

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра агрометеорології та  
агроекології

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: **Агрокліматична оцінка еталонних урожаїв гороху в  
Лісостепу України**

Виконав студент 2 курсу групи МНЗ-2а  
Спеціальності 103 «Науки про Землю»,  
(шифр і назва)

Освітня програма «Агрометеорологія»  
(назва)

Задорожнюк Ігор Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н., доцент  
Вольвач Оксана Василівна  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Рецензент к.геогр.н., доцент  
Прокоф'єв Олег Милославович  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Одеса 2018 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та аспірантської підготовки  
Кафедра агrometeorологія та агроекології  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 103 «Науки про Землю»  
(шифр і назва)  
Освітня програма Агrometeorологія  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
агrometeorології та агроекології  
Польовий А.М.  
« 29 » жовтня 2018 року

**ЗАВДАННЯ**  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Задорожнюку Ігорю Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Агрокліматична оцінка еталонних урожаїв гороху в Лісостепу України

керівник роботи Вольвач Оксана Василівна, к.геогр.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 5 » жовтня 2018 року № 271 «С»

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Середньобагаторічна метеорологічна та агrometeorологічна інформація по Черкаській, Полтавській та Сумській областям за 1986-2005 рр.; 2. Дані про фенологію гороху, часові ряди середньообласної урожайності гороху з 1999 по 2018 рр.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вивчити фізико-географічні та агрокліматичні умови трьох лісостепових областей – Полтавської, Черкаської та Сумської; ознайомитись з методологією розрахунків еталонних врожаїв за Х.Г. Тоомінгом; вивчити біологічні особливості гороху, вимоги культури до умов навколишнього середовища; проаналізувати динаміку урожайності гороху на території трьох областей Лісостепу, визначити тенденцію за допомогою методу гармонійних зважувань, проаналізувати кліматичну складову урожайності; провести ймовірнісний аналіз урожайності; розрахувати основні агрокліматичні показники вегетаційного періоду гороху по областям, а також суми ФАР за вегетаційний період гороху; розрахувати еталонні урожаї гороху, порівняти їх з виробничими урожаєми.

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

1. Графіки динаміки урожайності та лінії тренду. 2. Графіки відхилень урожайності від тренду; 2. Ймовірнісні криві урожайності.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання.	29.10.2018 р.		
2	Формування бази даних для виконання проекту. Оформлення текстової частини першого та другого розділів дипломного проекту.	30.10.2018 р. - 6.11.2018 р.	75	добре
3	Аналіз динаміки урожайності за методом гармонійних зважувань. Ймовірнісний аналіз урожайності гороху	7.11.2018 р. – 18.11.2018 рр.	75	добре
4	Рубіжна атестація	19.11.2018 р. - 24.11.2018 р.	75	добре
5	Розрахунки еталонних врожаїв гороху на досліджуваній території. Аналіз еталонних урожаїв гороху.	25.11.2018 р. - 2.12.2018 р.	75	добре
6	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи.	3.12. 2018 р. - 10.12.2018 р.	75	добре
7	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	13.12.2018 р. або 14.12.2018 р.	75	добре
8	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту	-	-	-
9	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>	-	<b>75,0</b>	<b>добре</b>

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Задорожнюк І.М.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Вольвач О.В.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

### **Задорожнюк І.М. Агрокліматична оцінка еталонних урожаїв гороху в Лісостепу України**

*Актуальність обраної теми* визначається невідповідністю врожаїв гороху (як і інших сільськогосподарських культур) біологічним можливостям сортів і біокліматичному потенціалу території вирощування, що часто спостерігається у виробництві. 55% посівних площ гороху в Україні знаходиться в зоні Лісостепу. Тому для досліджень були взяті території Полтавської, Черкаської та Сумської областей України.

*Метою даної роботи* є визначення за допомогою фізико-статистичної моделі Х Тоомінга еталонних врожаїв гороху і з'ясування причин цієї невідповідності. Фізико-статистичне моделювання ґрунтується на теорії максимальної продуктивності і є одним із сучасних методів опису продукційного процесу сільськогосподарських культур.

*Об'єкт дослідження* –урожай гороху різних агроекологічних категорій.

*В результаті виконаної роботи* було визначено, що на території досліджуваних областей протягом 20 років спостерігається стійке практично прямолінійне зростання рівня культури землеробства. В черкаській області рівень культури землеробства найменший, а у Сумській області рівень культури землеробства набагато вище. На території шести станцій трьох областей Лісостепу були розраховані суми сумарної та фотосинтетично-активної радіації. Загальною тенденцією є збільшення сум ФАР та сум ФАР біологічних у напрямку з півночі на південь. Відповідно з півночі на південь збільшується потенційні урожаї гороху. Оскільки вологозабезпеченість посівів зростає з півдня на північ, дійсно-можливі урожаї зростають у тому ж напрямку.

**Ключові слова:** горох, фізико-статистична модель, потенційний урожай, дійсно-можливий урожай, виробничий урожай.

## SUMMARY

### **Zadorozhnyuk I. Agroclimatic estimation of standard pea yields in the forest-steppe of Ukraine.**

*The relevance of the theme* by inconsistency crops of peas (and other crops) is biological possible varieties and bioclimatic potential area of cultivation, which is often seen in production. 55% of the pea growing area in Ukraine are located in the forest-steppe zone. Therefore, for the study were taken the territory of Poltava, Cherkasy and Sumy regions of Ukraine.

*The purpose of this study* is to determine by physico-statistical model H. Tooming reference yields of peas and determine the causes of this discrepancy. Physical and statistical modeling based on the theory of maximum productivity and is one of the modern methods of describing the production process of agricultural crops.

*Object of study* – pea crops of various agroecological categories.

*As a result of the work* performed, it was determined that in the territory of the studied areas over the course of 20 years there has been a steady, almost linear increase in the level of farming culture. In the Cherkassy region, the level of agriculture is the smallest, and in the Sumy region, the level of agriculture is significantly higher. The sums and photosynthetic active radiation were calculated on the territory of six stations of three regions of the forest-steppe. The general trend is to increase the amount of photosynthetic-active radiation and the sums of photosynthetic-active radiation biological in the north-south direction. Accordingly, from north to south, potential yields of peas are increasing. As the moisture content of the crops increases from south to north, the actual yields grow in the same direction.

**Keywords:** peas, physico-statistical model, the potential yield, indeed-possible crop, production crop.

## ВСТУП

Ефективне рішення найактуальнішої проблеми – забезпечення стабільного виробництва рослинного білка – практично неможливе без використання зернобобових культур [1, 2]. Зернобобові дають щорічно відновлюваний, збалансований за амінокислотним складом і дешевий білок. Їх вирощують на всіх континентах, хоча асортимент залежить від ґрунтово-кліматичних особливостей регіонів, попиту на ринку, якості насіння, продуктивності, конкурентоспроможності [3].

У культурі горох відомий дуже давно. Первинними центрами походження гороху, на думку Л.І. Говорова, є Афганістан та Індія. Науковець припускає наявність другого центру різноманітності вирощуваних форм гороху в Середземномор'ї. У середземноморських країнах (Іспанії, Італії, Сербії, Хорватії) він був відомий за 5 тис. років до н. е. На території України горох почали вирощувати за 500 років до н. е., про що свідчать розкопки, проведені поблизу Харкова [4].

Широке використання культури гороху у світі пов'язано з оптимальним поєднанням його властивостей: високий вміст білка в насінні, збалансованість амінокислотного складу, високі смакові якості та засвоюваність, досить висока потенційна урожайність. У сухій речовині насіння гороху міститься 20-50 % крохмалю, 4-10 % цукру, 0,6-1,5 % жиру, 2-10 % клітковини, 18-35 % білка (у середньому 26-28 %), який включає всі незамінні амінокислоти [2].

Неможливо переоцінити значення гороху як овочевої культури у вигляді незрілого насіння (зелений горошок) і зелених бобів, зібраних у фазу “лопатки”. Зелений горошок багатий білками (6-7 %), цукром у вигляді глюкози і фруктози (4,0-7,5 %), вітамінами (А, В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, С, РР), мінеральними солями, до складу яких входять залізо, кальцій, калій і фосфор [5].

У процесі синтезу білка рослини гороху в симбіозі з бульбочковими мікроорганізмами засвоюють азот повітря, недоступний для більшості інших рослин. Крім цього до 50-100 кг/га симбіотичного азоту накопичується в ґрунті, що визначає цінність гороху як одного з кращих попередників для інших сільськогосподарських культур. Велике значення при цьому мають відносно короткий вегетаційний період і висока біологічна активність кореневої системи, яка здатна засвоювати фосфорнокислі та інші важкодоступні для зернових злаків поєднання. Роль гороху у покращенні середовища визначається також його здатністю підвищувати фітосанітарну стійкість сівозмін і стабілізувати баланс гумусу. Як попередник він сприяє підвищенню ефективності використання органічних добрив іншими культурами, особливо зерновими та технічними [6].

Сьогодні горох вирощують у всіх країнах Європи, у Росії, Канаді, США, Китаї та ін. Світова площа посіву його становить близько 7 млн га. За останні двадцять років посівні площі гороху в Україні значно зменшилися. У 2006-2016 рр. найбільша посівна площа гороху - 360 тис. га була в 2012 р., за валового виробництва зерна 615 тис. га. У 2014-2015 рр. посівні площі гороху в Україні необґрунтовано скоротилися відповідно до 151 і 132 тис. га [4].

Однак необхідність хороших попередників в сівозміні і використання нових сортів гороху дозволило наростити площі посіву гороху в Україні в 2017 році до 405 тис. га, що є найвищим за останні 15 років [7].

Найбільше гороху сіють у Лісостепу (55 % від загальної посівної площі). У Степу і на Поліссі зосереджено відповідно 25 і 20 % площ посіву цієї культури. Середня врожайність насіння гороху становить 2,3 т/га. У кращих господарствах збирають по 4,5-5,0 т зерна з 1 га [4].

Не дивлячись на підвищення культури землеробства за останні роки, а також виведення нових сортів гороху, які відрізняються високим потенціалом урожайності, виробничі урожаї культури виявляються значно

нижче біологічних можливостей сортів і не відповідають, у більшості випадків, біокліматичному потенціалу території її вирощування.

Крім того, більшість сортів, які рекомендовано до вирощування в Україні, іноземного походження, неадаптовані до кліматичних умов країни [5]. У зв'язку з цим, є актуальним дослідження впливу агрометеорологічних умов на формування продуктивності посівів гороху в умовах України.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є оцінка динаміки середньообласних виробничих урожаїв гороху за 1999-2018 рр. по території трьох лісостепових областей України (Черкаської, Полтавської та лісостепової частини Сумської області) та агрокліматична оцінка урожаїв гороху різних агроекологічних категорій за методикою фізико-статистичного моделювання Х.Г. Тоомінга.

Були використані багаторічні дані про середньообласну урожайність гороху, а також середньобагаторічні середньообласні метеорологічні та фенологічні дані мережі гідрометстанцій Черкаської, Полтавської та Сумської областей з Агрокліматичних довідників відповідних областей [8-10] та матеріали Агрокліматичного довідника України [11].

Магістерська кваліфікаційна робота виконувалась згідно до рекомендацій, наданих у Методичних вказівках [12].



# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Характеристика фізико-географічних та кліматичних умов Сумської області

Сумська область розташована у північно-східній частині України, між 50°06' і 52°21' північної широти та 32°57' і 35°41' східної довготи. Протяжність території із заходу на схід становить 194 км, з півночі на південь – 248 км. Загальна площа області – 23,8 тис. км<sup>2</sup>. На півночі та сході Сумська область межує з Російською Федерацією, на півдні – з Харківською та Полтавською, на заході – із Чернігівською областями.

Рельєф Сумської області має вигляд хвилястої рівнини, розчленованої широкими долинами численних річок, ярами та балками із загальним нахилом на південний захід.

Ґрунти області характеризуються значною просторовою неоднорідністю. У Поліській зоні переважають дерново-слабопідзолисті ґрунти легкого механічного складу. Ґрунтовий покрив перехідної зони представлений в основному світло-сірими, сірими, темно-сірими лісовими ґрунтами і чорноземами опідзоленими. Лісостепова зона представлена в основному чорноземними ґрунтами. Чорноземи типові потужні, в основному малогумусні, займають в області 55,3 % ріллі.

По території Сумської області протікають 202 річки довжиною понад 10 км, з них одна велика – Десна, яка протікає по межі Сумської і Чернігівської областей, 6 середніх: Сейм, Клевень, Сула, Псел, Хорол, Ворскла і 195 малих річок. Усі річки Сумської області належать до басейну р. Дніпро, є річками рівнинного типу і живляться переважно сніговими, а також дощовими і підземними водами [8].

Клімат Сумської області помірно-континентальний, достатньо вологий. Зима малосніжна, нестійка, помірно холодна, літо тепле і помірно вологе. Середня температура повітря за рік становить 6,4–7,5°C. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) – мінус 4,5–5,2°C, середня температура липня (найтеплішого місяця) становить 19,4–20,3 °C.

Зимовий період на Сумщині триває 104–117 днів – з 17–21 листопада до 5–14 березня, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0 °C у бік потепління та починається весна.

Вегетаційний період починається в середньому по області 4 – 7 квітня і закінчується 21–25 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 5 °C за цей період змінюється від 2775°C на півночі області до 3065°C на півдні. Період активної вегетації с.-г. культур починається 20–23 квітня і закінчується 27 вересня – 4 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °C за цей період змінюється від 2455 °C на півночі області до 2770 °C на півдні. В окремі роки ця сума коливається від 2175°C до 3165°C. Літній період триває в області з 21–27 травня до 3–6 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15 °C за цей період змінюється від 1780 °C на півночі області до 2035 °C на півдні.

Середня кількість опадів по області за рік становить 589 мм, змінюючись по території від 549 до 646 мм. Близько 70 % від річної кількості опадів випадає в теплий період року.

Режим зволоження території області створює в цілому позитивний баланс вологи в ґрунті. Проте через високу водопроникність легких за механічним складом порід, що залягають у районах Полісся, та у зв'язку з особливостями яружно-балкового рельєфу в районах Лісостепу, значну повторюваність мають ґрунтові засухи, які негативно впливають на розвиток с.-г. культур.

Атмосферна засуха, яка в окремі роки в період активної вегетації с.-г. культур поєднується із ґрунтовою (ГТК становить  $\leq 0,9$ ), має ймовірність 90 % на більшій частині території області.

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації с.-г. культур територію Сумської області поділено на два агрокліматичних райони (рис. 1.1, табл. 1.1): помірного теплозабезпечення і достатнього та надлишкового зволоження; достатнього теплозабезпечення і достатнього зволоження [8].

Перші осінні заморозки в повітрі спостерігаються на півночі області на початку другої, на решті території – на початку третьої декади вересня, останні весняні заморозки на переважній території області відмічаються в кінці першої – на початку другої декади травня, на півночі – в кінці травня.

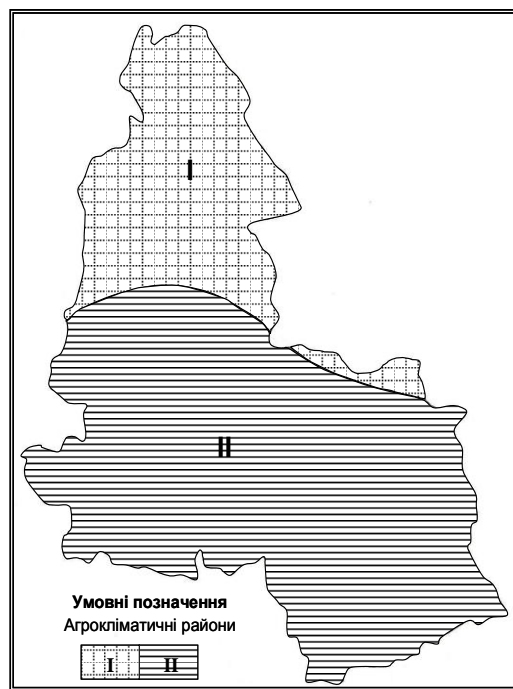


Рисунок 1.1 – Картосхема агрокліматичного районування Сумської області [8]

У вегетаційний період на території області спостерігається від 2 до 9 днів із суховіями різної інтенсивності. Серед інших несприятливих для с.-г.

культур явищ погоди на території області у вегетаційний період спостерігається град, сильний вітер, дуже сильний дощ та зливи.

Узимку зазвичай спостерігаються відлиги, кількість днів з якими за період грудень–лютий по області коливається від 36 до 45.

Таблиця 1.1 – Характеристика агрокліматичних районів Сумської області [8]

Агрокліматичний район	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації сільськогосподарських культур		
	сума середніх добових температур повітря, вище 10° С	кількість опадів, мм	гідротермічний коефіцієнт (ГТК)
I. Помірного теплозабезпечення, достатнього та надлишкового зволоження	2450 – 2550	400-440	1,2-1,3
II. Достатнього теплозабезпечення, достатнього зволоження	2650-2750	390-400	1,1-1,2

Відлиги, які тривають більше ніж 5 днів поспіль, зумовлюють порушення зимового спокою озимини, що призводить до зниження морозостійкості рослин. Небезпечна для посівів льодяна кірка товщиною 10 мм і більше та тривалістю залягання три декади і більше спостерігається в 10 % років (один раз за 10 років) [8].

## 1.2 Характеристика фізико-географічних та кліматичних умов Черкаської області

Черкаська область розташована в центральній лісостеповій частині України, у басейнах середніх течій Дніпра й Південного Бугу. На півночі вона межує з Київською, на сході - з Полтавською, на півдні - з Кіровоградською і на заході - з Вінницькою областями. Площа області - 20,9 тис. км<sup>2</sup>.

Черкащина в цілому рівнинна і умовно поділяється на дві частини – правобережну і лівобережну. Переважна частина правобережжя розміщена

в межах Придніпровської височини з найвищою точкою області, що має абсолютну висоту 275 метрів над рівнем моря (поблизу Монастирища). В прилягаючій до Дніпра частині правобережжя знаходиться заболочена Ірдино-Тясминська низовина, а також підвищення – Канівські гори. Низинний рельєф має лівобережна частина області, яка розташована в межах Придніпровської низовини [9].

Типовими ґрунтами для Черкащини є чорноземи. На правобережжі області їхній склад строкатий: опідзолені чорноземи і темно-сірі лесові (опідзолені) ґрунти, сірі та ясно-сірі лесові (опідзолені), на лівобережжі - глибоко гумусні та лучні чорноземи.

З корисних копалин промислове значення мають буре вугілля (Звенигородський район), бентонітові глини (Лисянський район), каоліни, граніти, гнейси, лабрадорит, пісковики, торф.

В області досить густа річкова мережа, яку складає 181 річка. Найважливішою водною артерією є Дніпро, в який у межах області вливаються притоки Рось, Вільшанка, Тясмин та інші. Річки, що пересікають західну частину Черкащини – Гірський Тікич і Гнилий Тікич – належать до басейну Південного Бугу.

Кременчуцьке водосховище загальною площею 180 тис. га, створене греблею Кременчуцької ГЕС, має в межах області протяжність 130 км. Його ширина біля Черкас 18 км. Найбільші допливи Бугу, що протікають у південно-західній частині області, - Гірський Тікич і Гнилий Тікич. На Черкащині є понад 650 заплавних озер і штучних ставків, придатних для рибориства й розведення свійської водоплавної птиці.

