

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**Центр перепідготовки та підвищення**  
**кваліфікації кадрів**  
**Кафедра агрометеорології та агроєкології**

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: **Агрокліматична оцінка еталонних врожаїв гороху**  
**в Київській області**

Виконав студент групи А-5 з/ф  
Спеціальності 103 «Науки про Землю»

Чижик Андрій Сергійович  
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н., доцент  
Кирнасівська Наталія Василівна

Консультант \_\_\_\_\_ -

Рецензент к.геогр.н., доцент  
Семергей-Чумаченко Аліна Борисівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Центр перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів

Кафедра агрометеорології та агроекології

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 103 «Науки про Землю»

(шифр і назва)

Освітня програма Гідрометеорологія

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**  
**агрометеорології та агроекології**  
\_\_\_\_\_ Польовий А.М.  
« 05 » травня 2021 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

студенту (ці) Чижикю Андрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Агрокліматична оцінка еталонних врожаїв гороху в Київській області»

керівник роботи Кирнасівська Наталія Василівна, к.геогр.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від « 23 » квітня 2021 року № 50 - С

2. Строк подання студентом роботи 03 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи використовувалися матеріали по врожайності гороху за період з 1989 по 2019 роки, середньобагаторічні дані спостережень на мережі метеорологічних та агрометеорологічних станцій Київської області: відомості з «Агрокліматичний довідник по Київській області: (1986-2005 рр.)», а також із «Агрокліматичний довідник по території України (середні обласні показники 1986-2005 рр.)" за сумами середніх добових температур повітря, сумами опадів, дефіциту, запасами продуктивної вологи під горохом.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Провести аналіз літературних джерел і вивчити вимоги гороху до кліматичних умов середовища. 2. Кількісно оцінити динаміку виробничих урожаїв зерен гороху методом гармонійних ваг в Київській області. 3. Виявити географічні особливості розподілу сумарної радіації і ФАР, а також показників ресурсів вологи на території Київської області. 4. Виконати агрокліматичну оцінку потенційних і дійсно-можливих врожаїв зеленого горошку і сухих зерен гороху і визначити ступінь сприятливості його використання в Київській області.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Географічна карта Київської області. 2. Карта мезомасштабного агрокліматичного районування Київської області. 3. Карта ґрунтів Київської області. 4. Графіки динаміки врожайності гороху на станціях Київської області (Баришівка, Фастів, Миронівка). 5. Графіки відхилень урожайності гороху від лінії тренду на станціях Київської області (Баришівка, Фастів, Миронівка). 6. Графіки кривих імовірності можливих врожаїв гороху на станціях Київської області (Баришівка, Фастів, Миронівка).

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	немає		

7. Дата видачі завдання 05 травня 2021 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання та збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи бакалавра.	05.05.2021 р. - 07.05.2021 р.	84	4 (добре)
2	Виконання кількісної оцінки динаміки врожайності гороху в Київській області. Оцінка імовірності можливих врожаїв культури.	08.05.2021 р.- 11.05.2021 р.	80	4 (добре)
3	Вивчення методів оцінки продуктивності сільськогосподарських культур. Вивчення методики і виконання оцінки характеристик сонячної радіації для умов відкритого рівного місця	12.05.2021 р.- 14.05.2021 р.	82	4 (добре)
4	Проведення критичного аналізу одержаних результатів, складання таблиць, побудова графіків.	15.05.2021 р. 16.06.2021 р.	82	4 (добре)
	<i>Рубіжна атестація</i>	<i>17.05.2021 р.- 22.05.2021 р.</i>	82	4 (добре)
5	Виконання агрокліматичної оцінки врожаїв гороху різного виду і рівня в Київській області	23.05.2021 р. – 27.05.2021 р.	86	4 (добре)
6	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату.	28.05.2021 р. 03.06.2021 р.	90	5 (відмінно)
	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання авторського договору.	03.06.2021 р.- 05.06.2021 р.	-	-
	Підготовка паперової версії кваліфікаційної роботи бакалавра і презентаційного матеріалу захисту	-	-	-
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)	-	84,0	-

Студент

(підпис)

Чижик А.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кирнасівська Н.В.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ І АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ .....	6
1.1 Рельєф, ґрунт, рослинність .....	6
1.2 Агрокліматичні ресурси в теплу пору року .....	8
1.3 Відношення гороху до кліматичних умов середовища .....	13
2 ОЦІНКА ДИНАМІКИ ЩОРІЧНИХ ВРОЖАЇВ ГОРОХУ В КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ .....	
2.1 Теоретичні викладки методів оцінки часової мінливості врожаїв сільськогосподарських культур .....	19
2.2 Кількісна оцінка динаміки врожайності гороху на території Київської області .....	19 21
2.3 Імовірна характеристика можливих врожаїв гороху.....	
3 ОЦІНКА ЕТАЛОННИХ ВРОЖАЇВ ГОРОХУ В КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	30
3.1 Методи оцінки продуктивності сільськогосподарських культур.....	38
3.2 Методика і оцінка характеристик сонячної радіації для умов відкритого рівного місця.....	38
3.3 Агрокліматична оцінка врожаїв гороху різного виду і рівня в Київській області.....	44
	49
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	65
ДОДАТКИ.....	68

## ВСТУП

У світовому землеробстві зернові бобові займають 100 млн. га або близько 3% посіву зернових хлібів. У нашій країні найбільш поширений серед зернових бобових культур горох. Насіння його добре розварюються і відрізняються високими смаковими якостями. Зрілі і недостиглі насіння (зелений горошок), а так само зелені боби (овочеві сорти) використовують у консервній промисловості. У зеленому горошку міститься 25-30% цукру, багато вітамінів (А, В, В<sub>2</sub> і С) і мінеральних солей. Площі, зайняті його посівами, з кожним роком збільшуються. Обробляють його як продовольчу і кормову рослину. Загалом у 2020 році в Україні суб'єкти господарської діяльності усіх форм власності зібрали гороху 582,6 тис. тон із площі 251,5 тис. га, при середній урожайності 2,32 т/га. Для порівняння у минулому році гороху було зібрано 573 тис. тон, із площі 254,3 тис. га за урожайністю 2,26 т/га. Незважаючи на високу цінність культури і збільшення площ її вирощування врожаї гороху в виробництві залишаються значно нижче біологічних можливостей сучасних сортів. Тому основним завданням землеробства є розробка і впровадження нових методів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур, в тому числі гороху. В останні роки вчені займаються програмуванням врожаїв. Суть його, по-перше, полягає у встановленні верхньої межі врожаю основних сільськогосподарських культур в різних географічних районах, по надходженню ФАР, значенням ККД, по-друге, в розробці агрометеорологічних основ для зменшення розриву між теоретично можливими і дійсними врожаями [11, 17, 18, 19, 25, 26].

Однак отриманню запрограмованих врожаїв перешкоджає невідповідність факторів зовнішнього середовища з потребою процесів фотосинтезу, росту та розвитку рослин протягом вегетаційного періоду. Поліпшити становище можна за допомогою оптимального районування наявних сортів, які відповідають тій чи іншій агрокліматичній зоні країни,

обліку мікроклімату районів обробітку, вдосконаленням меліоративних і агротехнічних заходів. Але зазначеним заходам повинні передувати: агрокліматична оцінка потенційних можливостей формування врожаю в окремих районах; з'ясування і обґрунтування необхідності перерахованих заходів; оцінка приросту врожаю по окремих культурах. Тому в даній кваліфікаційній роботі бакалавра поставлені і вирішуються такі завдання:

1. Провести аналіз літературних джерел і вивчити вимоги гороху до кліматичних умов середовища.

2. Кількісно оцінити динаміку виробничих урожаїв зерен гороху методом гармонійних ваг в Київській області.

3. Виявити географічні особливості розподілу сумарної радіації і ФАР, а також показників ресурсів вологи на території Київської області.

4. Виконати агрокліматичну оцінку потенційних і дійсно-можливих урожаїв зеленого горошку і сухих зерен гороху і визначити ступінь сприятливості його використання в Київській області.

Для цієї мети використовувалися матеріали по врожайності гороху за період з 1989 по 2019 роки, середньобагаторічні дані спостережень на мережі метеорологічних та агрометеорологічних станцій Київської області: відомості з «Агрокліматичного довідника по Київській області: (1986-2005 рр.)» [1], а також із «Агрокліматичного довідника по території України (середні обласні показники 1986-2005 рр.)» [2] за сумами середніх добових температур повітря, сумами опадів, дефіциту, запасами продуктивної вологи під горохом.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНИХ І АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Рельєф, ґрунт, рослинність

Київська область розташована на півночі України, в басейні середини течії Дніпра, головним чином на Правобережжі. На сході межує з Чернігівською і Полтавською областями, на південний схід і південь - з Черкаською, на південний захід - з Вінницькою, на захід - з Житомирською областями України; на північ - з Гомельською областю Білорусі. Площа - 28,1 тис. км<sup>2</sup> - близько 4,8% площі України (рис. 1.1).

За характером рельєфу територія Київської області ділиться на три частини. Північна частина, яка лежить в межах Поліської низовини (висота до 198 м), являє собою низинні заболочені акумулятивні рівнини, які розчленовані річковими і прохідними долинами, на правобережжі Прип'яті ускладнені горбами [4].

Південно-західна і центральна частина області лежать на Придніпровській височині (висота до 273 м), найбільш розсічені; поверхня - піднесена похило хвиляста лісова рівнина, розсічена річковими прохідними долинами, ярами і балками.

Східна, лівобережна частина розташована на заплавах і терасах Дніпра в межах Придніпровської низовини. Поверхня заплави плоска, на лісовій терасі - піщані гриви, пагорби, зниження між ними часто перезволожені або заболочені. Друга надзаплавна тераса (висота до 145 м) розсічена балками; багато тарілкоподібних западин.

Київська область розташована в межах Східно-Європейської широколистяної лісової геоботанічної провінції і Східно-Європейської лісостепової геоботанічної провінції. Площа лісів - 689 тис. га [1].



Рисунок 1.1 – Географічна карта Київської області



Область розташована в межах двох фізико-географічних областей - Київського Полісся і частково Чернігівського Полісся, а також Дністровсько-Дніпровської лісостепової фізико-географічної провінції і Лівобережно-Дніпровської лісостепової фізико-географічної провінції. На півночі переважають недренажні перезволожені і заболочені, поліські морено-зандрові, зандрові і терасні, а на півдні - лучно-степові піднесені членування і терасові, а також лісостепові піднесені розчленовані природно-територіальні комплекси.

Річки належать до басейну Дніпра, який тече в межах області на протязі 246 км. Всього в області 177 річок довжиною понад 10 км кожна. Найбільш густа річкова мережа на півдні області (в басейні Росси 0,3-0,5 км/км<sup>2</sup>), найбільш рідка - на лівобережній частині Київської області (в басейні р. Супою і Трубіжа близько 0,1 км/км<sup>2</sup>). Річки рівнинного типу. На території області-Київське водосховище і велика частина Київського водосховища [4].

З корисних копалин найбільше значення мають запаси будівельних матеріалів. На південному заході області - родовища граніту (Богуславське, Синявське та ін.). Цегляно-черепичні глини є по всій території Київської області. Є джерела мінеральної води. Область недостатньо забезпечена основними видами корисних копалин [4].

## 1.2 Агрокліматичні ресурси в теплу пору року

В Київській області діє 11 метеостанцій (Київ, Баришівка, Біла Церква, Бориспіль, Миронівка, Немішаєве, Поліське, Тетерів, Фастів, Яготин, Чорнобиль). Клімат області помірно континентальний, м'який, з достатньою вологістю. Літо досить тепле і вологе. Зима тривала, порівняно тепла. Температура січня на півночі -6,5 °С, в центральній частині - 5,8 °С, на півдні -6,1 °С; липня - відповідно +19,2, +19,5, +20,1 °С. Тривалість безморозного періоду 160-165 днів. Період з температурою вище +10 °С становить від 155

днів у Поліссі до 160-165 днів на півдні і сході області, сума активних температур від 2480 °С на півночі до 2700 °С на півдні. Опадів випадає 500-600 мм на рік, на крайньому півдні - 400-500 мм. Максимальна кількість їх (40%) випадає влітку (рис. 1.2) [1].

За мезомасштабним агрокліматичним районуванням Київської області, яке виконано В.П. Дмитренко, А.В. Круківською [5] на території області виділено п'ять агрокліматичних районів (Рис. 1.2), два з яких розташовані в зоні мішаних лісів і три – у Лісостепу (табл. 1.1).

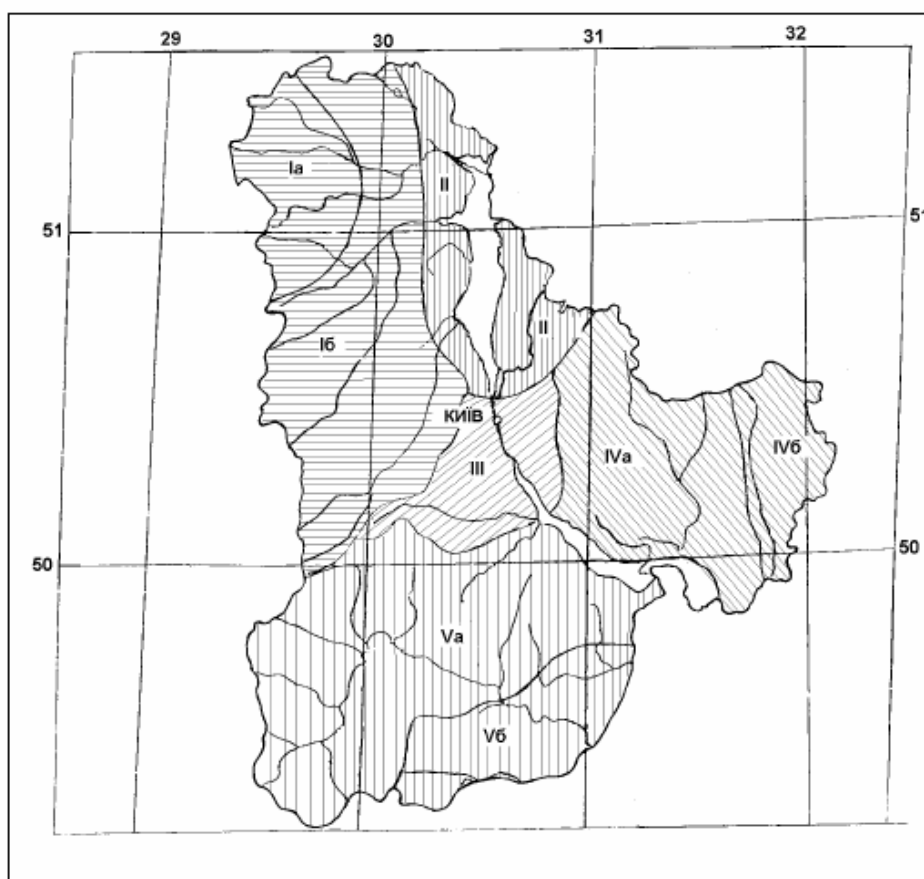


Рисунок 1.2 - Мезомасштабне агрокліматичне районування Київської області

Таблиця 1.1 – Характеристика агрокліматичних районів Київської області

Агрокліматичний район і підрайони	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації с.-г. культур			Генетичний тип ґрунту
	гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК)	сума температур повітря, °С	кількість опадів, мм	
<b>ПОЛІСНЯ</b>				
<b>I. Помірного теплозабезпечення, достатнього зволоження</b>				
Ia	1,4-1,5	<2500	350-375	Дерново-середньопідзолисті
Iб	1,3-1,4	2500-2600	350-375	оглеєні та середньопідзолисті
<b>II. Достатнього теплозабезпечення, достатнього зволоження</b>				
	1,2-1,3	2600-2700	325-350	Дерново-слабopідзолисті
<b>ЛІСОСТЕП</b>				
<b>III. Достатнього теплозабезпечення, нестійкого зволоження</b>				
	1,0-1,2	2600-2700	325-350	Світло- й темно-сірі лісові, дерново-слабо- й середньопідзолисті
<b>IV. Достатнього теплозабезпечення, нестійкого та недостатнього зволоження</b>				
IVa	1,0-1,1	2600-2700	325-350	Світло-сірі та
IVб	1,0-1,1	2700-2750	<350	сірі-лісові
<b>V. Порівняно високого теплозабезпечення, недостатнього зволоження</b>				
Va	1,0-1,1	2750-2800	300-325	Чорноземи типові
Vб	1,0-1,1	>2800	300-325	Чорноземи опідзолені

Західну частину Полісся Київщини займає I-й агрокліматичний район помірного теплозабезпечення й достатнього зволоження. Сума активних температур повітря в межах району становить  $2600^{\circ}\text{C}$ , у підрайоні (а) вона знижується до  $2500^{\circ}\text{C}$ . За період вегетації сільськогосподарських культур випадає 350-370 мм опадів. Значення ГТК (1,3-1,5) свідчать про позитивний баланс вологи і достатнє вологозабезпечення території у вегетаційний період. В окремий агрокліматичний район (II) виділено східну частину Київського Полісся. Ця територія характеризується умовами достатнього теплозабезпечення (сума активних температури повітря становить  $2600-2700^{\circ}\text{C}$ ) і зволоження (кількість опадів за період активної вегетації – 325-350 мм) [5].

На межі між поліською провінцією зони мішаних лісів та лісостеповою зоною, у центральній частині області виділено III-й агрокліматичний район достатнього теплозабезпечення і нестійкого зволоження. Провідною ознакою агрокліматичних особливостей території є нестійкий режим зволоження у вегетаційний період (ГТК=1,0-1,2).

