

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни

"МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ В АГРОМЕТЕОРОЛОГІЇ"

для магістрів денної та заочної форм навчання

Спеціальності – 103 «Науки про Землю»

“Затверджено”  
на засіданні групи  
забезпечення спеціальності  
Протокол № 1 від «31» 08 2020р.

Одеса - 2020

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни “Методи досліджень в агрометеорології ” для студентів другого року навчання денної та заочної форми за спеціальністю 103 «Науки про Землю», рівень вищої освіти «магістр»/ к.геогр.н., доц. Вольвач О.В. - Одеса, ОДЕКУ, 2020 р. 30 стор.

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА</b> .....	4
<b>1 ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ “ ВИЗНАЧЕННЯ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ”</b> .....	5
1.1 Загальні теоретичні відомості .....	5
1.2 Методика визначення водного дефіциту рослин озимої пшениці	7
1.3 Практична частина.....	9
<b>2 ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ “СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЧАСОВОЇ МІНЛИВОСТІ УРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР”</b> .....	10
2.1 Загальні теоретичні відомості .....	10
2.1.1 Врожайність як агрокліматичний показник умов вирощування рослин.....	10
2.1.2 Метод гармонійних вагів (зважувань) для побудови лінії тренда та визначення тенденції врожайності .....	12
2.2 Дослідження кліматичної складової урожайності.....	13
2.3 Ймовірнісна оцінка урожаїв .....	14
2.4 Практична частина.....	17
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	18
<b>ДОДАТКИ</b> .....	19

## ПЕРЕДМОВА

Мета викладання дисципліни “Методи досліджень в агрометеорології” полягає у вивченні різнопланових методів агрометеорологічних досліджень системи "грунт – рослина – атмосфера". Предметом вивчення дисципліни є формування поняттєво – категорійного, теоретичного, методологічного апарату щодо статистичних, фітометричних, фізіологічних та експериментальних методів дослідження впливу факторів навколишнього середовища на ріст, розвиток та формування врожаю сільськогосподарських культур.

Серед головних задач дисципліни наступні:

- Вивчення методів визначення основних фітометричних характеристик посівів сільськогосподарських культур;
- Вивчення існуючих статистичних та ймовірнісних методів для їх застосування для дослідження часової мінливості урожайності сільськогосподарських культур;
- Вивчення прямих та посередніх методів визначення вологості ґрунту;
- Вивчення будови та структури комплексів для агрометеорологічного моніторингу.

Вивчення дисципліни базується на засадах інтеграції теоретичних і практичних знань, отриманих студентами при вивченні загально - освітніх фундаментальних дисциплін (математика, фізика, екологія, ґрунтознавство, фізика атмосфери) та нормативних професійно-орієнтованих дисциплін (сільськогосподарська метеорологія, агрометеорологічні вимірювання, землеробство та рослинництво, методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації та ін.).

Після вивчення дисципліни студент повинен **знати**:

- методи експериментальних досліджень вивчення формування гідрометеорологічного режиму в агробіоценозі,
- методи оцінки характеристик стану ґрунтово-рослинного покриву,
- методи дослідження ефекту впливу факторів зовнішнього середовища на ріст, розвиток та формування продуктивності.

Після вивчення дисципліни студент повинен **вміти**:

- проводити експериментальні дослідження характеристик стану ґрунтово-рослинного покриву,
- визначати вплив факторів зовнішнього середовища на продуктивність агроecosystem,
- проводити статистичну обробку отриманих результатів для пошуку прийомів оперативного управління продукційним процесом рослин.

Мета даних методичних вказівок полягає в наданні допомоги магістрам-агрометеорологам денної та заочної форми навчання при виконанні практичних робіт з дисципліни "Методи досліджень в агрометеорології" за темами “Визначення водного дефіциту” та “Статистичний аналіз часової мінливості урожайності сільськогосподарських культур”.

# 1 ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ “ ВИЗНАЧЕННЯ ВОДНОГО ДЕФІЦИТУ РОСЛИН ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ”

## 1.1 Загальні теоретичні відомості

Рослина постійно поглинає воду і так само постійно її витрачає. Співвідношення поглинання і витрачання води називається *водним балансом*. Водний баланс має різні форми: *врівноваженим* водним балансом називається стан, коли надходження та витрачання води кількісно близькі, а вміст її в рослині є постійним. Він створюється при сприятливих для рослини умовах - в помірно вологі і теплі дні при вологому ґрунті. *Неврівноважений* водний баланс характеризується станом, коли надходження та витрачання води не рівні.

Внутрішній водний баланс рослин залежить від комплексу чинників, пов'язаних з наступним:

- а) самою рослиною (посухостійкість, глибина проникнення та розгалуження коріння, фаза розвитку, транспірація);
- б) кількістю рослин на даній площі – густота стояння;
- в) кліматичними чинниками (витрати води на випаровування, температура і вологість повітря, кількість опадів, туман, вітер, світло, та ін.);
- г) ґрунтовими чинниками (кількість води в ґрунті, осмотичний тиск ґрунтового розчину, структура і вологоємність ґрунту та ін.)

Дефіцит вологи в рослинах впливає на такі процеси: поглинання води, кореневий тиск, проростання насіння, продиховий рух, транспірація, фотосинтез, дихання, ферментативна активність рослин, ріст і розвиток, співвідношення мінеральних речовин та ін.

Вміст води в листі залежить від водного балансу рослини, тобто від різниці між кількістю поглиненої рослиною води і витратою води на транспірацію. При несприятливих для рослини умовах - в жарку суху погоду і при сухому ґрунті, у рослин витрати води на транспірацію перевищують її надходження, спостерігається нестача води і виникає *водний дефіцит*. Під водним дефіцитом розуміють кількість води, якої не вистачає до повного насичення клітин, виражену у відсотках від загального її вмісту при повному насиченні рослинної тканини.

При нормальному водопостачанні вранці рослини знаходяться в стані повного насичення водою, або повного тургору. У міру посилення транспірації вода навіть при вологому ґрунті не встигає надходити в рослину, і вміст її падає. Виникає водний дефіцит, тобто нестача води в рослині. У надвечірній час, коли транспірація зменшується, вміст води в рослині знову збільшується і водний дефіцит зникає.

Такий водний дефіцит, що триває в рослині протягом декількох денних годин, називається *полуденним*. Він не чинить шкоди, якщо не перевищує 10%.

Якщо ж погода дуже жарка, а транспірація сильна, водний дефіцит може зрости до 25 - 50%, що для рослин уже шкідливо. Водний дефіцит, який досягає 25 % і більше, несприятливо впливає на процеси життєдіяльності рослин.

При такому водному дефіциті зупиняється ріст, сповільнюється фотосинтез і накопичення органічних речовин врожаю не відбувається. При нестачі води в ґрунті (ґрунтова посуха) її зміст в рослині до наступного ранку не відновлюється, так як рослині її ніде взяти. Вже через добу в рослині виникає деякий водний дефіцит, який збільшується з кожним днем і спостерігається до тих пір, поки в ґрунт не попаде вода. Такий дефіцит називають *залишковим*. Він часто спричиняє пошкодження або загибель рослин.