Ліси ростуть здебільшого на узбережжях річок, степова рослинність поширена на вододілах. У районі Канева і на південний схід від нього переважають дубово-грабові гаї (дуб, граб, клен, липа, ясен), у південно-західній, південній і центральній частині - дубово-ясеневі та грабові гаї. Черкаський субір (сосна, дуб, клен, береза) - найпівденніша межа наддніпрянських хвойних лісів на Україні. Найбільший у Лісостепу

Канівський біогеографічний заповідник має площу 1274 га. Всього під лісами й чагарниковими насадженнями зайнято 240 тис. га [13].

Клімат Черкаської області помірно-континентальний, порівняно теплий, з нестійким вологозабезпеченням. Зима малосніжна і м'яка, літо тепле і помірно вологе. Середня температура повітря за рік по області становить 7,9-8,7°C, однак по роках коливається в дуже широких межах. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить мінус 3,2-3,6°C, середня температура липня (найтеплішого місяця) – 19,9-21,3°C. Зимовий період на Черкащині триває 90-94 дні – з 26-29 листопада до 27 лютого по 1 березня. Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5°C і вище) триває 214-218 днів, починається в середньому по області 29 березня по 1 квітня і закінчується 31 жовтня по 3 листопада.

Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10°C і вище) триває 167–173 дні, змінюючись в окремі роки від 144 до 196 днів. Починається він 16-20 квітня і закінчується 3-6 жовтня. Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15°C і вище), триває в області 113-118 днів – з 16-19 травня до 9-11 вересня.

Середня кількість опадів по області за рік становить 578 мм, змінюючись по території від 542 до 609 мм. Близько 70 % від річної кількості опадів випадає у теплий період року. Режим зволоження території області створює в цілому позитивний баланс вологи в ґрунті. Проте у зв'язку з невеликою кількістю опадів в окремі роки, значну повторюваність мають ґрунтові засухи, які негативно впливають на розвиток с/г. культур.

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації сільськогосподарських культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Черкаської області поділено на 2 агрокліматичні райони та підрайони (порівняно високого теплозабезпечення і нестійкого зволоження, достатнього

теплозабезпечення і нестійкого зволоження; достатнього теплозабезпечення і достатнього зволоження).

Перші осінні заморозки у повітрі спостерігаються в період 8-18 жовтня, останні весняні – 13-24 квітня. Найпізніший весняний заморозок у повітрі зафіксовано 21 травня 1990 року, а на ґрунті – 28 травня 1994 року.

У вегетаційний період на території області відмічається від 2 до 11 днів із суховіями різної інтенсивності. Серед інших несприятливих для сільськогосподарських культур явищ погоди на території області у вегетаційний період відмічаються град, сильний вітер, дуже сильний дощ та зливи. Стійкий сніговий покрив місцями утворюється наприкінці листопада, на всій території області – в 2 декаді грудня, а руйнується здебільшого в першій, місцями в другій декаді березня [9].

### 1.3 Характеристика фізико-географічних та кліматичних умов Полтавської області

Полтавська область розташована в зоні лісостепу між 48°45' і 50°30' пн. ш. і 32°05' і 35°30' східної довготи і займає площу 28,9 тис. км<sup>2</sup>.

За своїм рельєфом територія області представляє рівнину. На північному сході вона служить продовженням південно-західного схилу Середньо-Руської височини, поступово опускаючись до Дніпра. При загальному рівнинному рельєфі в північно-східній частині області зустрічаються невеликі височини до 170-190 м, а на південному заході до 60-100 м над рівнем моря [10].

Річкова мережа Полтавської області включає: велику річку – Дніпро, яка протікає в межах області на ділянці довжиною 145 км, 8 середніх та 1771 малих річок, водотоків і струмків. Основними джерелами водних ресурсів області є річки Сула, Псел, Ворскла, Оріль та їх притоки, а також Кременчуцьке та Дніпродзержинське водосховища на річці Дніпро [10].

Ґрунти області досить різноманітні за своїм походженням, механічним складом і родючістю. Велику і центральну частину території (до 70%) займають потужні, мало - і середньогумусні чорноземи. Східна частина області, на кордоні з Харківською областю, зайнята звичайними середньогумусними чорноземами, перехідними до потужних. Переважаючий в області тип ґрунтів – чорноземні і їх різновиди - мають високу природну родючість і воднопрочну зернисту структуру [10].

Полтавська область належить до лісодефіцитних регіонів. Лісистість території становить 8,9%, що майже вдвічі менше середнього в Україні.

Тривалість сонячного сяння з півночі на південь області зростає від 1900 до 1980 годин за рік. Переважну частину сонячної енергії поверхня області отримує в теплий період року, в основному на протязі другої половини весни і в літні місяці [10].

Різниця температур між східною і західною частинами області досягає 2<sup>0</sup>С. Середньорічна кількість опадів по території області коливається в межах 530-630 мм, убуваючи із заходу на схід. Сума опадів за період з теплий період (квітень - жовтень) по області становить 343-417 мм.

Клімат області є сприятливим для сільського господарства. В основу агрокліматичного районування області покладено умови теплозабезпеченості і вологозабезпеченості вегетаційного періоду. Середня сума температур вище 10<sup>0</sup>С по області коливається від 2600 до 3000<sup>0</sup>С, що цілком достатньо для дозрівання основних сільськогосподарських культур, аж до ранніх сортів винограду. Вологозабезпеченість області досить рівномірна: на більшій частині її території кількість опадів за літній період з температурою вище 10<sup>0</sup>С становить 272-300 мм і лише в північно-західній частині (Гребінківський район) кількість їх зростає до 324 мм. Цей район і виділяється окремо як краще забезпечений вологою.

За показниками тепло- і вологозабезпеченості на території області можна виділити чотири райони. Виділені райони представлені на рис. 1.2 і характеризуються показниками, представленими в табл. 1.2 [10].



Таблиця 1.2 - Характеристика агрокліматичних районів Полтавської області [10]

Агрокліматичний район	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації сільськогосподарських культур		
	сума позитивних температур повітря вище 10 °С	кількість опадів, мм	гідротермічний коефіцієнт (ГТК)
I. Достатнього теплозабезпечення, достатнього та нестійкого зволоження	2750-2800	380-400	1,1-1,2
IIa. Достатнього теплозабезпечення, достатнього зволоження	2850	390-420	1,2
IIб. Достатнього теплозабезпечення, нестійкого зволоження	2880-2930	370-390	1,1
III. Порівняно високого теплозабезпечення, недостатнього та нестійкого зволоження	2900-3050	340-370	0,9-1,0

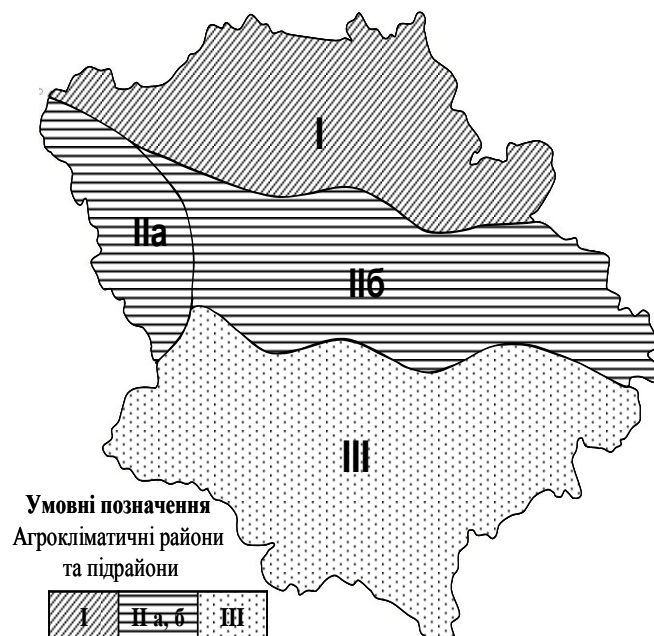


Рисунок 1.2 – Картоschema агрокліматичного районування

## Полтавської області [10]

В перехідні пори року (весну й осінь) особливо небезпечними є заморозки. Пізні весняні заморозки в період цвітіння садів, після сходження теплолюбних культур і розсади завдають відчутної шкоди сільському господарству області. Останній весняний заморозок на Полтавщині спостерігається у більшості випадків 13-17 квітня; перший осінній заморозок – 9-14 жовтня. Беззаморозковий період зазвичай триває близько 180 днів [10].

## 2 БОТАНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГОРОХУ І ВИМОГИ КУЛЬТУРИ ДО УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

### 2.1 Ботанічна характеристика гороху

Горох (*Pisum sativum*) – однорічна трав'яниста рослина, яка відноситься до родини Бобові (*Fabaceae*) підродини Мотилькові (*Papilionaceae*) (рис. 2.1).

Рослини гороху мають здатність ефективно використовувати поживні речовини ґрунту за рахунок наявності на коренях бульбочкових бактерій, а також сильно розгалуженої кореневої системи, що проникає на велику глибину [4].

Корені здатні засвоювати важкорозчинні й малодоступні для злаків мінеральні поєднання не тільки з орного, але й з більше глибоких шарів ґрунту, однак основна їхня маса зосереджена в орному шарі ґрунту. Як азотфіксуюча культура, горох залишає після себе в кореневих і поживних залишках від 50 до 100 кг азоту на 1 га, що відповідає вмісту азоту в 10-20 т гною. Тому горох, як і інші бобові культури, є гарним попередником для багатьох овочевих культур [14].

Стебло гороху округле, нечітко чотиригранної форми, порожнє всередині, легко вилягає, поділене вузлами на міжвузля. Довжина стебла залежно від сорту й умов вирощування варіює від 25 до 300 см. Стебла поділяються на низькі (карликові) - до 50 см, напівкарликові – 50-80 см, середні - 80-150 см і високі - більше 150 см [4].

Листок гороху складний, зазвичай складається з прилистка, черешка, який закінчується непарною кількістю вусиків (3-5, іноді 7), і 2-3 пар листочків. За допомогою вусиків (видозмінених листочків) горох чіпляється за будь-яку опору. Завдяки цьому полегло стебло гороху набуває здатності рости у вертикальному положенні. Іноді листок гороху може бути вусатим

(безлисточковим). У цьому разі він складається з черешка, який переходить у багаторазово розгалужену головну жилку, що закінчується вусиками [4].

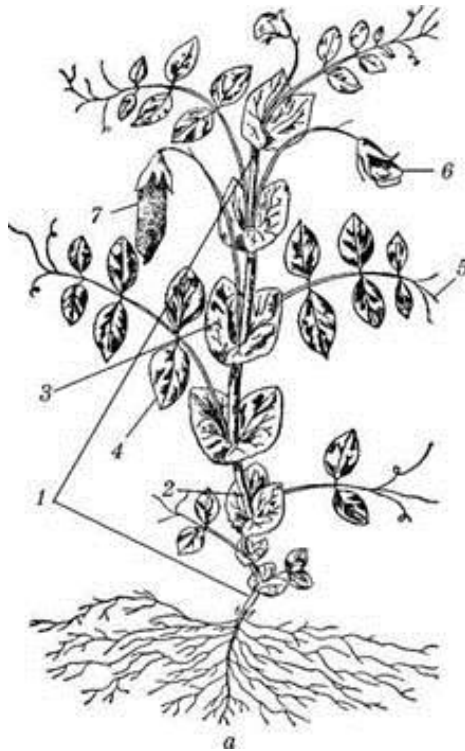


Рисунок 2.1 - Горох:

1 - стебло; 2 - міжвузля стебла; 3 - прилистник; 4 - пластинка пірчастого листка; 5 - вусики (редуковані листкові пластинки); 6 - квітка; 7 – біб [15]

Квітки зернобобових рослин неправильної форми, п'ятироздільні, мають чашечку і віночок. Пелюстки віночка різні за розміром і формою. Одна з пелюсток, що є непарною і має найбільший розмір, називається вітрилом; дві інші, які вільно розміщуються по боках віночка, називаються весельцями, четверта і п'ята пелюстки, розміщені внизу віночка, утворюють так званий човник. Забарвлення віночка - від білого до червоного й фіолетового. У кожній квітці є 10 тичинок і стиснена з боків маточка. Квітки утворюють суцвіття (китицю) [15].

Квітки гороху пазушні, їх по 1-2 на квітконосі, кількість квіток на одній рослині є сортовою ознакою в період масового цвітіння. При наявності двох і більше квіток на квітконосі раніше розвивається квітка, розташована ближче

до його основи, а верхня квітка - пізніше. Різниця в часі розвитку окремих квіток на одному квітконосі становить звичайно одну добу [14, 16].

Горох - самоzapильна рослина, однак у південних районах у жаркі роки можливе перезапилення.

Плід гороху - різний за формою та розмірами біб. За будовою ступок бобу розрізняють луцильні та цукрові форми гороху. У луцильних форм ступки мають внутрішній жорсткий, так званий пергаментний шар, який складається із 2-3 шарів здерев'янілих і 1-2 рядів незадерев'янілих клітин. У цукрових форм ступки плоду не мають пергаментного шару, у напівцукрових він розвинений частково, окремими місцями у вигляді смуг.

За формою боби можуть бути прямі, слабозігнуті, вигнуті, шаблеподібні, серпоподібні та увігнуті. За розмірами плоди поділяють на дрібні (3,0-4,5 см), середні (4,5-6,0 см), великі (6-10 см) і дуже великі (10-15 см). Плоди мають жовте, світло-зелене, зелене, темно-зелене, фіолетове забарвлення.

Насіння сортів гороху зернового напряму використання має світло-жовте, жовто-рожеве, рідше зелене, помаранчеве і темно-зелене забарвлення. Насіння овочевих сортів гороху переважно сизо-зеленого, іноді жовто-зеленого, жовтого і рідко - оливкового забарвлення.

Кількість насінин у плоді варіює в значному діапазоні - від 3 до 17 шт. Крупність насінин - важлива сортова ознака. Дрібні насінини мають діаметр 3,5-5,0 мм і масу 1000 шт. не менше 150 г; середнє насіння - діаметр 5,0-7,0 мм і масу 1000 шт. 150-250 г; крупне - діаметр 7,0-10,5 мм і масу 1000 шт. більше 250 г [4].

Результати досліджень біологів [16] показують, що в багатьох середньостиглих сортів у нормальних життєвих умовах період часу від початку цвітіння до його кінця становить 10 - 18 днів. У несприятливих умовах з високою температурою повітря й низкою відносною вологістю зав'язі відпадають, рослини утворюють дрібні боби, і період цвітіння скорочується до 4 - 5 днів.

Довжина вегетаційного періоду є сортовою ознакою гороху. При найбільш сприятливих умовах залежно від швидкостиглості різні сорти гороху можуть вегетувати протягом від 45 - 50 до 120-125 днів. При різких змінах умов вирощування (температури, довжини світлового дня, інтенсивності освітлення, рівня агротехніки й т.д.) спостерігаються дуже сильні зміни в довжині вегетаційного періоду й строках проходження репродуктивних фаз [14].

## 2.2 Агроекологічна характеристика гороху

### 2.2.1 Відношення гороху до тепла

Горох – культура порівняно холодостійка. Для нормального розвитку сходів достатня температура 5°C. При 10°C сходи з'являються через 5-7 днів. Сходи більшості сортів переносять заморозки до - 4 °C. Все це свідчить про можливість і доцільність сівби гороху в ранні терміни.

Веgetативні органи добре формуються при невисокій температурі (2-16°C). Вимоги до тепла підвищуються в період утворення плодів (до 16-20°C), а під час росту бобів і наливу насіння – до 16-22°C. Жарка погода (вище 26°C) несприятлива для формування врожаю. Сума активних температур для найпоширеніших сортів становить за вегетацію всього 1200-1600 °C [8].

Сучасні чисельні експерименти із застосуванням динамічної моделі продукційного процесу гороху, проведені на кафедрі агрометеорології та агроекології ОДЕКУ [18, 19] також свідчать про помірні вимоги гороху до тепла. Дослідження по визначенню впливу строків сівби гороху у різних природно-кліматичних зонах України на агрометеорологічні умови вегетації та продуктивність посівів гороху показали, що, зокрема для лісостепових територій оптимальним буде строк сівби гороху у середині квітня. У цьому випадку середня температура вегетаційного періоду становить 17°C, а

урожай зерна за стандартної вологості становить 22,8 ц/га. Як ранній посів, так і запізнення з сівбою на одну декаду спричиняють зміни перш за все умов теплозабезпечення посівів, і, як наслідок – втрати урожаю від 1,5 до 3,7 ц/га.

Надземна частина найбільш холодостійких сортів гороху за умов відповідного загартування здатна витримувати зниження від'ємної температури до 12°C. Надземна частина рослин зимостійких сортів переносить без ушкоджень зниження температури до – 22 – 20°C, однак їх коренева система менш морозостійка і ушкоджується вже при температурі – 8 – 10 °C на глибині 4-6 см. В період плодоношення найбільш чутко реагують на зниження температури молоді боби, які підмерзають при зниженні температури до – 2°C [14].

### 2.2.2 Відношення гороху до вологи

До вологи горох вибагливий починаючи з проростання: насіння бубнявіє при поглинанні до 115 % води від власної сухої маси. Найвищі врожаї формує у районах з річною кількістю опадів 450 – 600 мм і вологістю ґрунту 70 – 80 % НВ [15].

У розвитку гороху виділяють два критичних періоди за реакцією на нестачу вологи. Перший – через 15-25 днів після сходів, другий – у період бутонізації – цвітіння, коли відбувається реалізація закладених у рослини потенційних можливостей. У період бутонізації – цвітіння необхідно створювати оптимальні умови зволоження і живлення, тоді довше буде продовжуватися цвітіння і більше сформується бобів [20].

На підставі аналізу залежностей величин урожаїв від фактора зволоження в різні періоди В.Ф. Панина встановила для умов центральної частини Нечорноземної зони 30-денний критичний період, що охоплює 20 днів до початку цвітіння й наступних 10 днів [21].

Режим зрошення гороху складається з вологозарядкового і вегетаційних поливів. Вологозарядковий полив проводять у нормі 800-1000

м<sup>3</sup>/га в роки з низькою вологозабезпеченістю ґрунтів в осінньо-зимовий період. Вегетаційні поливи здійснюються з урахуванням критичного періоду культури і погодних умов року. Нижня межа оптимальної вологозабезпеченості гороху в активному шарі ґрунту (0-60 см) становить 60-70% на легких і 70-80% НВ на важких ґрунтах. На темно-каштанових і чорноземних ґрунтах півдня України горох, залежно від погодних умов поливають від одного до трьох разів, величина поливної норми змінюється від 350 до 500 м<sup>3</sup>/га. Основні способи поливу гороху – дощування, напуском по смугах, по засіяних і незасіяних борознах [20].

### 2.2.3 Відношення гороху до світла

Основні групи гороху є рослинами довгого дня [14, 22]. Рослини північного походження для проходження світлової стадії вимагають світла малої інтенсивності збагачене довгохвильовими променями.

У цілому при довгому дні, збагаченому довгохвильовими променями світла, рослини гороху здатні довго вегетувати і утворювати високоякісний продукт. При короткому ж дні й високій інтенсивності світла рослини гороху всіх сортів прискорюють свій розвиток, і вміст протеїну в зерні знижується через менше засвоєння рослинами азоту [14].

### 2.2.4 Відношення гороху до ґрунтів та мінерального живлення

До ґрунтів у гороху підвищені вимоги. Найкращими для нього є середні за механічним складом суглинкові й супіщані родючі чорноземні ґрунти, багаті на фосфор, калій та кальцій, з нейтральною або слабкокислою реакцією ґрунтового розчину (рН 6–7). Добре родить на осушених некислих торфовищах. На щільних глинистих, перезволожених ґрунтах, ґрунтах з неглибоким заляганням ґрунтових вод (50 – 60 см від поверхні), кислих горох



розвивається погано. Тут він пригнічується діяльністю бульбочкових бактерій, рослини жовкнуть і припиняють ріст. Тому такі ґрунти треба обов'язково вапнувати. Малопродатними для гороху є також бідні на поживні речовини легкі піщані, солонцюваті й солончакуваті ґрунти [15].