IV-й агрокліматичний район достатнього теплозабезпечення, нестійкого та недостатнього зволоження займає лівобережну частину області. У зв'язку з неоднорідним зволоженням він поділяється на два підрайони. Територія, виділена в підрайон (б), є найменш зволоженою частиною Київщини: у період вегетації сільськогосподарських культур тут випадає близько 300 мм опадів.

Найбільшим за площею є V-й агрокліматичний район порівняно значного теплозабезпечення і недостатнього зволоження, розташований на правобережжі Дніпра. За ступенем забезпечення території термічними ресурсами він поділяється на два підрайони. Підрайон (б) характеризується найвищими значеннями суми активних температур повітря (понад  $2800^{\circ}\text{C}$ ) [5]. Серед несприятливих кліматичних явищ - інтенсивні зливові дощі з грозами, град, періоди без дощів, суховії (до 5-10 днів), пилові бурі влітку, льодова кірка та ін.

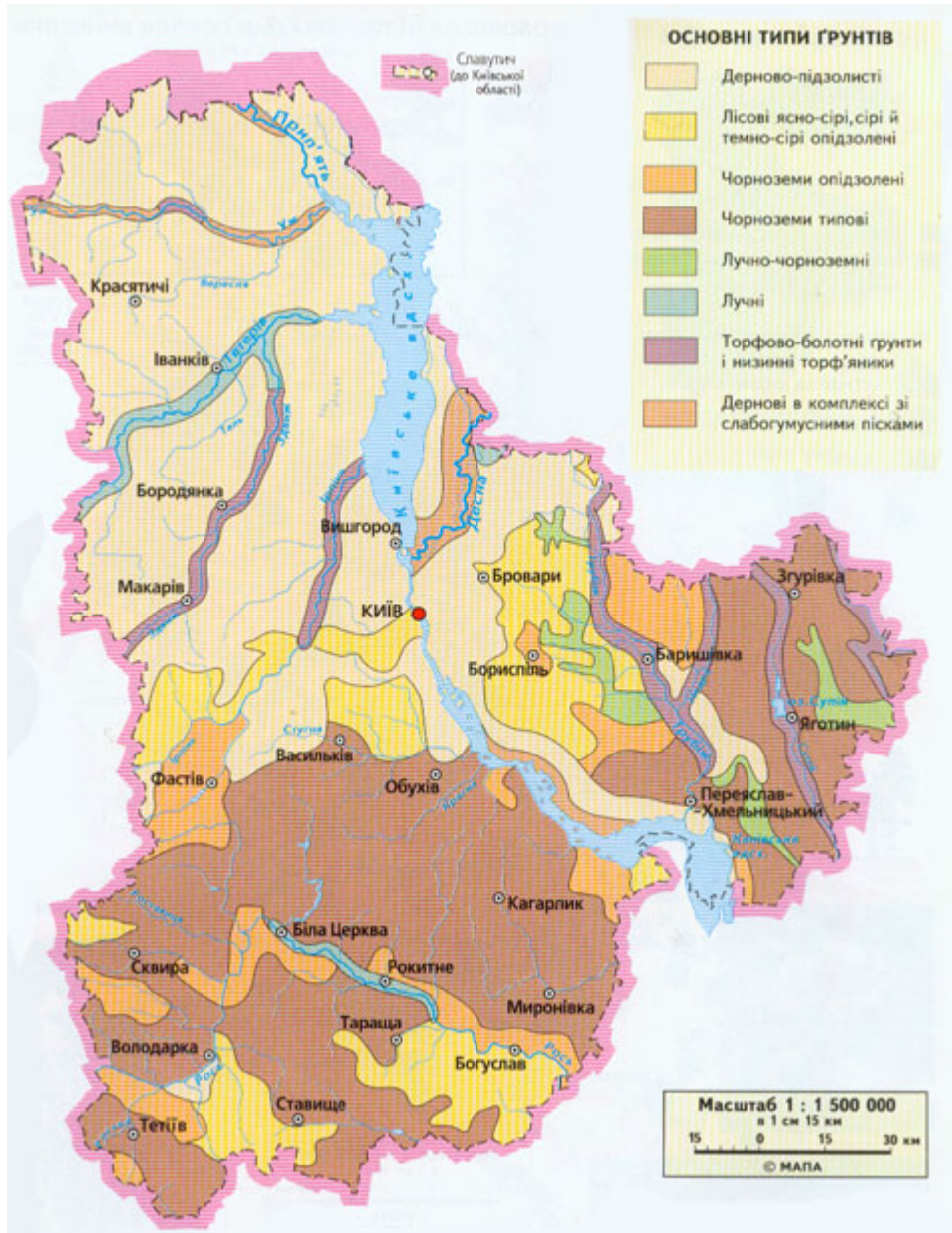


Рисунок 1.3 – Карта ґрунтів Київської області

Правобережна частина Київської області розташована в межах Центральнополіської правобережної ґрунтової провінції і Центральнолісостепової піднесеної ґрунтової провінції. На півночі поширені дерново-підзолисті, в долинах річок лучні і болотні ґрунти. У центральній частині на лісах - чорноземи опідзолені типові, темно-сірі опідзолені та ясно-

сірі лісові ґрунти, в південній частині - чорноземи глибокі малогумусні. На Лівобережжі - чорноземи типові малогумусні, солончаки, льотні солончакові ґрунти. Найбільш поширені чорноземи (50,7% площі поораних земель області) та дерновопідзолисті (14,5%) ґрунти. Близько 60% території області зорано (Рис. 1.3).

Київська область розташована в межах зон мішаних лісів і лісостепової. Її ґрунтові та агрокліматичні умови сприятливі для розвитку сільського господарства [1].

### 1.3 Відношення гороху до кліматичних умов середовища

#### *Вимоги гороху до світла.*

Горох відноситься до групи рослин довгого дня, він проходить найкраще живу фазу при цілодобовому освітленні. Тому цілком зрозуміло, що більшість сортів гороху при більшій тривалості дня зацвітає і дозріває раніше [7]. Івановою-Зубковою Н.З. [6] для встановлення впливу довжини світлової частини доби на тривалість періоду сходи-цвітіння була проведена статистична обробка даних. Тривалість світлової частини доби, при яких проходить міжфазний період сходи - цвітіння гороху в північній частині Європейської території СНД, становила 17 - 22 години. Коефіцієнт кореляційного зв'язку між тривалістю періоду сходи - цвітіння і числом годин світлої частини доби виявився дуже низьким ( $r = 0,12$ ). Отже, другий фактор не впливає на швидкість переходу гороху до цвітіння, якщо тривалість світлої частини доби виявляється більше 17 годин.

#### *Вимоги гороху до тепла.*

Горох є культурою мало вимогливою до тепла. Насіння його проростає вже при температурі 1,2 °С [6] (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Вимоги гороху до температури в різні періоди зростання (°C)

Горох	Період			
	сходів	Формування вегетативних органів	Формування генеративних органів, цвітіння	плодоношення
	$\frac{4-5}{6-12}$	$\frac{4-5}{12-16}$	$\frac{10-12}{16-20}$	$\frac{12-10}{22-16}$

Примітка: в чисельнику - біологічні мінімуми, в знаменнику оптимум температур.

Сходи, які з'явилися, можуть витримувати без особливої шкоди короткочасні заморозки, які доходять до  $-5$  °C. Отже, горох без усякого побоювання можна висівати в ранні терміни, одночасно з ранніми зерновими (табл. 1.3). При такому посіві насіння, які проростають, пройдуть стадію яровизації при більш сприятливих умовах, ніж при пізньому посіві, коли температура буває висока. Навіть у разі повернення весняного похолодання горох не дуже страждає. З'ясовано, що ріст рослин, які зійшли, триває навіть при відносно низькій температурі  $3$  °C, яка штучно підтримується протягом цілого місяця.

Таблиця 1.3 - Температура повітря (°C), при якій пошкоджується горох в різні фази розвитку (по Н.В. Степанову)

Фази	Сходи	Цвітіння	Дозрівання
Температура	-7, -8	-2, -3	-3, -4

Сорти гороху розрізняються не тільки по стійкості до низької температури, але і за потребою до тепла в окремі періоди розвитку. Ряд південних форм гороху більш вимогливий до тепла при перших фазах розвитку, інші форми - в період від цвітіння до дозрівання, більшість же

форм гороху вимогливо до тепла, як в першій періоді. При підборі батьківських форм для схрещування в процесі виведення нових сортів необхідно враховувати цю важливу біологічну властивість різних форм гороху [6, 7].

У дослідженнях питання про вплив температури повітря на тривалість міжфазного періоду сходи - цвітіння Іванова-Зубкова [5] встановила, що між цими величинами існує зворотний зв'язок: при середній температурі повітря 17-20 °С тривалість періоду сходи - цвітіння буває 30 днів, а зниження температури до 10-13 °С збільшує довжину періоду до 50-56 днів. В середньому ж вегетаційний період залежно від сорту і умов вирощування коливається від 70 до 140 днів.

Загальна потреба гороху в теплі за весь вегетаційний період (від посіву до дозрівання) в залежності від сорту і умов вирощування виражається сумою середньодобових температур, що дорівнює 1350-2800 °С. Нижньою температурною межею розвитку гороху в період сівба - сходи вважають температуру 4 °С, до цвітіння - 5 °С, а після цвітіння - 7 °С [15].

Підвищення температури повітря до 25 °С і вище викликає збільшення інтенсивності транспірації, що призводить до деякого зниження температури листя (до 3 °С). Однак тривале перебування рослин гороху в умовах високої температури (понад 30 °С), особливо при недостатній забезпеченості вологою, викликає в'янення листя, скидання бутонів і квіток навіть невеликої зав'язі, що в кінцевому рахунку призводить до зниження продуктивності.

Паніною В.Ф. [15] встановлено, що збирання гороху на зелений корм доцільно проводити в період початку утворення бобів на п'ятому суцвітті. Боби нижнього ярусу при цьому досягають нормальної величини, але зерно в них ще зелене і має молочну стиглість. При цьому тривалість періоду від посіву до цвітіння в окремі роки може коливатися від 25 до 50 днів. Сума позитивних середніх добових температур повітря за цей період в середньому становить 700 °С.



Від фази початку цвітіння до утворення бобів на п'ятому суцвітті накопичується сума температур повітря близько 380 °С. Таким чином, загальна сума температур, необхідна для розвитку гороху від посіву до утворення бобів на п'ятому суцвітті (що є оптимальним терміном прибирання на зелений горошок), становить біля 1080 °С.

*Вимоги гороху до вологи.*

Горох найбільш вимогливий до вологи в перший період розвитку. Для того, щоб насіння гороху набрякли і стали проростати, потрібно в середньому 100-110% води від ваги насіння. Щоб задовольнити цю біологічну властивість гороху, потрібно сіяти його, як можна раніше, коли є достатній запас весняної вологи в ґрунті [16].

Про вимогливість гороху до вологи можна судити за кількістю води, необхідної для дозрівання сухої маси. На утворення 1 кг сухої речовини горох витрачає від 235 до 1658 кг води в залежності від різного забезпечення рослин всіма життєво необхідними умовами: певною температурою, світлом, поживними речовинами.

Наведені дані показують, з одного боку високу вимогливість гороху до вологи, з іншого боку, кажуть про можливість обробітку його у відносно посушливих умовах.

Сорти гороху розрізняються за темпами зростання в різні періоди спостерігається посуха в весняні місяці, мають повільний темп зростання в перші фази розвитку. Такі сорти стійкі до повітряної і ґрунтової посухи в початковій стадії розвитку. Сорти з областей з посушливим періодом в другій половині літа мають повільний темп зростання в період від цвітіння до дозрівання. У цих сортів стійкість до посухи підвищена в період дозрівання насіння. Оптимальна вологість ґрунту для формування високого врожаю становить 70-80% найменшої вологості [23].

В силу того, що основна маса коренів гороху знаходиться в півметровому шарі ґрунту, факторами зволоження є опади і запаси продуктивної вологи у верхніх шарах ґрунту. За даними Д.П. Федюшиної,

зниження запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту з 30 до 20 мм викликає зниження густоти стану рослин з 100 до 75-80 рослин на квадратному метрі [22].

Горох особливо потребує вологи і дуже чутливий до її нестачі в так званій критичній період. До теперішнього часу ще немає єдиної думки про тривалість і фізіологічне охоплення цього періоду. Так, деякі біологи вважають, що у гороху цей період починається від початку закладки генеративних органів і закінчується цвітінням. На підставі аналізу залежностей величин врожаїв від фактора зволоження в різні періоди В.Ф. Паніна встановила для умов центральної частини нечорноземної зони 30-денний критичний період, що охоплює 20 днів до початку цвітіння і наступні 10 [16]. Федюшина Д.П. вважає, що в посушливих умовах Північного Казахстану критичний період гороху триває 20 днів - 10 днів до початку масового цвітіння і 10 днів після нього [22].

*Вимога гороху до ґрунтів і живлення.*

Найбільш високі врожаї гороху одержують при посіві його на середньозв'язних глинистих і супісках. На занадто заплавних суглинних ґрунтах створюються несприятливі умови для росту гороху. В значній мірі це негативне явище щільних запливаючих ґрунтів викликається сильною життєдіяльністю бульбочкових бактерій, що поселяються на коренях гороху. Для хорошого їх зростання необхідно створити певну рихлість ґрунту. Однак на занадто м'яких, піщаних ґрунтах горох росте так само досить добре, тому що в таких ґрунтах є недостатня кількість отельних речовин [21].

Вміст поживних речовин в ґрунті робить вирішальний вплив на врожайність гороху. Тільки при достатній забезпеченості ґрунту поживними речовинами, особливо фосфором, калієм і кальцієм, створюються умови для отримання високого врожаю насіння. В останні роки ряд дослідників підкреслює роль азотних добрив в збільшенні врожайності гороху. На збіднених азотом ґрунтах горох сильно зачіпає внесення мінеральних і органічних азотних добрив у вигляді гною торфокомпосту у відносно

невеликих дозах (15-30 кг/га діючої речовини). Разом з тим безпосередньо під горох, як правило, не слід вносити свіже гнойове добриво. В іншому випадку сильно розвивається зелена маса на шкоду насінню. Для збільшення врожайності гороху велике значення мають такі мікроелементи, як бор і молібден. Урожай насіння гороху різко збільшувався від внесення мікроелементів, особливо молібдену.

На кислих ґрунтах горох росте погано і дає низький урожай насіння. Особливо чутливі до кислої реакції ґрунту бульбочкові бактерії, що живуть на коренях гороху. На солонцюватих і на солонцюватих ґрунтах горох сильно пригнічується і дає малий урожай насіння.

## 2 ОЦІНКА ДИНАМІКИ ЩОРІЧНИХ ВРОЖАЇВ ГОРОХУ В КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

### 2.1 Теоретичні викладки методів оцінки часової мінливості врожаїв сільськогосподарських культур

Для одержання програмованих врожаїв і науково обґрунтованого розміщення сільськогосподарських культур, поряд з вирішенням інших питань, необхідно вивчення часової мінливості врожайності під впливом культури землеробства і агрометеорологічних факторів у різних кліматичних зонах. У теперішній час застосовується два методи: метод найменших квадратів і метод гармонійних ваг [11, 12].

Урожайність в кожному конкретному році формується під впливом цілого комплексу чинників. Однак, при вирішенні багатьох практичних питань, виникає необхідність роздільної оцінки ступеня впливу на врожайність як рівня культури землеробства, так і умов погоди.

В основу такої оцінки за методом найменших квадратів покладена ідея В. М. Обухова про можливість розкладання динамічного (тимчасового) низки врожайності на дві складові: стаціонарну випадкову. Метод найменших квадратів ефективний для агрокліматичної оцінки мінливості врожайності культурних рослин протягом останніх 25-30 років. Перший досвід кількісної оцінки динаміки врожайності ряду однорічних культур для території Росії був здійснений в роботі [11] з отриманням відповідних рівнянь трендів.

Метод гармонійних ваг (МГВ) вперше запропонований З.Хельвігом, пізніше цей метод отримав подальший розвиток в дослідженнях В. М. Пасова і А.М. Польового [17, 19]. Основна ідея методу гармонійних ваг полягає в тому що, в результаті зважування певним чином окремих спостережень часового ряду, більш пізніми спостереженнями віддаються великі ваги. При

використанні МГВ як деякого наближення  $f(t)$  істинного тренда  $f(t)$  приймається ламана лінія, що згладжує задане число точок часового ряду  $Y_t$ .

Розрахунки по МГВ здійснюються в такий спосіб.

Приріст функції

$$\omega_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{y}_{t+1} - \bar{y}_t. \quad (2.1)$$

Потім обчислюється середня приростів:

$$\bar{W} = \sum_{t=1}^{n-1} g_{t+1}^m W_{t+1}, \quad (2.2)$$

де  $g_{t+1}^n$  - коефіцієнти, що задовольняють наступним рівнянням:

$$g_{t+1}^n > 0, \quad t = 1, 2, \dots, n-1, \quad (2.3)$$

$$\sum_{t=1}^{n-1} g_{t+1}^m = 1. \quad (2.4)$$

Вираз (2.2) дозволяє надавати більш пізнім спостереженнями більше ваги.

Якщо найраніші спостереження мають вагу

$$m_2 = \frac{1}{n-1}. \quad (2.5)$$

то вага інформації  $m_3$ , що відноситься до наступного моменту часу,

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2}. \quad (2.6)$$

Таким чином, ряд ваг визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}, \quad t = 2, 3, \dots, n-1. \quad (2.7)$$

з початковою величиною, виражено рівнянням (2.5).