При нестачі води клітини рослини можуть перейти в стан плазмолізу. Це явище носить назву зав'ядання. Водний дефіцит може виникнути в жарку сонячну погоду до середини дня, при цьому збільшується тиск в листі, що активізує надходження води з ґрунту. Рослини регулюють рівень водного дефіциту, змінюючи відкритість продихів. Звичайно при зів'язненні листя водний дефіцит його відновлюється у вечірні і нічні години (тимчасове зів'язнення). Глибоке зів'язнення спостерігається при відсутності в ґрунті доступної для рослини води – це зів'язнення частіше за все приводить рослини до загибелі.

Характерна ознака стійкого водного дефіциту – це збереження його в тканинах вранці, а також припинення виділення пасоки (соку) із зрізаного стебла. Дія засухи насамперед приводить до зменшення в клітинах вільної води, що змінює гідратні оболонки білків цитоплазми і відбивається на функціонуванні білків-ферментів. При тривалому зів'язненні знижується активність ферментів синтезу і активуються гідролітичні процеси, зокрема протеоліз, що веде до збільшення вмісту в клітинах низькомолекулярних білків. У результаті гідролізу полісахаридів в тканинах накопичуються розчинні вуглеводи, стік яких з листя уповільнений. Під впливом засухи в листі знижується кількість ДНК внаслідок зменшення її синтезу і активації рибонуклеазу. У цитоплазмі спостерігається розпад полірибосомних комплексів. Зміни, що стосуються ДНК, відбуваються лише за умов тривалої засухи. Через зменшення вільної води зростає концентрація вакуолярного соку. Змінюється іонний склад клітин, полегшуються процеси виходу з них іонів.

У більшості випадків сумарний фотосинтез при нестачі вологи знижується, хоч іноді на початкових етапах обезводнення спостерігається деяке збільшення його інтенсивності.

Зниження швидкості фотосинтезу може бути внаслідок:

- 1) нестачі  $\text{CO}_2$  через закриття продихів;
- 2) порушення синтезу хлорофілів;
- 3) роз'єднання транспорту електронів і фотофосфорування;
- 4) змін в фотохімічних реакціях і реакціях відновлення  $\text{CO}_2$ ;
- 5) порушення структури хлоропластів;
- 6) затримки стоку асимілятів з листя при тривалому водному дефіциті.

При обезводненні у рослин, не пристосованих до посухи, значно посилюється інтенсивність дихання (можливо, через велику кількість субстратів дихання – цукру), а потім поступово знижується. У посухостійких рослин в цих умовах істотних змін дихання не спостерігається або відмічається його невелике посилення.

В умовах водного дефіциту швидко гальмуються клітинне ділення і особливо розтягнення, що приводить до формування дрібних клітин. Внаслідок цього затримується ріст самої рослини, особливо листя і стебел. Ріст коріння на початку посухи навіть прискорюється і знижується лише при тривалій нестачі води в ґрунті. Коріння реагує на посуху захисними пристосуваннями: опробковінням, суберинізацією екзодерми, прискоренням диференціювання клітин, що виходять з меристеми та ін.

Таким чином, нестача вологи викликає значні зміни більшості фізіологічних процесів у рослин, які поступово посилюються.

## 1.2 Методика визначення водного дефіциту рослин озимої пшениці

Відомо, що недостатня вологозабезпеченість рослини завжди проявляється в обезводненні (зменшенні обводнення) її тканин. Ці зміни настають насамперед в листях – місцях найбільш інтенсивного випаровування. Погіршення водного режиму рослини можна встановити шляхом періодичних визначень вмісту води в його листях. Як універсальну характеристику вологозабезпеченості пропонується використати водний дефіцит листя, який показує, скільки води (у відсотках) бракує тканинам листя до повного їх насичення.

Згідно з роботами В.С. Антоненка спостереження за водним дефіцитом листя рослин озимої пшениці  $d_l$ , з метою визначення середніх за день його значень  $\bar{d}_l$ , проводяться серіями з 5-6 визначень за день з 8 години ранку (у разі відсутності роси) до заходу Сонця через кожні 2-3 години. При наявності вранці роси на рослинах, перше визначення  $d_l$  проводиться через 0,5 години після її зникнення. Спостереження за водним дефіцитом проводяться в період весняно-літньої вегетації озимої пшениці, починаючи з настання фази вихід в трубку і до фази молочна стиглість.

Прилади і матеріали: торсійні терези (ВТ-500), ножиці, штатив з пробірками, фільтрувальний папір, дистильована вода, поліетиленові пакети, журнал для запису результатів спостережень.

Спостереження та розрахунок водного дефіциту проводиться в наступній послідовності:

1. Взяття проб в термін спостережень.
2. Приготування та зважування висічок.
3. Насичення висічок.
4. Висушування та зважування висічок після їх насичення.
5. Розрахунок водного дефіциту.

Перед початком спостережень на полі вибирається характерна ділянка

посіву (спостережна ділянка), на рослинах якої проводиться визначення водного дефіциту їх листя. Для визначення  $d_l$  в конкретний термін спостережень у 20 рослин (стебел) відрізається верхній, непошкоджений лист, що повністю сформувався (в період колосіння – молочна стиглість) – це прапоровий листок. Проба з 20 листків відразу ж поміщається в поліетиленовий мішечок. Бажано, щоб проміжок часу між початком взяття проби і її зважуванням не перевищував 30 хв. У випадку, якщо спостережні ділянки розташовані на значній відстані від станції, необхідно вжити заходів по збереженню проб від впливу прямих сонячних променів.

Відразу ж після повернення з поля приступають до зважування проб, заздалегідь зробивши висічки з листя таким чином: лист уявно ділиться на три рівні частини, а потім ножицями відсікаються дві крайні його частини – основа і кінчик, середня частина листка, що залишилася і являє собою висічку. Отримані висічки зважують на торсійних терезах (окремо кожен або по декілька відразу).

Зважені "сухі" висічки поміщають в пробірку або хімічну склянку з вказівкою номера проби, терміну взяття і заливаються дистильованою водою. Насичення проводиться протягом двох годин ( $\pm 15$  хв.) Після закінчення двогодинного терміну насичення поверхня висічок висушується фільтрувальним папером і висічка або група висічок зважується.

#### Запитання для самоперевірки

1. Дайте визначення водного балансу рослин.
2. Які форми має водний баланс рослин?
3. Чим відрізняються урівноважена та неурівноважена форми водного балансу?
4. Від комплексу яких чинників залежить внутрішній водний баланс рослин?
5. Що розуміють під водним дефіцитом рослин?
6. На які процеси в рослинах впливає дефіцит вологи?
7. За яких значень водний дефіцит несприятливо впливає на процеси життєдіяльності рослин?
8. Охарактеризуйте явище полуденного водного дефіциту.
9. Який водний дефіцит називають залишковим?
10. Яке явище носить назву зав'ядання?
11. Коли проводяться спостереження за водним дефіцитом рослин?
12. Як проводять спостереження за водним дефіцитом при наявності вранці роси на рослинах?
13. Яким чином отримують висічки з листа озимої пшениці?
14. Як проводиться насичення висічок водою?
15. Як визначається середнє за день значення водного дефіциту рослин озимої пшениці?