На чорноземних дерново-підзолистих ґрунтах позитивно впливає на врожай гороху внесення мікродобрих, таких як марганець, бор і особливо молібден. У літературі відомі такі дані, згідно яким внесення 1 кг діючої речовини молібдену на 1 га посіву підвищує врожай гороху в середньому на 37%, а вміст білка в насінні при цьому збільшується на 2% [22].

Основною особливістю гороху є фіксація азоту з повітря за рахунок бульбочкових бактерій. Він відзначається і високою інтенсивністю засвоєння фосфору, який входить до складу нуклеїнових кислот, що беруть участь у синтезі білка, процесах росту, розмноження, стимулюють ріст кореневої системи і активність бульбочкових бактерій. Горох добре поглинає важкозасвоювані фосфати. Калій посилює фосфатний обмін у рослинах, підвищує активність надходження в рослини сірки, збільшує обводненість колоїдів протоплазми. При його наявності рослини легше переносять короточасний дефіцит вологи [20].

### 2.3 Сучасні сорти гороху

Селекційна робота в Інституті рослинництва ім. В. Я. Юр'єва проводиться в напрямку створення сортів різного морфотипу та способу використання. Створені за останні роки 102 сорти повністю відповідають сучасним умовам виробництва, відзначаються стійкістю до вилягання та обсіпання насіння, придатні до прямого комбайнування, більше пристосовані, у порівнянні із зарубіжними сортами, до регіональних кліматичних умов і займають все більші площі на ланах України і мають потенціал урожайності до 6,0 т/га [23].

Окрім того сорти Девіз, Модус і Глянс вирізняються високою екологічною пластичністю. У сортів Отаман та Магнат нижча маса 1000 насінин, що дозволяє на 10 – 15 % скоротити витрати насіння на посів. Сорти Магнат і особливо Гейзер відрізняються більшою вегетативною масою і їх можливо використовувати в сумісних посівах з іншими культурами. Високі товарні та смакові якості має насіння сортів Царевич та Глянс. Різниця в тривалості вегетаційного періоду між сортами Царевич і Оплот в 8 – 10 днів дозволяє при їх вирощуванні знівелювати можливі погодні негаразди та подовжити оптимальні строки збирання.

Багаторічний досвід показує, що за комплексом господарськи цінних ознак сорти гороху селекції IP ім. В. Я. Юр'єва НААН в найбільшій мірі задовольняють вимоги виробництва, про що свідчить високий попит на насіння високих репродукцій. Впровадження цих сортів дозволяє більш ефективно використовувати матеріально-технічні ресурси, а за рахунок однофазного збирання зменшити втрати і покращити якість товарної і насінневої продукції [23].

#### 2.4 Особливості агротехніки гороху

Кращі попередники для гороху є озимі культури, кукурудза, картопля, ячмінь, льон, овес, а в зоні достатнього зволоження – буряки цукрові [15]. Горох не витримує монокультури та зближення його в сівозміні з іншими зернобобовими культурами, що зумовлено розвитком спільних хвороб, особливо кореневих гнилей, і негативно позначається на врожайності. Найбільший урожай він формує після розміщення в сівозміні не раніше ніж через 4-5 років після бобових культур [4].

У степовій зоні його не слід розміщати також після соняшника, який сильно висушує ґрунт. Крім того, сходи падалиці соняшника знижують урожай гороху й ускладнюють його збирання. У сівозміні горох краще розміщати після добре підживлених культур: огірків, гарбуза, томатів,

ранньої картоплі, капусти. Кукурудза на зерно - гарний попередник для гороху [24].

У свою чергу горох також є дуже вдалим попередником для багатьох сільськогосподарських культур. Зокрема, у якості попередника горох набагато підвищує урожаї озимої пшениці [25]. Його можна вирощувати як післяжнивну і сіяну на пару культуру [4].

На посівах гороху, розміщених після стерньових попередників (озимої пшениці), при наявності однорічних бур'янів проводять одне дискування на глибину 6 – 8 см і звичайну зяблеву оранку на глибину 20–22 см. Якщо поле забур'янене кореневищними бур'янами, його дискують двічі дисковими лушпильниками або боронами на глибину 10–12 см; на площах з коренепаростковими бур'янами - перший раз дискують на глибину 6–8 см, другий - через 10–15 днів лемішними лушпильниками на глибину 12–14 см.

Зяблеву оранку проводять на глибину 20 – 22 см. У Лісостепу й на Поліссі віддають перевагу ранній зяблевій оранці, яка дає змогу застосувати напівпаровий обробіток для очищення поля від бур'янів і накопичити в ґрунті більше вологи [15].

Зважаючи на вологолюбність гороху, високі потреби його у волозі під час проростання насіння, надають великого значення передпосівному обробітку ґрунту. Головна мета його - максимально зберегти вологу в ґрунті і створити дрібногрудочкувату структуру посівного шару для якісної сівби гороху. На важких запливаючих ґрунтах Лісостепу навесні площу до сівби гороху двічі культивують - на 8–10 і 6–8 см [15].

Горох сіють одночасно з ранніми ярими зерновими. Ранні посіви стійкіші проти хвороб і шкідників, забезпечують більший урожай зерна і дають можливість раніше звільнити поле під посів озимих культур. Запізнення з сівбою на 5-9 днів знижує врожай на 0,4-0,7 т/га. Проте позитивні результати рання сівба дає лише за оптимальної глибини загортання насіння, яка становить 5-6 см. Для цього ґрунт має бути добре

розпушеним, а швидкість руху посівних агрегатів не повинна перевищувати 8-10 км/год.

Норма висіву середньорослих зернових сортів гороху становить 1 4-1,5 млн схожих насінин на 1 га (300-350 кг/га), високорослих – 1-1,2 млн (250-300 кг/га). Сіють горох звичайним рядковим способом. Оскільки під час проростання насіння гороху не виносить на поверхню сім'ядолі, його можна загортати на глибину 8-10 см [4].

Після сівби поле прикочують кільчасто-шпоровими котками в агрегаті з легкими боронами. Це забезпечує підтягування вологи до насіння з нижніх горизонтів, поліпшує контакт насіння з ґрунтом, сприяє отриманню дружних сходів. У подальшому догляді за посівами гороху важливого значення набуває боротьба з бур'янами [4].

Дослідники Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН рекомендують використовувати засоби захисту від бур'янів на початку вегетаційного періоду гороху залежно від видового різноманіття бур'янів у посівах. Якщо в посівах переважають однорічні дводольні бур'яни, рекомендується вносити гербіцид базагран, шляхом обприскування посівів під час формування 5–6 листків рослин культури.

Якщо посіви забур'янені одночасно однорічними дводольними та злаковими видами, пропонується застосовувати суміш препаратів агрітокс та пантера, шляхом обприскування вегетуючих бур'янів і гороху у фазі 3–5 листочків. За достатньої кількості вологи у ґрунті можна застосовувати гербіцид ґрунтової дії гезагард, обприскуючи ним ґрунт після проведення сівби гороху.

Запропонована система захисту посівів гороху від бур'янів пройшла виробничу перевірку в умовах Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту на площі 8,0 га. Урожай насіння гороху при цьому становив 3,5 т/га з умістом білка 27,1%, прибуток - 2788 грн/га [26].

Полягання гороху негативно позначається на врожаї й ускладнює збирання. Дослідниками Всеросійського НДІ зернобобових та круп'яних

культур визначені перспективи використання у виробництві сортів гороху нового покоління з різним типом листя (Фараон, Спартак, Темп). Короткостеблинні вусаті сорти (з вусиками замість листочків) практично не вилягають [27].

Однак на більших площах вирощуються урожайні сорти, що вилягають. Для таких сортів основний спосіб збирання - роздільний. Нерівномірність дозрівання, вилягальність стебел і осипання насіння при дозріванні в багатьох районованих сортів роблять збирання найбільш складною операцією в технології вирощування гороху. Скошують горох при побурінні 60-70 % бобів. До цього часу закінчується налив насіння, його вологість становить 35-40 %. Тривалість скошування повинна бути не більше 3-4 днів. У цьому випадку втрати мінімальні.

Зібране зерно, що надходить від комбайна, містить сухе насіння й вологі домішки. У ньому можуть бути недоспіле насіння й плоди, шматочки стебел і насіння бур'янистих рослин, тому його треба відразу пропустити через зерноочисну машину. Після очищення зерно з вологістю більше 17 % варто просушити. При сушінні температурний режим установлюють залежно від вологості насіння. Підсушене до кондиційної вологості (14 %) насіння сортують і зберігають у сухих приміщеннях з висотою насипу в засіках не більше 2,5 м [28].

### **3 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ОЦІНКА МІНЛИВОСТІ УРОЖАЇВ ГОРОХУ НА ТЕРИТОРІЇ ЛІСОСТЕПОВИХ ОБЛАСТЕЙ**

#### **3.1 Методи оцінки мінливості урожайності сільськогосподарських культур**

Прогрес сільського господарства привів до суттєвого підвищення урожаїв усіх культур. Але, на фоні загального росту урожаїв, їх коливання з року в рік ще досить значні.

Тому для отримання планованих урожаїв та науково обґрунтованого розміщення сільськогосподарських культур поряд з детальною оцінкою агрокліматичних ресурсів необхідне вивчення часової мінливості урожаїв у різних агрокліматичних зонах. Мінливість урожаїв сільськогосподарських культур в окремі роки обумовлена впливом значної кількості факторів, які поділяють на дві групи.

Перша група включає ряд факторів, що обумовлюють рівень культури землеробства. Комплекс факторів від яких залежить рівень культури землеробства, досить різноманітний Це і досягнення генетики та селекції, технологія вирощування культур, яка включає забезпеченість добривами, меліорацію земель, а також енергозабезпеченість сільського господарства.

Друга група об'єднує метеорологічні фактори, які визначають значні відхилення урожайності в окремі роки від середнього рівня. Урожайність у кожному конкретному році формується під впливом цілого комплексу природних чинників [29].

Однак, при вирішенні практичних питань часто виникає необхідність роздільної оцінки ступеня впливу на урожайність як рівня культури землеробства, так і умов погоди. В основу такої оцінки покладено ідею В.М Обухова [30] про можливість розкладання часового ряду урожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову. Ця ідея отримала подальший розвиток у дослідженні інших авторів [31, 32]. У такій

постановці ряд урожайності  $Y_t$  можна представити у вигляді загальної статистичної моделі такого роду:

$$Y_t = f(t) + U_t, \quad (3.1)$$

де  $f(t)$  – стаціонарна послідовність;  $U_t$  – випадкова послідовність.

Стаціонарна складова визначає загальну тенденцію зміни урожайності в проаналізованому періоді. Вона представляє плавну лінію, отриману в результаті згладжування ряду. Ця лінія називається трендом і описується зазвичай рівнянням прямої або параболою другого порядку. Випадкова складова обумовлюється погодними особливостями окремих років, визначає їхній вплив на формування урожайності й представляє відхилення від лінії тренда. Таке розкладання обґрунтовується тим, що рівень культури землеробства має помітний вплив на урожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але і в наступні роки, тобто сільське господарство відрізняється певною інерційністю. Тому лінія тренда досить точно характеризує середній рівень урожайності, обумовлений рівнем культури землеробства, економічними й природними особливостями конкретного району.

Для оцінки урожайності сільськогосподарських культур у різних регіонах або прогнозування тенденції урожайності на найближчі роки в практиці агрометеорології найчастіше застосовують два методи – найменших квадратів і гармонічних зважувань (вагів). Метод гармонічних зважувань вперше був запропонований для економічних розрахунків З. Хельвігом. В агрометеорології він був вперше використаний у дослідженнях професора А.М. Польового [29].

Основна ідея методу гармонічних зважувань (МГЗ) полягає в тому, що в результаті зважування певним чином окремих спостережень часового ряду, більш пізнім спостереженнями часового ряду, надаються більші зважування. При використанні МГЗ, як деякого наближення істинного тренда  $f(t)$  часового

ряду урожайності сільськогосподарських культур  $Y_t (t = 1, 2, 3, \dots, n)$  приймається ламана лінія, яка згладжує задану кількість точок часового ряду  $Y_t$ . Окремі відрізки ламаної лінії (ковзного тренда) представляють його окремі фази. Для визначення окремих фаз руху ковзного тренда вибираємо кількість років, які утворюють окрему фазу, причому  $k < n$

Запропонований алгоритм описує метод розрахунку точок динамічної складової часового ряду урожайності за МГЗ, а також дозволяє по тенденції часового ряду прогнозувати її величину на найближчі 1–2 роки.

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

$$Y_i(t) = a_i + b_i t, \quad (i=1, 2, 3, \dots, n-k+1) \quad (3.2)$$

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

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

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

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

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

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:

$$\bar{Y}_j(t) = \frac{1}{g_i} \sum_{j=1}^{g_i} Y_j(t) \quad , \quad j = 1, 2, 3, \dots, g_i \quad (3.3)$$

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

Значення, що прогнозується



$$\bar{Y}_{(t+1)} = Y_t + \bar{W}_{t+1} \quad (3.4)$$

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

Він розраховується з виразу:

$$\bar{W}_{t+1} = \sum_{i=1}^{n-1} C_{t+1}^n - W_{t+1} \quad (3.5)$$

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

$$W_{t+1} = f_{(t+1)} - f_{(t)} = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t. \quad (3.6)$$

$C_{t+1}^n$  - гармонійна вага, яка визначається за формулою

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{(t+1)}}{n-1} \quad (3.7)$$

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

Найраніші спостереження мають вагу

$$m_2 = \frac{1}{n-1}. \quad (3.8)$$

В наступний момент вага інформації  $m_3$  визначатиметься:

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2}. \quad (3.9)$$

Таким чином, ряд зважувань визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}, \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (3.10)$$

з початковою величиною, що виражається рівнянням (3.9).

### 3.2 Дослідження динаміки урожайності гороху у лісостепових областях України

Нами із застосуванням методу гармонійних вагів було проаналізовано часові ряди урожайності гороху в трьох лісостепових областях України: Черкаській, Полтавській та Сумській, побудована лінія тренду та розраховані відхилення урожайності від лінії тренду. Для аналізу використовувалися середньообласні дані за період з 1999 по 2018 роки, представлені Головними управліннями статистики досліджуваних областей [33-35]. Результати цієї роботи представлені на рис. 3.1-3.6, у табл. 3.1 та у додатку А. На рисунках плавна лінія характеризує тренд врожайності, а ламана лінія - щорічні коливання врожайності за рахунок різних факторів, основу яких становить клімат.

Аналіз середньообласної урожайності гороху в Черкаській області (рис. 3.1) свідчить, що протягом 20 досліджуваних років урожайність коливалася у дуже широких межах. Наприклад, у 2005, 2014 та 2016 рр. було зібрано найбільші для досліджуваної території урожаї – 33,8, 27,2 та 33,9 ц/га відповідно. Найменші урожаї були зібрані у 1999, 2003 та 2007 рр., вони становили 13,0, 13,9 та 11,8 ц/га відповідно.

Протягом досліджуваного періоду в Черкаській області спостерігалось майже прямолінійне зростання трендової компоненти, що свідчить про поступове підвищення рівня культури землеробства за цей період. Так, у 1999 році трендова компонента урожайності становила 17,8 ц/га, а до 2018 р. вона виросла до 25,9 ц/га. Тобто за досліджуваний період урожайність за трендом виросла на 8,1 ц/га.

Середня за роки досліджень урожайність склала 22,2 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, додатна і складає 0,3 ц/га.

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю гороху в Черкаській області, розглянемо відхилення

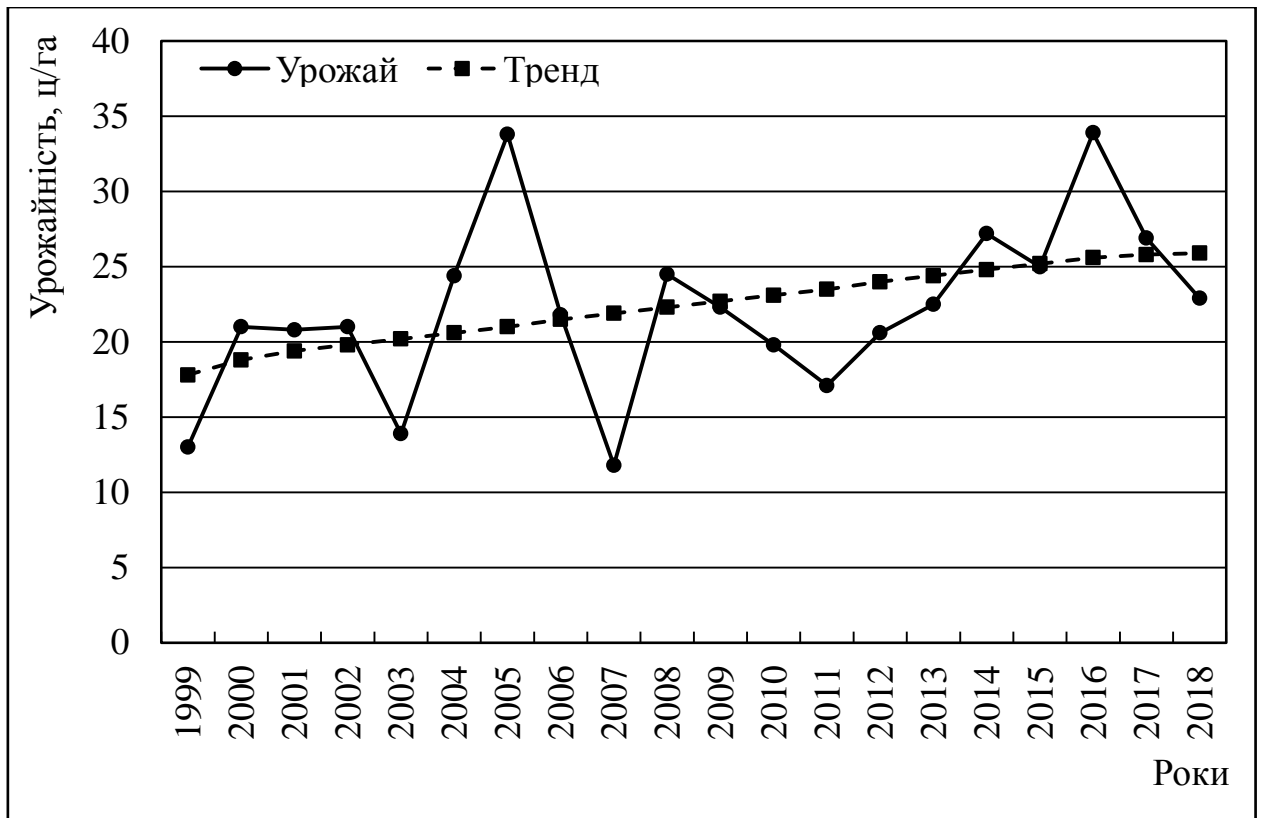


Рисунок 3.1 – Динаміка урожайності гороху та лінія тренду в Черкаській області

фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.2). За 20 років у 10 випадках спостерігались від'ємні відхилення, які були досить значними і досягали у 2003 р. – 6,3 ц/га, 2007 р. -10,1 ц/га, у 2011 р. -6,4 ц/га. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років.

У роки ж з додатними відхиленнями від лінії тренду збільшення врожаю відбувалося за рахунок сприятливих погодних умов. Найбільш сприятливими для вирощування гороху в Черкаській області були 2004, 2005 та 2016 рр., коли додатні відхилення від лінії тренду склали 3,8 та 12,8 та 8,3 ц/га відповідно.