Екстраполяцію тенденції часового ряду зробимо за висловом

$$Y_{t+1} = y_t + \bar{W}. \quad (2.8)$$

Запропонований алгоритм описує метод розрахунку динамічної складової тимчасового ряду врожайності по МГВ, а також дозволяє по тенденції часового ряду прогнозувати її величину на найближчі 1-2 роки. Ряд авторів за допомогою трендів, розрахованих за методом гармонійних ваг кількісно оцінена динаміка врожайності озимої пшениці, озимого жита, ячменю, вівса, кукурудзи, картоплі, соняшнику, винограду для великих регіонів Росії, України, Молдови. В дисертаційній роботі Колосовської В.В. [8] розглянута динаміка урожайності гороху по областям України і виділені лінії тренду та коливань врожайності від тренда, які обумовлені впливом погодних умов певних років.

## 2.2 Кількісна оцінка динаміки врожайності гороху на території Київської області

Як об'єкт досліджень були розглянуті тимчасові ряди врожайності гороху, вирощеного в виробничих умовах на території Київської області по трьох станцій: Баришівка, Фастів, Миронівка. Вони розташовані в різних частинах області, що розрізняються за ґрунтово-кліматичними умовами.

Кількісна оцінка часової мінливості врожайності під впливом культури землеробства і агрометеорологічних факторів виконана за методом гармонійних ваг. На ПЕОМ були розраховані значення динамічної середньої ( $\hat{Y}_n$ ), тобто тренди; визначені щорічні відхилення ( $\Delta Y_n$ ) фактичних врожаїв ( $Y_n$ ) від динамічної середньої (дод. А.1).

Результати цієї роботи представлені на рис. 2.1-2.6. Плавні лінії на графіках характеризують тренди врожайності гороху, ламані лінії - міжрічну мінливість врожаїв за період з 1989 по 2019 роки. Складна картина мінливості тенденції врожайності, обумовлена взаємодією чинників агротехніки і клімату, вимагає встановлення загальних закономірностей в динаміці трендів. Існує дві ознаки: приріст тренда; прискорення або падіння приросту тенденції врожайності.

На їх основі, згідно з дослідженнями А.Н. Польового [18], можна виділити чотири типи динаміки тенденції врожайності сільськогосподарських культур. Тип Іа - лінійні зростання (позитивна швидкість росту врожайності); Іб - лінійний зростання (негативна швидкість росту тенденції); тип ІІ - зростання зі зменшенням темпів; тип ІІІ - параболічна крива; тип ІVа - S-подібна крива; тип ІVб - S-подібна крива.

На рис. 2.1 показана динаміка врожайності гороху за даними станції Баришівка, розташованої на сході Лівобережжя Дніпра в межах Придніпровської низовини. З графіка видно, що тренд має ІVа тип з негативною тенденцією (-0,3) ц/га. Так, вирівняний рівень урожайності на початок розглянутого періоду під впливом культури землеробства становить 17,7 ц/га (1989 рік). Далі до 1996 року спостерігається невисокий експоненціальне зростання до 19,8 ц/га. При незначному падінні рівня врожайності на відрізьку 1996-2000 рр. в цілому в 90-і роки спостерігається лінійне зростання врожайності гороху до 22,7 ц/га. У 2000-ні роки врожайність під впливом культури землеробства має тенденцію до зниження на 5,4 ц/га і до 2019 року склала 17,3 ц/га. Однак під впливом кліматичних умов окремих років урожай гороху значно варіювала. При середньому багаторічному врожаї 19,0 ц/га в 2012 році було зібрано 30,7 ц/га, а в 2005 році урожай склав лише 4 ц/га. Діапазон відмінностей в урожаї істотний і складає 26,7 ц/га.

Відхилення від лінії тренда більш показові для оцінки умов коливання врожайності внаслідок агрометеорологічних умов, ніж відхилення від середніх багаторічних величин, тому що в цьому випадку приріст врожайності за рахунок підвищення культури землеробства вже врахований лінією тренда.

З рис. 2.2 видно, що на ст. Баришівка відхилення від тренда в окремі роки досягають великих значень - близько 8-15 ц/га. В цілому за розглянутий період в 12 роках спостерігалися сприятливі погодні умови, що виразилося в позитивному розмірі відхилення - 0,2-10 ц/га. У 16-ти роках зниження рівня

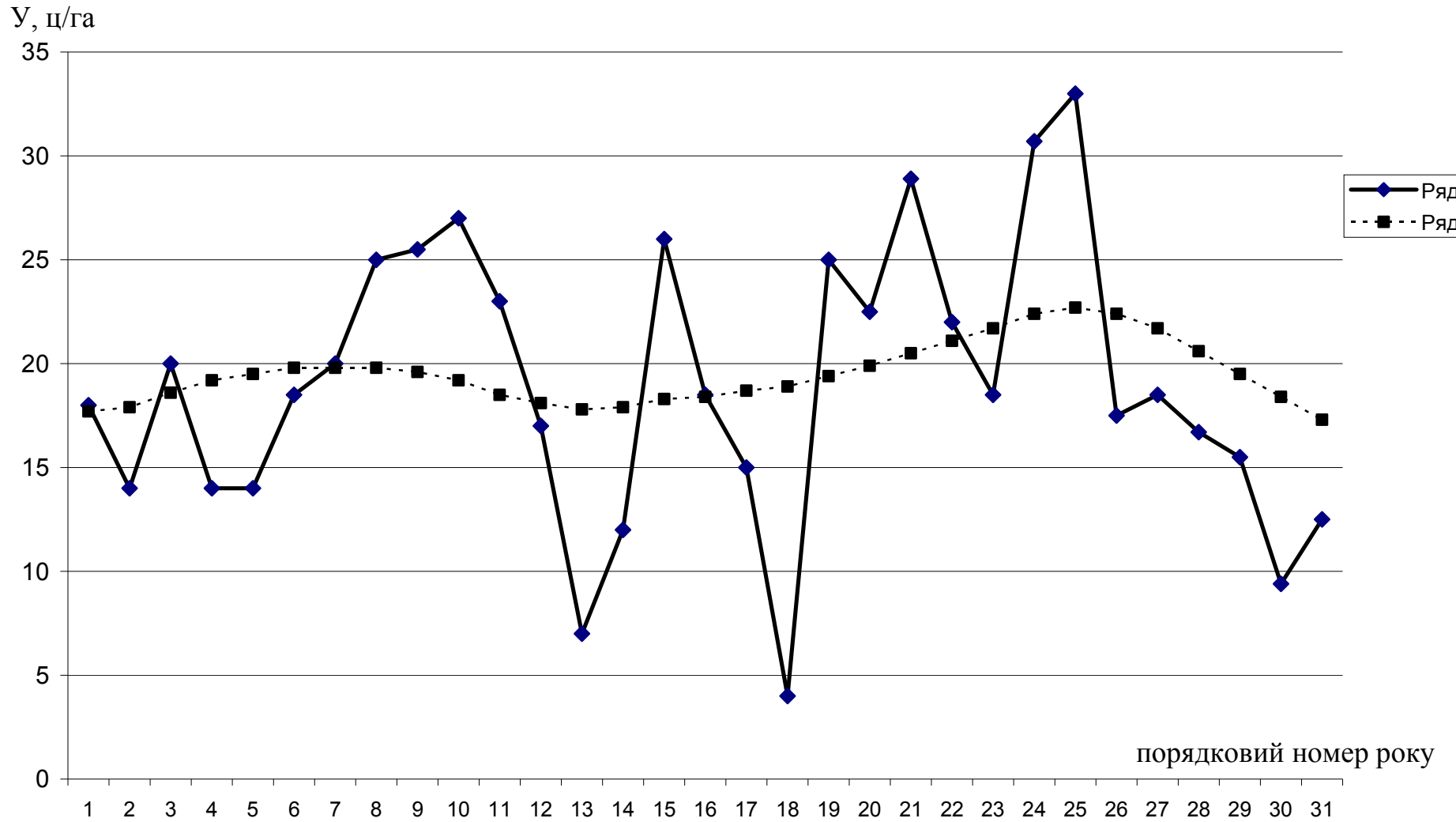


Рисунок 2.1. - Динаміка врожайності гороху на станції Барішівка Київської області: 1 - щорічні значення урожайності за період с 1989 по 2019 роки; 2 - лінія тренда



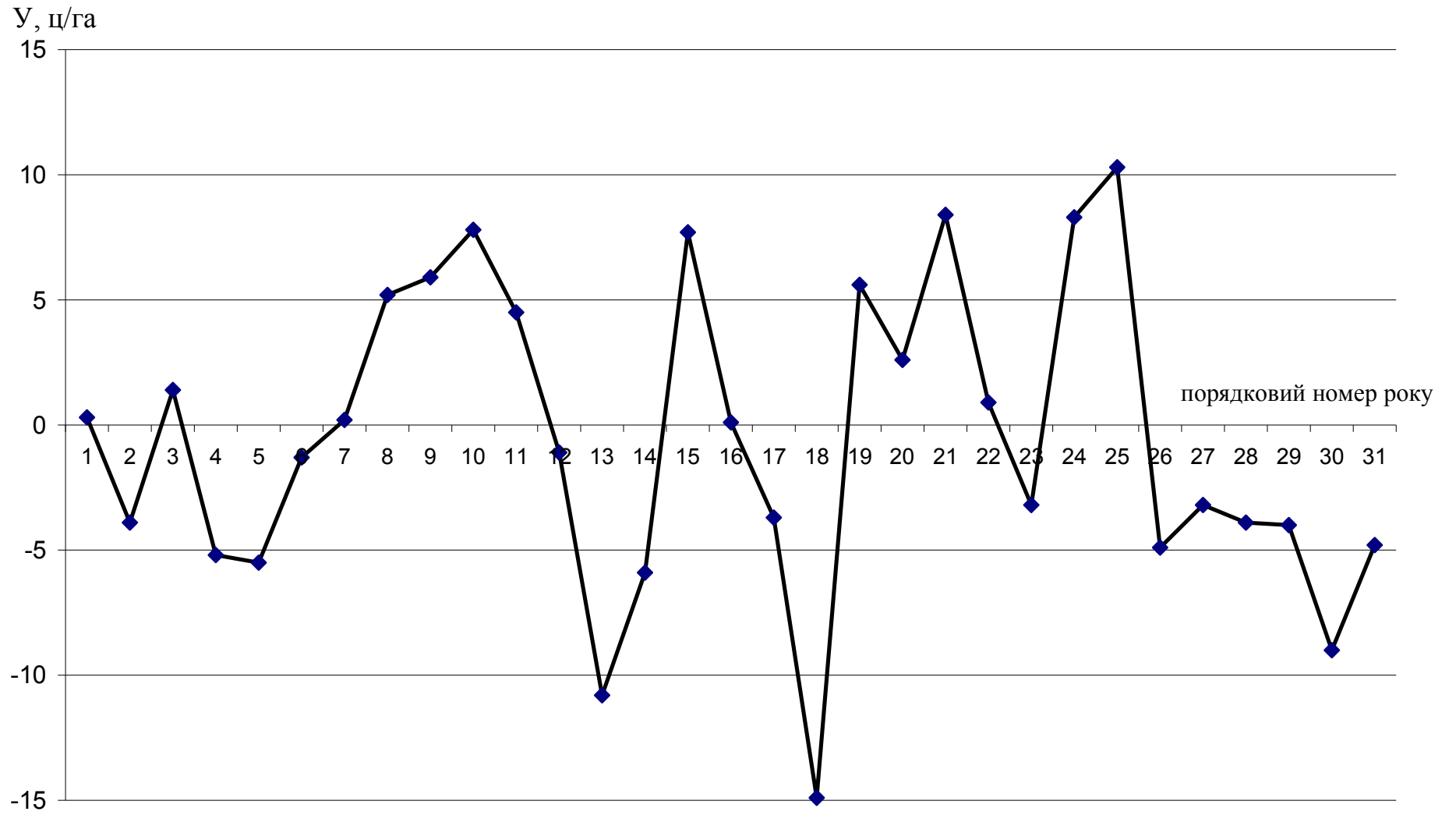


Рисунок. 2.2 - Відхилення урожаїв гороху від лінії тренду на станції Баришівка Київської області

врожайності гороху під впливом в чистому вигляді умов погоди виразилося негативною величиною відхилення порядку 1-15 ц/га. Діапазон відмінностей по станції між максимальними і мінімальними величинами врожаю в 90-ті, 2000-ті, 2010-ті роки становив відповідно 13 ц/га, 23 ц/га, 19 ц/га.

Для станції Фастів (рис. 2.3), яка розташована в центрально-західній частині області також характерна негативна тенденція, яка дорівнює (-0,3) ц/га. Динаміка тенденції врожайності гороху має І6 тип. Так, протягом 90-их; 2000-их років урожай під впливом культури землеробства постійно збільшувався. На початку періоду він становив 18,8 ц/га, а в 2013 році зріс до 29,6 ц/га. Діапазон відмінностей в урожаї гороху під впливом культури землеробства становив 10,8 ц/га. З 2014 року спостерігається різке падіння врожаю на 3,2 ц/га (2019 рік).

При середньому багаторічному урожаї 24,2 ц/га під впливом кліматичних умов окремих років урожай гороху значно варіював. У 90-ті роки максимальний урожай становив 29 ц/га, в 2000-ті - 35 ц/га, а в 2010-ті 39 ц/га. Мінімальний урожай був зібраний в 2001 році в 12 ц/га (рис. 2.4).

Аналогічна закономірність щодо відхилень від лінії тренду характерна для станції Фастів. А саме, врожаї вище лінії тренду змінювалися від 0,8 до 10 ц/га і спостерігалися в 13 роках. Урожай в несприятливі за кліматичними умовами роки в 18 роках знижувався на 0,3-11,4 ц/га (рис. 2.4).

У південно-східній частині області на станції Миронівка (рис. 2.5) врожайність під впливом культури землеробства незначно варіювала. У 90-ті роки врожайність гороху по відношенню до початку періоду підвищилася всього на 3 ц/га. У 2000-ні роки урожай утримувався практично на одному рівні і становив 26,3-26,6 ц/га. У 2010-ті роки тренд характеризується негативною швидкістю тенденції (-0,3) ц/га.

Однак на ст. Миронівка з усіх розглянутих станцій найвищий середній багаторічний урожай - 26,4 ц/га. Так в 1998 році був зібраний найвищий урожай гороху - 40 ц/га; в 2013 році - 37,5 ц/га. Мінімальний же урожай опускався нижче 15 ц/га (рис. 2.5).

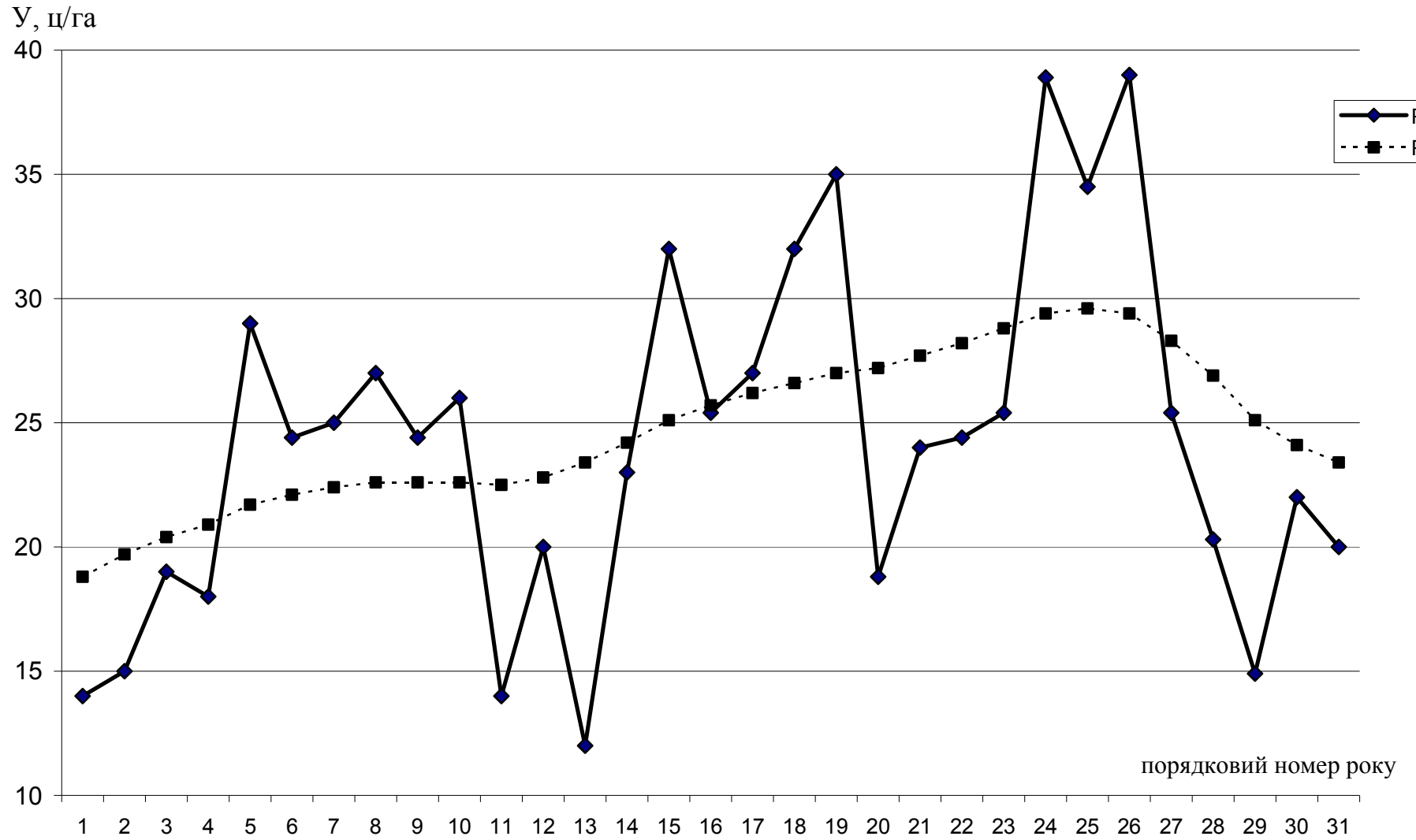


Рисунок 2.3 - Динаміка урожайності гороху на станції Фастів Київської області; 1 - щорічні значення урожаю за період з 1989 по 2019 роки; 2 - лінія тренду