### 1.3 Практична частина

Кожен студент одержує індивідуальне завдання (додаток А), проводить необхідні розрахунки для визначення водного дефіциту листа озимої пшениці протягом доби, аналізує отримані результати.

**Приклад проведення розрахунків.** Для виконання розрахунків використовують таблицю 1. Загальна маса висічок заноситься в графу 3 табл. 1. Результати зважування заносяться в гр. 4, табл. 1. Відсоткове відношення різниці маси насиченої проби  $m_n$  (гр. 4, табл. 1) і сухої до насичення  $m_c$  (гр. 3) до маси насиченої представляє собою водний дефіцит листа  $d_l$ :

$$d_l = \frac{m_n - m_c}{m_n} \cdot 100 \quad (1.1)$$

Таблиця 1 – Спостереження за водним дефіцитом рослин озимої пшениці

Дата, фаза розвитку, номер листка	Строк спостереження год-хв	Маса висічок мг		$d_l$ , %	$T$ , °C	$e$ , %	$W_{0-100}$ , мм	Стан освітленості, хмарність
		$m_c$	$m_n$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
25.05, цвітіння, прапоровий листок	8-05	1796	1912	6,1	17,9	86	110	☉ <sup>2</sup> , 0/0
	10-10	1794	1922	6,6	22,6	68		☉ <sup>2</sup> , 0/0
	12-05	1876	2032	7,7	24,3	54		1/1, Cu
	14-10	1811	1988	8,9	26,3	46		1/1, Cu
	16-10	2171	2404	9,7	27,6	64		2/2, Cu
	18-05	2100	2296	8,5	23,2	77		2/2, Cu
			$\bar{d}_l = 7,9$					

Значення  $d_l$  з точністю до 0,1 % заносяться в гр. 5, табл. 1. У таблицю заноситься також агрометеорологічна інформація за результатами спостережень на станції: температура повітря  $T$ , відносна вологість повітря  $e$ , вологозапаси в метровому шарі ґрунту  $W_{0-100}$ , атмосферні опади, кількість і вигляд хмар, стан диска Сонця, а також фаза розвитку і номер листка рослини, по якому визначається водний дефіцит.

Середнє за день значення водного дефіциту рослин озимої пшениці  $\bar{d}_l$  розраховується як середнє арифметичне із денної серії термінових визначень  $d_l$ .

Дані про водний дефіцит рослин озимої пшениці використовуються при оцінці умов вологозабезпеченості та прогнозуванні врожайності цієї культури.

## **2 ПРАКТИЧНА РОБОТА НА ТЕМУ “СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЧАСОВОЇ МІНЛИВОСТІ УРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР”**

### 2.1 Загальні теоретичні відомості

#### 2.1.1 Врожайність як агрокліматичний показник умов вирощування рослин

У сучасних умовах при вирішенні задачі раціонального розміщення культур вже недостатньо визначення лише ареалів можливого їх вирощування. Необхідною є отримана на основі інформації про клімат оцінка економічної доцільності вирощування тієї чи іншої культури. Треба цілком обґрунтовано віддавати перевагу одним культурам за рахунок скорочення посівних площ під іншими в конкретному регіоні. Успішне вирішення цих та інших прикладних задач тісно пов'язане з необхідністю розробки нових агрокліматичних показників і вдосконалення методів агрокліматичного районування сільськогосподарських культур.

Багатьма дослідженнями підтверджується, що кращим інтегральним показником ступеня сприятливості ґрунтово-кліматичних умов тієї чи іншої території для вирощування культурних рослин є їх врожайність. Вперше П.І. Колосков запропонував використовувати врожайність польових культур як найважливіший агрокліматичний показник. Їм спільно з В.А. Смирною та А.Т. Никифоровою було виконано агрокліматичне районування території колишнього СРСР за врожайністю одинадцяти зернових культур. Для вирішення цієї задачі були використані дані держсортодільниць та агрометеорологічних станцій за 50-60-ті роки минулого сторіччя.

Географічні особливості в розподілі врожаїв польових культур були розглянуті в тісному взаємозв'язку із зональною мінливістю показників тепла (сумами середньодобових температур повітря вище 5, 10°C) і вологи (сумами опадів і коефіцієнтом зволоження). Було встановлено, що продуктивність культурних рослин зменшується в напрямку з північного заходу на південь і південний схід по мірі зростання сухості клімату.

При розв'язанні багатьох практичних питань виникає необхідність оцінки впливу на врожаї окремих факторів або їх груп. Для цього розглядають часовий ряд врожаїв.

Часовим рядом називається послідовність спостережень, упорядкованих згідно з часом. Головною особливістю, що відрізняє аналіз часових рядів серед інших видів статистичного аналізу, є суть порядку, в якому проводяться спостереження. Якщо в багатьох задачах спостереження, як правило, статистично незалежні, то в часових рядах вони залежні і характер залежності визначається розміщенням спостережень в цій послідовності.

У загальному вигляді часовий ряд представляє собою вираз:

$$y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_n,$$

де  $y_i$  – значення  $i$ -го рівня часового ряду,  $n$  – довжина часового ряду.

Визнаючи корисність та інформативність інтегрального показника ступеня сприяння клімату у вигляді врожайності, необхідно зазначити наступне. На абсолютну величину врожайності тієї чи іншої культури впливають не тільки кліматичні умови. Визначальним чинником є й культура землеробства, яка залежить, у свою чергу, від рівня селекційної роботи, енергозабезпеченості сільського господарства, вдосконалення агротехнічних прийомів (забезпеченості добривами, меліоративних заходів).

Тому для виявлення впливу погоди і клімату на врожайність останню виражають у відхиленнях від тренда, тобто від лінії усередненої в часі врожайності. В основу такої оцінки покладено ідею В.М. Обухова про можливість розкладання часового ряду урожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову. У такій постановці часовий ряд врожайності ( $Y_t = 1, 2, \dots, N$ ) можна представити загальною статистичною моделлю такого вигляду:

$$Y_t = f(t) + u_t, \quad (2.1)$$

де  $f(t)$  - стаціонарна складова;  $u_t$  - випадкова складова часового ряду. Стаціонарна складова визначає загальну тенденцію зміни врожайності за аналізований період. Вона представляється плавною лінією в результаті згладжування ряду і називається трендом. Випадкова складова обумовлюється погодними умовами окремих років і представляється відхиленнями від лінії тренду.

