культур в районі станції Хмільник Вінницької області (1999-2018 рр.)

Роки	Озима пшениця	Ярий ячмінь	Кукурудза
1999	21,0	21,3	30,7
2000	25,0	22,4	32,3
2001	23,4	25,9	25,4
2002	23,8	19,4	26,8
2003	19,3	20,7	30,8
2004	30,8	24,4	32,0
2005	44,4	25,6	36,0
2006	30,4	21,0	42,0
2007	32,0	17,0	36,0
2008	31,0	19,0	58,0
2009	37,4	24,0	42,8
2010	30,8	28,0	45,0
2011	41,0	26,0	45,0
2012	32,0	18,0	41,5
2013	28,0	14,0	46,0
2014	32,0	25,0	42,0
2015	34,0	22,0	39,0
2016	30,0	24,0	34,0
2017	26,0	21,0	32,0
2018	24,0	18,0	62,0

## Варіант 5

Таблиця А 1 –Врожайність ранніх па пізніх зернових культур в районі станції Липовець Вінницької області (1999-2018 рр.)

Роки	Озима пшениця	Ярий ячмінь	Кукурудза
1999	29,0	18,7	57,2
2000	22,0	19,6	53,7
2001	28,6	14,3	56,8
2002	21,0	23,5	64,7
2003	25,0	21,6	70,5
2004	31,6	28,5	68,0
2005	18,9	10,0	73,6
2006	25,5	17,7	84,0
2007	23,0	25,8	65,5
2008	43,5	31,0	72,0
2009	36,4	32,5	75,0
2010	31,5	27,0	85,2
2011	65,0	25,2	115,0
2012	58,6	28,5	87,0
2013	44,5	29,0	115,0
2014	60,0	41,5	118,0
2015	64,0	46,5	48,0
2016	63,0	48,0	110,0
2017	56,0	49,0	114,0
2018	63,0	42,0	118,0