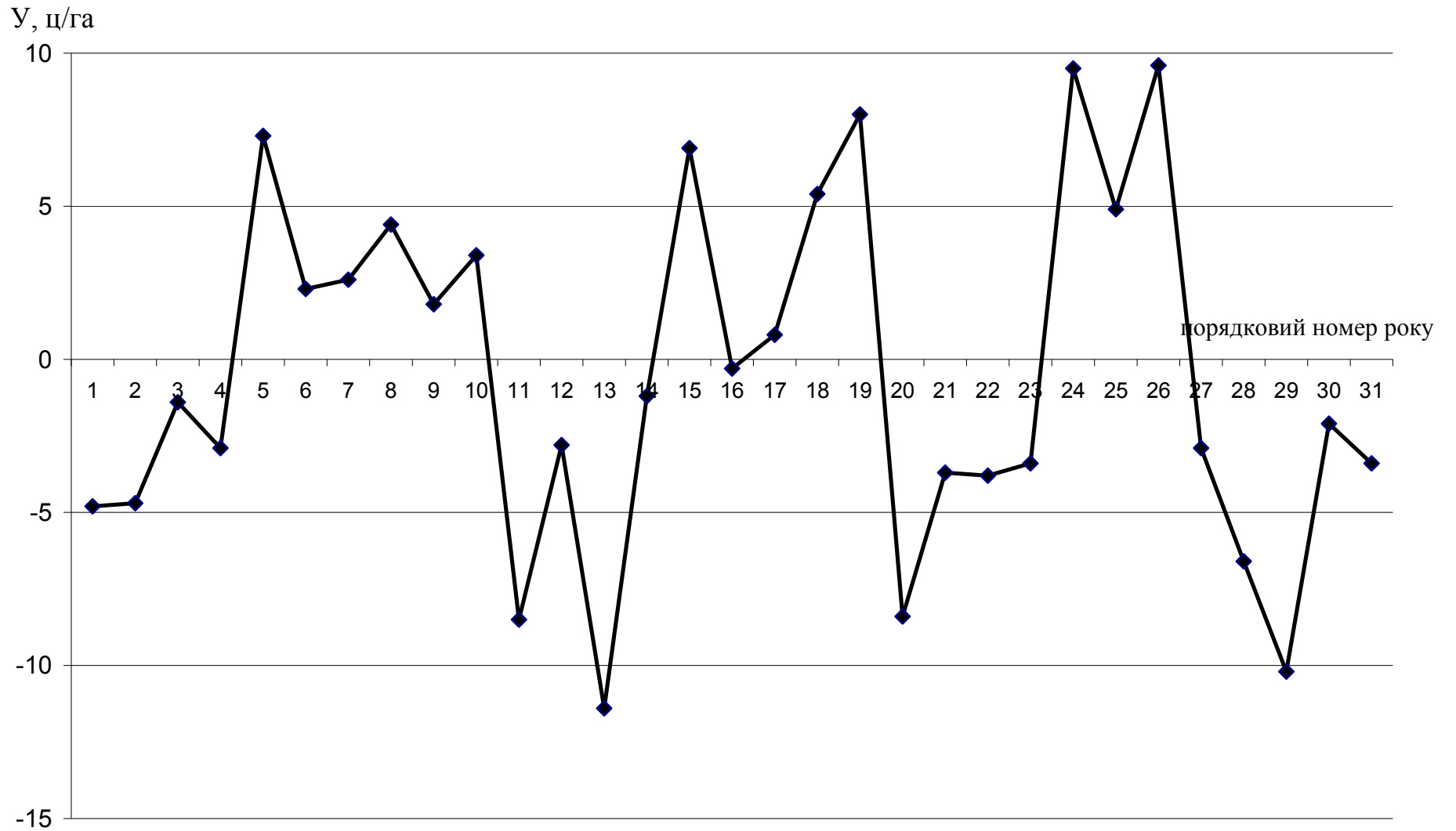


Рисунок 2.4 - Відхилення урожайності гороху від лінії тренду на станції Фастів Київської області

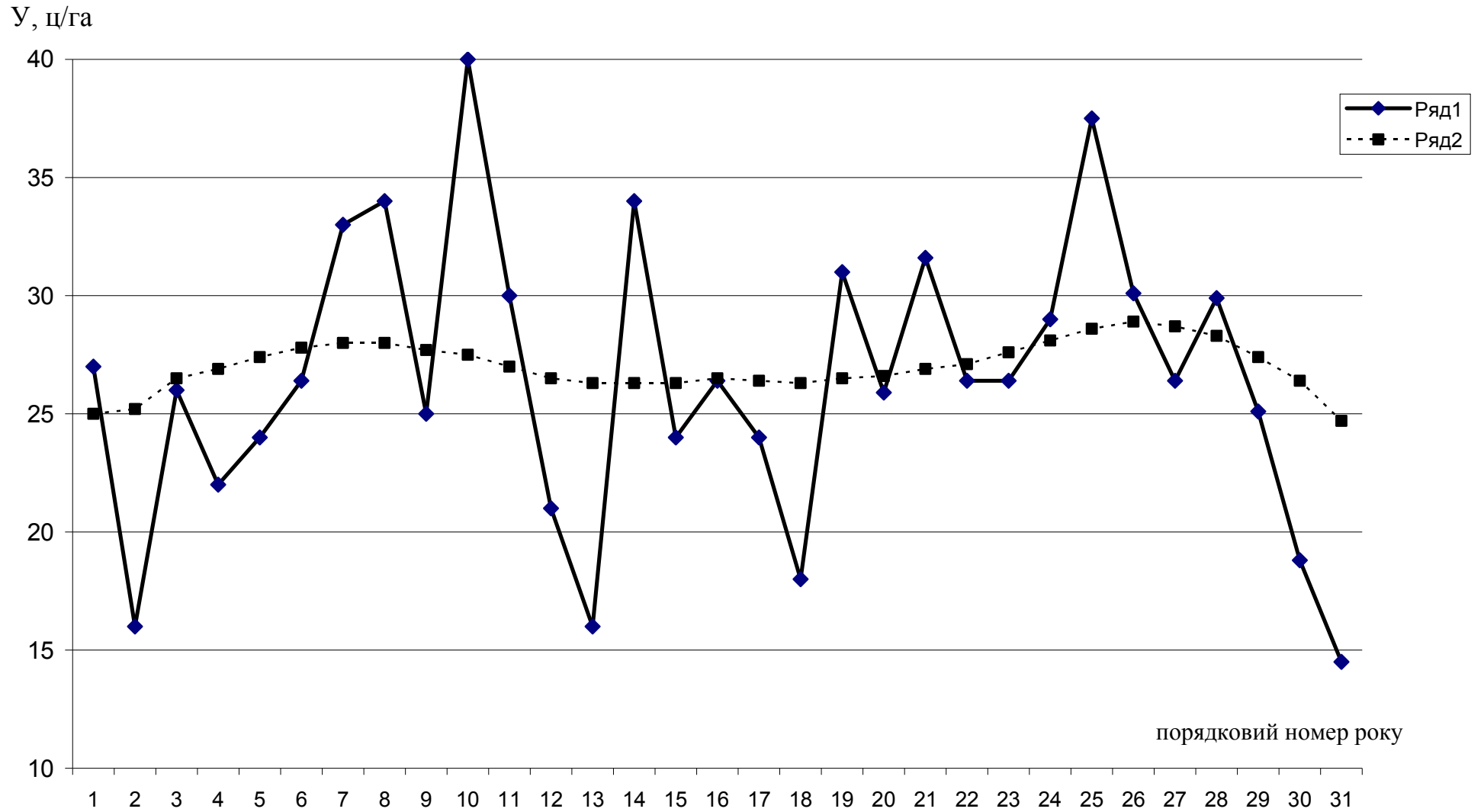


Рисунок 2.5 - Динаміка урожайності гороху на станції Миронівка Київської області:  
 1 - щорічні значення урожаю за період с 1989 по 2019 роки; 2 - лінія тренду

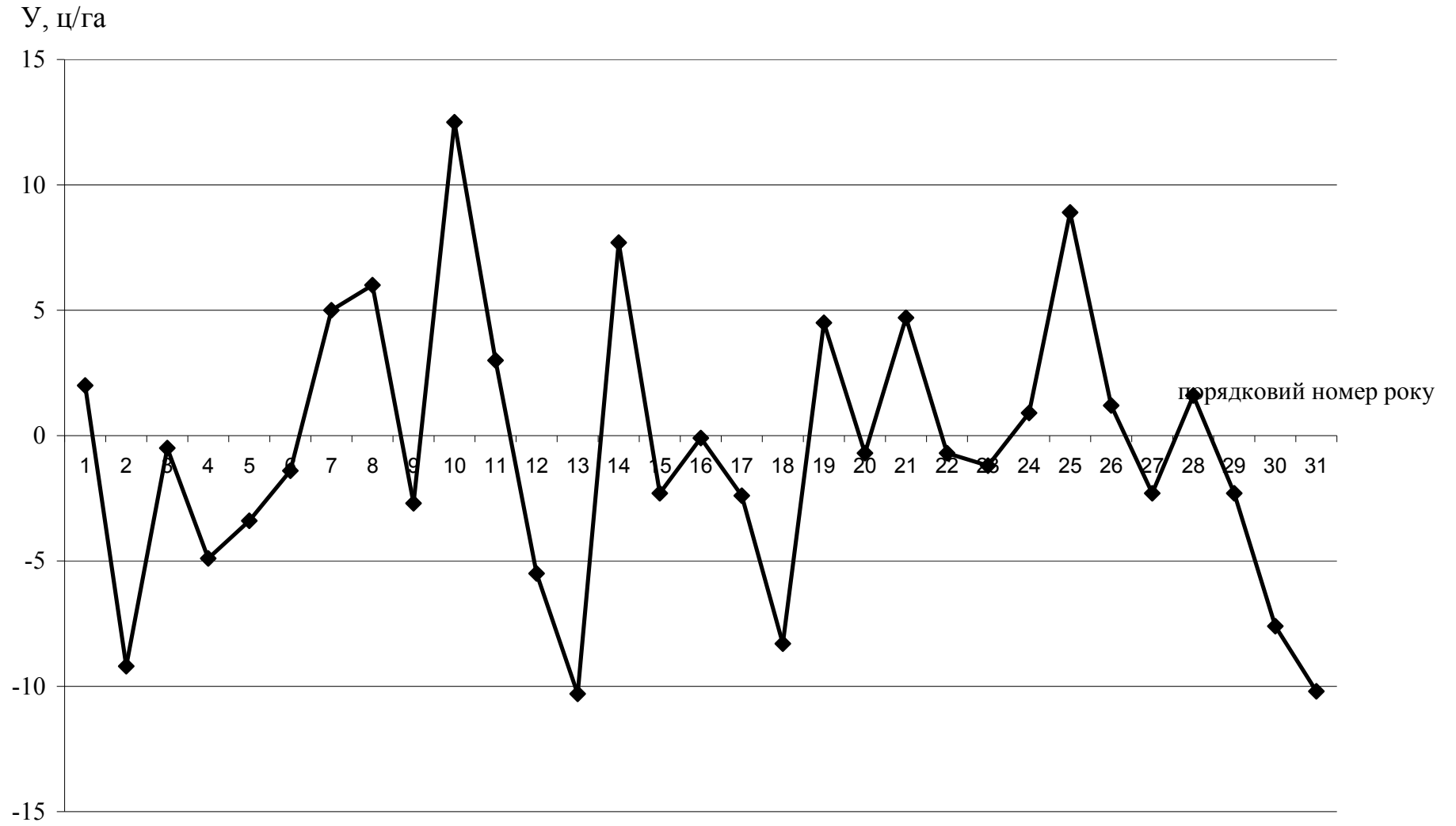


Рисунок 2.6 - Відхилення урожайності гороху від лінії тренду на станції Миронівка Київської області

Графік відхилень на ст. Миронівка показує, що незважаючи на часту повторюваність років з несприятливими умовами тут найвищий рівень середньої багаторічної врожайності гороху (26,4) ц/га. Так в 18 роках спостерігалися негативні відхилення врожаю від лінії тренда і становили 0,1-10 ц/га. У 12 роках складалися сприятливі погодні умови, що виразилося в позитивних відхиленнях порядку 0,9-12,5 ц/га.

З вищевикладеного можна зробити висновок, що по території Київської області спостерігається тенденція падіння врожаїв гороху за рахунок культури землеробства і їх рівні залишаються низькими і не відповідають біокліматичному потенціалу території України.

Разом з тим залежність врожаїв гороху від культури землеробства в усі роки виявилася значною. Цей факт вказує на необхідність проведення заходів щодо застосування оптимальних термінів посіву культури, своєчасного впливу органічних і мінеральних добрив, правильного догляду за посівами. Це в кінцевому рахунку буде сприяти збільшенню врожайності і його середнього приросту.

### 2.3 Імовірна характеристика можливих врожаїв гороху

Агрокліматичні оцінка міжрічної мінливості врожаїв сільськогосподарських культур має важливе практичне значення при обстеженні агропромислового комплексу в конкретному регіоні. Агрономи в сфері своєї діяльності обирають максимальні значення фактичних врожаїв культури, отримані в окремі роки з середніх багаторічних даних для того, щоб в подальшому розвитку сільського господарства приймати завищені зобов'язання в отриманні врожаїв, забезпечених сприятливими поєднаннями тепла і вологи в окремі роки.

В останні роки все ширше використовуються методи математичної статистики для розкриття просторово-часової структури основних параметрів клімату. Велику практичну зацікавленість мають не тільки самі середні

характеристики клімату, але і те, з яких значень вони одержані, яка міра обчислення значень таких характеристик відносно середніх.

Вперше в роботі А.І. Баранова були наведені криві повторюваності абсолютних річних мінімумів температури повітря для деяких пунктів Кримського півострову. В агрокліматичних дослідженнях імовірнісна оцінка показників клімату вперше була застосована Ф.Ф. Давітая для оцінки теплозабезпеченості винограду. Пізніше ця методика була розвинена І.А.Гольцберг, А.Н. Лебедєвим, З.А. Міщенко та ін. стосовно до основних елементів клімату. Виходячи з теоретичних та практичних міркувань Г.А. Алексєєв запропонував для побудови емпіричної кривої забезпеченості користуватися формулою виду:

$$p(x_m) = \frac{m - 0.25}{n + 0.50} 100\%, \quad (2.9)$$

де  $P_{(x_m)}$  - забезпеченість в процентах, значення якої послідовно зростають  $m = 1, 2, \dots$ ;

$n$ - порядковий номер членів статистичного ряду  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , розташованих в порядку зменшення ( $n$  - число років або число спостережень в ряді).

Перевага цієї формули в тому, що вона придатна для елементів клімату з нормальним і асиметричним розподілом.

Г.А. Алексєєв показав, що біноміальна (аналітична) крива забезпеченості  $X_p = \Phi(P)$ , яка визначається, визначена за основними статистичними параметрами ( $X, \sigma_x, Cs$ ) і побудована за допомогою таблиць ймовірності перевищення нормованих відхилень від середнього значення за формулою

$$X_p = X + \sigma_x \Phi(P, Cs), \quad (2.10)$$

повинна пройти через три опорні точки  $X_{P_1}, X_{P_2}, X_{P_3}$ , що відповідають значенням ймовірності  $P_1 = 5\%, P_2 = 50\%, P_3 = 95\%$ , емпіричної кривої, яка



отримана з виразу (2.9). Виходячи з цих умов, Алексєєв довів, що рівняння

$$X + \sigma_x \varphi(P_1, C_s) = X_{p_1},$$

$$X + \sigma_x \varphi(P_2, C_s) = X_{p_2},$$

$$X + \sigma_x \varphi(P_3, C_s) = X_{p_3},$$

з трьома невідомими ( $X$ ,  $\sigma_x$ ,  $C_s$ ) можуть бути вирішені за допомогою запропонованих ним формул. У разі нормального розподілу ( $C_s = 0$ ) завдання зводиться до знаходження  $\sigma_x$  і  $X$ , які можна обчислити за формулами:

$$\sigma_x = \frac{X_{p_1} - X_{p_2}}{\varphi(P_1, C_s) - \varphi(P_2, C_s)} = \frac{x_5 - x_{95}}{\varphi_5 - \varphi_{95}}, \quad (2.11)$$

$$\bar{x} = X_{p_2} - \sigma_x \varphi(P_2, C_s) = x_{50} - \sigma_x \varphi_{50}, \quad (2.12)$$

де  $(\varphi_5 - \varphi_{95})$  - різниця нормованих відхилень, відповідна прийнятій величині;  $\varphi_{50}$  - нормоване відхилення, яке відповідає забезпеченості  $P = 50\%$  при прийнятому  $C_s$ . Значення  $(\varphi_5 - \varphi_{95})$ ,  $\varphi_{50}$ , беруться з таблиці, складеної Г.А. Алексєєвим.