Аналіз середньообласної урожайності гороху у Полтавській області (рис. 3.3) також свідчить, що протягом 20 досліджуваних років урожайність і в цій області коливалася у дуже широких межах. Наприклад, найбільш врожайними на цій території були 2005, 2016 та 2017 рр., коли урожаї

становили 31,3, 30,3 та 27,4 ц/га відповідно. Найменші урожаї були зібрані у 1999, 2003 та 2007 рр. Вони становили 11,0, 11,9 та 13,0 ц/га відповідно.

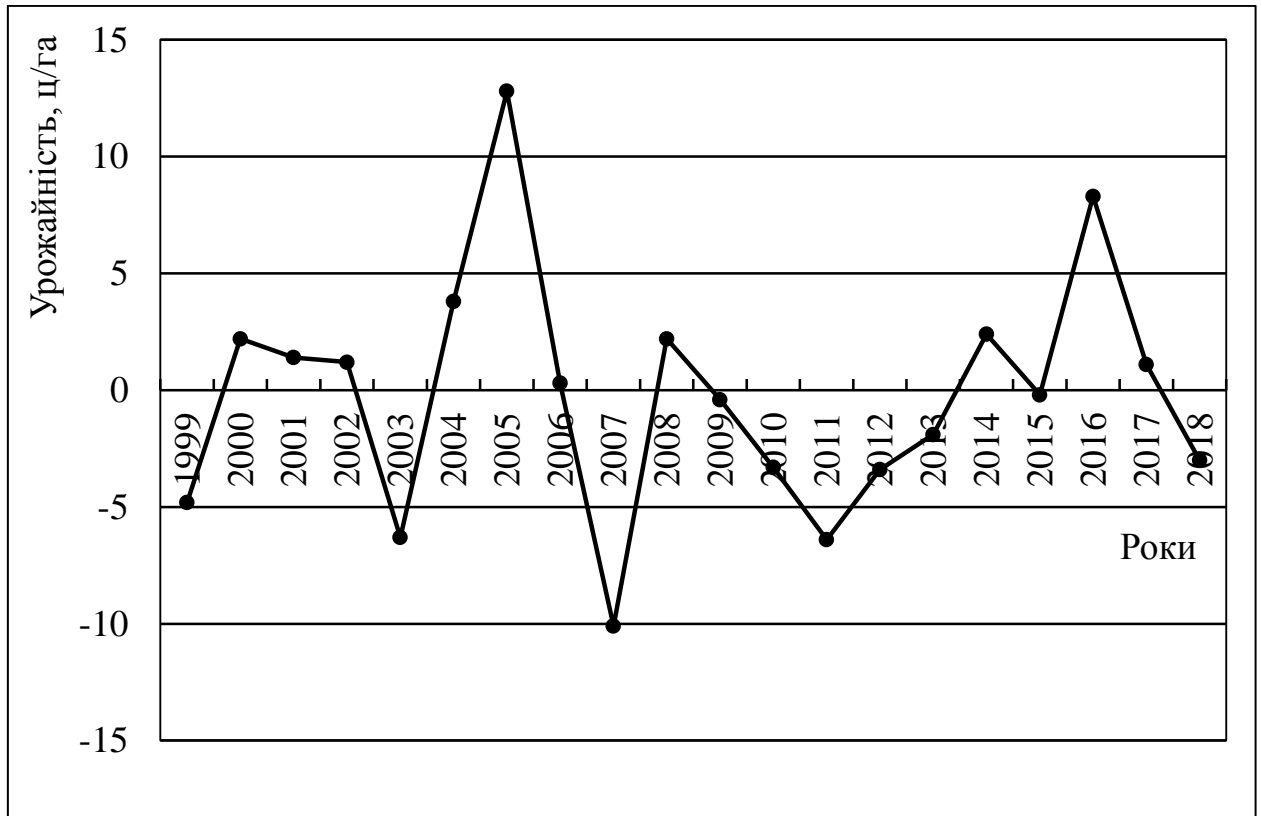


Рисунок 3.2 – Відхилення урожайності гороху від лінії тренду в Черкаській області

Протягом досліджуваного періоду спостерігається досить інтенсивне практично прямолінійне збільшення трендової компоненти. Так, у 1999 р. трендова компонента урожайності становила 15,3 ц/га, а наприкінці періоду – у 2018 р. - урожайність за трендом збільшилась до 25,4 ц/га, що свідчить про стабільний та зростаючий рівень культури землеробства у той час у Полтавській області.

Середня за роки досліджень урожайність склала 20,3 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, додатна і складає 0,6 ц/га.

Таблиця 3.1 - Розрахунок ступеня сприятливості клімату  $K_C$   
по лісостеповим областям України

Рік	Черкаська				Полтавська				Сумська			
	$U_B$ , ц/га	$U_T$ , ц/га	$\Delta U$ , ц/га	$K_C$	$U_B$ , ц/га	$U_T$ , ц/га	$U$ , ц/га	$K_C$	$U_B$ , ц/га	$U_T$ , ц/га	$\Delta U$ , ц/га	$K_C$
1999	13	17,8	-4,8	0,73	11	15,3	-4,3	0,72	13	15,6	-2,6	0,83
2000	21	18,8	2,2	1,12	18	16,1	1,9	1,12	20	15,6	4,4	1,28
2001	20,8	19,4	1,4	1,07	18,8	16,6	2,2	1,13	17	15,4	1,6	1,10
2002	21	19,8	1,2	1,06	19	17,1	1,9	1,11	20	15,9	4,1	1,26
2003	13,9	20,2	-6,3	0,69	11,9	17,6	-5,7	0,68	15,5	16,4	-0,9	0,95
2004	24,4	20,6	3,8	1,18	20,3	18,1	2,2	1,12	20,8	16,9	3,9	1,23
2005	33,8	21	12,8	1,61	31,3	18,6	12,7	1,68	21,2	17,5	3,7	1,21
2006	21,8	21,5	0,3	1,01	18,2	19,1	-0,9	0,95	14,4	18	-3,6	0,80
2007	11,8	21,9	-10,1	0,54	13	19,6	-6,6	0,66	12,9	18,5	-5,6	0,70
2008	24,5	22,3	2,2	1,10	21,8	20,1	1,7	1,08	21,3	19,1	2,2	1,12
2009	22,3	22,7	-0,4	0,98	19,1	20,6	-1,5	0,93	18,1	19,6	-1,5	0,92
2010	19,8	23,1	-3,3	0,86	14,2	21,1	-6,9	0,67	11,1	20,1	-9	0,55
2011	17,1	23,5	-6,4	0,73	15,2	21,6	-6,4	0,70	14,6	20,7	-6,1	0,71
2012	20,6	24	-3,4	0,86	21,4	22,1	-0,7	0,97	18	21,2	-3,2	0,85
2013	22,5	24,4	-1,9	0,92	18,8	22,6	-3,8	0,83	17,7	21,7	-4	0,82
2014	27,2	24,8	2,4	1,10	25,1	23,1	2	1,09	25	22,2	2,8	1,13
2015	25	25,2	-0,2	0,99	25	23,6	1,4	1,06	25,2	22,8	2,4	1,11
2016	33,9	25,6	8,3	1,32	30,3	24,1	6,2	1,26	26,2	23,3	2,9	1,12
2017	26,9	25,8	1,1	1,04	27,4	24,7	2,7	1,11	34,5	24,9	9,6	1,39
2018	22,9	25,9	-3	0,88	26,2	25,4	0,8	1,03	31,8	26,5	5,3	1,20
Середнє	<b>22,2</b>				<b>20,3</b>				<b>19,9</b>			

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю гороху, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.4). За 20 років у 9 випадках спостерігались від'ємні відхилення, які були досить великими і досягали у 2007 р. -6,6 ц/га, у 2010 р. -6,9 ц/га, у 2011 р. – 6,4 ц/га. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років.

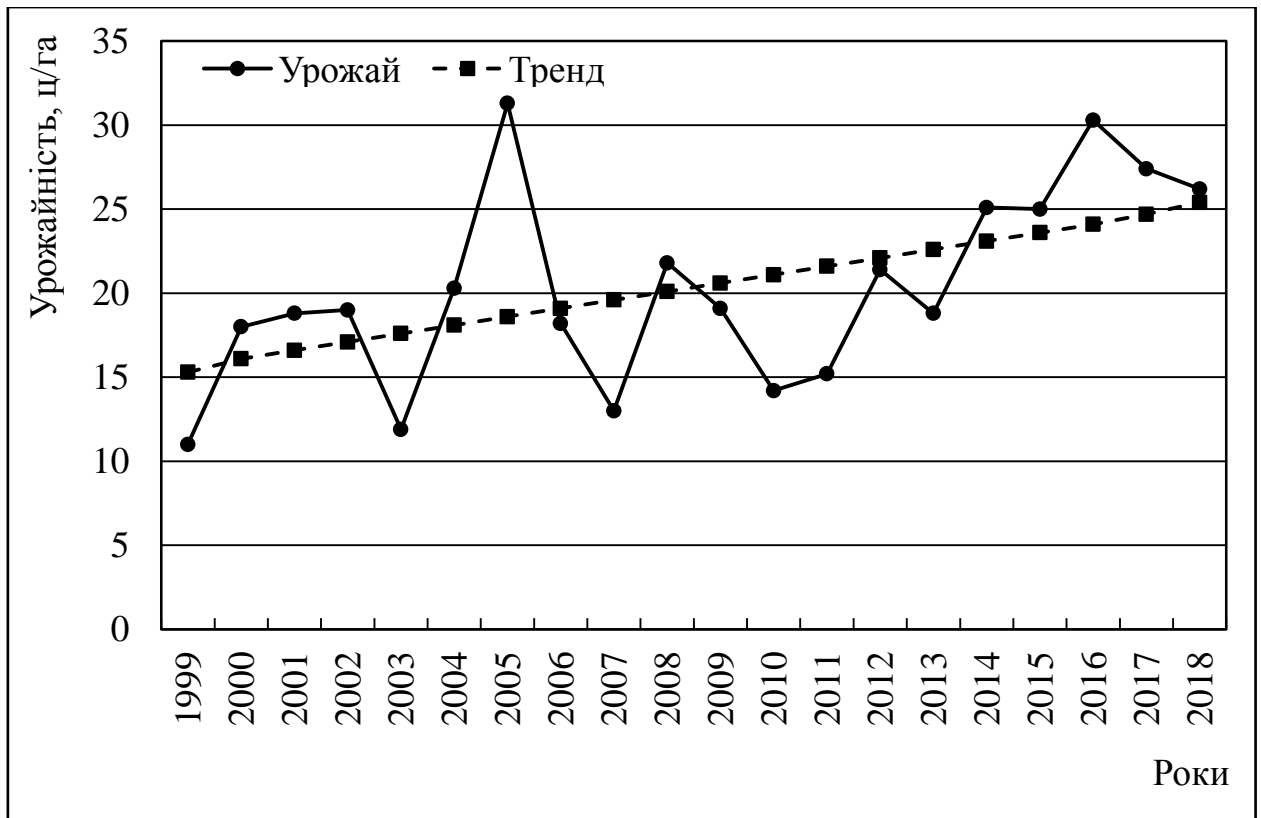


Рисунок 3.3 – Динаміка урожайності гороху та лінія тренду в Полтавській області

У роки ж з додатними відхиленнями від лінії тренду збільшення врожаю спостерігалось за рахунок сприятливих погодних умов. Найбільш сприятливим для вирощування гороху в Полтавській області був 2005 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 12,7 ц/га. Як можна бачити з рисунка, також суттєві прирости урожаю за рахунок сприятливих погодних умов були отримані у 2016 р. – 6,2 ц/га та у 2017 р. – 2,7 ц/га. Усього ж за 20 досліджуваних років додатні відхилення від лінії тренду спостерігалися у 11 роках.

Графік динаміки середньообласної урожайності гороху у Сумській області та лінія тренду представлені на рис. 3.5. Аналіз цього графіку також свідчить, що протягом 20 досліджуваних років урожайність в цій області також коливалася у дуже широких межах. Наприклад, у 2017 р. було зібрано найбільший для досліджуваної території урожай – 34,5 ц/га, також високі

урожаї відмічалися у 2016 та 2018 рр. Вони становили 26,2, та 31,8 ц/га відповідно.

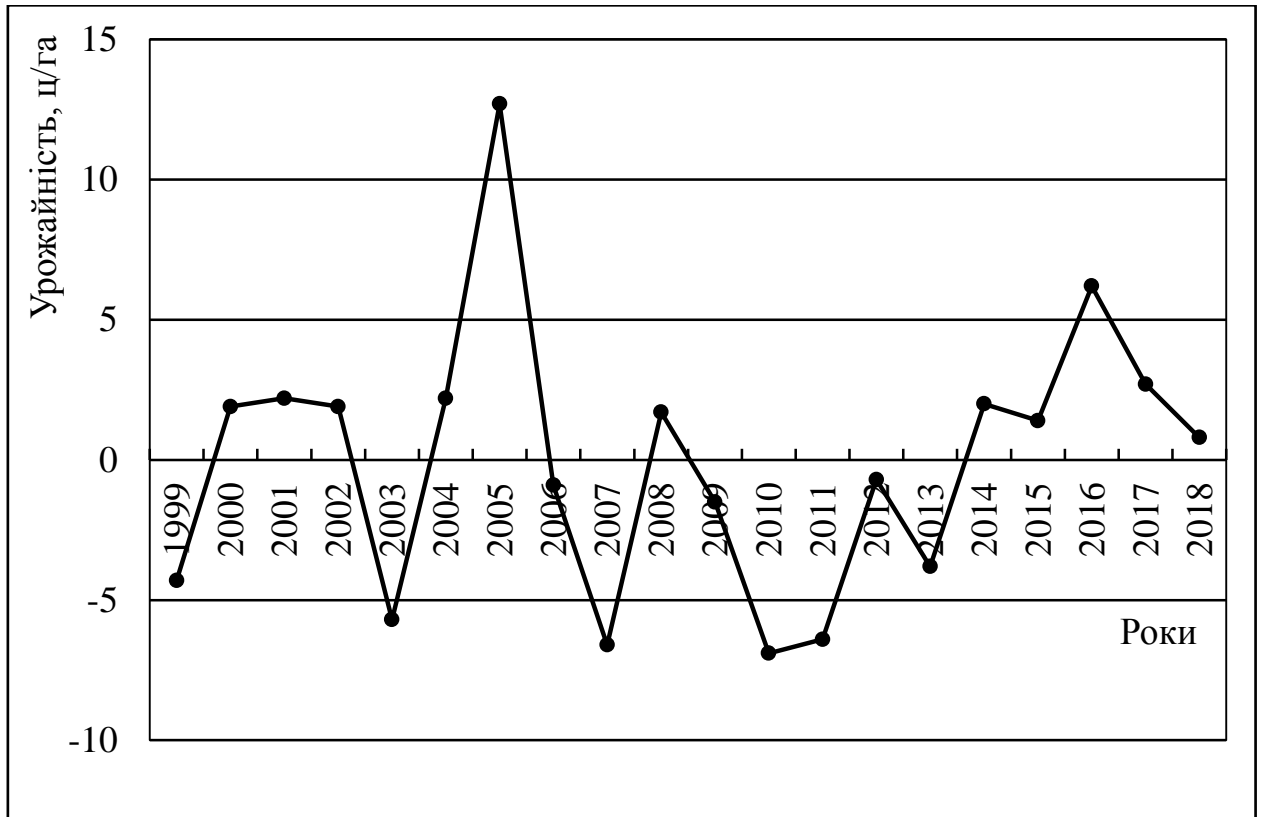


Рисунок 3.4 – Відхилення урожайності гороху від лінії тренду в Полтавській області

Найменший урожай був зібраний у 2010 р., він становив лише 11,1 ц/га. Також низькі урожаї спостерігались у 1999 р. (13 ц/га) та 2007 р. (12,9 ц/га).

Як і у випадку двох інших областей, у Сумській області протягом досліджуваного періоду спостерігається лінійне поступове збільшення трендової компоненти, що свідчить про деяке покращення рівня культури землеробства у ці роки. Але протягом останніх трьох років збільшення трендової складової відбувалося дещо активніше, ніж у попередні роки. Так, у 1999 р. трендова компонента урожайності становила 15,6 ц/га, у 2016 р. – 23,3 ц/га, а наприкінці періоду досліджень – у 2018 р. - урожайність за трендом зросла до 26,5 ц/га.

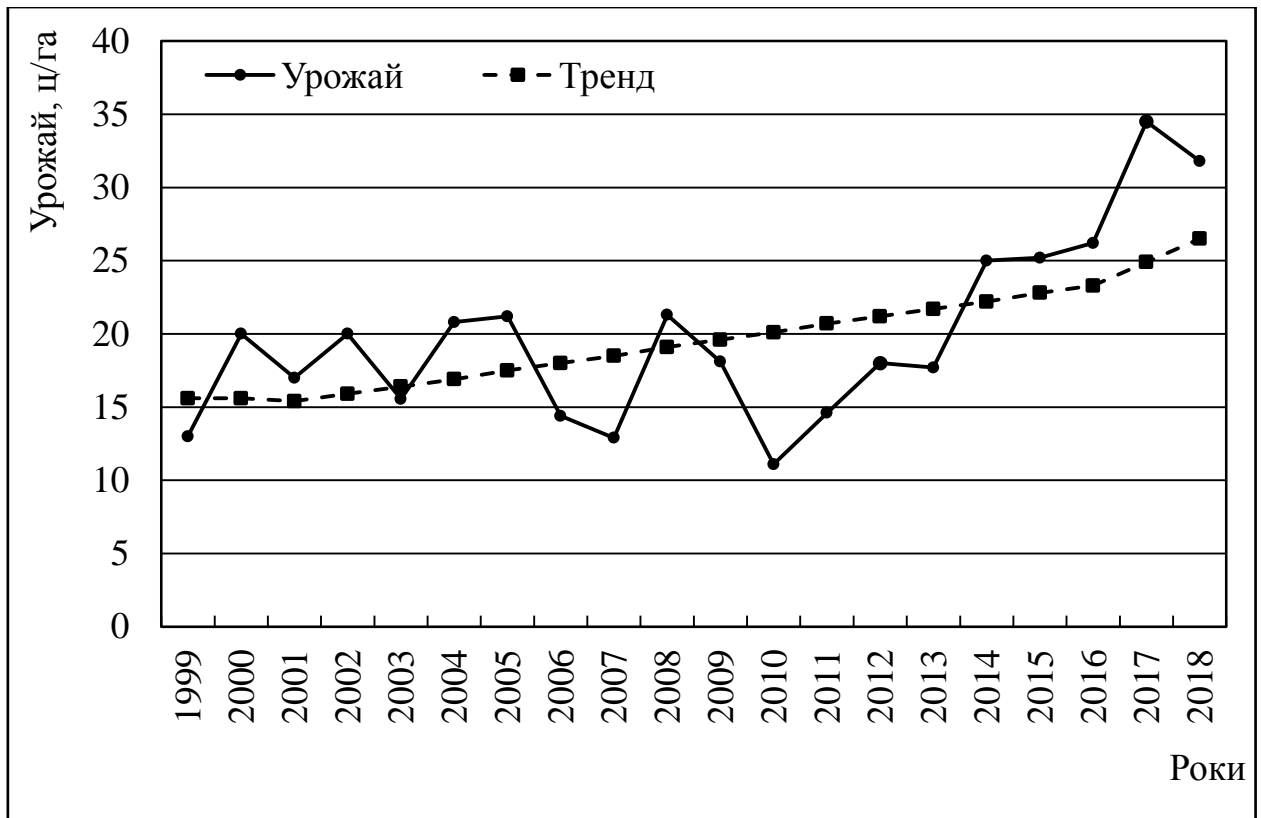


Рисунок 3.5 – Динаміка урожайності гороху та лінія тренду в Сумській області

Середня за роки досліджень урожайність склала 19,9 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, додатна і складає 0,9 ц/га.

