

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської  
підготовки  
Кафедра агрометеорології та  
агроекології

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: **Оцінка впливу змін клімату на продуктивність гороху**  
**в Житомирській області**

Виконала студентка 2 курсу групи МАЕ-19  
Спеціальність 101 «Екологія»,  
(шифр і назва)

Освітня програма «Агроекологія»  
(назва)

Садковська Алла Миколаївна  
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н., асистент

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

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

Рецензент к.геогр.н., доцент

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

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської підготовки  
Кафедра агрометеорології та агроекології  
Рівень вищої освіти магістр  
Спеціальність 101 «Екологія»  
(шифр і назва)  
Освітня програма Агроекологія  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Завідувач кафедри  
агрометеорології та агроекології  
Польовий А.М.  
« 26 » жовтня 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**  
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Садковській Аллі Миколаївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оцінка впливу зміни клімату на продуктивність гороху в Житомирській області

керівник роботи Колосовська Валерія Валеріївна, к.геогр.н., асистент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «16» жовтня 2020 року № 194 «С»

2. Строк подання студентом роботи 07 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи: 1. Метеорологічні і фенологічні дані середніх багаторічних спостережень за горохом (1986-2005 рр.), 2. Дані середньообласної врожайності культури, метеорологічні дані за сценаріями RCP4.5 змін клімату.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Дати опис фізико-географічних особливостей Житомирської області; 2. Вивчити біологічні особливості гороху та його вимоги до умов навколишнього середовища; 3. Вивчити базову модель формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М.Польового; 4. Підготувати вхідну інформацію для виконання розрахунків за моделлю та провести аналіз отриманих результатів; 5. Дати оцінку фотосинтетичної продуктивності гороху та врожаю зерна стосовно території Житомирської області.

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

1. Динаміка урожайності гороху в Житомирській області; 2. Крива ймовірності урожаїв гороху в Житомирській області; 3. Динаміка площі листя гороху за середньобагаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP 4.5;

4. Динаміка сухої маси гороху за середньобагаторічними даними та за

сценарієм зміни клімату RCP 4.5; 5. Фотосинтетичний потенціал гороху за середньобагаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP 4.5; 6. Чиста продуктивність фотосинтезу гороху в Житомирській області за середньобагаторічними даними та за сценарієм зміни клімату RCP 4.5.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2020 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 та збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою магістерської кваліфікаційної роботи	26.10.2020 р. - 05.11.2020 р.	92	5(відмінно)
2	Складання фізико-географічного огляду області. Збір матеріалів спостережень та їх обробка. Оформлення текстової частини першого та другого розділів дипломного проекту	06.11.2020 р. - 15.11.2020 р.	94	5(відмінно)
3	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>16.11.2020 р. 21.11.2020 р.</b>	93	5(відмінно)
4	Вивчення алгоритму моделі. Збір матеріалів спостережень та їх обробка. Оптимізація параметрів, щодо території досліджень та культури.	22.11.2020 р. - 25.11.2020 р.	95	5(відмінно)
5	Проведення розрахунків на ПЕОМ. Аналіз отриманих результатів.	26.11.2020 р. 29.12.2020 р.	95	5(відмінно)
6	Оформлення текстової частини третього, та четвертого розділів дипломного проекту	30.11.2020 р. 02.12.2020 р.	95	5(відмінно)
7	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складання протоколу і висновку керівника.	03.12.2020 р. 07.12.2020 р.	95	5(відмінно)
8	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту.			
9	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>94,0</b>	

Студентка

( підпис )

Садковська А.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

( підпис )

Колосовська В.В.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу Садковській Аллі Миколаївні на тему:  
**«Оцінка впливу змін клімату на продуктивність гороху в  
Житомирській області»**

*Актуальність обраної теми.* Горох – одна з основних перспективних сільськогосподарських культур, що вирощуються на території України. Цінність гороху обумовлена його здатністю формувати досить високі і стабільні врожаї насіння в порівнянні з іншими бобовими культурами, а також хорошими показниками якості зерна і нетривалим вегетаційним періодом. Він є одним з кращих попередників для озимих культур, а також одним з економічних джерел високоякісного білка. Завдяки високій урожайності та кормовій цінності, горох здобув широкого розповсюдження по всій території України.