Такий розклад обумовлюється тим, що рівень культури землеробства істотно впливає на урожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але і в подальші роки, тобто сільське господарство характеризується певною інерційністю, внаслідок чого різких коливань урожаїв двох суміжних років, пов'язаних із зміною культури землеробства, як правило, не простежується. Тому лінія тренда достатньо точно характеризує середній рівень урожайності, обумовлений певною культурою землеробства, економічними і природними особливостями даного району.

Ясно, що в тих районах земної кулі, де природні ресурси краще, досягти бажаного рівня врожайності легше і зробити це вдається з меншими витратами, ніж в районах з менш сприятливими умовами.

## 2.1.2 Метод гармонійних вагів (зважувань) для побудови лінії тренда та визначення тенденції врожайності

В методах прогнозу по даному часовому ряду робиться припущення щодо виду тренда (пряма лінія, парабола, експонента і т.д.). Форма тренда і його параметри визначаються в результаті найкращої (за будь-яким з статистичних критеріїв) функції з числа тих, що є. В порівнянні з цими методами метод гармонійних вагів, запропонований в агрометеорології А.М. Польовим має ту перевагу, що тут необхідності в таких припущеннях немає.

Принцип методу гармонійних вагів полягає у тому, що значення часового ряду зважують так, щоб більш пізні спостереження мали більшу вагу, тобто вплив більш пізніх спостережень повинен сильніше відбиватися на тенденції врожайності, ніж вплив більш ранніх.

Для визначення ходу ковзного тренду приймається лінійний закон зміни за окремі фази. На основі фактичного ряду завчасно створюються ковзні серії однакової довжини  $k$  і розраховуються рівняння лінійних відрізків, що мають вигляд

$$Y_i(t) = a_i + b_i t, \quad (i=1,2,3., n-k+1) \quad (2.2)$$

де  $n$  – довжина ряду (загальна кількість точок);  $k$  – число точок, що згладжуються. Загальна кількість рівнянь дорівнює  $n-k+1$ , причому для

$$i=1 \quad t = 1,2.$$

$$i=2 \quad t = 2,3., k+1$$

$$i=3 \quad t = 3,4., k+2.$$

$$\text{Для } i = n - k + 1, \quad t = n - k + 1, n - k + 2.$$

Параметри  $a_i$  і  $b_i$  в рівняннях визначаються методом найменших квадратів. Значення кожної функції  $Y_i(t)$  в кожній точці осереднюють по отриманим рівнянням таким чином:

$$\bar{Y}_j(t) = \frac{1}{g_i} \sum_{j=1}^{g_i} Y_j(t) \quad , \quad j = 1,2,3., g_i \quad (2.3)$$

де  $g_i$  – кількість визначень  $\bar{Y}_i(t)$  в кожній точці.

Значення, що прогнозується

$$\bar{Y}_{(t+1)} = Y_t + \bar{W}_{t+1} \quad (2.4)$$

де  $\bar{W}_{t+1}$  - середній приріст функції  $f(t)$ .

Він розраховується з виразу:

$$\bar{W}_{t+1} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^n - W_{t+1} \quad (2.5)$$

де  $W_{t+1}$  - приріст функції  $f(t)$ , який визначається як

$$W_{t+1} = f_{(t+1)} - f_{(t)} = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t. \quad (2.6)$$

$C_{t+1}^n$  - гармонійна вага, яка визначається по формулі

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{(t+1)}}{n-1} \quad (2.7)$$

де  $m_{(t+1)}$  – гармонійні коефіцієнти. При їх обчисленні зберігається основна ідея методу – більш пізнім спостереженням надається більша вага.

Найраніші спостереження мають вагу  $m_2 = \frac{1}{n-1}$ . (2.8)

В наступний момент вага інформації  $m_3$  визначатиметься:

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2}. \quad (2.9)$$

Таким чином, ряд зважувань визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}, \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (2.10)$$

з початковою величиною, визначеною з рівняння (2.9).

Екстраполяція тенденції часового ряду визначається з виразу:

$$Y_{t+1} = Y_t + W_{t+1}. \quad (2.11)$$

Запропонований вище алгоритм описує розрахунок динамічної складової часового ряду за методом гармонійних зважувань. Для екстраполяції тенденції врожайності використовуються щорічні дані середньої обласної врожайності сільськогосподарських культур всіх категорій господарств у центнерах (або тонах) з гектара.

При розрахунках тенденції врожайності сільськогосподарських культур необхідно враховувати те, що часовий безперервний інтервал, в якому розглядається врожайність, повинен складати не менше 18 років. За цієї умови кількість років, що утворюють одну фазу поточного тренду, становить 16 ( $k=16$ ). В окремих випадках (наприклад, для виконання практичних робіт студентами – агрометеорологами з метою опанування методики визначення тенденції урожайності), припускається дослідження часових рядів урожайності меншої тривалості (менше 18 років). У такому випадку кількість років однієї фази поточного тренду становить 10 ( $k=10$ ).

## 2.2 Дослідження кліматичної складової урожайності

Згідно з дослідженнями В.М. Пасова, в будь-якому сільськогосподарському районі динаміку врожайності тієї чи іншої культури можна розглядати як наслідок зміни рівня культури землеробства, на фоні якої відбуваються випадкові коливання (іноді вельми суттєві), що пов'язані з особливостями погоди різних років.

Зміни культури землеробства у часі формують лінію тренду. За таким підходом загальну дисперсію урожайності  $\sigma^2$  можна розглядати як добуток двох складових, одна з яких характеризує внесок, що надає динаміка культури землеробства  $\sigma_a^2$ , а друге – мінливістю погоди  $\sigma_m^2$ . Тоді

$$\sigma^2 = \sigma_a^2 + \sigma_m^2, \quad (2.12)$$

$$\sigma_m^2 = \sigma^2 - \sigma_a^2. \quad (2.13)$$

Величина  $\sigma_m$  більш стійка у часі ніж  $\sigma$ , тому що до складу останньої входить величина  $\sigma_a$ , що суттєво змінюється у часі.

Розрахунок  $\sigma_m$  можна проводити за наступними формулами:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (2.14)$$

$$\sigma_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{iT} - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (2.15)$$

$$\sigma_m^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (y_{iT} - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (2.16)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$ ,

де  $y_i$  – урожайність конкретного року;  $\bar{y}$  – середньобогаторічна урожайність;  $y_{iT}$  – динамічна середня величина (урожайність за трендом у конкретному році);  $n$  – кількість років дослідження.