У відповідності до викладеного виконані розрахунки  $P_x$ . % за формулою (2.9) для врожаю гороху з метою визначення між річної мінливості можливих врожаїв культури за даними станції Баришівка, Фастів, Миронівна. В якості вихідної інформації використовувалися щорічні дані за врожайністю гороху за період з 1989 по 2019 року. Визначені статистичні параметри рядів врожайності і результати наведені в додатку Б. Використовуючи ці дані нами побудовані інтегральні емпіричні криві розподілення врожаїв гороху на досліджуваних станціях і отримана табл. 2.1 забезпеченості можливих врожаїв гороху відносно середніх багаторічних значень.

Таблиця 2.1 – Забезпеченість можливих врожаїв ( $U_n$ , ц/га) гороху відносно середніх багаторічних значень

Станція	$U_n$ , ц/га	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
1. Баришівка	19,0	30,2	27,8	25,0	22,8	21,6	19,0	18,7	16,8	14,0	11,0	8,4
2. Фастів	24,2	36,0	33,3	30,5	28,0	26,5	24,2	22,8	21,1	18,5	15,3	12,5
3. Миронівка	26,4	36,5	34,4	31,6	29,8	28,2	26,4	25,3	23,5	21,8	18,6	16,4

Розглянемо більш детально результати розрахунків сумарної імовірності можливих врожаїв гороху, які представлені на рис. 2.7-2.9. Так, на ст. Баришівка, яка розташована в центральній-східній частині області середня багаторічна величина урожаю гороху не перевищують 19 ц/га. Імовірність одержання високих врожаїв тут порядку 27,8 ц/га не перевищує 10%, тобто може спостерігатися не більше 1 разу в 10 років. Однак одержання врожаїв гороху в 11 ц/га забезпечено, на 90%, тобто такі врожаї можуть спостерігатися 9 раз в 10 років (рис. 2.7).

На ст. Фастів (рис. 2.8), яка розташована в центральній-західній частині Київської області на 50% забезпечений урожай гороху в 24,2 ц/га. В останні роки можливе одержання урожаїв різної градації в залежності від погодних умов окремих років. Наприклад, тут на 10% забезпечені врожаї в 33,3 ц/га, тобто такі врожаї можна одержати тільки 1 раз в 10 років. Десять раз в 10 років можна одержати врожаї гороху порядку 15,3 ц/га, забезпеченість 90%.

В південно-західній частині області на ст. Миронівка утворюються благоприємні по поєднанню тепла і вологи кліматичні умови, що забезпечують високий середній багаторічний рівень врожайності. Так, за середнього багаторічного врожаю в 26,4 ц/га на 80-90 % забезпечений урожай гороху порядку 21,8 - 18,6 ц/га, тобто вони можуть спостерігатися в 8-9 раз в 10 років. Імовірність одержання високих врожаїв рівних 34,4 ц/га невелика і не перевищує 1 раз в 10 років, забезпеченість 10% (рис. 2.9).

Із аналізу матеріалів по імовірній характеристиці фактичних врожаїв по станціях Київської області можна зробити наступні висновки. За існуючих умов технології вирощування даної культури імовірність отримання врожаїв 19-26 ц/га забезпечена на 90%. В останні роки на істотну мінливість врожайності в більшій мірі впливають на кліматичні умови території. Тому необхідна детальна оцінка агрокліматичних ресурсів у співвідношенні з раціональним розміщенням існуючих сортів гороху в агрокліматичних районах області і науково-обґрунтованого отримання врожаїв більш високого рівня.

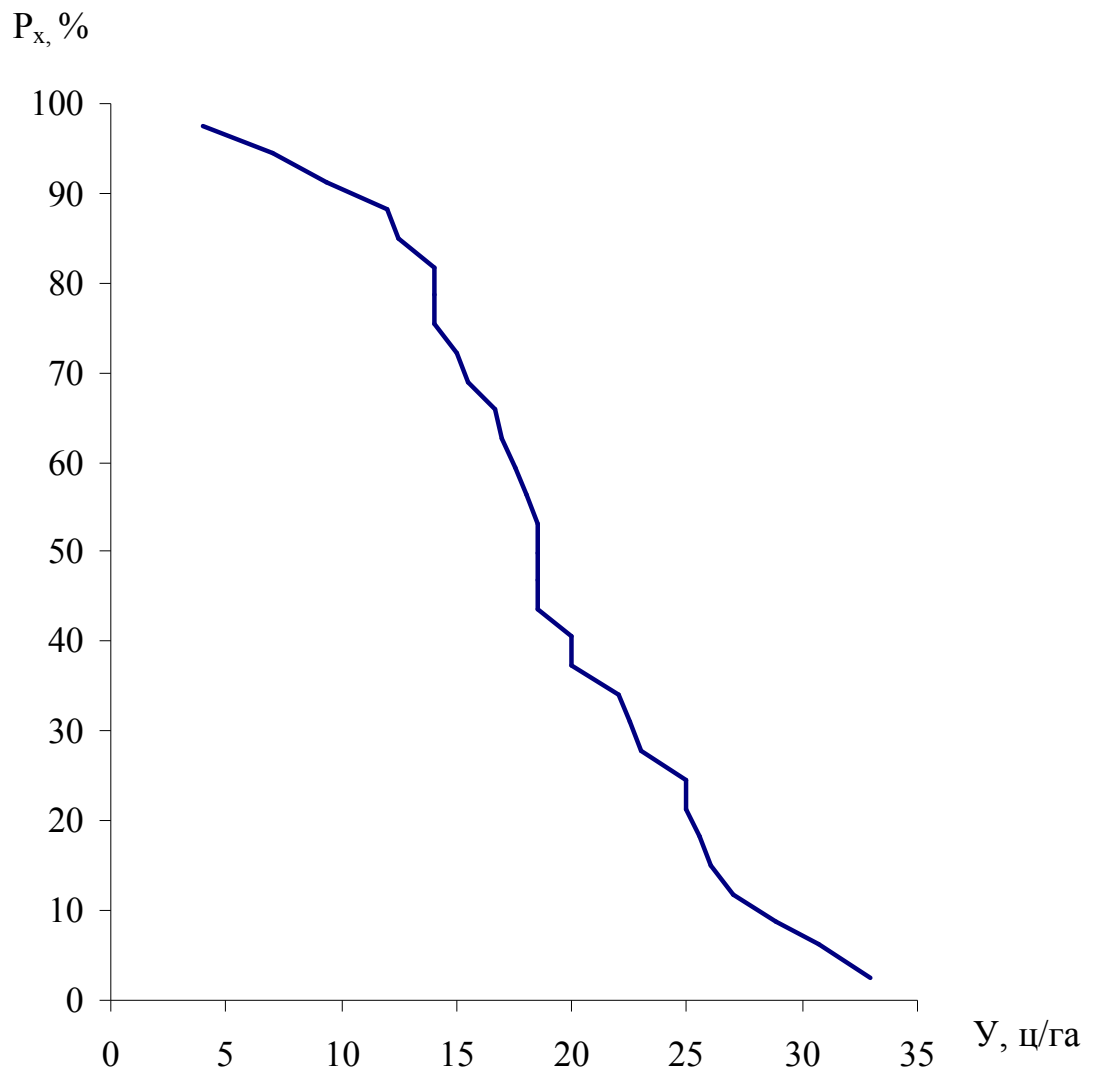


Рисунок 2.7 – Крива імовірності можливих врожаїв гороху на ст. Баришівка Київської області

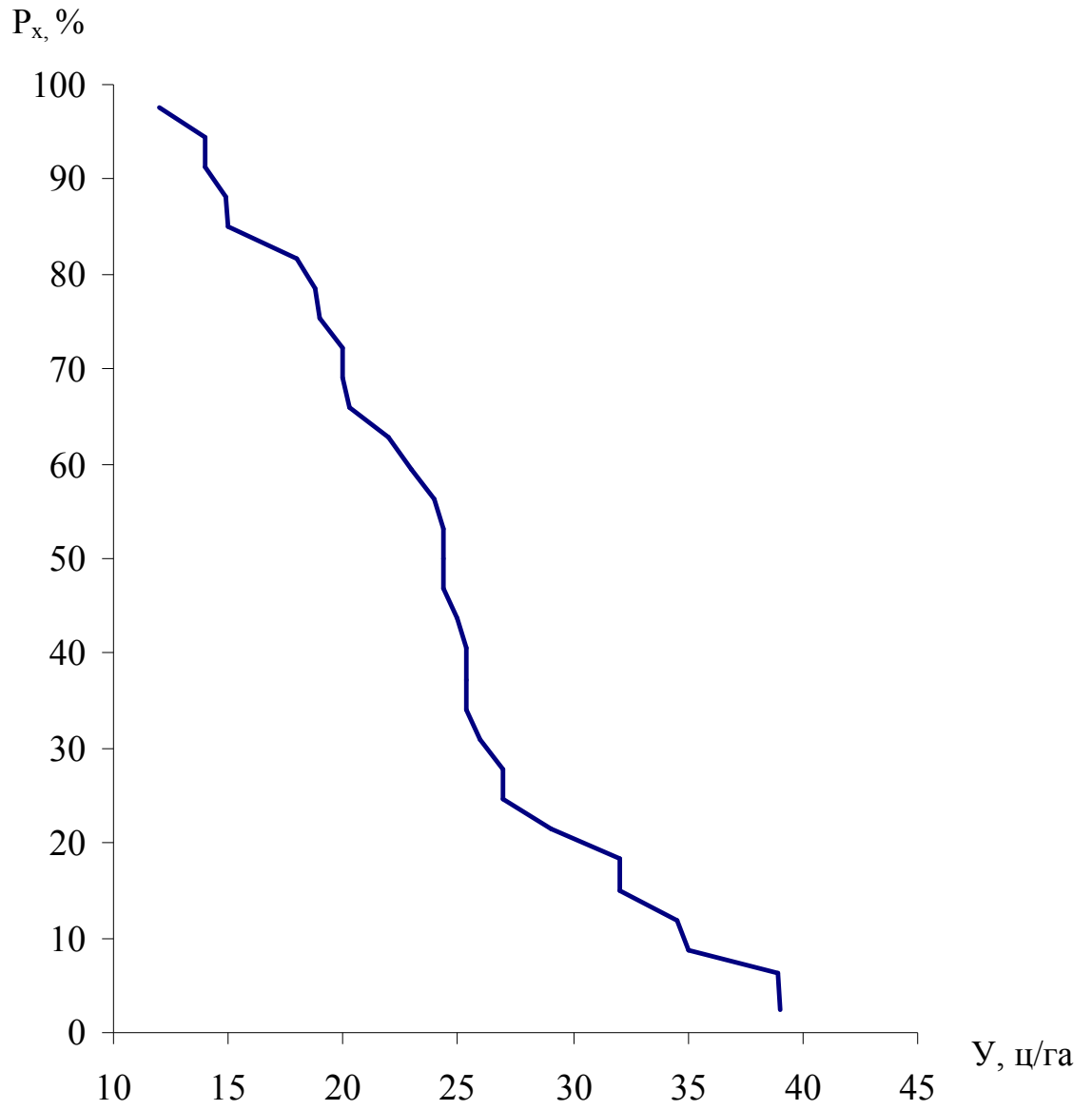


Рисунок 2.8 – Крива імовірності можливих врожаїв гороху на ст. Фастів Київської області

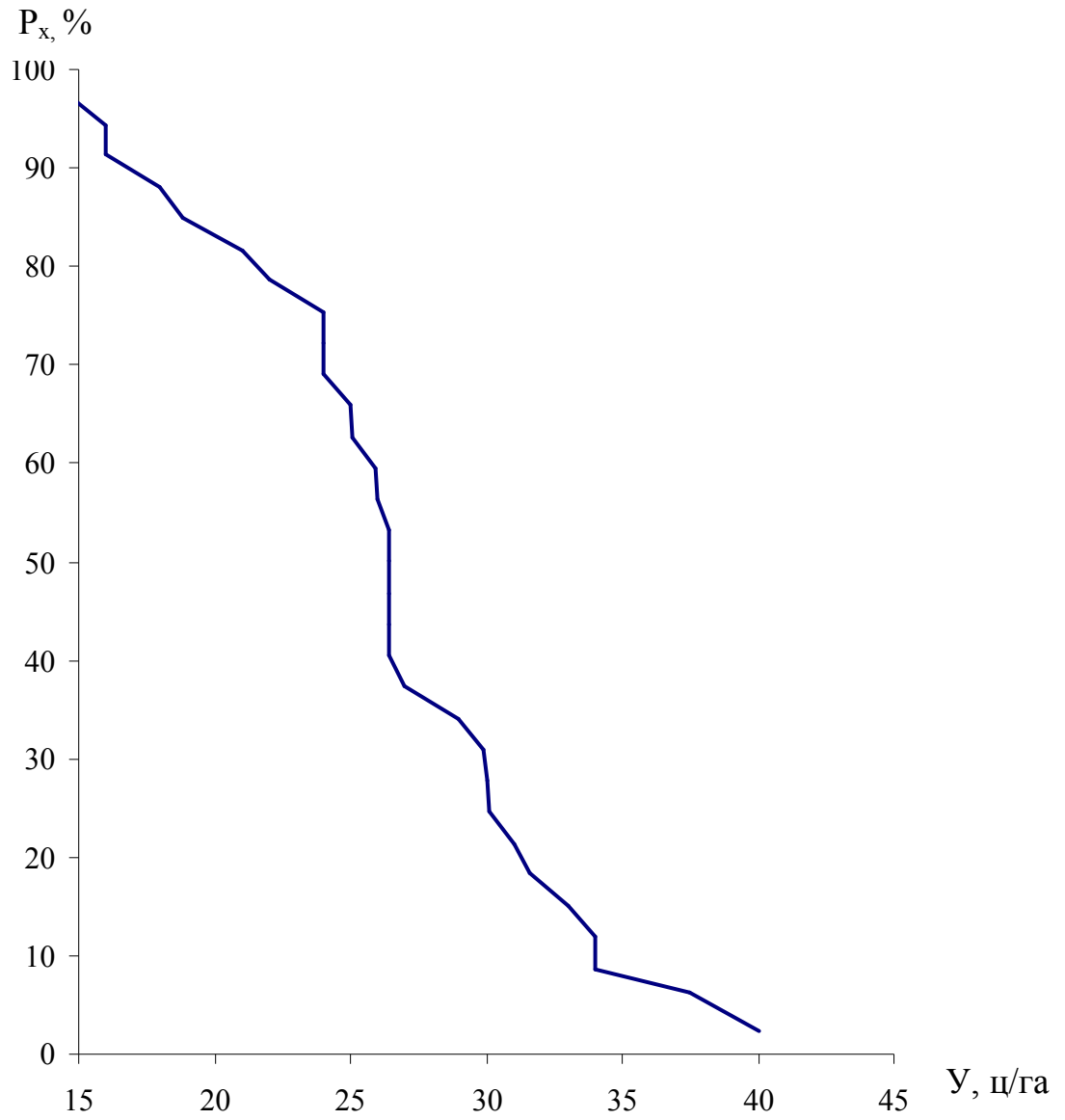


Рисунок 2.9 – Крива імовірності можливих врожаїв гороху на ст. Миронівка Київської області

## 3 ОЦІНКА ЕТАЛОННИХ ВРОЖАЇВ ГОРОХУ В КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

### 3.1 Методи оцінки продуктивності сільськогосподарських культур

Багатьма дослідниками визнається, що найкращим інтегральним показником ступеня сприятливості ґрунтово-кліматичних умов території стосовно до сільськогосподарських культур є їх врожайність. У зв'язку з цим заслуговують на увагу підходи щодо кількісної оцінки впливу агрокліматичних умов на продуктивність сільськогосподарських культур. За методичним прийомом можна виділити два таких підходи: 1) емпірико-статистичний; 2) імітаційно-модельний.

Перший підхід ґрунтується на встановленні статистичних зв'язків врожаю тієї чи іншої культури з метеорологічними чинниками.

У агрометеорологічних аспекті горох вивчений слабо і методик прогнозу його врожайності до сьогоденного часу для території України майже немає. Нещодавно в УкрНДІ розроблена методика середньої обласної урожайності і валового збору гороху для території України. Середня виправданість методу складає в середньому 84%. Методичні вказівки розроблені і складені Левенко А.А. [10].

При розробці методу прогнозу вся територія України умовно поділена на три зони. В першу зону увійшли Закарпатська, Львівська, Івано-Франківська, Чернівецька, Хмельницька, Тернопільська, Рівненська і Волинська області; в другу зону – Житомирська, Вінницька, Черкаська, Сумська, Полтавська і Харківська області» в третю – Кіровоградська, Одеська, Миколаївська, Херсонська, Кримська, Дніпропетровська, Донецька, Луганська і Запорізька області.

Середнє обласне значення очікуваної врожайності  $U_v$  розраховується після 10-го липня за 40-50 днів до збирання за формулою:

$$Y_{\text{e}} = Y_{\text{T}} + K_0^j \cdot K_u \quad (3.1)$$

де  $Y_{\text{T}}$  - врожайність, яка визначається шляхом екстраполяції тренду;

$K_0^j$  - коефіцієнт, який врахований впливом метеорологічних умов на врожайність даного року по відношенню до врожайності еталонного року ( $j=1, 2, 3$  – номер зони);

$K_u$  - значення тренду модулів відхилення врожайності від її тренду в ц/га.

В якості еталонного року при розробці методики був обраний 1978 рік.

Який би характер не носили емпіричні формули, їх структура незмінно передбачає обчислення кінцевого врожаю культури через той чи інший погодний фактор або комбінацію ряду таких факторів. Найбільш часто при цьому застосовуються методи регресійного і інформаційного аналізу.

Протилежним емпірико-статистичному методу є імітаційно-модельний. В цьому випадку не висновки з середньостатистичної обробки, а фізичні міркування, що впливають із суті розглянутого явища кладуться в основу аналізу і оцінки урожайності культурних рослин. Істотним кроком вперед в розробці фізико-статистичних моделей для оцінки агрокліматичних ресурсів є запропонований П.І. Колосковим метод, який отримав подальший розвиток в роботах С.А. Сапожникової і Д.І. Шашко [24], а саме, метод оцінки землі за значеннями біокліматичного потенціалу (БКП).