Площі під горох посівний в Україні скорочуються, це пов'язано передусім з низькою рентабельністю цієї культури. Перепоною для одержання гідних урожаїв гороху є несприятливі умови. Глобальне потепління спричиняє значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування урожайності гороху. Особливого значення набуває вирішення цього питання у зв'язку зі змінами клімату.

*Мета роботи:* на основі сценарію змін клімату RCP 4.5 провести оцінку впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування гороху в Житомирській області.

*Об'єктом дослідження* являються агрокліматичні умови формування продуктивності гороху в умовах змін клімату. *Предметом дослідження* - оцінка впливу можливих змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та продуктивність гороху в Житомирській області

В результаті виконаної роботи була виявлені особливості в динаміці урожайності гороху на досліджуваній території. Проаналізовано особливості настання дат фаз розвитку гороху за середніми багаторічними даними та сценарієм зміни клімату RCP 4.5. Також, проведено аналіз фотосинтетичної продуктивності, урожаю за умов змін клімату.

Магістерська робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг складає 55 сторінок, 7 таблиць, 17 рисунків, 44 літературних джерел.

**Ключові слова:** горох, агрокліматичні умови, зміна клімату, базовий період, площа листя, чиста продуктивність фотосинтезу, сценарій RCP 4.5.

## SUMMARY

for master's qualification work Sadkovskaya Alla Nikolaivna on the topic:

### «Assessing the impact of climate change on pea productivity in Zhytomyr region»

*Relevance of the chosen topic.* Peas are one of the main promising crops grown in Ukraine. The value of peas is due to its ability to form fairly high and stable seed yields compared to other legumes, as well as good grain quality and short growing season. It is one of the best precursors for winter crops, as well as one of the economic sources of high-quality protein. Due to the high yield and fodder value, peas have become widespread throughout Ukraine.

Areas for sowing peas in Ukraine are declining, this is primarily due to the low profitability of this crop. Adverse conditions are an obstacle to obtaining decent pea crops. Global warming causes a significant change in agro-climatic conditions for growth, development and yield formation of peas. It is especially important to address this issue in the face of climate change.

*Objective:* Based on the RCP 4.5 climate change scenario, assess the impact of climate change on the agro-climatic conditions of pea cultivation in the Zhytomyr region.

*The object of study* are agro-climatic conditions for the formation of pea productivity in climate change. *The subject of the study* - assessment of the impact of possible climate change on agro-climatic conditions of cultivation and productivity of peas in the Zhytomyr region

As a result of the performed work, peculiarities in the dynamics of pea yield in the study area were revealed. The peculiarities of the onset dates of the pea development phases according to the average long-term data and the climate change scenario RCP 4.5 are analyzed. Also, the analysis of photosynthetic productivity, harvest under the conditions of climate change is carried out.

The master's thesis consists of an introduction, four chapters, conclusions, a list of references. The total volume is 55 pages, 7 tables, 17 figures, references.

**Key words:** peas, agroclimatic conditions, climate change, base period, leaf area, net photosynthesis productivity, RCP scenario 4.5.

## **ЗМІСТ**

<b>ВСТУП</b>	<b>7</b>
<b>1 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ ТА ЙОГО ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ДО ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ</b>	
1.1 Ботанічна характеристика гороху	9
1.2 Біологічні особливості та екологічні вимоги вирощування гороху	10
1.3 Сучасний стан інтенсивних сортів гороху	11
<b>2 ГЕОГРАФІЧНЕ РОЗТАШУВАННЯ ТА КЛІМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ</b>	<b>13</b>
<b>3 ДИНАМІКА УРОЖАЙНОСТІ ГОРОХУ В ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ</b>	<b>15</b>
3.1 Аналіз динаміки урожайності гороху	15
3.2 Ймовірнісна оцінка урожаїв гороху	18
<b>4 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГОРОХУ В ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ</b>	<b>21</b>
4.1 Алгоритм базової моделі формування урожаю сільськогосподарських культур	21
4.2 Сучасний стан впливу змін клімату на сільське господарство	25
4.3 Метеорологічні умови вегетації гороху в Житомирській області	28
4.4 Оцінка строків сівби та фаз розвитку гороху	32
4.5 Оцінка змін агрокліматичних умов вирощування гороху	33
4.6 Фотосинтетична продуктивність гороху в Житомирській області	36
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>48</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b>	<b>51</b>