Для того, щоб вірно оцінити мінливість урожайності, окрім дисперсії необхідно враховувати і рівень врожайності. Відомо, що урожайність однієї і тієї ж культури в різних кліматичних зонах може відрізнятись на 100% та більше. Тому для оцінки мінливості урожайності краще користуватися коефіцієнтом варіації  $c_v$ :

$$c_v = \frac{\sigma}{\bar{y}}. \quad (2.17)$$

Згідно до методики В.М. Пасова, оскільки особливий інтерес представляє тільки та частина варіації урожаю, що пов'язана зі змінами погоди, то до формули (16) замість  $\sigma$  слід ввести  $\sigma_m$ :

$$c_v = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (y_{iT} - \bar{y})^2}{n-1}}. \quad (2.18)$$

В.М. Пасов стосовно кліматичної складової мінливості урожаїв озимої пшениці та озимого жита для характеристики території вирощування культури пропонує такі градації, які можна застосувати й для інших сільськогосподарських культур:

- зона найменшої мінливості урожаїв або стабільних урожаїв ( $c_m \leq 0,20$ );
- зона помірно стійких урожаїв ( $c_m = 0,21 - 0,29$ );
- зона нестійких урожаїв ( $c_m \geq 0,30$ );
- зона дуже нестійких урожаїв ( $c_m \geq 0,50$ ).

Деякі дослідники пропонують вважати зонами дуже нестійких урожаїв території з  $c_m \geq 0,40$ .

Середню квадратичну помилку кліматичної складової мінливості урожаїв можна визначити за формулою

$$\partial_{c_m} = \frac{c_m \sqrt{1+c_m^2}}{\sqrt{2(n-1)}}, \quad (2.19)$$

де  $n$  – довжина ряду.

### 2.3 Ймовірнісна оцінка урожаїв

У прикладній кліматології широко використовуються методи математичної статистики для розкриття просторово-часової структури основних параметрів клімату. З метою ущільнення метеорологічної інформації і підвищення рівня обслуговування сучасних запитів практики розробляються непрямі методи розрахунку складніших і необхідних параметрів клімату на додаток до середніх багаторічних характеристик. Велике практичне значення

набуває знання не тільки середніх характеристик клімату, але і як вони були отримані, яка міра розсіяння значень випадкових величин щодо середньої, яка частота повторюваності кожного з членів сукупності. В цьому плані досить детально була досліджена просторово-часова структура різних характеристик термічного режиму повітря, оскільки для них є багато достовірних даних спостережень.

В агрометеорології для виявлення просторово-часової мінливості гідрологічних і агрокліматичних показників широко використовується графо-аналітичний метод Алексєєва. Виходячи з теоретичних і практичних міркувань він запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної імовірності формулу:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\% \quad (2.20)$$

де  $P_{(x_m)}$  - забезпеченість у відсотках, значення якої послідовно зростають,  $m = 1, 2, \dots, n$  – порядковий номер членів статистичного ряду, розташованих в порядку зменшення,  $n$  – число років або спостережень в ряді.

Алексєєв показав, що біноміальна (аналітична) крива забезпеченості, визначена по основних статистичних параметрах ( $\bar{x}$ ,  $\sigma_x$ ,  $c_S$ ) і побудована за допомогою таблиць імовірності перевищення нормованих відхилень від середнього значення за формулою:

$$x_P = \bar{x} + \sigma_x \varphi(p, c_S) \quad (2.21)$$

повинна пройти через три опорні точки  $x_{P_1}$ ,  $x_{P_2}$ ,  $x_{P_3}$ , що відповідають значенням імовірності  $P_1 = 5\%$ ,  $P_2 = 50\%$ ,  $P_3 = 95\%$  емпіричної кривої, отриманої з виразу (11). Виходячи з цих умов, доведено, що рівняння

$$\begin{aligned} \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_1, c_S) &= x_{P_1} \\ \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_2, c_S) &= x_{P_2} \\ \bar{x} + \sigma_x \varphi(P_3, c_S) &= x_{P_3} \end{aligned} \quad (2.22)$$

з трьома невідомими ( $\bar{x}$ ,  $\sigma_x$ ,  $c_S$ ) можуть бути розв'язані за допомогою запропонованих формул. У випадку нормального розподілу задача зводиться до знаходження ( $\bar{x}$ ,  $\sigma_x$ ,  $c_S$ ), які можна обчислити за формулами:

$$\sigma_x = \frac{x_{P_1} - x_{P_3}}{\varphi(P_1, c_S) - \varphi(P_3, c_S)} = \frac{x_5 - x_{95}}{\varphi_5 - \varphi_{95}}, \quad (2.23)$$

де  $(x_5 - x_{95})$  – різниця нормованих відхилень, що відповідає прийнятій величині  $c_S$ ,



$$\bar{x} = x_{P2} - \sigma_x(P2, c_S) = x_{50} - \sigma_x \varphi_{50} \quad (2.24)$$

де  $\varphi_{50}$  – нормоване відхилення, відповідне забезпеченості  $P = 50\%$  при прийнятому  $c_S$ .

### Запитання для самоперевірки

1. В залежності від чого і в якому напрямку зменшується продуктивність культурних рослин?
2. Який загальний вигляд мають часові ряди урожайності?
3. Якими чинниками визначається культура землеробства?
4. Дайте визначення поняття “лінія тренду”.
5. Чим обумовлюється випадкова (кліматична) складова урожайності?
6. У якому вигляді представляється вплив на урожайність погодних умов окремих років?
7. Які градації пропонуються В.М. Пасовим для характеристики території вирощування культури?
8. Як визначити середню квадратичну помилку кліматичної складової мінливості урожаїв ?
9. Охарактеризуйте формулу Алексеєва для розрахунку ймовірності.
10. Яким чином відбувається ранжування рядів врожайності?

### 2.4 Практична частина

Кожен студент одержує індивідуальне завдання (додаток Б), проводить необхідні розрахунки, будує відповідні графіки, заповнює необхідні таблиці, аналізує отримані результати. Після виконання практичної роботи проводиться її захист. Для зручності студентів у додатку В наводяться зразки необхідних графіків та таблиць.

Оскільки на кафедрі агрометеорології та агроєкології створено програму для розрахунку лінії тренду за методом гармонійних зважувань з використанням персонального комп'ютера TREND, студенти стаціонару мають можливість провести розрахунки у комп'ютерному класі. Для студентів заочної форми навчання можливе виконання всіх розрахунків за системою е-навчання або (в разі необхідності) під час консультативної сесії.

Етапи виконання лабораторного завдання:

1. За даними про щорічну урожайність будь-якої сільськогосподарської культури визначити точки лінії тренду та відхилення від тренду за допомогою програми TREND. Приклад отриманих результатів розрахунків представлений у додатку В.

2. Побудувати графіки динаміки урожайності та лінії тренду (на одному рисунку) за зразком з додатку В (рис 1). Проаналізувати форму лінії тренду, знайти роки з найбільшими та найменшими урожаєми.

3. Побудувати графік відхилень урожайності від тренду (див. рис.2 у додатку В). Визначити роки з найбільш сприятливими та несприятливими погодними умовами. Охарактеризувати тенденцію урожайності.

4. За методикою В.М. Пасова проаналізувати кліматичну складову урожайності. Розрахунки виконувати за допомогою таблиці 1 (додаток В) та за формулою (18). За формулою (19) розрахувати середню квадратичну помилку кліматичної складової мінливості. Визначити, до якої зони відноситься досліджувана територія.