Біокліматичний потенціал території стосовно зернових культур, запропонований Д.І. Шашко [24] розраховується за формулою:

$$БКП = K_p = \frac{\Sigma T_{\text{акт}}}{\Sigma T_{\text{акт(баз)}}} \quad (3.2)$$

де  $K_p$  - коефіцієнт зростання за річним показником атмосферного зволоження або коефіцієнт біологічної продуктивності;

$\Sigma T_{\text{акт}}$  - сума середньодобових температур повітря за період активної вегетації рослин в даному районі;



$\Sigma T_{акт} (баз)$  - базисна сума середньодобових температур повітря за період активної вегетації (1000 °C для зернових культур).

Більш прийнятна фізико-статистична модель продуктивності процесів агробіоценозів була запропонована де Вітом [12]. У модифікації Хенкса цю модель продуктивності культурних рослин можна записати у вигляді

$$\frac{Y}{Y_p} = \frac{Gr}{Gr_p} \quad (3.3)$$

де  $Y$  - розглянутий урожай культури;

$Y_p$  - потенційний урожай даної культури;

$Gr$  - фактична транспірація;

$Gr_p$  - потенційна транспірація.

З фізико-статистичних моделей агрокліматичних ресурсів території СНД на особливу увагу заслуговують комплексні моделі А.Р. Константинова і В.П. Дмитренко [12]. У загальному вигляді модель А.Р. Константинова має вигляд:

$$Y_{роз} = Y_1^2 + \Sigma \Delta Y_1^2 \quad (3.4)$$

де  $Y_{роз}$  - відносне значення розрахункової врожайності (в частках середньої врожайності, досягнутої при існуючому рівні культури землеробства на конкретну дату);

$Y_1^Г$  - графічне значення відносної врожайності, обумовлене впливом першого фактора;

$\Delta Y_1^Г$  - додатковий вплив на врожайність інших факторів, що визначається за допомогою графічної регресії.

В якості основних факторів взяті: біологічні особливості культури, гідрометеорологічні елементи, родючість ґрунту і агротехніка. Вплив всіх визначальних чинників запропоновано оцінювати в відносних одиницях

врожайності, що дозволяє наочно судити про їх значущість і безпосередньо порівнювати між собою. З урахуванням сказаного модель набирає вигляду

$$Y_{T,e}^2 + Y_{T,p}^2 + Y_{wQ}^2 + Y_{A,\Pi}^2 + Y_{A,yd}^2 + Y_{A,C}^2 - 5, \quad (3.5)$$

де  $Y_{T,e}^2$  - врожайність, обумовлена впливом температури і вологості повітря теплого періоду;

$Y_{T,h}^2$  - врожайність, обумовлена впливом умов перезимівлі;

$Y_{w,Q}^2$  - врожайність, обумовлена ґрунтовим родючістю;

$W$  - запаси продуктивної вологи;

$Q$  - об'ємна маса ґрунту;

$Y_{A,C}^2$  - врожайність, обумовлена сортом культури;

$Y_{A,yd}^2$  - врожайність, обумовлена добривами.

В останні роки широке визнання отримала фізико-статистична модель продуктивності, розроблена Х.Г. Тоомінгом [20]. Він ввів поняття еталонних врожаїв і пропонує розглядати різні категорії врожаїв і виробляти порівняльну оцінку.

1. Потенційний урожай (*ПУ*).
2. Дійсно - можливий урожай (*ДМВ*).
3. Урожай у виробництві (*Ув*), одержуваний за даними щорічних статистичних довідників.

Потенційний урожай - це значення врожаю, яке забезпечується приходом ФАР в конкретній місцевості при ідеальних умовах протягом усього вегетаційного періоду культури, що розглядається. При цьому урожай, що становить суху фітомасу можна наближено розрахувати на підставі середнього за вегетаційний період потенційного ККД.

Приблизну оцінку потенційних врожаїв можна розраховувати за формулою:

$$Y_{\text{пт}} = \frac{\eta_k \cdot K_x \cdot \sum Q_{\phi}}{q} \cdot 10^4, (ц/га) \quad (3.6)$$

де  $\eta_k$  – коефіцієнт використання ФАР, так званий ККД посівів (%);

$K_x$  – коефіцієнт, який визначає господарсько-цінну частину врожаю;

$\sum Q_{\phi}$  - сума ФАР за період вегетації (МДж/м<sup>2</sup>);

$q$  – калорійність одиниці врожайності органічної речовини, тобто питома теплота згорання (МДж/кг).

Середня питома теплота згорання ( $q$ ) коливається в межах 16,7-20,5 МДж/м<sup>2</sup>. Але для окремих видів величина  $q$  може вийти за ці межі.

У ряді робіт наводиться оцінка можливої верхньої межі коефіцієнта корисної дії посівів сільськогосподарських культур. Найбільш обґрунтованою є оцінка А.А. Ничипоровича [13] і С.І. Шатілова. В їх роботах посіви по їх середнім значенням ККД підрозділяються на наступні групи

1. Які звичайно спостерігаються	0,5-1,5%
2. Добрі	1,5-3,0%
3. Рекордні	3,5-5,0%
4. Теоретично можливі посіви	6,0-8,0%

Коефіцієнт господарської ефективності врожаю ( $K_x$ ) визначається відношенням кількості сухої маси господарської частини врожаю до ваги загальної сухої фітомаси. Він залежить від сорту культури, від агрометеорологічних факторів, умов живлення, стану посівів.

Однак, в реальних умовах, величина потенційної врожайності обмежується впливом клімату, особливостями погоди, родючістю ґрунту. Можна відмітити, що потенційна врожайність це теоретична величина, оскільки така врожайність може бути досягнута в результаті засвоєння посівами культури ФАР, яка поступає, за умови, що всі інші фактори знаходяться в оптимумі.

Дійсно-можливий урожай (ДМВ) - це урожай, який визначається значенням ПУ і лімітується дією метеорологічних факторів протягом

вегетації. *ДМВ* відрізняється від *ПУ* тим більше, чим більше метеорологічні чинники відрізняються від оптимальних. Він розраховується за формулою

$$Y_{\text{дв}} = Y_{\text{пт}} \cdot \frac{E_{\phi}}{E_0} \quad (3.7)$$

Тобто дійсно-можливий врожай визначається за значеннями потенційного врожаю та лімітується впливом умов волого забезпечення.

$E_{\phi}$  – фактичне випаровування (мм),

$E_0$  – випаровуваність (мм).

Удв відрізняється від Упт тим більше, чим більше метеорологічні фактори відрізняються від оптимальних. Іншими словами, під величиною Удв розуміють такий рівень врожайності, якого можна досягти на кожному конкретному полі з урахуванням реальної ґрунтової родючості.

Задача агротехніки, меліорації, районування культур, селекції і розробки принципів підвищення ефективності використання посівами ФАР, тобто зменшення різниці Удв і Упт. Ця різниця визначає максимальний приріст врожаю.

Різниця між Удв і Уп оцінює підбір врожаю, який обумовлений неповним використанням погодних умов при вирощування даної культури.

Перевага методу еталонних врожаїв полягає в тому, що він дозволяє вийти на агрокліматичну оцінку продуктивності сільськогосподарських культур стосовно території різного масштабу з визначенням ступеня сприятливості клімату та ефективності його використання. Пізніше на базі моделі продуктивності посівів по Х.Г. Тоомінгу розроблені модифікації моделей «Клімат-врожай» стосовно ряду однорічних культур і винограду.

### 3.2 Методика і оцінка характеристик сонячної радіації для умов відкритого рівного місця

Сонячна радіація є джерелом енергії для живих організмів на землі. Короткохвильова сонячна радіація (КВР) забезпечує рослини енергією, які вони використовують в процесі фотосинтезу для створення органічної речовини, впливає на процеси росту і розвитку, а також їх хімічний склад і якість продукції. В кінцевому підсумку КВР є основним фактором врожайності культурних рослин. [3, 14, 25].

Промениста енергія сонця на шляху від зовнішніх меж атмосфери до земної поверхні піддається ряду істотних змін, що відбуваються в слідстві її поглинання і розсіяння. Пряма сонячна радіація досягає земної поверхні у вигляді паралельного пучка променів, що йдуть від сонця ( $S$ ), разом з тим, деяка частка радіації, розсіяної в атмосфері, приходить до земної поверхні, як розсіяна радіація від усіх точок небосхилу ( $D$ ).

Пряма сонячна і розсіяна радіація в сумі дають сумарну короткохвильову радіацію (КВР):

$$Q = S + D \quad (3.8)$$

Ці види КВР вимірюються актинометричними приладами на мережі метеорологічних станцій. Ці показники досить ефективні для дійсної оцінки агрокліматичних ресурсів на рівнинних землях на території зі складним рельєфом.

Не дивлячись на їх важливість, мережа актинометричних станцій на території СНД недостатня для виявлення географічних особливостей радіаційно-світлових ресурсів в конкретних регіонах і республіках. Тому при вирішенні агрокліматичних завдань виникає необхідність отримання інформації про сумарну сонячну радіацію по більш густій мережі метеорологічних станцій в конкретному регіоні. Для цього застосовують

розрахункові методи з використанням відомих формул про зв'язки між сумарною радіацією ( $\Sigma Q$ ) і тривалістю сонячного сяйва ( $S_c$ ), а також загальною та нижньою хмарністю вказаних в ряді робіт [26].

Формула Т.Г. Берлянда [26] має вигляд:

$$\Sigma Q = \Sigma Q_0 (1 - a_n - b_n^2) \quad (3.9)$$

де  $\Sigma Q_0$  - місячна сума сумарної радіації при безхмарному небі; (a, b) - числові безрозмірні коефіцієнти;  $b = 0,38$ ; значення і залежить від широти місця положення (для широт від 0 до 60°  $a = 0,38 \pm 0,02$ ); n-середнє місячне значення загальної хмарності, виражене в частках одиниці.

За формулою (3.9) можна обчислити середні місячні суми  $Q$ , що надходять на горизонтальну поверхню для будь-якого пункту розташованого на території СНД, з похибкою не більше 50% у порівнянні з кліматичними.

Більш надійні результати можна отримати на основі використання зв'язку сумарною радіації з тривалістю сонячного сяйва. Для розрахунків місячних сум сумарної сонячної радіації за даними про дійсну тривалістю сонячного сяйва в конкретному регіоні часто використовується універсальна формула А.Н.Українцева, уточнена С.І. Сівковим

$$\Sigma Q = 49 \cdot S^{1.31} \cdot 10^{-4} + 10.5(\sinh \Theta)^{2.1} \quad (3.10)$$

де  $S$  - дійсна тривалість сонячного сяйва за місяць, період виражений в годинах;  $h_\Theta$  - висота сонця в полудень на середину місяця. Полуденна висота сонця ( $h_\Theta$ ) розраховується за формулою:

$$h_n = 90 - \varphi + S_0, \quad (3.11)$$

де  $\varphi$ -широта місця;  $S_0$ - нахил сонця.

Частина сонячного спектра сонячного світла, яка безпосередньо бере участь у процесі фотосинтезу рослин, називається фотосинтетично активною радіацією (ФАР). В межах фізіологічної радіації виділяють ФАР з довжиною хвилі 0,38-0,71 мкм. Фотосинтез, що протікає завдяки поглинанню ФАР є головним фактором в отриманні врожаю, формуючи приблизно 0,8 - 0,9 його величини. Згідно з дослідженнями О.Авасте, Б.І.Гуляєва, Х.Молдау, Х.Г.Тоомінга [20, 26], в актинометричних розрахунках для умов рівного місця перехід від короткохвильового радіації до ФАР здійснюються за формулами:

$$\begin{aligned}\Sigma S_{\phi} &= C_s \cdot \Sigma S \\ \Sigma D_{\phi} &= C_d \cdot \Sigma D \\ \Sigma Q_{\phi} &= C_q \cdot \Sigma Q\end{aligned}\tag{3.12}$$

де -  $\Sigma S_{\phi}$ ,  $\Sigma D_{\phi}$ ,  $\Sigma Q_{\phi}$  - відповідно сума прямої, розсіяної, сумарною радіації, підраховані за день, декаду, місяць;  $\bar{C}_s, \bar{C}_d, \bar{C}_q$  - середні коефіцієнти переходу від КВР до ФАР.

Розрахунковий і експериментальний методи показали порівняно хорошу стабільність і географічну універсальність перехідних коефіцієнтів, які можна прийняти рівними  $\bar{C}_s = 0,3$  і  $\bar{C}_d = 0,57$ . Звідси випливає, що розрахунки денних сум фотосинтетичний активній радіації (ФАР) можна виконати за формулою:

$$\Sigma Q_{\phi} = 0,43 \Sigma S + 0,57 \Sigma D = 0,5 \Sigma Q\tag{3.13}$$

Для агрокліматичної оцінки енергетичних ресурсів, розрахунки  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  за теплий період з денною температурою повітря ( $T_d$ ) вище 10 °C виконуються за формулами:

$$\begin{aligned}\Sigma Q &= \Sigma(Q_4 \cdot N_4 + Q_5 \cdot N_5 + \dots + Q_{10} \cdot N_{10}) \\ \Sigma Q_{\phi} &= \Sigma(Q_{\phi} \cdot N_4 + Q_{\phi} \cdot N_5 + \dots + Q_{\phi} \cdot N_{10})\end{aligned}\quad (3.14)$$

де  $N$  з індексом  $IV, V \dots X$  означає число днів в квітні, травні і до жовтня з  $T_c$  вище  $10^\circ\text{C}$ .

Розрахунки сумарної сонячної радіації доцільні для визначення декадних і місячних значень цього показника. Однак, для отримання масових даних по  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  за теплий період з температурою повітря вище  $10^\circ\text{C}$  користуватися вище зазначеними формулами важко.

Тому нами застосований непрямий метод розрахунків, заснований на встановленні по З.А.Міщенко і С.В. Ляховою [26] для території України кількісних взаємозв'язків між  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  з температурою вище  $10^\circ\text{C}$ . Ними була застосована методика ущільнення агрокліматичної інформації, суть якої полягає у встановленні кількісних залежностей між відомими і шуканими агрокліматичними показниками. В даному випадку встановлена прямолінійна залежність місячних сум сумарної радіації від тривалості сонячного саява  $\Sigma S_c$  і полуденної висоти Сонця ( $\sinh_{\Theta}$ ), окремо для весни, літа, осені. Рівняння множинної регресії мають такий вигляд:

$$\text{Весна: } \Sigma Q = 1,697 \Sigma S_c + 280,14 \sinh_{\Theta} - 92,26 \quad (3.15)$$

$$\text{Літо: } \Sigma Q = 1,299 \Sigma S_c + 723,11 \sinh_{\Theta} - 39,13 \quad (3.16)$$

Розраховані також відповідні статистичні параметри до рівнянь. Коефіцієнти кореляції між  $\Sigma Q$  і  $\Sigma S_c$  залишаються в усі сезони досить високі ( $r = 0,90-0,98$ ), а середні квадратичні помилки коефіцієнтів кореляції і ймовірні помилки малі ( $0,03-0,04$ ).

За допомогою рівнянь (3.15, 3.16) авторами були розраховані місячні суми ФАР, а також суми цих показників за теплий період з температурою повітря вище  $10^\circ\text{C}$  додатково для 68 метеорологічних станцій України.



Оскільки цих даних було недостатньо для картографування радіаційно-теплових ресурсів України, то ними встановлені прямолінійні залежності між сумами температур повітря за період з  $T_c$  вище  $10\text{ }^\circ\text{C}$  ( $\Sigma T_c$ ) і  $\Sigma Q$  за той же період. Відповідні рівняння зв'язку мають вигляд:

$$\Sigma Q = 0,89\Sigma T_c + 450,2 \quad (3.17)$$

$$\Sigma Q_\phi = 0,292\Sigma T_c + 712 \quad (3.18)$$

Коефіцієнт кореляції між цими показниками клімату коливаються в межах  $0,90 - 0,96$ . Середні квадратичні помилки коефіцієнтів кореляції не перевищують  $0,04 - 0,05$  та ймовірні помилки малі.