Для виявлення в чистому вигляді для території Сумської області погодних умов окремих років на формування врожаю гороху, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.6). За 20 років у 9 випадках спостерігались від'ємні відхилення, які були досить значними і досягали у 2007 р. -5,6 ц/га, а у 2011 р. -6,1 ц/га. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років. Найбільш несприятливим за досліджений період виявився 2010 р., коли несприятливі погодні умови зумовили втрати урожаю до 9,0 ц/га.



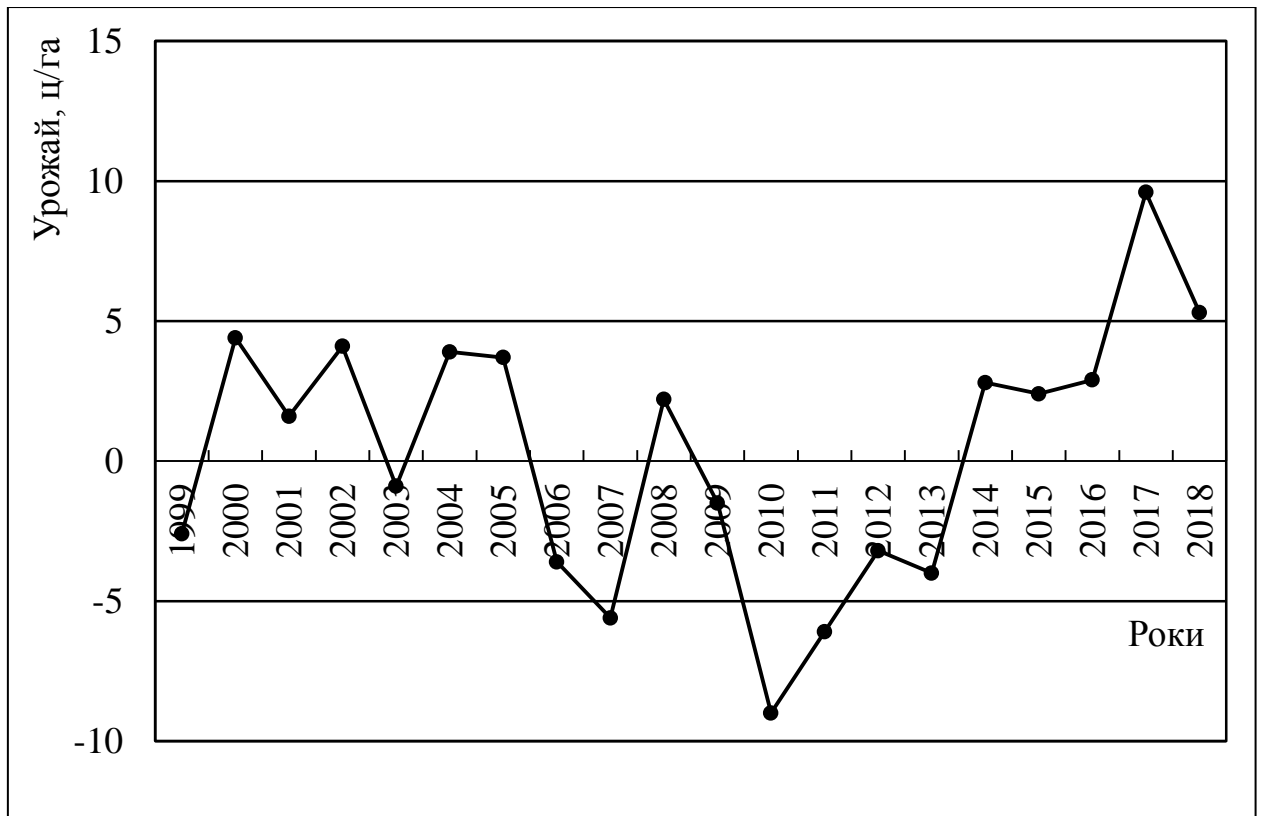


Рисунок 3.6 – Відхилення урожайності гороху від лінії тренду в Сумській області

У роки ж з додатними відхиленнями від лінії тренду збільшення врожаю спостерігалось за рахунок сприятливих погодних умов. Найбільш сприятливим для вирощування гороху в Сумській області був 2017 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 9,6 ц/га. Як можна бачити з рисунка, також суттєві прирости урожаю за рахунок сприятливих погодних умов були отримані у 2000 та 2018 рр. - 4,4 та 5,3 ц/га відповідно.

Цікавою є оцінка ступеня сприятливості клімату за допомогою відповідного коефіцієнта ( $K_C$ ), який визначається за формулою:

$$K_C = \frac{Y_B}{Y_T}, \quad (3.11)$$

де  $Y_B$  - виробничий урожай в конкретному році (ц/га),  $Y_T$  - урожай за трендом в тому ж році (ц/га). Значення  $K_C$  вище одиниці свідчать про

сприятливість конкретного року, значення  $K_C$  менше одиниці – відповідно про несприятливі умови конкретного року.

Відповідні розрахунки виконані для зазначених вище лісостепових областей і отримані наступні результати (табл. 3.1). В Черкаській області з 20 років спостережень у 10 роках спостерігалися несприятливі кліматичні умови. Це становить 50% від загальної кількості років.  $K_C$  в ці роки коливався від 0,54 до 0,99. Сприятливих років було також 10 (50%) і коефіцієнт сприятливості коливався від 1,01 до 1,61.

У Полтавській області з такої ж кількості років 9 років (45%) були несприятливими за кліматичними умовами, а 11 років (55%) - сприятливими. У першому випадку коефіцієнт сприятливості коливався в межах 0,66-0,97, а в другому випадку - 1,03-1,68.

У Сумській області також 11 років (55%) були сприятливими для вирощування гороху з  $K_C$ , що дорівнює 1,10-1,39, а 9 (45%) років - несприятливими з  $K_C$  порядку 0,55 - 0,95.

Таким чином, можна зробити висновок, що залежність урожаю гороху в лісостепових областях України від кліматичних умов є значною.

### 3.3 Дослідження кліматичної складової урожайності гороху

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 [32].

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

$$\sigma^2 = \sigma_a^2 + \sigma_m^2, \quad (3.12)$$

$$\sigma_m^2 = \sigma^2 - \sigma_a^2. \quad (3.13)$$

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 наступних формул:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (3.14)$$

$$\sigma_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{iT} - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (3.15)$$

$$\sigma_m^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (y_{iT} - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (3.16)$$

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

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 [32].

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

$$c_v = \frac{\sigma}{\bar{y}}. \quad (3.17)$$

Згідно до методики В.М. Пасова [20], оскільки особливий інтерес представляє тільки та частина варіації урожаю, що пов'язана зі змінами погоди, то до формули (3.16) замість  $\sigma$  слід ввести  $\sigma_m$ :

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

(3.18)

За вищевказаною методикою була розрахована кліматична складова мінливості урожаїв гороху в Черкаській, Полтавській та Сумській областях. Тренд побудований за методом гармонійних зважувань [29, 31]. Хід розрахунків представлено у таблицях 3.2-3.4.

Таблиця 3.2 – Розрахунок кліматичної складової урожайності гороху для території Черкаської області

Для території Черкаської області

$$c_v = \frac{1}{22,2} \sqrt{\frac{638,1 - 117,9}{20 - 1}} = \frac{1}{22,2} \sqrt{\frac{520,2}{19}} = \frac{\sqrt{27,37}}{22,2} = \frac{5,23}{22,2} = 0,24.$$

Для території Полтавської області

$$c_v = \frac{1}{20,3} \sqrt{\frac{645,7 - 173,1}{20 - 1}} = \frac{1}{20,3} \sqrt{\frac{472,7}{19}} = \frac{\sqrt{24,88}}{20,3} = \frac{4,99}{20,3} = 0,25.$$

Таблиця 3.3 – Розрахунок кліматичної складової урожайності

$n$	Рік	$y$	$y_T$	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$	$y_{iT} - \bar{y}$	$(y_{iT} - \bar{y})^2$
1	1999	13	17,8	-4,8	23,04	-4,4	19,36
2	2000	21	18,8	2,2	4,84	-3,4	11,56
3	2001	11	19,7	-8,7	75,69	-2,8	7,84
4	2002	20,8	16,4	4,4	19,36	-4,9	24,01
5	2003	18,8	18,8	0	0	-3,7	13,69
6	2004	13,9	20,2	-6,3	39,69	-3,2	10,24
7	2005	33,8	17,6	16,2	262,44	-1,6	2,56
8	2006	21,8	21,5	0,3	0,09	-1,2	1,44
9	2007	11,8	21,9	-10,1	102,01	-0,3	0,09
10	2008	24,5	22,3	2,2	4,84	0,1	0,01
11	2009	22,3	22,7	-0,4	0,16	0,5	0,25
12	2010	19,8	23,1	-3,3	10,89	0,9	0,81
13	2011	17,1	23,5	-6,4	40,96	1,3	1,69
14	2012	20,6	24	-3,4	11,56	1,8	3,24
15	2013	22,5	24,4	-1,9	3,61	2,2	4,84
16	2014	27,2	24,8	2,4	5,76	2,6	6,76
17	2015	25	25,2	-0,2	0,04	3	9
18	2016	33,9	25,6	8,3	68,89	3,4	11,56
19	2017	26,9	25,8	1,1	1,21	3,6	12,96
20	2018	22,9	25,9	-3,0	9,00	3,7	13,69
Середнє		22,2					
Сума					638,12		117,91

гороху для території Полтавської області

6	2004	20,3	18,1	0	0	-2,2	4,84
7	2005	31,3	18,6	11	121	-1,7	2,89
8	2006	18,2	19,1	-2,1	4,41	-1,2	1,44
9	2007	13	19,6	-7,3	53,29	-0,7	0,49
10	2008	21,8	20,1	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$	$y_{iT} - \bar{y}$	$(y_{iT} - \bar{y})^2$
11	2009	19,6	20,6	-6,2	47,64	-0,3	18,09
12	2000	14,8	24,4	-6,1	30,01	-0,8	18,64
13	2001	15,2	21,6	-3,9	28,01	-4,3	20,09
14	2002	25,9	24,1	0,1	0,01	1,8	3,24
15	2003	18,8	20,8	-4,4	19,36	-3,3	13,29
16	2004	25,9	23,9	0,8	28,64	2,8	7,84
17	2005	17,5	23,8	4,3	21,69	-3,4	16,80
18	2006	30,8	24,6	-5,6	30,06	-3,8	14,64
19	2007	28,4	24,8	7,7	50,49	-4,4	19,96
20	2008	28,2	23,2	5,9	34,86	-6,8	26,64
Середнє	2009	20,8	-1,5	-1,8	3,24	-0,3	0,09
Сума					645,7		173,05

Для території Сумської області

$$c_v = \frac{1}{19,9} \sqrt{\frac{724,9 - 206,0}{20 - 1}} = \frac{1}{19,9} \sqrt{\frac{518,9}{19}} = \frac{\sqrt{27,31}}{19,9} = \frac{5,23}{19,9} = 0,26.$$

Таблиця 3.4 – Розрахунок кліматичної складової урожайності  
гороху для території Сумської області

12	2010	20,1	-9	-8,8	77,44	0,2	0,04
13	2011	20,7	-6,1	-5,3	28,09	0,8	0,64
14	2012	21,2	-3,2	-1,9	3,61	1,3	1,69
15	2013	21,7	-4	-2,2	4,84	1,8	3,24
16	2014	22,2	2,8	5,1	26,01	2,3	5,29
17	2015	22,8	2,4	5,3	28,09	2,9	8,41
18	2016	23,3	2,9	6,3	39,69	3,4	11,56
19	2017	24,9	9,6	14,6	213,16	5	25
20	2018	26,5	5,3	11,9	141,61	6,6	43,56
Середнє		19,9					
Сума					724,89		205,97

В.М. Пасов [32] 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 ( $c_v \leq 0,20$ );
- зона помірно стійких урожаїв ( $c_v = 0,21 - 0,29$ );
- зона нестійких урожаїв ( $c_v \geq 0,30$ );
- зона дуже нестійких урожаїв ( $c_v \geq 0,50$ ).

Середню квадратичну помилку коефіцієнта варіації кліматичної складової мінливості урожаїв можна визначити за формулою

$$\partial_{c_v} = \frac{c_v \sqrt{1+c_v^2}}{\sqrt{2(n-1)}}, \quad (3.19)$$

де  $n$  – довжина ряду.

В нашому випадку  $n=20$ , отже помилка  $\partial_{c_v}$  дорівнює

для Черкаської області

$$\partial_{c_v} = \frac{0,24 \sqrt{1+(0,24)^2}}{\sqrt{2(20-1)}} = \frac{0,24 \sqrt{1,0576}}{\sqrt{38}} = \frac{0,247}{6,16} = 0,040;$$

для Полтавської області

$$\partial_{C_v} = \frac{0,25\sqrt{1+(0,25)^2}}{\sqrt{2(20-1)}} = \frac{0,25\sqrt{1,0625}}{\sqrt{38}} = \frac{0,258}{6,16} = 0,042;$$

для Сумської області

$$\partial_{C_v} = \frac{0,26\sqrt{1+(0,26)^2}}{\sqrt{2(20-1)}} = \frac{0,26\sqrt{1,0676}}{\sqrt{38}} = \frac{0,268}{6,16} = 0,044.$$

Таким чином три досліджені лісостепові області можна віднести до території помірно стійких урожаїв. Але враховуючи міжрічну мінливість урожаїв, можна зробити висновок, що, незважаючи на підвищення культури землеробства протягом останніх років, залежність урожаю гороху на території Черкаської, Полтавської та Сумської областей від погодних умов конкретних років залишається досить значною.

### 3.4 Ймовірнісна оцінка урожаїв гороху

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 [36]. Виходячи з теоретичних і практичних міркувань він запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної імовірності формулу:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\% \quad (3.12)$$

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.

Вказаний метод був застосований нами для визначення міжрічної мінливості урожаю гороху для Черкаської, Полтавської та Сумської областей. Використовувалися щорічні дані про урожайність за період з 1999 по 2018 роки. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.5

За цими даними були побудовані криві сумарної ймовірності можливих урожаїв гороху щодо середніх багаторічних значень (рис. 3.7-3.9). При цьому ставилася задача виявити особливості в розподілі можливих урожаїв різної забезпеченості в порівнянні з середньою багаторічною величиною.

Потім з кривої сумарної імовірності знімалися значення урожаю гороху різної забезпеченості з кроком 5, 10, 20, ... 90, 95%. Результати цієї роботи були представлені в табл. 3.6.

В Черкаській області (рис. 3.7) урожаї порядку 34 ц/га отримують з ймовірністю 5% (тобто раз в двадцять років), а щорічно тут забезпечені урожаї лише 12 ц/га. Ймовірність отримання урожаїв порядку 18 ц/га – 80%, тобто 8 разів за 10 років, а ймовірність отримання урожаїв 28 ц/га – 10%, тобто 1 раз в 10 років.

В Полтавській області (рис. 3.8) урожаї гороху порядку 31 ц/га отримують з ймовірністю 5 % (тобто раз в двадцять років), в трьох роках з десяти отримують урожай 23 ц/га (ймовірність 30%). Ймовірність отримання урожаїв порядку 15 ц/га – 80%, тобто 8 разів за 10 років, а ймовірність отримання урожаїв 30 ц/га – 10%, тобто 1 раз в 10 років. Щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 10 ц/га.

В Сумській області (рис. 3.9) урожаї гороху порядку 34 ц/га отримують з ймовірністю 5 % (тобто раз в двадцять років), в трьох роках з десяти отримують урожай 22,5 ц/га (ймовірність 30%). Ймовірність отримання урожаїв порядку 14 ц/га – 80%, тобто 8 разів за 10 років, а ймовірність отримання урожаїв 27 ц/га – 10%, тобто 1 раз в 10 років. Щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 11 ц/га.

Таблиця 3.5 – Розрахунок ймовірнісних характеристик виробничих урожаїв гороху (ц/га) в областях Лісостепу України

Рік	N	Черкаська		Полтавська		Сумська		P <sub>x</sub> %
		У <sub>B</sub> , ц/га	У <sub>B</sub> ранж.	У <sub>B</sub> , ц/га	У <sub>B</sub> ранж.	У <sub>B</sub> , ц/га	У <sub>B</sub> ранж.	
1999	1	13	33,9	11	31,3	13	34,5	4
2000	2	21	33,8	18	30,3	20	31,8	9
2001	3	20,8	27,2	18,8	27,4	17	26,2	13
2002	4	21	26,9	19	26,2	20	25,2	18
2003	5	13,9	25	11,9	25,1	15,5	25	23
2004	6	24,4	24,5	20,3	25	20,8	21,3	28
2005	7	33,8	24,4	31,3	21,8	21,2	21,2	33
2006	8	21,8	22,9	18,2	21,4	14,4	20,8	38
2007	9	11,8	22,5	13	20,3	12,9	20	43
2008	10	24,5	22,3	21,8	19,1	21,3	20	48
2009	11	22,3	21,8	19,1	19	18,1	18,1	52
2010	12	19,8	21	14,2	18,8	11,1	18	57
2011	13	17,1	21	15,2	18,8	14,6	17,7	62
2012	14	20,6	20,8	21,4	18,2	18	17	67
2013	15	22,5	20,6	18,8	18	17,7	15,5	72
2014	16	27,2	19,8	25,1	15,2	25	14,6	77
2015	17	25	17,1	25	14,2	25,2	14,4	82
2016	18	33,9	13,9	30,3	13	26,2	13	87
2017	19	26,9	13	27,4	11,9	34,5	12,9	91
2018	20	22,9	11,8	26,2	11	31,8	11,1	96
<b>Середнє</b>		<b>22,2</b>		<b>20,3</b>		<b>19,9</b>		

Таблиця 3.6 - Забезпеченість урожаїв гороху (ц/га) по областях Лісостепу

Область	$\bar{y}$	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Черкаська	22,2	34	27,5	26	24,5	23,5	22	21	19,5	18	13	12
Полтавська	20,3	31	29	26	23	21,5	20	18	16,5	15	12	11
Сумська	19,9	34	27	25	22,5	21,5	19,5	17,5	16	14	12,5	11