5. Провести ймовірнісний аналіз ряду урожайності за методикою Алексеєва. Розрахунки зручно виконувати за допомогою таблиці 2 (додаток В), де наводяться фактичні та проранжовані значення урожайності (від більшого до меншого).

6. Побудувати ймовірнісну криву урожайності (додаток В, рис. 3), з якої зняти значення урожайності різної ймовірності. Результати занести у таблицю 3 (додаток В).

7. Проаналізувати отримані результати.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Польовий А.М. Методи експериментальних досліджень в агрометеорології. Навчальний посібник. Одеса, 2003. 246 с.

2. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія: Підручник. Одеса: ТЕС, 2012. 630 с.

3. Уланова Е.С., Сиротенко О.Д. Методы статистического анализа в агрометеорологии. - Л.: Гидрометеиздат, 1968. - 198 с.

4. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. – М.: Госпланиздат, 1949. – 318 с.

5. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 128 с.

6. Польовий А.М. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. –Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 319 с.

## **ДОДАТКИ**

## ДОДАТОК А

Вихідні дані для розрахунку водного дефіциту рослин озимої пшениці

Варіант 1

Рік 2012, станція Білопілля, область Вінницька, сорт Комплімент

Дата, фаза розвитку, номер листка	Строк спосте- реження год-хв	Маса висічок мг		$d_l$ , %	$T$ , °C	$e$ , %	$W_{0-100}$ , мм	Стан освітле- ності, хмарність
		$m_c$	$m_n$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
02.06, колосіння, прапоровий листок	8-00	1787	1904		17,5	83	104	☉ <sup>2</sup> , 0/0
	10-00	1785	1914		22,2	65		☉ <sup>2</sup> , 0/0
	12-00	1867	2024		23,9	51		1/1, Cu
	14-00	1802	1980		25,9	43		1/1, Cu
	16-00	2162	2396		27,2	61		2/2, Cu
	18-00	2091	2288		22,8	74		2/2, Cu
			$\bar{d}_l =$					

Варіант 2

Рік 2018, станція Асканія-Нова, область Херсонська, сорт Конка

Дата, фаза розвитку, номер листка	Строк спосте- реження год-хв	Маса висічок мг		$d_l$ , %	$T$ , °C	$e$ , %	$W_{0-100}$ , мм	Стан освітле- ності, хмарність
		$m_c$	$m_n$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
31.05, молочна стиглість, прапорови й листок	8-05	1794	1922		19	80	88	☉ <sup>2</sup> , 0/0
	10-00	1792	1932		23,7	62		☉ <sup>2</sup> , 0/0
	12-05	1874	2042		25,4	48		☉ <sup>2</sup> , 0/0
	14-05	1809	1998		27,4	40		☉ <sup>2</sup> , 0/0
	16-10	2169	2414		28,7	58		☉ <sup>2</sup> , 0/0
	18-05	2098	2306		24,3	71		☉ <sup>2</sup> , 0/0
			$\bar{d}_l =$					

### Варіант 3

Рік 2015, станція Велика Олександрівка, область Херсонська,  
сорт Вдала

Дата, фаза розвитку, номер листка	Строк спосте- реження год-хв	Маса висічок мг		$d_i$ , %	$T$ , °C	$e$ , %	$W_{0-100}$ , мм	Стан освітле- ності, хмарність
		$m_c$	$m_n$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
20.05, колосіння, прапорови й листок	8-05	1790	1907		18,5	80	91	1/1, Cu
	11-10	1788	1917		23,2	62		1/1, Cu
	14-05	1870	2027		24,9	48		1/1, Cu
	17-00	1805	1983		26,9	40		1/1, Cu
	20-05	2165	2399		28,2	58		2/2, Cu
			$\bar{d}_l =$					

### Варіант 4

Рік 2010, станція Херсон, область Херсонська,  
сорт Херсонська безоста

Дата, фаза розвитку, номер листка	Строк спосте- реження год-хв	Маса висічок мг		$d_i$ , %	$T$ , °C	$e$ , %	$W_{0-100}$ , мм	Стан освітле- ності, хмарність
		$m_c$	$m_n$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
06.06, Молочна стиглість, прапорови й листок	8-00	1690	1807		18,2	75	85	1/1, Cu
	11-05	1688	1817		22,9	58		1/1, Cu
	14-10	1770	1927		24,6	43		1/1, Cu
	17-05	1705	1883		26,6	37		1/1, Cu
	20-00	2065	2299		27,9	53		1/1, Cu
			$\bar{d}_l =$					

Вихідні дані для розрахунку лінії тренду за методом  
гармонійних зважувань (практична робота №2)

## Варіант 1

Розрахунок тенденції урожаю за методом  
гармонійних вагів, Закарпатська область  
Культура - кукурудза, роки досліджень - з 1996 по 2016 рр.

\*\*\*\*\*

$N = 21$   $K = 16$

$N$  - довжина ряду,  $K$  - параметр згладження

Фактичні значення урожаю по роках, ц/га

40.0 40.0 40.0 37.0 38.0 39.0 40.0 43.9 50.7 46.3 44.9 46.0  
46.8 46.7 45.3 47.8 43.9 44.9 45.8 42.4 42.3

+++++

Згладжені значення урожаю - тренд, ц/га

39.0 39.0 39.5 40.0 40.5 41.0 42.0 43.0 44.0 44.7 45.5 46.0  
47.0 47.0 47.1 47.0 46.5 45.8 44.5 43.0 41.0

+++++

Фактичні значення урожаю мінус тренд, ц/га

1.0 1.0 0.5 -3.0 -2.5 -2.0 -2.0 0.9 6.7 1.6 -0.6 0.0 -0.2 -0.3  
-1.8 0.8 -2.6 -0.9 1.3 -0.6 1.3

+++++

Прогноз тенденції урожаю на наступний рік

$ws = -0.661$        $ysr = 43.5$

Варіант 2

Розрахунок тенденції урожаю за методом  
гармонійних вагів, Дніпропетровська область  
Культура - цукровий буряк, роки досліджень - з 1995 по 2017 рр.

\*\*\*\*\*

$N = 23$   $K = 16$

$N$  - довжина ряду,  $K$  - параметр згладження

Фактичні значення урожаю по роках, т/га

22.7 16.0 16.2 11.6 12.5 16.1 18.7 16.7 19.8 21.7 20.7 24.6  
17.2 24.8 34.5 21.3 32.9 29.7 49.4 40.1 42.7 47.0 49.7

+++++

Згладжені значення урожаю - тренд, т/га

13.5 12.4 12.5 12.9 13.7 14.7 16.3 17.9 19.5 21.1 22.7 24.2  
25.8 27.4 29.0 30.6 32.2 33.8 36.6 38.9 41.4 43.8 46.3

+++++

Фактичні значення урожаю мінус тренд, т/га

9.2 3.6 3.7 -1.3 -1.2 1.4 2.4 -1.2 0.3 0.6 -2.0 0.4  
-8.6 -2.6 5.5 -9.3 0.7 -4.1 12.8 1.2 1.3 3.2 3.4

+++++

Прогноз тенденції урожаю на наступний рік

$ws=2.043$       $ysr = 26.37$

Варіант 3

Розрахунок тенденції урожаю за методом  
гармонійних вагів, Дніпропетровська область  
Культура - горох, роки досліджень - з 1999 по 2015 рр.