Використовуючи вищевикладену методику за датами переходу  $\Sigma T_c > 10^0\text{ }^\circ\text{C}$  навесні та восени і сумах середньодобових температур повітря за теплий період нами визначені суми сумарної радіації і ФАР за той же період для восьми станцій Київської області. Результати розрахунків радіаційно-теплових ресурсів для середніх багаторічних умов надані в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Радіаційно-теплові ресурси за теплий період з  $\Sigma T_c > 10^0\text{ }^\circ\text{C}$  в Київській області

№	Станція	Д <sub>в</sub>	Д <sub>о</sub>	N <sub>тп</sub>	$\Sigma T_c > 10^0\text{ }^\circ\text{C}$	$\Sigma Q$ МДж/м <sup>2</sup>	$\Sigma Q_\phi$ МДж/м <sup>2</sup>
1	Поліське	28.IV	29.IX	153	2455	2635	1318
2	Тетерев	28.IV	28.IX	152	2440	2622	1311
3	Баришівка	28.IV	30.IX	155	2530	2702	1351
4	Бориспіль	26.IV	2.X	158	2625	2786	1393
5	Яготин	26.IV	1.X	157	2620	2782	1391
6	Фастів	26.IV	1.X	157	2560	2729	1364
7	Біла Церква	26.IV	5.X	161	2640	2800	1400
8	Миронівка	26.IV	3.X	159	2699	2852	1426

Із неї видно, що тривалість періоду з температурою повітря вище  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  збільшується з півночі на південь області від 152 до 161 дня. У відповідності до розподілу характеристик сонячної радіації змінюються і термічні ресурси території. Так,  $\sum T_c > 10^0\text{ }^{\circ}\text{C}$  відповідно зростають з півночі на південь від 2455 (ст. Поліське) до 2699 (ст. Миронівка). Діапазон різниці в  $\sum T_c > 10^0\text{ }^{\circ}\text{C}$  значний і складає  $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Сумарна сонячна радіація і ФАР також збільшуються в напрямку з півночі на південь Київської області. Наприклад, в північній частині області (ст. Поліське) суми сумарної радіації і ФАР відповідно складають за теплий період з  $\sum T_c > 10^0\text{ }^{\circ}\text{C}$  2635 і 1318 МДж/м<sup>2</sup>. В центральній частині області на ст. Барішівка, ст. Бориспіль значення  $\sum Q$  і  $\sum Q_{\phi}$  збільшуються відповідно до 2702, 2786 МДж/м<sup>2</sup> і 1351, 1393 МДж/м<sup>2</sup>. На півдні області (ст. Миронівка) суми сумарної радіації і ФАР за теплий період з  $\sum T_c > 10^0\text{ }^{\circ}\text{C}$  складають відповідно 2852 і 1426 МДж/м<sup>2</sup>. Діапазон зональних відмінностей в сумах сумарної сонячної радіації і ФАР з  $\sum T_c > 10^0\text{ }^{\circ}\text{C}$  між північною та південною частинами області складає відповідно 217 і 109 МДж/м<sup>2</sup>.

### 3.3 Агрокліматична оцінка врожаїв гороху різного виду і рівня в Київській області

Відомо, що рівень врожаю залежить від біологічних властивостей культури або сорту, кількості приходу ФАР, кількості елементів живлення в ґрунті, рівня агротехніки та того на скільки сприятливі метеорологічні умови для використання сонячної радіації при формуванні врожаїв.

Отримані значення сумарної сонячної радіації і ФАР, а також коефіцієнта ґрунтово-атмосферного зволоження ( $E/E_0$ ) дозволили розрахувати величини потенційних (ПУ) і дійсно-можливих (ДМВ) врожаїв

зеленого горошку і сухої маси зерна для станцій, які рівномірно освітлюють Київську область.

Використовуючи фізико-статистичну модель Тоомінга «клімат-урожай» нами були розраховані *ПУ* і *ДМВ* для різних значень ККД дії сонячної радіації ( $\eta$ ): 0,5; 1,0; 2,0; 3%.

Результати розрахунків потенційного і дійсно-можливого врожаїв зеленого горошку представлені в табл. 3.2. При розрахунку врожаю потенційного у формулі (3.3) параграфу 3.1 калорійність рослини ( $q$ ) прийнята дорівнює  $2100 \text{ м}^3/\text{м}^2$  (5012 ккал/га). Коефіцієнт господарської ефективності врожаю в даному випадку при стандартній вологості ( $K_{\text{хоз}}$ ) дорівнює 0,56. Денна сума ФАР за теплий період ( $\Sigma Q_{\text{фкл}}$ ) перерахована на суму ФАР за період від посіву - до дозрівання бобів на п'ятому суцвітті ( $\Sigma Q_{\text{фб}}$ ). Уточнимо, що посів гороху на території Київської області в середньому багаторічному проводиться у другій декаді квітня. А освіта бобів на п'ятому суцвітті доводиться на кінець червня, початок липня. Період вегетації становить 75-78 днів.

З табл. 3.2 видно, що біологічні суми ФАР для зеленого горошку характеризуються великою в просторі з тенденцією до їх збільшення з півночі на південь Київської області від  $882 \text{ МДж}/\text{м}^2$  (ст. Поліське) до  $936 \text{ МДж}/\text{м}^2$  (ст. Миронівка).

Так як потенційний урожай зеленого горошку в значній мірі залежить від фотосинтетичний активній радіації, а суми ФАР зростають з півночі на південь, то відповідно і *ПУ* господарсько цінної частини врожаю зеленого горошку збільшується в цьому напрямку. Наприклад, на півночі області (ст. Поліське) при  $\eta$  дорівнює 1% н 3% урожай становить відповідно 23,6 ц/га та 70,8 ц/га.

У центральній частині області на ст. Бориспіль при ККД використання ФАР в 1% і 3% можна зібрати урожай зеленого горошку рівний 24,2 ц/га та 72,6 ц/га. Така ж закономірність зберігається і в центральній-східній частині області (ст. Фастів).

Таблиця 3.2 - Розподіл  $\Sigma Q_{\text{фб}}$  потенційного ( $U_{\text{пт}}$ ) і дійсно-можливого ( $U_{\text{дм}}$ ) врожаїв зеленого горошку в Київській області

№	Станція	$\Sigma Q_{\text{фкл}}$ Мдж/м <sup>2</sup>	$\Sigma Q_{\text{фб}}$ Мдж/м <sup>2</sup>	$U_{\text{пт}}$ при $\eta$ , %				$E_{\text{ф}}/E_0$	$U_{\text{дм}}$ при $\eta$ , %			
				<i>0,5</i>	<i>1,0</i>	<i>2,0</i>	<i>3,0</i>		<i>0,5</i>	<i>1,0</i>	<i>2,0</i>	<i>3,0</i>
1	Поліське	1318	882	11,8	23,6	47,7	70,8	0,74	8,7	17,4	34,8	52,2
2	Тетерев	1311	880	11,7	23,4	46,8	70,2	0,73	8,5	17,0	34,0	51,0
3	Баришівка	1351	915	12,2	24,4	48,8	73,2	0,72	8,8	17,6	35,2	52,8
4	Бориспіль	1393	910	12,1	24,2	48,4	72,6	0,77	9,3	18,6	37,2	55,8
5	Миронівка	1426	936	12,5	25,0	50,0	75,0	0,76	9,5	19,0	38,0	57,0
6	Яготин	1391	912	12,2	24,4	48,8	73,2	0,75	9,2	18,4	36,8	55,2
7	Фастів	1364	906	12,1	24,2	48,4	72,6	0,75	9,1	18,2	36,4	54,6
8	Біла Церква	1400	918	12,2	24,4	48,8	73,2	0,80	9,8	19,6	39,2	58,8

На заході області (ст. Яготин) при  $\eta$  дорівнює 1% і 3% урожай зеленого горошку в порівнянні з центральною частиною зростає всього лише на 0,2 ц/га.

На ст. Миронівка, яка висвітлює південно-східну частину області потенційний урожай зеленого горошку зростає при ККД використання ФАР 1% і 3% до 25 і 75 ц/га. Географічна мінливість потенційних врожаїв при ідеальному режимі метеорологічних факторів і високій агротехніці на території Київської області при  $\eta$  дорівнює 1%, 2% і 3% становить відповідно 1,4; 2,8 і 4,2 ц/га.

Для розрахунків врожаїв дійсно-можливих (ДМУ) нами розраховані показники зволоження ( $\Sigma R$ ,  $\Sigma d$ ,  $W_n$ ,  $W_k$ ,  $E_f$ ,  $E_o$ ,  $E_f/E_o$ ) за період від посіву до фази молочної стиглості горошку на тих же станціях Київської області. Дані розрахунків представлені в табл. 3.3. Наприклад, коефіцієнт ґрунтово-атмосферного зволоження ( $E_f/E_o$ ) становить на півночі області (ст. Поліське) 0,74, в центрі Київської області - 0,75, на південному сході (ст. Миронівка) - 0,76. Це обумовлює деякі відмінності в значеннях дійсно-можливих врожаїв на території Київської області. При ККД використання сонячної радіації 1% ДМУ на півночі області становить (ст. Поліське) 17,4 ц/га, в центрі області (ст. Бориспіль та ст. Баришівка) відповідно 18,4 і 17,6 ц/га, а на південному сході (ст. Миронівка) - 19,0 ц/га (табл. 3.2).

При ККД використання сонячної радіації 2% на ст. Поліське урожай дійсно-можливий зеленого горошку може досягати 34,8 ц/га. У центральній частині Київської області урожай змінюється від 36,4 до 37,2 ц/га. У південно-західній (ст. Біла Церква) та південно-східній (ст. Миронівка) ДМУ зеленого горошку становить 39,2 і 38,0 ц/га відповідно. При  $\eta$  рівному 3% урожай дійсно-можливий на ст. Миронівка зростає до 52,2 ц/га, в центральній частині області до 54,6-55,8 ц/га, а на півдні області до 58,8 ц/га. Встановлено, що урожай дійсно-можливий зеленого горошку під впливом місцевих умов по території області змінюється незначно і в південних районах його значення вище на 2 ц/га в порівнянні з північними.

Таблиця 3.3 - Середньобагаторічні показники ресурсів вологи і вологозабезпечення періоду «посів - утворення зелених бобів» гороху в Київській області

№	Станція	Дата посіву	Дата утворення зелених бобів	$\Sigma R$	$\Sigma d$	$W_H$	$W_K$	$E_\phi$	$E_0$	$E_\phi/E_0$
1	Поліське	16.04	3.07	143	384	95	54	184	250	0,74
2	Тетерев	15.04	2.07	156	409	88	50	194	266	0,73
3	Баришівка	14.04	1.07	148	390	77	39	186	253	0,72
4	Бориспіль	13.04	29.06	143	393	82	28	197	256	0,77
5	Миронівка	11.04	28.06	142	404	91	32	201	263	0,76
6	Яготин	13.04	29.06	141	406	90	34	197	264	0,75
7	Фастів	13.04	1.07	154	411	93	46	201	267	0,75
8	Біла Церква	12.04	30.06	152	394	90	36	206	256	0,80

Виконано також розрахунки потенційних і дійсно-можливих врожаїв зерна гороху для тих же пунктів Київської області. Отримані результати представлені в табл. 3.4. При розрахунку врожаю потенційного в формулу (3.3) введена калорійність рослини ( $q$ ) яка дорівнює  $2100 \text{ МДж/м}^2$  ( $5012 \text{ ккал/га}$ ), коефіцієнт господарської ефективності сухої біомаси гороху рівний  $0,45$  і сума сумарної сонячної радіації перерахована за період від посіву до дозрівання гороху припадає на кінець другої декади липня (північ Київської області) та на початок другої декади липня на півдні. Вегетаційний період становить в середньому  $92$  днів.

З табл. 3.4 видно, що  $\Sigma Q_{\text{фб}}$  за період вегетації культури на півночі області (ст. Поліське) становить  $962 \text{ МДж/м}^2$ , в центральній частині (ст. Бориспіль) -  $993 \text{ МДж/м}^2$ , а на півдні області (ст. Миронівка) зростає до  $1014 \text{ МДж/м}^2$ . Діапазон географічних відмінностей в приході ФАР в період вегетації культури становить  $52 \text{ МДж/м}^2$ . Потенційний урожай зерен гороху зростає з півночі на південь області, слідуючи за збільшенням сум ФАР в цьому ж напрямку. На станції Поліське, розташованої в північній частині області при ККД використання ФАР в  $1\%$  і  $3\%$  ПУ становить відповідно  $20,6 \text{ ц/га}$  та  $61,8 \text{ ц/га}$ . У центральній частині області на ст. Бориспіль, Яготин урожай при  $\eta$  дорівнює  $1\%$  і  $3\%$  становить  $21,2 \text{ ц/га}$  та  $63,6 \text{ ц/га}$  відповідально. З просуванням на південний схід області (ст. Миронівка) урожай зерен гороху збільшується при ККД використання ФАР до  $21,8$  і  $65,4 \text{ ц/га}$ .

Географічна мінливість потенційних врожаїв сухих зерен гороху в ідеальних метеорологічних умовах на території Київської області при ККД використання ФАР рівному  $1\%$  становить  $1,2 \text{ ц/га}$ , при  $2\%$  -  $2,4 \text{ ц/га}$ , при  $3\%$  -  $3,6 \text{ ц/га}$ .

З отриманих даних можна зробити висновок, що в період розвитку гороху урожай потенційний зеленого зерна вище при  $\eta$  дорівнює  $1\%$  і  $2\%$ , відповідно на  $3 \text{ ц/га}$  і  $9,5 \text{ ц/га}$  ніж сухих зерен гороху.

Таблиця 3.4 - Розподіл  $\Sigma Q_{фб}$  потенційного ( $U_{пт}$ ) і дійсно-можливого ( $U_{дм}$ ) врожаїв сухих зерен гороху в Київській області

№	Станція	$\Sigma Q_{фкл}$ Мдж/м <sup>2</sup>	$\Sigma Q_{фб}$ Мдж/м <sup>2</sup>	$U_{пт}$ при $\eta$ , %				$E_{ф}/E_0$	$U_{дм}$ при $\eta$ , %			
				<i>0,5</i>	<i>1,0</i>	<i>2,0</i>	<i>3,0</i>		<i>0,5</i>	<i>1,0</i>	<i>2,0</i>	<i>3,0</i>
1	Поліське	1318	962	10,3	20,6	41,2	61,8	0,70	7,2	14,4	28,8	43,2
2	Тетерев	1311	960	10,3	20,6	41,2	61,8	0,70	7,2	14,4	28,8	43,2
3	Баришівка	1351	985	10,5	21,0	42,0	63,0	0,73	7,7	15,4	30,8	46,2
4	Бориспіль	1393	993	10,6	21,2	42,4	63,6	0,70	7,4	14,8	29,6	44,4
5	Миронівка	1426	1014	10,9	21,8	43,6	65,4	0,69	7,5	15,0	30,0	45,0
6	Яготин	1391	990	10,6	21,2	42,4	63,6	0,69	7,3	14,6	29,2	43,8
7	Фастів	1364	976	10,5	21,0	42,0	63,0	0,70	7,4	14,8	29,6	44,4
8	Біла Церква	1400	988	10,6	21,2	42,4	63,6	0,74	7,8	15,6	31,2	46,8



Для розрахунків врожаїв дійсно-можливих (ДМУ) сухих зерен гороху нами також розраховані показники зволоження території і вегетаційного періоду культури. Дані розрахунків представлені в табл. 3.5. Наприклад, коефіцієнт ґрунтово-атмосферного зволоження за період вегетації гороху становить в північній частині Київської області 0,70, в центральних районах змінюється від 0,69 до 0,73, а в південній частині області знижується до 0,69.

На основі цього виконана кількісна оцінка дійсно-можливих врожаїв сухих зерен гороху для території Київської області. Розрахунки представлені в табл. 3.4. Встановлено, що урожай дійсно-можливий по території змінюється незначно. Так, на півночі області (ст. Поліське) при ККД використання ФАР 1% становить 14,4 ц/га, в центральних районах області урожай може досягати 14,6-14,8 ц/га, а на південному заході (ст. Фастів) урожай зерен гороху становить 15,6 ц/га.

При  $\eta$  рівному 3% урожай дійсно-можливий може збільшуватися в північній частині досліджуваної території до 43,2 ц/га, в центральних районах до 44,4 ц/га, а в південних до 45,0-46,8 ц/га. Діапазон географічних відмінностей в УДВ зерен гороху незначний і складає при  $\eta$  дорівнює 1% - 1,2 ц/га, при 2% - 2,4 ц/га, а при 3% - 3,6 ц/га.

Виконана порівняльна оцінка врожаїв потенційних і дійсно-можливих з виробничими урожаями зерна гороху для ряду пунктів Київської області. Для цієї мети розрахована різниця ( $У_{пт} - У_{дв}$ ), що характеризує недобір врожаю, викликаного тим, що погодні умови не ідеальні, а також коефіцієнт сприятливості кліматичним умовам ( $К_{сп}$ ) за формулою

$$K_{сп} = \frac{U_{дв}}{U_{пт}} \quad (3.19)$$

Коефіцієнт ефективності використання погодних або кліматичних ресурсів ( $К_e$ ) показує яку частку становить урожай у виробництві від дійсно

Таблиця 3.5 - Середньобагаторічні показники ресурсів вологи і вологозабезпечення періоду «посів – дозрівання» гороху в Київській області

№	Станція	Дата посіву	Дата дозрівання	$\Sigma R$	$\Sigma d$	$W_H$	$W_K$	$E_\phi$	$E_0$	$E_\phi/E_0$
1	Поліське	16.04	17.07	169	464	95	54	210	302	0,70
2	Тетерев	15.04	16.07	192	499	88	53	227	324	0,70
3	Баришівка	14.04	13.07	178	454	77	39	216	295	0,73
4	Бориспіль	13.04	13.07	174	489	82	34	222	318	0,70
5	Миронівка	11.04	11.07	172	500	91	40	223	325	0,69
6	Яготин	13.04	12.07	172	500	90	37	225	325	0,69
7	Фастів	13.04	13.07	183	492	93	51	225	320	0,70
8	Біла Церква	12.04	12.07	180	475	90	41	229	309	0,74

Таблиця 3.6 - Кількісна оцінка ступеня сприятливості клімату та ефективності його використання для отримання врожаїв зерен гороху (ц/га) в Київській області

Станція	$\bar{Y}_B$ , ц/га	$(Y_{пт} - Y_{дв})$ при $\eta$ , %			$(Y_{дв} - Y_B)$ при $\eta$ , %			$K_e$ при $\eta$ , %			$K_{п}$ при $\eta$ , %
		1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	
Баришівка	19,0	5,6	11,2	16,8	-3,6	11,8	27,2	1,2	0,6	0,4	0,7
Бориспіль	19,8	6,4	12,8	19,2	-5,0	9,8	24,6	1,3	0,7	0,4	0,7
Миронівка	26,4	6,8	11,6	20,4	-11,4	3,6	18,6	0,6	0,9	0,6	0,7
Фастів	24,2	6,2	12,4	18,6	-9,4	5,4	20,2	1,6	0,8	0,5	0,7

можливого. Він розрахований за формулою:

$$K_e = \frac{Y_v}{Y_{\text{дм}}} \quad (3.20)$$

Фактичні значення  $K_e$  характеризують існуючий рівень і культуру землеробства, а різниця ( $Y_{\text{дм}} - Y_v$ ) показує недобір врожаю, вирощеного в виробництві від дійсно-можливого врожаю за кліматичними умовами.