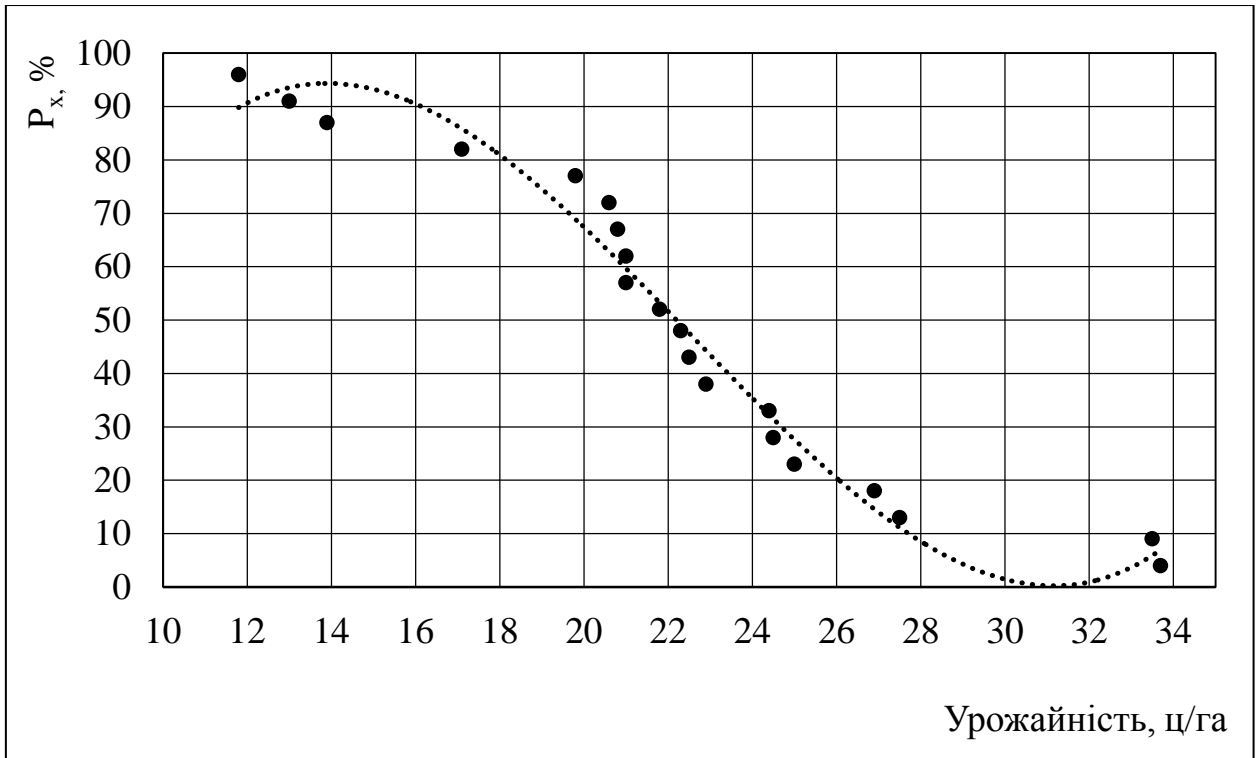


Рисунок 3.7 - Крива ймовірності урожаїв гороху в Черкаській області

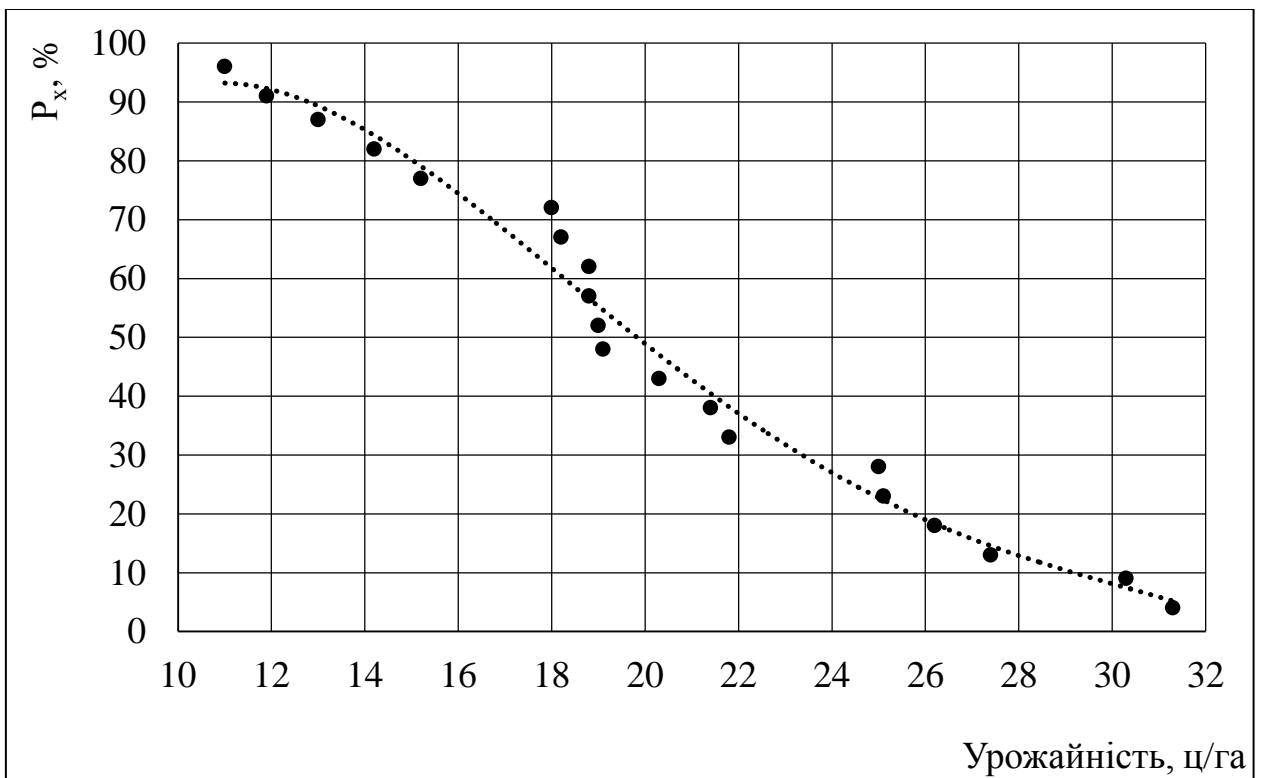


Рисунок 3.8 - Крива ймовірності урожаїв гороху в Полтавській області

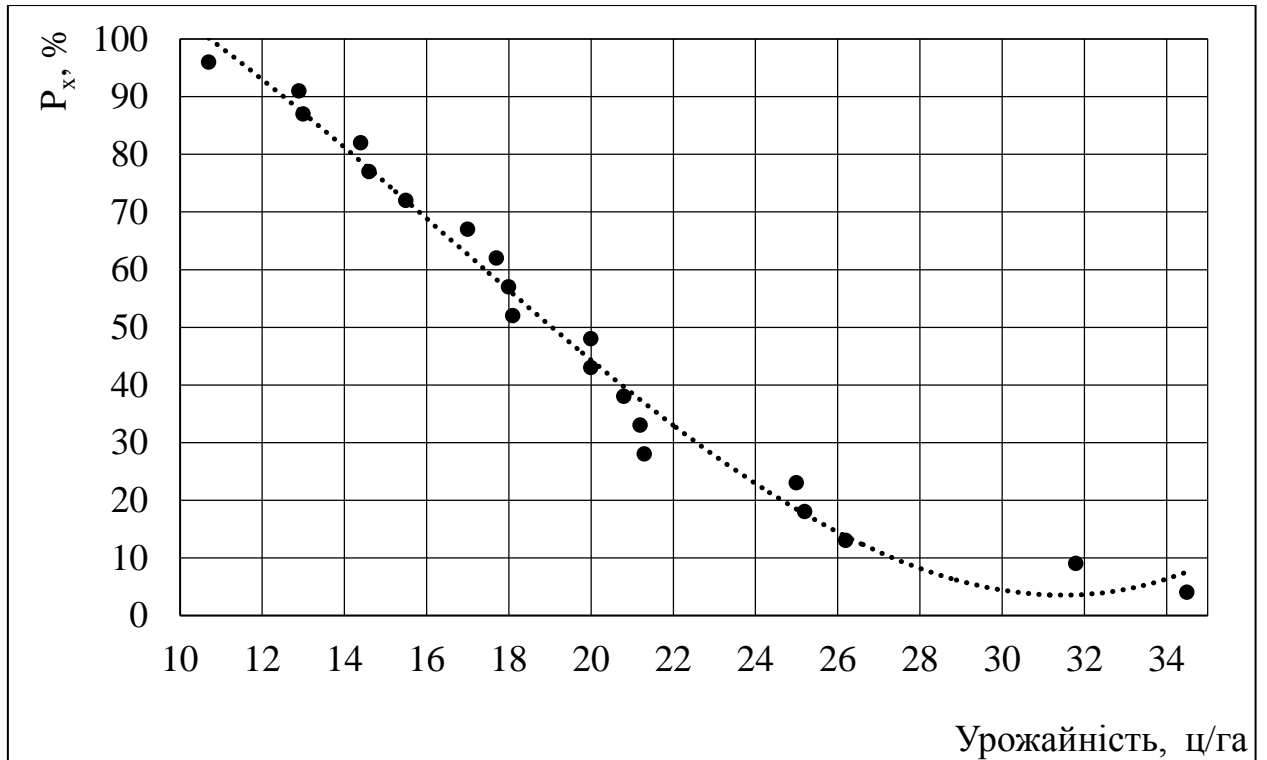


Рисунок 3.9 - Крива ймовірності урожаїв гороху в Сумській області

З аналізу матеріалів по характеристиці ймовірності фактичних урожаїв гороху по лісостеповим областям України можна зробити висновок, що не дивлячись на деяке незначне підвищення урожаїв протягом останніх років, несприятливі погодні умови здатні знизити урожайність майже у два рази у порівнянні з середньобагаторічною урожайністю. Тому при вирощуванні гороху необхідно детально оцінювати агрокліматичні ресурси території.

## 4 ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ ГОРОХУ У ЛІСОСТЕПОВИХ ОБЛАСТЯХ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ФІЗИКО-СТАТИСТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

4.1 Сучасний стан методів фізико-статистичного моделювання продуктивності сільськогосподарських культур і оцінки агрокліматичних ресурсів

Без залучення інформації про умови навколишнього середовища і в першу чергу про тепло- і вологозабезпеченість культур неможливо дати конкретні рекомендації щодо раціонального використання агрокліматичних ресурсів з метою отримання стабільних високих врожаїв.

У зв'язку з цим заслуговують на увагу підходи щодо оцінки впливу агрокліматичних умов на продуктивність культурних рослин. За методичним прийомам можна виділити два таких підходи:

- 1) емпірико-статистичний, заснований на статистичних зв'язках врожайності сільськогосподарських культур з метеорологічними чинниками;
- 2) імітаційно-модельний, тобто за допомогою фізико-статистичних моделей формування врожайності сільськогосподарських культур.

Фізико-статистичні моделі формування врожаїв істотно відрізняються одна від одної. Загальною закономірністю для них є те, що в основу кладуться не висновки із середньостатистичної обробки, а фізичні міркування, що впливають із суті даного явища. Вони є основою аналізу і оцінки врожайності культурних рослин.

Матеріал, що характеризує цей підхід не можна витримати в єдиному фізико-математичному ключі. В силу своєї величезної складності отримані формули містять багато параметрів ґрунту і самої рослини, значення яких в даний час недостовірно. Для їх оцінки вдаються до багатofакторних експериментів і до аналізу дослідних матеріалів з літературних джерел з їх

подальшою статистичною обробкою. Все це робить методи не чисто теоретичними, а напівемпіричними.

Помітним кроком уперед у розробці фізико-статистичних моделей для оцінки агрокліматичних ресурсів є метод, що був запропонований П.І. Колосковим, і отримав подальший розвиток у роботах С.О. Сапожникової і Д.І. Шашко. Це метод оцінки біологічної продуктивності клімату стосовно до зернового господарства за показниками сільськогосподарського бонітету клімату або біокліматичного потенціалу (БКП).

Біокліматичний потенціал, запропонований Д.І. Шашко [37], розраховується по формулі:

$$БКП = k_p \cdot \frac{\sum T_c > 10^0 C}{\sum T_c (баз)} \quad (4.1)$$

де  $k_p$  – коефіцієнт росту по річному показнику атмосферного зволоження або коефіцієнта біологічної продуктивності;  $\sum T_c (баз)$  - базисна сума середніх добових температур повітря, що дорівнює  $1000^0C$  для порівняння із продуктивністю на межі можливого землеробства.

Коефіцієнт росту  $k_p$  кількісно виражає розходження в умовах фактичної вологозабезпеченості деякої території, у порівнянні з умовами оптимальної вологозабезпеченості. Він визначається емпіричним шляхом. Для території СНД цей коефіцієнт апроксимований Д.І. Шашко формулою:

$$k_p = 1,51 \lg(20Md) - 0,21 + 0,63Md - Md^2, \quad (4.2)$$

де  $Md$  – коефіцієнт річного атмосферного зволоження, що розраховується за формулою:

$$Md = \frac{\sum P}{\sum d}, \quad (4.3)$$



де  $\sum P$  – кількість опадів за рік (мм),  $\sum d$  – сума дефіцитів вологості повітря за рік (мм).

Моделювання біокліматичного потенціалу як показника потенційних можливостей сільськогосподарського виробництва знайшло широке застосування не тільки при районуванні територій країн ближнього й далекого зарубіжжя, але так само при порівняльній оцінці земель у міжрегіональному масштабі (адміністративна область, район).

Найпростіша фізико-статистична модель продукційного процесу агробіоценозів була запропонована де Вітом у вигляді:

$$P_c = \frac{f \cdot T_r}{E_{EP}}, \quad (4.4)$$

де  $P_c$  - надземна суха маса речовини;  $T_r$  - фактична транспірація посіву;  $E_{EP}$  – потенційна евапотранспірація (потенційне сумарне випаровування, властиве даному рослинному біоценозу);  $f$  – емпіричний коефіцієнт, що характеризує біологічні особливості культури.

Подальше вдосконалення моделі йшло шляхом диференційного врахування цих параметрів по етапах розвитку культури, а також введення термічних показників самих рослин.

Заслуговують на увагу фізико-статистичні моделі, створені на основі моделей О.І. Константинова [38]. Основними факторами, що впливають на урожайність сільськогосподарських культур, О.І. Константинов вважає біологічні особливості культури, гідрометеорологічні елементи, родючість ґрунту і агротехніку.

Відповідно до цього модель має чотири блоки: біологічний, метеорологічний, родючості ґрунту та агротехніки. Врахування біологічних особливостей здійснюється за рахунок послідовного розгляду за міжфазні періоди всіх факторів, що впливають на урожайність, а також за рахунок диференціації культур за видами та сортами. Вплив метеорологічних факторів зводиться до врахування температури й абсолютної вологості

повітря у літній період, а також температури повітря і висоти снігового покриву у зимовий період.

У загальному вигляді модель О.І. Константинова представлена рівнянням:

$$Y_{розр} = Y_1^Г + \sum_{i=1}^n \Delta Y_i^Г, \quad (4.5)$$

де  $Y_{розр}$  - відносне значення розрахованої урожайності;  $Y_1^Г$  - графічне значення відносної урожайності;  $\Delta Y_i^Г$  - додатковий вплив на урожайність інших факторів, що визначаються за допомогою графічних регресій.

Попередніми дослідженнями О.І. Константинова показано, що ці фактори досить тісно корелюють з іншими елементами, такими, як фотосинтетично активна радіація (ФАР), концентрація  $CO_2$ , відносна вологість повітря, дефіцит насичення повітря і т.д. Тому, на думку автора, попарного розгляду температури і вологості повітря досить для оцінки впливу метеорологічних умов на урожайність культури.

У результаті попередніх досліджень впливу складових родючості ґрунту на урожайність, цей вплив зведено в моделі до обліку двох складових: вологості ґрунту і його об'ємної маси. Агротехніка враховується шляхом виділення впливу різних агротехнічних прийомів на підвищення родючості ґрунту і збільшення врожайності в залежності від внесених добрив.

Вплив усіх визначальних факторів запропоновано оцінювати у відносних одиницях урожайності, що дозволяє точно визначати значимість факторів і безпосередньо порівнювати їх між собою. Безперечною позитивною стороною даної моделі є повнота врахування чинників, що впливають на урожайність сільськогосподарських культур.

Найбільш перспективним для агрокліматичної оцінки потенційної продуктивності сільськогосподарських культур є запропонований Х.Г. Тоомінгом метод еталонних урожаїв [39], що є логічним виводом

принципу максимальної продуктивності. Метод еталонних врожаїв розглядає і порівнює різні категорії урожайності: потенційну урожайність (ПУ), дійсно можливу урожайність (ДМУ) і урожай у виробництві (УВ).

Перша з них потенційна урожайність – це урожайність сорту в ідеальних метеорологічних умовах; вона визначається приходом ФАР та біологічними властивостями культур і сортів. ПУ господарсько-цінних органів (зерна, бульб картоплі й ін.) розраховується з урахуванням параметра, що характеризує частку господарсько-цінної частини урожаю:

$$ПУ = \frac{\eta_n \cdot \sum Q_{\text{ФБ}}}{q} \cdot K_{\text{ГОСП}}, \quad (4.6)$$

де ПУ – потенційний урожай посіву (кг/м<sup>2</sup>);  $\eta_n$  - коефіцієнт корисної дії посіву (%);  $q$  – калорійність рослин (ккал/кг);  $\sum Q_{\text{ФБ}}$  - сума фотосинтетично активної радіації за вегетаційний період культури (мДж/м<sup>2</sup>).

Потенційна урожайність – це абстрактне поняття, тому що не цілком ясно, які метеорологічні умови є ідеальними для формування урожаю культури або сорту. ПУ можна представити як урожай, що формувався в оптимальних умовах водно-теплого режиму. При цьому потенційний ККД залежить від біологічних властивостей культури або сорту, від природної родючості ґрунту і рівня мінерального живлення. Коефіцієнт господарської ефективності урожаю  $K_{\text{ГОСП}}$ , що виражає відношення кількості сухої фітомаси господарської частини урожаю до кількості загальної сухої фітомаси, залежить від сорту сільськогосподарських культур та від агрометеорологічних умов.

Дійсно можлива урожайність – це максимально можлива урожайність культури або сорту в існуючих метеорологічних умовах. ДМУ відрізняється від ПУ тим більше, чим більше метеорологічні фактори відрізняються від оптимальних. Для території з недостатнім зволоженням його розраховують за формулою:

$$ДМУ = ПУ \cdot \frac{E_{\phi}}{E_o}, \quad (4.7)$$

де  $E_{\phi}$  – фактичне випарування (мм);  $E_o$  – випарованість (мм). Величина  $E_{\phi}/E_o$  характеризує вологозабезпеченість конкретної культури.

Розглянута фізико-статистична модель для визначення врожаїв різного виду та рівня знайшла широке застосування в роботах багатьох вчених. Наприклад, А.М. Польовий та О.М. Вітченко виконали розрахунки ПУ і ДМУ для п'яти однорічних культур, що вирощуються в Білорусі [40]. З.А. Міщенко та Н.В. Кирнасівська аналогічні дослідження провели для території України [41].

Незважаючи на деяку абстрактність, поняття ПУ і ДМУ виявляються дуже корисними при вирішенні ряду задач сільськогосподарського виробництва. ПУ - це рівень урожаю, до якого варто прагнути, наближаючи потреби рослин до умов середовища шляхом агротехнічних заходів, меліорації земель, районування культур і сортів відповідно до клімату і мікроклімату. Підвищити ж рівень ПУ можна шляхом селекції. ДМУ – це рівень урожаю, до якого варто прагнути при програмуванні урожаю.

#### 4.2 Методи оцінки радіаційно-світлових ресурсів територій

Головним джерелом енергії майже всіх процесів, які відбуваються на Землі, в атмосфері є промениста енергія Сонця. Сонячна енергія є головною умовою існування біосфери та одним із найголовніших кліматоутворюючих факторів.

Промениста енергія складається із електромагнітних хвиль різної довжини ( $\lambda$ ). Спектр сонячного світла розділяється на три частини: невидимі ультрафіолетові промені з довжиною хвиль  $\lambda < 0,40$  мкм, видимі промені з довжиною хвиль  $0,40 < \lambda < 0,75$  мкм і невидимі інфрачервоні промені з довжиною хвиль  $0,76 \leq \lambda \leq 4$  мкм. Біологічна дія різних видів радіації на

рослини різна. Ультрафіолетова радіація уповільнює ростові процеси але прискорює проходження етапів формування репродуктивних органів у рослин. Близька інфрачервона радіація споживається водою листя та стебел рослин і створює тепловий ефект. Дія далекої інфрачервоної радіації на рослини дуже незначна.