## ВСТУП

Горох – одна з основних зернобобових культур, яка відноситься до родини бобових *Pisum L.* Цінність гороху обумовлена його здатністю формувати досить високі і стабільні врожаї насіння в порівнянні з іншими бобовими культурами, а також хорошими показниками якості зерна і нетривалим вегетаційним періодом. Він є одним з кращих попередників для озимих культур.

В останні роки відбулося різке скорочення виробництва гороху в Україні. Це пов'язано з несприятливими умовами для вирощування гороху. Для отримання високого і стабільного врожаю гороху потрібні посухостійкі сорти, які були б стійкими до осипання насіння. Несприятливі погодні умови, що припадають на період генеративного розвитку, стали основною причиною зниження врожаю зерен гороху.

Нині горох є одним з дешевих джерел високоякісного білка. Крім того, він належить до одного з кращих покращувачів ґрунтів, так як за вегетаційний період зв'язує з повітря близько 100 кг/га азоту в діючій речовині. Також, завдяки бульбочковим бактеріям в ризосфері рослин зосереджується корисний комплекс мікроорганізмів, що оздоровлює ґрунт. Завдяки цьому горох є найкращим попередником в сівозміні для більшості сільськогосподарських культур. Особливо значна його роль в районах, де вирощують озиму пшеницю. Тому, в наші дні, в цих районах можна замінити чорні пари на посіви гороху. Ця тенденція спостерігається в США, Канаді, Росії, Австралії.

Завдяки високій урожайності та кормовій цінності, горох здобув широкого розповсюдження по всій території України.

Раніше посівні площі були значно більшими, в порівнянні з сьогоденням: знизилися з 1,3 млн.гектарів до 500 тис.гектарів.

Нажаль, у період 2000-2016 рр. спостерігався значний спад посівів культури до 144-338 тис. га. Найменшу площу засіяли горохом у 2014 році -

144 тис. га. Починаючи з 2016 року, Україна щорічно нарощувала обсяги виробництва гороху. В 2017 році площі зросли до 405 тис. га, у 2018 - до 431,5 тис. га.

Середня урожайність гороху в Україні за 2000-2018 рр. – 19 ц/га. Порівняно з 2018 роком, 2019 р. урожай зріс на 38 %. В 2020-2021 рр. прогнозується підвищення урожаю на 10 %.

Метою магістерської роботи є на основі сценарію змін клімату (RCP 4.5) провести оцінку впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування гороху в Житомирській області. Для виконання розрахунків використовувались метеорологічні та фенологічні дані середньообласних спостережень за горохом, дані за сценарієм RCP 4.5 на період 2021-2050 рр., матеріали щорічних середньообласних даних за період з 1990 по 2019 роки, за даними обласного управління статистики для території Житомирської області, а також літературні джерела [1-3, 23].

В магістерській роботі описано біологічні особливості вирощування гороху. Основний теоретичний матеріал по цьому питанню можна довідатися з [17, 31]. Дослідження, яке проводилося в нашій роботі, базується на моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур, розроблена А.М.Польовим. Основний теоретичний матеріал дуже добре надано в [17, 31]

Результати дослідження було представлено на III Міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Ефективне функціонування екологічно-стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку» (м.Полтава, 2019 р.) [18], I Міжнародній науково-практичній конференції «Енергетична незалежність сільських територій як пріоритетна модель розвитку: міжнародний та вітчизняний досвід» (м.Полтава, 2020 р.) [19], конференції молодих вчених ОДЕКУ (м.Одеса, 2020 р.) [36].