Наші дослідження показали, що в Київській області коефіцієнт благоприємності погодних умов для вирощування гороху не перевищує 0,7. При цьому недобір врожаю дійсно-можливого зерен гороху по відношенню до потенційного врожаю при КПД використання ФАР посівами в 1% складає для центральної частини області 5,6 – 6,4 ц/га; для півдня – 6,2-6,8 ц/га (табл. 3.6). При  $\eta$  рівному 3% недобір  $Y_{\text{дм}}$  по відношенню до  $Y_{\text{пт}}$  в центральних районах області складає 16,8-19,2 ц/га, а в південних – 18,6-20,4 ц/га.

Коефіцієнт ефективності використання кліматичних ресурсів області на ст.. Баришівка при  $\eta$  рівному 1, 2, 3% складає відповідно 1,6; 0,8; 0,5. В південно-західній частині області (ст. Миронівка) за тих же значень  $\eta$  відповідно 0,9; 0,6; 0,7.

При ККД використання ФАР в 1% у всіх кліматичних районах області врожай у виробництві перевищує дійсно-можливий на 3,6-11,4 ц/га. При  $\eta$  рівному 2% недобір врожаю у виробництві в центральних районах складає 9,8-11,8 ц/га, а в південних районах – 3,6-5,4 ц/га (табл.3.6).

Із одержаних результатів можна зробити наступні висновки про те, що при вирощуванні гороху в Київській області у виробничих умовах ефективність використання сонячної радіації цією культурою для формування врожаю знаходиться на рівні 1,4% (центральна частина області) і 1,6-1,8% (південна частина області). Отже, є значний резерв для одержання більш високих врожаїв у відповідності до агро кліматичних ресурсів області.

Можливе підвищення ефективності використання ФАР посівами гороху до 2,0-3,0 ц/га за рахунок проведення правильних агротехнічних заходів і впровадження врожайних сортів культури.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра можна зробити наступні висновки:

1. На основі аналізу трендів за методом гармонійних ваг кількісно оцінена динаміка урожайності гороху під впливом культури землеробства і агрометеорологічних факторів в різних районах Київської області за період з 1989 по 2019 роки. Виявлені два типи динаміки тенденції урожайності гороху, а саме – тип IVa, тип Ib з від’ємною тенденцією в межах -0,3 ц/га у всіх районах, які досліджували. Однак під впливом кліматичних умов окремих років врожай гороху значно коливався. Наприклад, на сході лівобережжя Дніпра (ст. Баришівка) за середнього багаторічного врожаю 19,0 ц/га, в 2012 році зібрано 30, 7 ц/га, а в 2005 році- тільки 4 ц/га. На ст. Фастів, яка розташована в центральній-західній частині області, за середнього багаторічного врожаю 24,2 ц/га в 90-ті роки максимальний врожай склав 29 ц/га, а в 2000-ні – 35 ц/га, в 2010-ті – 39 ц/га. Мінімальний врожай був зібраний в 2001 році – 12 ц/га. В південно-східній частині області (ст. Миронівка) спостерігається самий високий середній багаторічний врожай – 26,4 ц/га. В 1998 році був зібраний самий високий врожай – 40 ц/га, а самий низький в 2019 – 15 ц/га.

2. Для оцінки умов коливання врожайності в наслідок агрометеорологічних умов досліджені відхилення врожаїв гороху від лінії тренду в районах Київської області. Наприклад, на ст. Баришівка за досліджуваний період в 12-ти роках спостерігалися благоприємні погодні умови, що виразилося в додатній величині відхилення – 0,2 – 10 ц/га. В 16-ти роках мали місце від’ємні відхилення – порядку 1-15 ц/га. На ст. Миронівка в 18 роках спостерігалися від’ємні відхилення врожаю гороху від лінії тренду і коливалися в межах 0,1-10 ц/га. В 12 роках склалися благоприємні погодні умови, що виразилися в додатних відхиленнях порядку 0,9-12,5 ц/га.

Встановлено, що не зважаючи на рівень культури землеробства у всі роки зберігається значна залежність врожаїв гороху від клімату.

3. Виконана імовірна оцінка можливих врожаїв гороху стосовно Київської області. Складена серія кривих сумарної імовірності і розрахункова таблиця для визначення можливих врожаїв гороху відносно середніх багаторічних значень. Характерною особливістю є мала імовірність одержання добрих та високих врожаїв гороху, який вирощується у виробництві. Наприклад, у північних районах області (ст. Баришівка) при Уп рівному 19,0 ц/га тільки на 10-20% забезпечено одержання врожаїв в межах 28-25 ц/га; на 905 гарантовано одержання врожаїв не нижче 11 ц/га. На півдні області (ст. Миронівка) при Уп рівному 26,4 ц/га високі врожаї порядку 34-32 ц/га забезпечені на 10-20%, на 90% забезпечені врожаї в 18,6 ц/га. Встановлено, що на території області всі рівні врожаїв гороху є істотно вище в південних районах в порівнянні з північними.

4. Для середніх багаторічних умов за датами переходу сум температур повітря вище 10 °С навесні та восени розраховані радіаційно-теплові ресурси для 8 станцій Київської області. Встановлено, що тривалість теплого періоду збільшується з півночі на південь області від 152 до 161 дня. При цьому суми температур повітря за теплий період також збільшуються з півночі на південь від 2455 °С (ст. Поліське) до 2699 °С (ст. Миронівка). Сумарна сонячна радіація і ФАР також збільшуються в напрямленні з півночі на південь Київської області. Наприклад, на півночі області (ст. Поліське)  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  складають відповідно 2635 і 1318 МДж/м<sup>2</sup>. З просуванням на південь області (ст. Миронівка)  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  збільшуються відповідно на 217 і 109 МДж/м<sup>2</sup>.

5. На основі концепції максимальної продуктивності і фізико-статистичної моделі Тоомінга, яка адаптована до гороху виконана агрокліматична оцінка потенційних (Упт) і дійсно-можливих (Удм) врожаїв зеленого горошку і сухих зерен гороху при різних значеннях КПД використання ФАР посівами (0,5; 1; 2; 3%) а території Київської області. А

також визначені коефіцієнти ефективності використання агро кліматичних ресурсів і ступінь благоприємності погодних умов для вирощування гороху на території області.

6. Встановлено, що потенційні врожаї зеленого горошку залежать від розподілу  $\sum Q$  і  $\sum Q_{\phi}$  і зростають в напрямлені з півночі на південь області. Наприклад, на півночі області (ст. Поліське) при ККД використання ФАР 1% і 2% урожай складає відповідно 23,6 ц/га і 70,8 ц/га. З просуванням на південь області при тих же значеннях  $\eta$  Упт зеленого горошку збільшується на 1,4 ц/га і 2,8 ц/га (ст. Миронівка). Одержані також потенційні врожаї сухих зерен гороху для території Київської області. Вони також зростають з півночі на південь області, слідом за збільшенням сум ФАР в тому ж напрямку. Наприклад, на ст. Поліське при ККД використання ФАР в 1% і 2% Упт складає відповідно 20,6 і 41,2 ц/га. З просуванням на південний схід області (ст. Миронівка) врожай зерен гороху збільшується при  $\eta$  рівному 1% і 2% до 21,8 ц/га і 43,6 ц/га. Встановлено, що в період розвитку гороху Упт на всіх рівнях ККД використання ФАР зеленого горошку є вище на 3-10 ц/га чим сухих зерен гороху.

7. Агрокліматична оцінка дійсно-можливих врожаїв (Удм) виконана з урахуванням лімітуючи факторів клімату - показника вологозабезпеченості культури, окремо для зеленого горошку і сухих зерен гороху. Встановлено, що при ККД використання ФАР 1% і 3% Удм на півночі області складає 17,4 ц/га і 32,2 ц/га. В центральних районах області при тих же значеннях  $\eta$  Удм коливається в межах 18,2 – 18,6 ц/га і 54,6 – 55,8 ц/га. В південно-західній і південно-східній частинах області при  $\eta$  рівному 1 і 2% Удм зеленого горошку складає 19,0-19,6 ц/га і 57,0-58,8 ц/га. Кількісна оцінка Удм сухих зерен гороху показала, що врожаї при всіх значеннях ККД використання ФАР по території міняються незначно. Наприклад на півночі області при  $\eta$  рівному 1% і 3% Удм сухих зерен гороху складає 14,4 ц/га і 43,2 ц/га. В південних районах Київської області Удм зерен гороху при тих же значеннях ККД використання ФАР складає відповідно 15 ц/га і 45 ц/га.



Діапазон географічних мінливостей в Удм зерен гороху складає при  $\eta$  рівному 1% - 1,2 ц/га; 2% - 2,4 ц/га, а при 3% - 3,6 ц/га.

8. Встановлено, що в київській області коефіцієнт сприятливості погодних умов для вирощування гороху не перевищує 0,7. При цьому недобір врожаю дійсно-можливого зерен гороху по відношенню до потенційного при  $\eta$  рівному 1% і 3% змінюється по території області в межах 5,6 ц/га і 6,8 ц/га до 136 ц/га і 20,4 ц/га.

9. Коефіцієнт ефективності використання кліматичних ресурсів області горохом виявляється самим високим в південно-західному районі області (ст. Фастів). При ККД використання ФАР 1%-3% він складає відповідно 1,6-0,5. При ККД використання ФАР в 1% у всіх кліматичних районах області урожай у виробництві в порівнянні з дійсно-можливим при  $\eta$  рівному 2%-3% змінюється від 3,6 ц/га – 8,6 ц/га до 11,8 ц/га – 27,2 ц/га.

10. Встановлено, що при вирощуванні гороху на зерно в Київській області у виробничих умовах ефективність використання сонячної радіації цією культурою для формування врожаю знаходиться в центральних районах на рівні 1,4%, а в південних – на 1,6-1,8 ц/га.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по Київській області (1986-2005pp.) / за ред. М.І. Кульбіді, Т.І. Адаменко. Київ, 2013. 220 с.
2. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Н. Прокопенко. Кам'янець- Подільський, 2011. 108 с.
3. Берлянд Т. Г. Распределение солнечной радиации на континентах. Л.: Гидрометеиздат, 1961. 227 с.
4. Географическая энциклопедия Украины. Киев, 1990. С.144-146.
5. Дмитренко В.П., Круківська А.В. Основи мезомасштабного агрокліматичного районування території на засадах математико-картографічного методу // Наук. праці УкрНДГМІ, 2005, Вип. 254. С. 135-152.
6. Иванова-Зубкова Н. З. Агрометеорологические условия произрастания зернобобовых культур на Украине // Труды ГМЦ. 1978. Вып. 193. С. 84–89.
7. Зінченко О.І, Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. Київ: “Аграрна освіта”, 2003. С. 303-311.
8. Колосовська В. В. Оцінка агрометеорологічних умов вирощування гороху і прогнозування його врожайності в Україні [Текст] : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.09; Одес. держ. екол. ун-т. Одеса, 2017. 20 с.
9. Колосовська В.В. Кількісна оцінка впливу агрометеорологічних умов на продуктивність гороху в степу України // Матеріали першого всеукраїнського гідрометеорологічного з'їзду з міжнародною участю (Одеса, 22–23 березня 2017 р.). Одеса, 2017. С. 75.
10. Левенко А. А. Методика долгосрочного прогноза среднеобластной урожайности гороха на Украине // Труды УкрНИГМИ. 1976. Вып. 148. С.13–23.

11. Манелля И., Нагнибедова П. и др. Динамика урожайности сельскохозяйственных культур в РСФСР. М.: Статистика, 1972. 192с.
12. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов / В.А. Жуков, А.Н. Полевой, А.Н. Витченко, С.А. Данилов. Л.: Гидрометеиздат, 1989, 207 с.
13. Методические указания к выполнению НИР. Применение метода гармонических весов для определения детерминированных составляющих временного ряда и прогноза его тенденции: Одесса, ОГМИ, 1990.
14. Ничипорович А. А. Фотосинтез и продукционный процесс / А. А. Ничипорович. М.: Наука, 1988. 280 с.
15. Панина В. Ф. Показатели оценки агрометеорологических условий формирования урожая зерна гороха // Метеорология и гидрология. 1965. № 2. С. 27–29.
16. Панина В.Ф. О влагообеспеченности гороха в нечерноземной зоне // Метеорология и гидрология. Вып. 4. 1962.
17. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат 1986, 152 с.
18. Польовий А. Н., Божко Л.Ю. Біологічні і екологічні основи формування продуктивності агроєкосистем (Підручник). Одеса, 2016. С. 279.
19. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 318 с.
20. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Л: Гидрометеоиздат, 1984. 264с.
21. Урожайность зерна новых сортов гороха в зависимости от норм высева и сроков сева / [В. И. Брежнева, М. И. Чумаковский, И. А. Слюсаренко и др.] // Сб. научн. тр. КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко. К., 2002. С.28
22. Федюшина Д. П. Показатели увлажнения вегетационного периода и их влияние на формирование урожая гороха // Тр. Каз.НИГМИ. 1971. Вып. 40. С. 80–96. 135.

23. Хамоков Х. А. Продуктивность гороха при различной обеспеченности почвы влагой // Аграрная наука. 2005. №1. С. 17–18
24. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. – Л.: Гидрометиздат, 1985.
25. Эфимова Н.А. Радиационные факторы продуктивности растительного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1977, 215с.
26. Мищенко З.А. Агрокліматологія: учебник. К: КНТ, 2009. – 512 с.
27. Polevoy A. Ikonnikova V. Modeling the influence of agro–meteorological conditions on the photosynthetic productivity of peas // Agricultural Sciences. Plovdiv. 2014. Vol. LVIII. P. 5 – 15.
28. Kolosovskaya V. V. Modeling productivity process of peas in Ukraine / V. V. Kolosovskaya // International Journal of Research In Earth & Environmental Sciences. Pakistan, 2017. Vol. 7. P.8 – 12.

## ДОДАТКИ

*Ст. Баршівка*

Середня урожайність = 19,0 ц/га

Точки тренду

17.7 17.9 18.6 19.2 19.5 19.8 19.8 19.8 19.6 19.2

18.5 18.1 17.8 17.9 18.3 18.4 18.7 18.9 19.4 19.9

20.5 21.1 21.7 22.4 22.7 22.4 21.7 20.6 19.5 18.4 17.3

Відхилення від тренду

0.3 -3.9 1.4 -5.2 -5.5 -1.3 0.2 5.2 5.9 7.8

4.5 -1.1 -10.8 -5.9 7.7 0.1 -3.7 -14.9 5.6 2.6

8.4 0.9 -3.2 8.3 10.3 -4.9 -3.2 -3.9 -4.0 -9.0 -4.8

Тенденція = -0.3

Вихідний ряд урожайності

18.0 14.0 20.0 14.0 14.0 18.5 20.0 25.0 25.5 27.0

23.0 17.0 7.0 12.0 26.0 18.5 15.0 4.0 25.0 22.5

28.9 22.0 18.5 30.7 33.0 17.5 18.5 16.7 15.5 9.4 12.5

Ст. Фастів

Середня урожайність = 24.2 ц/га

Точки тренду

18.8 19.7 20.4 20.9 21.7 22.1 22.4 22.6 22.6 22.6

22.5 22.8 23.4 24.2 25.1 25.7 26.2 26.6 27.0 27.2

27.7 28.2 28.8 29.4 29.6 29.4 28.3 26.9 25.1 24.1 23.4

Відхилення від тренду

-4.8 -4.7 -1.4 -2.9 7.3 2.3 2.6 4.4 1.8 3.4

-8.5 -2.8 -11.4 -1.2 6.9 -0.3 0.8 5.4 8.0 -8.4

-3.7 -3.8 -3.4 9.5 4.9 9.6 -2.9 -6.6 -10.2 -2.1 -3.4

Тенденція = -0.2

Вихідний ряд урожайності

14.0 15.0 19.0 18.0 29.0 24.4 25.0 27.0 24.4 26.0

14.0 20.0 12.0 23.0 32.0 25.4 27.0 32.0 35.0 18.8

24.0 24.4 25.4 38.9 34.5 39.0 25.4 20.3 14.9 22.0 20.0

Ст. Миронівка

Середня урожайність = 26,4 ц/га

Точки тренду

25.0 25.2 26.5 26.9 27.4 27.8 28.0 28.0 27.7 27.5

26.0 26.5 26.3 26.3 26.3 26.5 26.4 26.3 26.5 26.6

26.9 27.1 27.6 28.1 28.6 28.9 28.7 28.3 27.4 26.4 24.7

Відхилення від тренду

2.0 -9.2 -0.5 -4.9 -3.4 -1.4 5.0 6.0 -2.7 12.5

3.0 -5.5 -10.3 7.7 -2.3 -0.1 -2.4 -8.3 4.5 -0.7

4.7 -0.7 -1.2 0.9 8.9 1.2 -2.3 1.6 -2.3 -7.6 -10.2

Тенденція = -0.3

Вихідний ряд урожайності

27.0 16.0 26.0 22.0 24.0 26.4 33.0 34.0 25.0 40.0

30.0 21.0 16.0 34.0 24.0 26.4 24.0 18.0 31.0 25.9

31.6 26.4 26.4 29.0 37.5 30.1 26.4 29.9 25.1 18.8 14.5