Видима частина сонячного спектра створює освітленість і до цього спектра відноситься переважна частина так званої фізіологічної радіації, тобто радіації, що поглинається пігментами листків. У межах видимої частини сонячного спектра знаходиться і так звана фотосинтетично активна радіація (ФАР) з довжиною хвиль 0,38 – 0,71 мкм [42].

Оскільки ФАР є одним з найважливіших факторів продуктивності рослин, то має дуже велике значення інформація про надходження ФАР, розподіл по території та за часом. Інтенсивність ФАР можна виміряти, але для цього необхідні світлофільтри, які би пропускали хвилі в діапазоні від 0,38 до 0,71 мкм. Інтенсивність ФАР ( $Q_{\phi}$ ) можна розрахувати за даними прямої ( $S'$ ) та розсіяної ( $D$ ) або сумарної радіації ( $Q$ ) за допомогою коефіцієнтів, запропонованих Б.І. Гуляєвим, Х.Г. Тоомінгом та Н.О. Єфимовою [42]:

$$Q_{\phi} = 0,43 S' + 0,57D, \quad (4.8)$$

$$Q_{\phi} = 0,52 Q. \quad (4.9)$$

Величини прямої та розсіяної радіації можна отримати за даними актинометричних досліджень. Дані мережі актинометричних станцій є дуже важливим для агрометеорологічного обслуговування сільського господарства. Але, не дивлячись на їх важливість, мережа актинометричних станцій на території України є недостатньою для виявлення географічних особливостей радіаційно-світлових ресурсів на конкретних територіях.

Тому при вирішенні агрокліматичних задач виникає необхідність отримання інформації про сумарну сонячну радіацію по більш густій мережі

метеорологічних станцій у конкретному регіоні. Для отримання масових даних по  $\sum Q$  і  $\sum Q_\phi$  за теплий період с температурою повітря вище  $10^\circ\text{C}$  ми використовували метод розрахунку, який заснований на встановлених З.А. Міщенко та Г.В. Ляшенко для території України кількісних залежностях між традиційним показником термічних ресурсів у вигляді сум середньодобових температур повітря і сумою сумарної радіації  $\sum Q$ , сумою ФАР  $\sum Q_\phi$  за цей же період і тривалістю сонячного сяння  $\sum S_c$  [43].

Аналітичний вираз цих взаємозв'язків разом з відповідними статистичними параметрами, що характеризують їх точність, представлені в табл. 4.1. Коефіцієнти кореляції  $r$  між цими показниками клімату коливаються в межах 0,70–0,84, тобто вони достатньо великі. Середні квадратичні похибки коефіцієнтів кореляції  $\sigma_r$  і ймовірні помилки малі. Таким чином, по даним про  $\sum T_c$  можна розраховувати відповідні значення  $\sum Q$  і  $\sum Q_\phi$ .

Ми провели відповідні розрахунки по трьом лісостеповим областям України. Для проведення розрахунків ми взяли дані по шести станціям, що рівномірно висвітлюють територію цих лісостепових областей. В Сумській області проаналізовані умови станцій Конотоп та Лебедин, в Черкаській – умови станцій Золотоноша та Чигирин, в Полтавській – Гадяч і Кобеляки.

Результати цих розрахунків представлені в табл. 4.2. Проаналізувавши їх, можна зробити наступні висновки.

Таблиця 4.1 – Статистичні параметри рівнянь зв'язку між показниками радіаційно-теплових ресурсів в Україні [43]

Рівняння	R	$\sigma_r$	$\sigma_y$	$\sigma_x$	$S_y$
$\sum S_c = 0,330 \sum T_c + 492$	0,79	0,03	201	422	$\pm 147$
$\sum Q = 0,583 \sum T_c + 1424$	0,70	0,05	349	422	$\pm 250$
$\sum Q_\phi = 0,292 \sum T_c + 712$	0,70	0,05	124	422	$\pm 125$

Теплий період на всій території дослідження починається наприкінці квітня: 21 квітня у Сумській області, 20-22 квітня – у Черкаській та 21-25 квітня – у Полтавській. Закінчується теплий період у Сумській області 1-4 жовтня, у Полтавській 1-7 жовтня. Найпізніше теплий період закінчується у Черкаській області – 5-7 жовтня.

Тривалість теплового періоду в Полтавській області збільшується з півночі на південь від 158 днів (станція Гадяч) до 168 днів (станція Кобеляки). Суми температур повітря за період активної вегетації зростають в напрямку з півночі на південь і складають від 2645°С до 2950°С. Сумарна сонячна радіація і ФАР також помітно зростають в цьому напрямку. Так, на півночі області (станція Гадяч)  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  складають відповідно 2965 і 1485 мДж/м<sup>2</sup>, а на півдні (станція Кобеляки) збільшуються до 3145 і 1575 мДж/м<sup>2</sup> відповідно.

Таблиця 4.2 – Радіаційно-теплові ресурси теплового періоду по території лісостепових областей

Станція	Дв	До	N <sub>тп</sub> , дні	$\Sigma T_c > 10^{\circ}C$	$\Sigma Q$ , мДж/м <sup>2</sup>	$\Sigma Q_{\phi}$ , мДж/м <sup>2</sup>
Сумська область						
Конотоп	21.04	01.10	165	2685	2990	1495
Лебедин	21.04	04.10	166	2770	3040	1520
Черкаська область						
Золотоноша	22.04	5.10	165	2810	3060	1535
Чигирин	20.04	7.10	169	2925	3130	1565
Полтавська область						
Гадяч	25.04	01.10	158	2645	2966	1485
Кобеляки	21.04	07.10	168	2950	3145	1575

На території Черкаської області тривалість теплового періоду змінюється від 165 днів (станція Золотоноша) до 169 днів (станція Чигирин). В районі станції Золотоноша (північний схід Черкаської області) суми температур за

теплий період, і відповідні суми сонячної радіації значно менше, ніж такі ж показники по станції Чигирин, що знаходиться на південному сході області. Так, суми активних температур повітря за період активної вегетації зростають в напрямку від Золотоноші до Чигирина та становлять відповідно  $2810^{\circ}\text{C}$  та  $2925^{\circ}\text{C}$ . В районі Золотоноші  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  складають відповідно  $3060$  і  $1535$  мДж/м<sup>2</sup>, а на станції Чигирин збільшуються до  $3130$  і  $1565$  мДж/м<sup>2</sup> відповідно, тобто суми ФАР тут відрізняються на  $30$  мДж/м<sup>2</sup>.

Аналогічна ситуація спостерігається і на території Сумської області. Тривалість теплого періоду в районі станції Конотоп, що знаходиться практично на границі з поліською частиною Сумщини, дорівнює  $165$  дням, а в районі південної станції Лебедин -  $166$  дням.

З двох досліджених станцій Сумської області Конотоп – північна, а Лебедин – південна. Суми активних температур повітря за період активної вегетації зростають в напрямку від Конотопа до Лебедина та становлять від  $2685^{\circ}\text{C}$  до  $2770^{\circ}\text{C}$ . Сумарна сонячна радіація і ФАР також помітно зростають в цьому напрямку. Наприклад, в районі Конотопа  $\Sigma Q$  і  $\Sigma Q_{\phi}$  складають відповідно  $2990$  і  $1495$  мДж/м<sup>2</sup>, а на півдні (станція Лебедин) збільшуються до  $3040$  і  $1520$  мДж/м<sup>2</sup> відповідно.

#### 4.3 Агрокліматична оцінка потенційних і дійсно можливих урожаїв гороху в Лісостепу

Агрокліматичну оцінку продуктивності гороху ми виконали за методом еталонних врожаїв, запропонованого Х.Г. Тоомінгом [39] із застосуванням фізико-статистичної моделі. В результаті проведеної роботи виявилось можливим дати кількісну оцінку потенційних (ПУ) і дійсно можливих (ДМУ) урожаїв гороху в трьох лісостепових областях України. Ці розрахунки проведені для рівнинних земель при різних значеннях ККД сонячної радіації ( $\eta$ ):  $1,0$ ;  $1,5$ ;  $2$ ;  $2,5$ ;  $3\%$  за формулами (4.6) і (4.7).



Ефективність використання сонячної радіації посівами будь-якої сільськогосподарської культури характеризується величиною ККД, який визначається відношенням кількості енергії, яка запасається у продуктах фотосинтезу чи створеній фітомасі урожаю, до кількості радіації, що була використана.

Калорійність чи теплоутворююча здатність біомаси рослин – це кількість тепла, яка виділяється при згорянні 1 кг абсолютно сухої біомаси. У випадку гороху при спалюванні 1 кг абсолютно сухої біомаси виділяється 21,00 мДж/м<sup>2</sup>, тобто  $q = 5012$  ккал/кг [44].

Для отримання кількісної оцінки господарсько ефективної частини урожаю гороху в розрахункові формули введений відповідний коефіцієнт ( $K_{ГОСП}$ ). Для культур із співвідношенням зерна й побічної продукції 1:1,1, господарський коефіцієнт ( $K_{ГОСП}$ ), що характеризує основну частину врожаю в порівнянні із загальною біомасою, прийнятий рівним 0,45. У цьому випадку в результаті ми одержуємо врожай зерна при стандартній 14 % - ній вологості [44]. Результати визначення величин ПУ по досліджуваній території, представлені у табл. 4.3, наочно демонструють, що суми ФАР за вегетаційний період гороху збільшуються з півночі на південь. Так, посіви в районі найпівнічної станції території дослідження – Конотопу Сумської області (51°14' с.ш.) – отримують протягом вегетації найменшу кількість ФАР (840 мДж/м<sup>2</sup>). Станція Лебедин Сумської області розташовується дещо південніше (50°34' с.ш.) і тут біологічні суми ФАР трохи більше і становлять 845 мДж/м<sup>2</sup>. Далі у напрямку на північ знаходиться станція Гадяч Полтавської області (50°22' с.ш.), де суми ФАР протягом вегетації гороху збільшуються до 980 мДж/м<sup>2</sup>). Положення станції Золотоноша Черкаської області (49°41' с.ш.) пояснює подальше збільшення біологічних сум ФАР. Тут їх величина становить 1017 мДж/м<sup>2</sup>. Як можна бачити, дві наступні станції – Чигирин Черкаської області (49°05' с.ш.) та Кобеляки Полтавської області (49°08' с.ш.) у широтному плані знаходяться майже однаково, тому

біологічні суми ФАР тут відрізняються несуттєво і становлять відповідно 1032 та 1039 мДж/м<sup>2</sup>).

Так як потенційний урожай в значній мірі залежить від розподілу сумарної радіації і ФАР, а значення ФАР збільшуються з півночі на південь, то ПУ відповідно зростає в цьому ж напрямку (табл. 4.3).

Однак, необхідно відзначити, що радіаційні ресурси досліджуваної території досить однорідні, тому, наприклад, при ККД використання сонячної радіації в 1% на всіх станціях Черкаської та Полтавської областей потенційний урожай гороху змінюється несуттєво: від 21 ц/га в районі Гадяча та 21,8 ц/га в районі Золотоноші до 22,1 ц/га в районі Чигирини та 22,3 ц/га в районі Кобеляк. Лише на Сумщині величини ПУ при ККД в 1% дещо менше – 18 ц/га. Це пов'язано з тим, що біологічні суми ФАР (тобто суми ФАР за вегетаційний період гороху) на цій території також дещо менше.

При ККД використання сонячної радіації 3% спостерігається аналогічна ситуація: потенційний урожай гороху на території Черкаської та Полтавської областей коливається незначно: від 63 ц/га в районі Гадяча та 65,4 ц/га в районі Золотоноші до 66,3 ц/га в районі Чигирини та 66,8 ц/га в районі Кобеляк. Тільки в Сумській області величини ПУ набагато менше – 54-54,3 ц/га.

Таким чином, діапазон відмінностей в значеннях потенційних врожаїв між пунктами, розташованими на півночі території і пунктами, що представляють її південну частину, при ККД, що дорівнює 1%, 2%, 3% становить відповідно 4,3 ц/га, 8,5 ц/га і 12,8 ц/га. Це досить значні величини, але й така просторова різниця врожайності говорить про те, що завдяки ФАР, що приходить, на всій досліджуваній території можна отримувати потенційні врожаї гороху близько 18-67 ц/га (в залежності від ККД посівів).

Оскільки до формули (4.7) для розрахунку ДМУ входить відносний показник зволоження або вологозабезпеченість рослин ( $E_{\Phi}/E_0$ ), для областей, що розглядаються, визначені значення випаровуваності  $E_0$ , які

характеризують оптимальне водоспоживання (вологопотребу), а також сумарне випарування або фактичне водоспоживання ( $E_{\phi}$ ) за вегетаційний період культури.

Існують різні методи визначення випаровуваності (емпіричні і фізичні). Для розрахунків використовувався біофізичний метод, запропонований О.М. Алпатьєвим [45].

Таблиця 4.3 - Розподіл потенційних (ПУ) та дійсно-можливих (ДМУ) урожаїв  
гороху по лісостеповим областям

Станція	$\sum Q_{\Phi B}$ МДж/м <sup>2</sup>	ПУ, ц/га при $\eta$ , %					$\frac{E_{\Phi}}{E_0}$	ДМУ, ц/га при $\eta$ , %				
		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0		1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Сумська область												
Конотоп	840	18,0	27,0	36,0	45,0	54,0	0,71	12,8	19,2	25,6	32,0	38,3
Лебедин	845	18,1	27,2	36,2	45,3	54,3	0,70	12,7	19,0	25,4	32,7	38,0
По області	843	18,1	27,1	36,1	45,2	54,2		12,8	19,1	25,5	32,4	38,2
Черкаська область												
Золотоноша	1017	21,8	32,7	43,6	54,5	65,4	0,80	17,4	26,2	34,9	43,6	52,3
Чигирин	1032	22,1	33,2	44,2	55,3	66,3	0,73	16,1	24,2	32,3	40,4	48,4
По області	1025	22,0	33,0	43,9	54,9	65,9		16,8	25,2	33,6	42,0	50,4
Полтавська область												
Гадяч	980	21,0	31,5	42,0	52,5	63,0	0,75	15,8	23,6	31,5	39,4	47,3
Кобеляки	1039	22,3	33,4	44,5	55,7	66,8	0,60	13,4	20,0	26,7	33,4	40,1
По області	1010	21,7	32,5	43,3	54,1	64,9		14,6	21,8	29,1	36,4	43,7

За основний елемент, що визначає величину випаровуваності, він вибрав дефіцит вологості повітря, оскільки він, як функція від температури і вологості повітря, є комплексним показником умов сумарного випарування. Другим компонентом в розрахунковому рівнянні є так званий біологічний коефіцієнт випарування ( $k_6$ ). З врахуванням вказаних закономірностей розрахункова формула має вигляд:

$$E = k_6 \sum d, \quad (4.10)$$

де  $E_0$  - випаровуваність (мм);  $k_6$  – біологічний коефіцієнт випаровування, прийнятий за 0,65;  $\sum d$  - сума дефіцитів вологості, розрахована у мм.

Розрахунки фактичного водоспоживання виконувались за допомогою рівняння водного балансу:

$$E_\phi = \sum r + (W_H - W_K) \quad (4.11)$$

де  $\sum r$  - кількість опадів, мм;  $W_H$  и  $W_K$  – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту на початок і кінець вегетації, мм.

В таблиці 4.4 представлені відомості по вологозабезпеченості вегетаційного періоду гороху. Як видно з таблиці, найменша кількість опадів протягом вегетаційного періоду гороху випадає на півдні Полтавської області (станція Кобеляки) – 164 мм, а також на станціях Черкаської області – Чигирин та Золотоноша – 168 мм. Дещо більша кількість опадів відзначається в районі станції, що знаходиться на півдні досліджуваної території – станції Конотоп Сумської області. Тут за вегетаційний період гороху випадає 174 мм опадів. Найбільша кількість опадів спостерігається в районі станції Лебедин Сумської області – 180 мм та в районі станції Гадяч Полтавської області – 182 мм. Причому треба відзначити, що ці дві станції в широтному плані розташовані практично однаково: Гадяч (50°22' с.ш.), Лебедин (50°34' с.ш.).

Таблиця 4.4 – Середні багаторічні показники ресурсів вологи і вологозабезпеченості  
вегетційного періоду гороху в лісостепових областях

Станція	Сівба	Достигання	$\Sigma r$ , мм	$\Sigma t$ , °C	$E_{\phi} = \Delta W + \Sigma r$ , мм	$E_0 = 0,65 \Sigma d$ , мм	$\frac{E_{\phi}}{E_0}$
Сумська область							
Конотоп	15.04	14.07	174	1428	266	376	0,71
Лебедин	17.04	17.07	180	1482	229	325	0,70
Черкаська область							
Золотоноша	11.04	11.07	168	1390	258	323	0,80
Чигирин	10.04	10.07	168	1410	254	346	0,73
Полтавська область							
Гадяч	14.04	13.07	182	1350	260	346	0,75
Кобеляки	10.04	10.07	164	1420	225	375	0,60

Величина  $E_f/E_0$  характеризує вологозабезпеченість конкретної культури. Найкращі умови по зволоженню створюються для гороху в Черкаській області: посіви в районі станцій Золотоноша та Чигирин забезпечені вологою на 80 та 73% відповідно. Також добра вологозабезпеченість (75%) спостерігається в районі станції Гадяч (північна станція на досліджуваній території Полтавської області). Дещо гірше умови вологозабезпеченості на території Сумської області, тут її значення змінюються від 70% в районі Лебедина до 71% в районі Конотопа. Найменше забезпечені посіви гороху вологою на півдні Полтавської області. Тут, в районі станції Кобеляки, яка є найпівденнішою на всій досліджуваній території, посіви гороху забезпечені вологою протягом вегетації лише на 60%.

Таким чином, з врахуванням показника вологозабезпеченості, ми змогли розрахувати значення дійсно можливих урожаїв гороху по шести станціям трьох лісостепових областей. Результати надаються у правій частині таблиці 4.3. Встановлено, що ДМУ зменшується в залежності від умов зволоження території досліджень. При ККД використання ФАР, що дорівнює 1%, 2% та 3 % ДМУ гороху складає в районі Золотоноші Черкаської області 17, 4, 34,9 та 52,3 ц/га. На станції Гадяч Полтавської області ці значення дещо менше – 15,8, 31,5 та 47,3 ц/га відповідно. В районі Чигирин Черкаської області аналогічні величини ДМУ становлять 16,1, 32,3 та 48,4 ц/га відповідно. На території Сумської області, де спостерігаються більш посушливі умови, ДМУ виявляється найменшим і не перевищує 12,8, 25,6 і 38,3 ц/га. Оскільки в районі Кобеляк Полтавської області спостерігаються найпосушливіші умови (відносний показник вологозабезпеченості дорівнює лише 0,60), то ДМУ тут також найменші - при ККД використання ФАР, що дорівнює 1%, 2% та 3 % ДМУ гороху складає відповідно 13,4, 26,7 та 41,1 ц/га.

#### 4.4 Порівняльна оцінка ступеня сприятливості клімату для вирощування гороху

Представляє інтерес порівняльна оцінка урожаїв гороху різного виду – потенційного, дійсно-можливого і виробничого. З цією метою ми визначили такі характеристики: нестача урожаю, обумовлена тим, що агрометеорологічні умови неідеальні у вигляді різниці (ПУ – ДМУ); коефіцієнт сприятливості клімату ( $K_C$ ) – чим він вище, тим краще кліматичні умови для вирощування урожаю у конкретному районі; нестача урожаю через неповне використання клімату і недостатньо високий рівень культури землеробства у вигляді різниці ДМУ та урожаїв у виробництві (ДМУ – УВ); коефіцієнт ефективності використання кліматичних ресурсів ( $K_E$ ), що показує, яку долю складає урожай у виробництві від дійсно-можливого урожаю гороху.