\*\*\*\*\*

$N = 17$   $K = 10$

$N$  - довжина ряду,  $K$  - параметр згладження

Фактичні значення урожаю по роках, ц/га

12.0 14.0 28.3 19.0 7.6 27.5 28.5 23.3 9.9 22.2 16.9 15.7

11.9 10.5 10.8 20.4 20.0

+++++

Згладжені значення урожаю - тренд, ц/га

16.9 18.7 20.3 20.4 20.4 21.2 20.8 19.7 19.1 18.5 17.2 15.9

14.8 13.5 12.5 13.6 15.2

+++++

Фактичні значення урожаю мінус тренд, ц/га

-4.9 -4.7 8.0 -1.4 -12.8 6.3 7.7 3.6 -9.2 3.7 -0.3 -0.2

-2.9 -3.0 -1.7 6.8 4.8

+++++

Прогноз тенденції урожаю на наступний рік

$ws = -0.096$        $ysr = 17.59$



Варіант 4

Розрахунок тенденції урожаю за методом  
гармонійних вагів, Донецька область  
Культура - горох, роки досліджень - з 1999 по 2015 рр.

\*\*\*\*\*

$N = 17$   $K = 10$

$N$  - довжина ряду,  $K$  - параметр згладження

Фактичні значення урожаю по роках, ц/га

11.0 14.0 23.0 15.0 5.0 26.0 25.0 20.4 6.0 18.0 14.0 16.0  
14.5 15.4 9.5 13.4 13.8

+++++

Згладжені значення урожаю - тренд, ц/га

15.1 16.5 17.3 17.0 16.9 17.7 17.6 17.0 16.6 16.2 15.5 14.9  
14.3 13.4 12.0 12.2 12.8

+++++

Фактичні значення урожаю мінус тренд, ц/га

-4.1 -2.5 5.7 -2.0 -11.9 8.3 7.4 3.4 -10.6 1.8 -1.5 1.1  
0.2 2.0 -2.5 1.2 1.0

+++++

Прогноз тенденції урожаю на наступний рік

$ws = -0.261$        $ysr = 15.29$

Приклад оформлення результатів розрахунків за практичною роботою №2

### Вихідні матеріали

Розрахунок тенденції урожаю за методом  
гармонійних вагів, Житомирська область  
культура цукровий буряк, роки досліджень 1999-2015 рр.

\*\*\*\*\*

$N = 20$   $K = 16$

$N$  - довжина ряду,  $K$  - параметр зглаження

Фактичні значення урожаю по роках (т/га)

21.5 16.1 17.6 18.0 21.4 18.3 18.4 24.3 24.3 25.4 28.9 30.9  
30.8 20.5 23.3 34.3 45.1 42.9 50.8 49.6

+++++

Зглажені значення урожаю - тренд, т/га

16.1 16.2 17.5 18.9 20.0 20.6 21.5 22.4 23.3 24.8 26.2 27.6  
29.0 30.3 32.1 34.7 37.8 40.7 43.9 47.2

+++++

Фактичні значення урожаю мінус тренд, т/га

5.4 -0.1 0.1 -0.9 1.4 -2.3 -3.1 1.9 1.0 0.6 2.7 3.3  
1.8 -9.8 -8.8 -0.4 7.3 2.2 6.9 2.4

+++++

Прогноз тенденції урожаю на наступний рік (т/га)

$ws=2.363$   $ysr = 28.02$

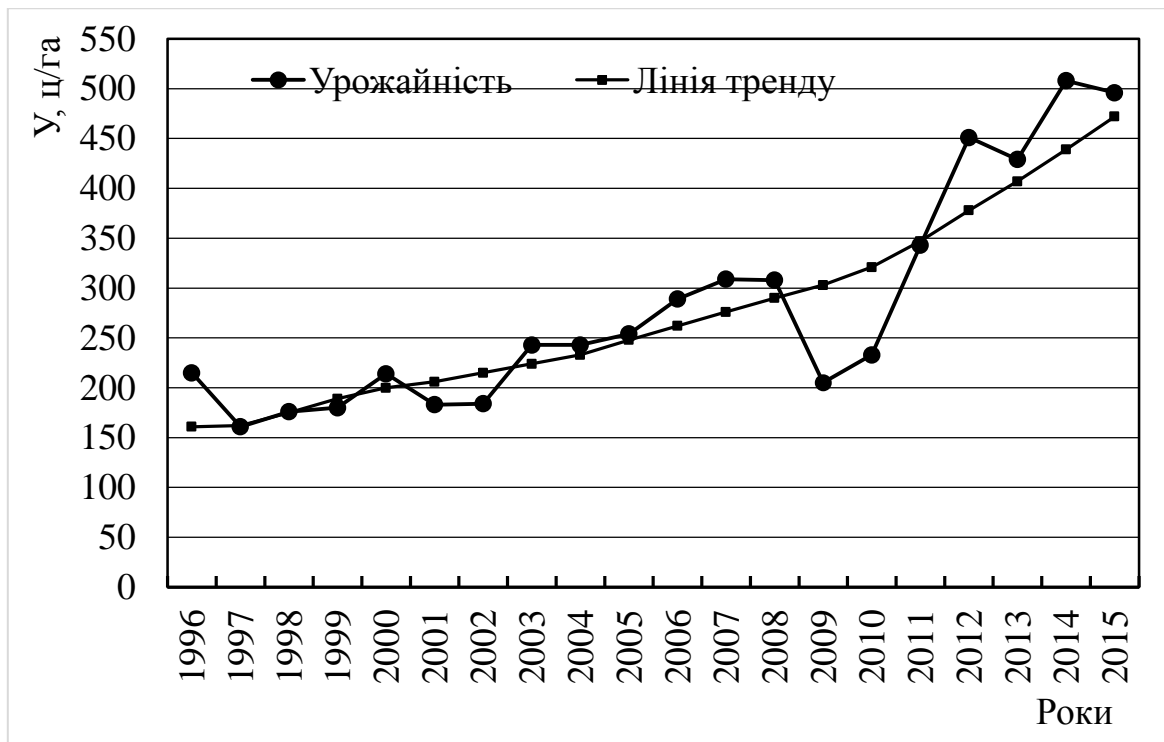


Рисунок 1 – Динаміка урожайності цукрового буряку та лінія тренду в Житомирській області

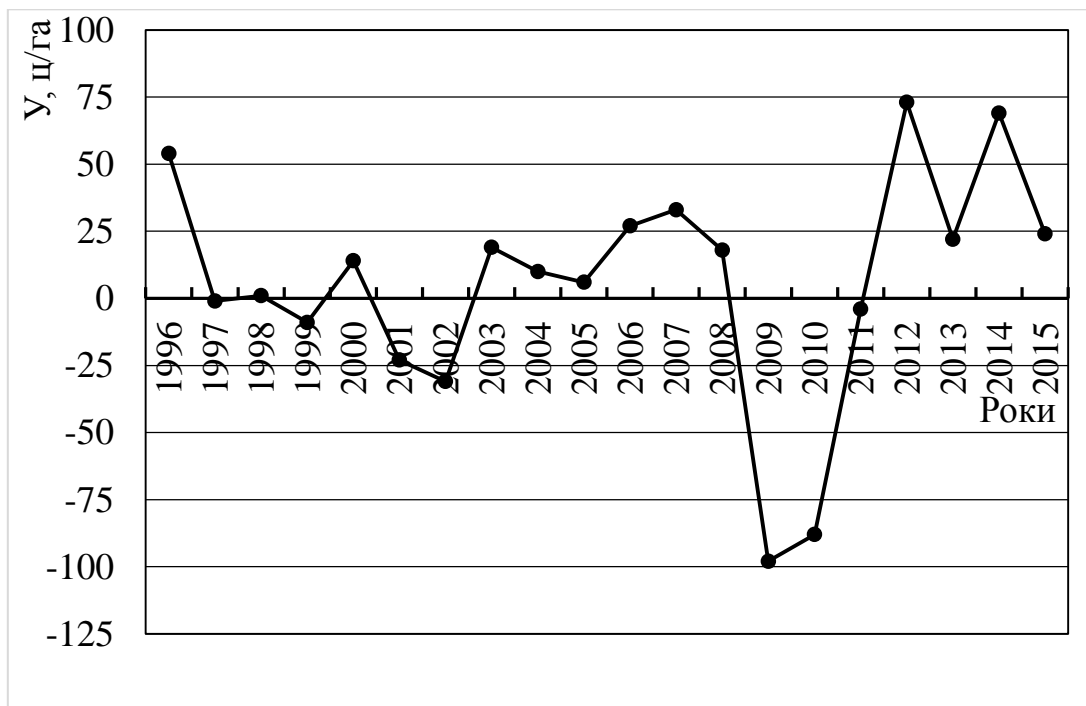


Рисунок 2 – Відхилення урожайності цукрового буряку від лінії тренду в Житомирській області

Таблиця 1 – Розрахунок кліматичної складової урожаїв цукрового буряку

$n$	Рік	$y$	$y_T$	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$	$y_{iT} - \bar{y}$	$(y_{iT} - \bar{y})^2$
1	1996	215	161	-65	4225	-119	14161
2	1997	161	162	-119	14161	-118	13924
3	1998	176	175	-104	10816	-105	11025
4	1999	180	189	-100	10000	-91	8281
5	2000	214	200	-66	4356	-80	6400
6	2001	183	206	-97	9409	-74	5476
7	2002	184	215	-96	9216	-65	4225
8	2003	243	224	-37	1369	-56	3136
9	2004	243	233	-37	1369	-47	2209
10	2005	254	248	-26	676	-32	1024
11	2006	289	262	9	81	-18	324
12	2007	309	276	29	841	-4	16
13	2008	308	290	28	784	10	100
14	2009	205	303	-75	5625	23	529
15	2010	233	321	-47	2209	41	1681
16	2011	343	347	63	3969	67	4489
17	2012	451	378	171	29241	98	9604
18	2013	429	407	149	22201	127	16129
19	2014	508	439	228	51984	159	25281
20	2015	496	472	216	46656	192	36864
Середнє		280					
Сума					229188		164878

Таблиця 2 – Розрахунок ймовірності урожаїв цукрового буряку  
в Житомирській області

Рік	N	Ряд урожайності, ц/га		P <sub>x</sub> , %
		Фактичний	Ранжований	
1996	1	215	508	4
1997	2	161	496	9
1998	3	176	451	13
1999	4	180	429	18
2000	5	214	343	23
2001	6	183	309	28
2002	7	184	308	33
2003	8	243	289	38
2004	9	243	254	43
2005	10	254	243	48
2006	11	289	243	52
2007	12	309	233	57
2008	13	308	215	62
2009	14	205	214	67
2010	15	233	205	72
2011	16	343	184	77
2012	17	451	183	82
2013	18	429	180	87
2014	19	508	176	91
2015	20	496	161	96

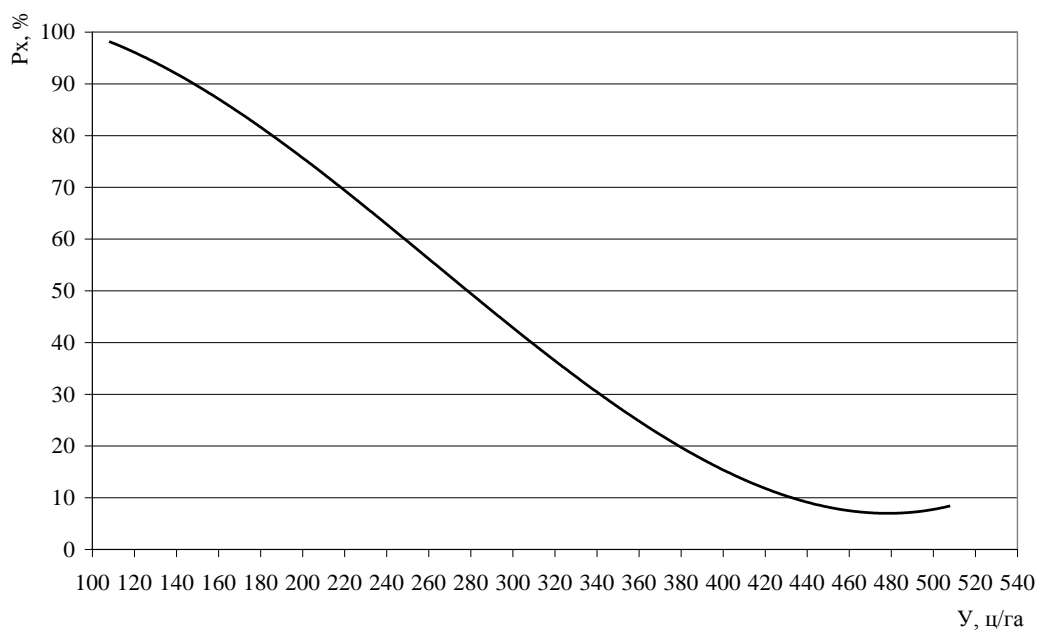


Рисунок 3 - Графік сумарної ймовірності урожаїв цукрового буряку

Таблиця 3 - Забезпеченість урожаїв цукрового буряку (ц/га)  
в Житомирській області

$\bar{Y}$ , ц/га	Забезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
280	500	430	380	340	310	280	250	220	180	160	150