Вищевказані коефіцієнти розраховувались за наступними формулами:

$$K_C = \frac{ДМУ}{ПУ}, \quad (4.12)$$

$$K_E = \frac{УВ}{ДМУ}. \quad (4.13)$$

Результати розрахунків представлені у таблиці 4.5. Оскільки з даних, що надаються у таблиці 4.3 наочно видно, що виробничі посіви гороху в лісостепових областях використовують сонячну радіацію з ККД дещо більше 1%, представляє інтерес порівняння урожаїв гороху різних агроекологічних категорій на рівні використання ФАР більше цієї межі.

У нашому випадку можна зробити висновок, що нестача урожаю гороху із-за того, що погодні умови не ідеальні, становить при  $\eta$ , що дорівнює 1, 2 і 3 % на території Сумської області 5,3, 10,6 і 16,0 ц/га, на території Черкаської області 5,2, 10,3 та 15,5 ц/га, а на території Полтавської області 7,1, 14,2 і 21,2 ц/га відповідно.



Таблиця 4.5 – Кількісна оцінка ступеня сприятливості клімату та ефективності його використання для вирощування гороху в лісостепових областях України

Середньообласний урожай у виробництві (УВ)	(ПУ-ДМУ) при $\eta$ , %			(ДМУ- УВ) при $\eta$ , %			$K_E$ при $\eta$ , %			$K_C$
	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	1,0	2,0	3,0	
Сумська область										
19,9 ц/га	5,3	10,6	16,0	-7,1	5,6	18,3	1,55	0,78	0,52	0,71
Черкаська область										
22,2 ц/га	5,2	10,3	15,5	-5,4	11,4	28,2	1,32	0,66	0,44	0,76
Полтавська область										
20,3 ц/га	7,1	14,2	21,2	-5,7	8,8	23,4	1,39	0,70	0,46	0,67

Тобто, можна сказати, що в Черкаській області складаються найбільш сприятливі умови для вирощування гороху, а на території Полтавської області погодні умови, що складаються, найбільше відрізняються від ідеальних.

Проаналізувавши різниці ДМУ та урожаїв у виробництві (ДМУ – УВ), що характеризують рівень культури землеробства, можна сказати, що на всій території дослідження посіви гороху використовують ФАР з ККД більш ніж 1%, тому що за такої величини ККД виробничі урожаї перевищують дійсно-можливі.

Коефіцієнт ефективності використання кліматичних ресурсів ( $K_E$ ) змінюється по території дослідження істотно і залежить від ККД використання ФАР. Найменші значення його спостерігаються в Черкаській області і складають при  $\eta$ , що дорівнює 1, 2 і 3 % відповідно 1,32, 0,66 і 0,44 %. Це означає, що у цьому районі рівень культури землеробства найменший. А у Сумській області рівень культури землеробства істотно вище і  $K_E$  складає відповідно до значень ККД 1,55, 0,78 і 0,52 %.

Коефіцієнт сприятливості клімату для вирощування гороху на території трьох областей Лісостепу України пов'язаний із ресурсами зволоження вегетаційного періоду культури. Найменші значення  $K_C$  характерні для Полтавської області, де спостерігаються найбільш посушливі умови.

Отже, ще є величезний резерв для отримання більш високих урожаїв гороху у відповідності з біокліматичним потенціалом території Лісостепу.

## ВИСНОВКИ

1. За допомогою методу гармонійних зважувань були проаналізовані часові ряди урожайності гороху на території трьох лісостепових областей: Полтавської, Черкаської та Сумської за період 1999-2018 рр.

В усіх досліджуваних областях спостерігається чітка закономірність – суттєве зростання трендової компоненти, що свідчить про поступове підвищення рівня культури землеробства за цей період. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, додатна і складає в Черкаській області 0,3 ц/га, в Полтавській області 0,6 ц/га, в Сумській області 0,9 ц/га.

Середній урожай гороху за двадцять років в Черкаській області складає 22,2 ц/га., в Полтавській області 20,3 ц/га і в Сумській області 19,9 ц/га.

Найбільші урожаї в Черкаській області були зібрані у 2005, 2014 та 2016 рр. – 33,8, 27,2 та 33,9 ц/га відповідно. Найменші урожаї були зібрані у 1999, 2003 та 2007 рр., вони становили 13,0, 13,9 та 11,8 ц/га відповідно.

Найбільші урожаї гороху в Полтавській області були зібрані у 2005, 2016 та 2017 рр., вони становили 31,3, 30,3 та 27,4 ц/га відповідно. Найменші урожаї були зібрані у 1999, 2003 та 2007 рр. Вони становили 11,0, 11,9 та 13,0 ц/га відповідно.

Найбільші урожаї гороху в Сумській області були зібрані у 2016, 2017 та 2018рр. – 26,2, 34,5 та 31,8 ц/га відповідно. Найменший урожай був зібраний у 2010 р., він становив лише 11,1 ц/га. Також низькі урожаї спостерігались у 1999 р. (13 ц/га) та 2007 р. (12,9 ц/га).

Найбільш сприятливим для вирощування гороху в Черкаській області був 2005 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 12,8 ц/га. Дуже несприятливі погодні умови склалися у 2007 рр., коли від'ємне відхилення становило -10,1ц/га.

Найбільш сприятливим для вирощування гороху в Полтавській області був 2005 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 12,8 ц/га. Найбільш несприятливим для Полтавської області виявився 2010 р., коли від'ємне відхилення від тренду становило 6,9 ц/га.

Найбільш сприятливим для вирощування гороху в Сумській області був 2017 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 9,6 ц/га. Найбільш несприятливим для Сумської області виявився 2010 р., коли від'ємне відхилення від тренду становило 9,0 ц/га.

2. Дослідження кліматичної складової мінливості урожаїв гороху на території досліджування показали, що три досліджені лісостепові області можна віднести до території помірно стійких урожаїв.

3. Для визначення міжрічної мінливості урожаю гороху для трьох областей Лісостепу був застосований метод Алексєєва. В Черкаській області урожаї порядку 34 ц/га отримують з ймовірністю 5%, а щорічно тут забезпечені урожаї лише 12 ц/га. Ймовірність отримання урожаїв порядку 18 ц/га – 80%, а урожаїв 28 ц/га – 10%.

В Полтавській області урожаї гороху порядку 31 ц/га отримують з ймовірністю 5%. Щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 10 ц/га. Ймовірність отримання урожаїв порядку 15 ц/га – 80%, а урожаїв 30 ц/га – 10%. В Сумській області урожаї гороху порядку 34 ц/га отримують з ймовірністю 5%, щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 11 ц/га. Ймовірність отримання урожаїв порядку 14 ц/га – 80%, а урожаїв 27 ц/га – 10%.

4. Використовуючи формули, запропоновані З.А. Міщенко та Г.В. Ляшенко, були розраховані суми сумарної та фотосинтетично-активної радіації на території шести станцій трьох областей Лісостепу. Загальною тенденцією є збільшення сум ФАР та сум ФАР біологічних у напрямку з півночі на південь.

5. Була дана кількісна оцінка потенційних (ПУ) урожаїв гороху для кожної з шести станцій та у середньому для кожної з трьох областей.

Діапазон відмінностей в значеннях потенційних врожаїв між пунктами, розташованими на півночі території і пунктами, що представляють її південну частину, при ККД, що дорівнює 1%, 2%, 3% становить відповідно 4,3 ц/га, 8,5 ц/га і 12,8 ц/га. Це досить значні величини, але й така просторова різниця врожайності говорить про те, що завдяки ФАР, що приходить, на всій досліджуваній території можна отримувати потенційні врожаї гороху близько 18-67 ц/га (в залежності від ККД посівів).

6. Були розраховані показники вологозабезпеченості вегетаційного періоду гороху ( $E_f/E_0$ ). З врахуванням показника вологозабезпеченості були розраховані значення ДМУ. Встановлено, що ДМУ зменшується в залежності від умов зволоження території досліджень. При ККД використання ФАР, що дорівнює 1%, 2% та 3% ДМУ гороху складає в районі Золотоноші Черкаської області, де зволоження найкраще, 17, 4, 34,9 та 52,3 ц/га. В районі Кобеляк Полтавської області спостерігаються найпосушливіші умови, то ДМУ тут також найменші - при ККД використання ФАР, що дорівнює 1%, 2% та 3% ДМУ гороху складає відповідно 13,4, 26,7 та 41,1 ц/га.

7. Різниця між ПУ та ДМУ, що характеризує нестачу урожаю гороху із-за того, що погодні умови не ідеальні, свідчить, що в Черкаській області складаються найбільш сприятливі умови для вирощування гороху, а на території Полтавської області погодні умови, що складаються, найбільше

Аналіз коефіцієнта ефективності використання кліматичних ресурсів ( $K_E$ ) означає, що у Черкаській області рівень культури землеробства найменший, а у Сумській області рівень культури землеробства істотно вище.

Можна зробити висновок, що в даний час при вирощуванні гороху у виробничих умовах ККД використання сонячної радіації посівами в лісостепових областях знаходиться на рівні дещо більше 1%. Отже, в трьох областях Лісостепу є резерв для отримання більш високих врожаїв гороху відповідно до біокліматичного потенціалу території. Цілком можливо

підвищення ККД використання ФАР посівами до 2% за рахунок введення посухостійких сортів і гібридів, вдосконалення технології вирощування та організації на сільськогосподарських полях зрошення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фурсова Г.Н., Фурсов Д.І., Сергєєв В.В. Рослинництво: лабораторно-практичні заняття. Ч. I. Зернові культури. Навчальний посібник. Харків: ТО Ексклюзив, 2004. 380 с.
2. Арора С.К. Химия и биохимия бобовых растений. М.: Агропромиздат, 1986. 332 с.
3. Побережна А. А. Світові і вітчизняне виробництво та кон'юнктура ринку зернобобових культур // Селекція на стабільне виробництва рослинного білка: Збірник наукових праць ЛНАУ. 2002. С. 48 – 49.
4. Рожков А. О. Рослинництво: навч. посібник / А.О. Рожков, Є. М. Огурцов. Харків: Тім Пабліш Груп, 2017. 363 с.
5. Кобизєва Л. Н., Гончарова О.О. Колекція сортів гороху овочевого – джерело для створення зеленого конвєсуру. // Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2013. Випуск 14. С.60-67.
6. Задорин А.Д. Средообразующая роль бобовых культур. Орел, 2003. 128 с.
7. Площі під горохом найбільші за 15 років. Сайт Агропортал [Електронний ресурс] Режим доступу: [Agroportal.ua/news](http://Agroportal.ua/news)
8. Агрокліматичний довідник по Сумській області (1986-2005 рр.) За ред. З.П. Кравченко та Т.І. Адаменко. Кам'янець-Подільський, 2012. 184 с.
9. Агрокліматичний довідник по Черкаській області (1986-2005 рр.) За ред. Т.І. Адаменко. Київ: Астропринт, 2011. 198 с.
10. Агрокліматичний довідник по Полтавській області (1986-2005 рр.). За ред. Т.І. Адаменко. Полтава, 2010. 186 с.
11. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенка. Кам'янець-Подільський: ПП Галагодза Р.С., 2011. 108 с.
12. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт для студентів 2 курсу денної та заочної форми навчання зі спеціальності 101 «Екологія»,

- спеціалізація «Агроекологія», зі спеціальності 103 «Науки про Землю», спеціалізація «Агрометеорологія». Рівень вищої освіти - магістр. Укладачі: Польовий А.М., Барсукова О.А., Толмачова А.В. Одеса, ОДЕКУ, 2017. 40 С.
13. Стратегія розвитку Черкащини до 2020 року [Електронний ресурс]. Режим доступу: [eco.ck.ua/docs/38-1-6dod.doc](http://eco.ck.ua/docs/38-1-6dod.doc).
14. Шпаар Д., Элмер Ф., Постников А. и др. Зернобобовые культуры /Под ред. Д. Шпаара. Минск: ФУАинформ, 2000. 264 с.
15. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: Підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
16. Бадина Г.В. Возделывание бобовых культур и погода. Л.: Гидрометеоиздат, 1974, 241 с.
17. Иванова-Зубкова Н.З. Агрометеорологические показатели развития, роста и формирования урожая гороха. // Тр. ЦИП. 1965. вып. 145. С. 19-27.
18. Иконникова В.В. Моделирование влияния различных сроков сева на продукционный процесс гороха по основным природно-климатическим зонам Украины // Український гідрометеорологічний журнал. 2012. № 12. С. 178 – 187.
19. Polevoy A. V. Ikonnikova Modeling the influence of agro–meteorological conditions on the photosynthetic productivity of peas // Agricultural Sciences. Plovdiv. 2014. Vol. LVIII. P. 5 – 15.
20. Ушкаренко В.О. Зрошуване землеробство: електронний підручник. - Херсон, 2003. Режим доступу: <http://buklib.net/books/34334/>.
21. Панина В.Ф. Показатели оценки агрометеорологических условий формирования урожая зерна гороха // Метеорология и гидрология. 1965. № 2. С. 27-29.
22. Кошкин Е.И., Гатаулина Г.Г., Дьяков А.Б. и др. Частная физиология полевых культур / Под ред. Е.И. Кошкина. М.: КолосС, 2005. 344 с.
23. Безуглий І.М., Василенко А.О., Глянцев А.В., Шевченко Л.М. Інноваційні розробки по селекції гороху в інституті рослинництва ім. В.Я. Юр'єва //



- Вісник центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. 2016. Випуск 20. С. 99-106.
24. Бондарь Г.В., Лавриненко Г.Т. Зернобобовые культуры М.: Колос, 1977. 225 с.
25. Молчанов И.В., Григоренко И.В., Стукалов М.Ю. Горох в севообороте с озимой пшеницей. // Земледелие. 2009. № 3. С. 38-39.
26. Іващенко О.О., Макух Я.П., Шам І.М. Система захисту посівів гороху посівного від бур'янів // Аграрна наука – виробництву. 2012. № 3 (61). С. 19.
27. Кондыков И.В., Уваров В.Н., Зеленов А.Н., Кондыкова Н.Н. Сорты гороха нового поколения, контрастные по архитектонике листового аппарата. // Земледелие. 2012. № 5. С. 34-36.
28. Летуновский В.И. Уборка гороха с минимальной потерей урожая. // Земледелие. - 2003. № 6. С.16-18.
29. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 175 с.
30. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. М.: Госпланиздат, 1949. 318 с.
31. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 319 с.
32. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 152 с.
33. Головне управління статистики в Черкаській області [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.ck.ukrstat.gov.ua/>
34. Головне управління статистики в Полтавській області [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://www.pl.ukrstat.gov.ua/>
35. Головне управління статистики в Сумській області [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://sumy.ukrstat.gov.ua/>
36. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. – Л.: Гидрометеиздат, 1971 – 362 с.

37. Шашко Д.И. Агроклиматическое районирование СССР. М.: Колос, 1967. 334 с.
38. Константинов А.Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 248 с.
39. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометеиздат, 1977. 200 с.
40. Жуков В.А., Полевой А.Н., Витченко А.Н., Даниелов С.А. Математические методы оценки агроклиматических ресурсов. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 207 с.
41. Мищенко З. А., Кирнасовская Н.В. Агроклиматические ресурсы Украины и урожай [монография]. Одесса: «Экология», 2011. 90 с.
42. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Вольвач О.В. Основи агрометеорології: Конспект лекцій. Одеса: “ТЕС”, 2004. 150 с.
43. Мищенко З.А. Агроклиматология. Одесса: «Экология», 2006. 540 с.
44. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур: Справочник. М.: Росагропромиздат, 1989. 368 с.
45. Алпатьев А.М. Влагообороты в природе и их преобразования. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 324 с.

## **ДОДАТКИ**

## Додаток А.1

\*\*\*\*\*

Розрахунок тенденції урожаю за методом  
гармонійних вагів, горох, Черкаська область

\*\*\*\*\*

$N=20$   $K=18$

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

Фактичні значення урожаю по роках, ц/га

13.0 21.0 20.8 21.0 13.9 24.4 33.8 21.8 11.8 24.5 22.3 19.8

17.1 20.6 22.5 27.2 25.0 33.9 26.9 22.9

+++++

Згладжені значення урожаю - тренд, ц/га

17.8 18.8 19.4 19.8 20.2 20.6 21.0 21.5 21.9 22.3 22.7 23.1

23.5 24.0 24.4 24.8 25.2 25.6 25.8 25.9

+++++

Фактичні значення урожаю мінус тренд, ц/га

-4.8 2.2 1.4 1.2 -6.3 3.8 12.8 0.3-10.1 2.2 -0.4 -3.3

-6.4 -3.4 -1.9 2.4 -0.2 8.3 1.1 -3.0

+++++

Прогноз тенденції урожаю на наступний рік

$ws=0.330$   $yr=26.24$

$sumy1=444.200$   $ysr=22.21$   $disSum=33.59$

$disz=6.19$   $cp=0.24$

## Додаток А.2

\*\*\*\*\*

Розрахунок тенденції урожаю за методом  
гармонійних вагів, горох, Полтавська область

\*\*\*\*\*

$N=20$   $K=18$

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

Фактичні значення урожаю по роках, ц/га

11.0 18.0 18.8 19.0 11.9 20.3 31.3 18.2 13.0 21.8 19.1 14.2  
15.2 21.4 18.8 25.1 25.0 30.3 27.4 26.2

+++++

Згладжені значення урожаю - тренд, ц/га

15.3 16.1 16.6 17.1 17.6 18.1 18.6 19.1 19.6 20.1 20.6 21.1  
21.6 22.1 22.6 23.1 23.6 24.1 24.7 25.4

+++++

Фактичні значення урожаю мінус тренд, ц/га

-4.3 1.9 2.2 1.9 -5.7 2.2 12.7 -0.9 -6.6 1.7 -1.5 -6.9  
-6.4 -0.7 -3.8 2.0 1.4 6.2 2.7 0.8

+++++

Прогноз тенденції урожаю на наступний рік

$ws=0.555$   $yr=25.96$

$sumy1=406.000$   $ysr=20.30$   $disSum=33.98$

$disz=9.11$   $cp=0.25$

Додаток А.3

\*\*\*\*\*

Розрахунок тенденції урожаю за методом гармонійних вагів, горох, Сумська область

\*\*\*\*\*

N=20 K=18
N - довжина ряду, K - параметр зглаження
Фактичні значення урожаю по роках, ц/га

13.0 20.0 17.0 20.0 15.5 20.8 21.2 14.4 12.9 21.3 18.1 11.1
14.6 18.0 17.7 25.0 25.2 26.2 34.5 31.8

+++++

Згладжені значення урожаю - тренд, ц/га
15.6 15.6 15.4 15.9 16.4 16.9 17.5 18.0 18.5 19.1 19.6 20.1
20.7 21.2 21.7 22.2 22.8 23.3 24.9 26.5

+++++

Фактичні значення урожаю мінус тренд, ц/га
-2.6 4.4 1.6 4.1 -0.9 3.9 3.7 -3.6 -5.6 2.2 -1.5 -9.0
-6.1 -3.2 -4.0 2.8 2.4 2.9 9.6 5.3

+++++

Прогноз тенденції урожаю на наступний рік
ws=0.875 yr=27.42
sumy1=398.300 yrsr=19.92 disSum=38.15
disz=10.93 cp=0.26