# 1 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ ТА ЙОГО ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ДО ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ

Горох належить до однорічних культур з сімейства бобових. Уже в IV столітті до н. е. його успішно культивували в Північно-Західній Індії, яка вважається батьківщиною цієї досить поширеної культури. У зернах гороху міститься багато найцінніших речовин, необхідних для живлення людини. Одних тільки білків від 20 до 30%, цукру 20-30%, є також найважливіші амінокислоти: аргінін, метіонін та ін. Високий вміст фосфору, необхідний для роботи головного мозку, крохмаль, солі калію, жирні кислоти, багатий набір вітамінів забезпечили гороху одне з перших місць у багатьох азіатських та європейських країнах.

Його зерно містить від 16 до 35% білка, до 55% вуглеводів, близько 1,6 % жиру, понад 3% зольних речовин [12, 14, 17, 22].

## 1.1 Ботанічна характеристика гороху

Розрізняють два підвиди гороху: посівний, або звичайний, та польовий. Частіше використовують звичайний – посівний горох [16, 17, 20, 34].

Посівний горох – однорічна рослина родини бобових. Корінь має стрижневу кореневу систему, сильно розгалужений, який дуже глибоко проникає у ґрунт.

Стебло гороху легко вилягає. Довжина стебла від 20 см до 1,5 м залежно від сорту гороху і умов його вирощування. Бувають так звані штаббові сорти гороху - з більш стійким стеблом, зі скупченими квітками.

Листя гороху парнопірчасте, закінчуються довгими вусиками [6].

Квітки сидять зазвичай по одній або по дві на квітконіжках. Вони метеликові, білі, самозапильні. Плід - біб - містить від 4 до 10 насінин.

Розрізняють дві групи сортів гороху: горох луцильний і горох цукровий. У сортів луцильного гороху в стулках бобу, крім зовнішнього м'якого шару, є ще внутрішній жорсткий (пергаментний) шар. Цукрові сорти не мають пергаментного шару [24].

**Фази росту.** У гороху відмічають такі фази росту: фази сходів, бутонізації, цвітіння та досягання [12, 17, 31].

## 1.2 Біологічні особливості та екологічні вимоги вирощування гороху

**Значення температури для розвитку гороху.** До тепла горох маловимогливий. Насіння його починає проростати при температурі 1-2°. Біологічний мінімум культури 4-5°. Сходи гороху без шкоди виносять короткочасні заморозки до 5°. Оптимальною для утворення вегетативних органів вважається температура в межах 12-16°, для утворення генеративних органів – 16-20°, формування бобів 16-22°. Температура вища за 26° негативно впливає на урожай, його якість, а при температурі 35° процес росту взагалі припиняється [17, 25, 31].

**Вимоги до вологи.** До вологи горох вимогливий, особливо в перші фазах розвитку. Проростаючи, насіння гороху поглинають вологу в кількості 100-120% до своєї ваги – це в два рази більше, ніж насіння пшениці, вівса та ячменю. Засуху і високі температури горох погано переносить. Критичним періодом по відношенню до вологи вважається міжфазний період цвітіння-утворення бобів [17, 31].

**Вимоги гороху до ґрунтів.** До ґрунтів горох посівний вимогливий. Він краще вдається на родючих ґрунтах лісостепової зони. Розвитку гороху сприяє насиченість ґрунтів вапном, фосфором і калієм. За механічним складом кращими є ґрунти – середньозв'язані. На ґрунтах важких глинистих або кислих, схильних до заболочування, горох погано вдається. На легких піщаних і солонцюватих ґрунтах, особливо при недостатньому забезпеченні вологою, горох дає низькі врожаї. На ґрунтах, дуже багатих перегноєм, горох розвиває

велику вегетативну масу і сильно подовжується період його вегетації, крім того, рослини більше уражуються хворобами [31, 35].

**Вимоги гороху до мінерального живлення.** Горох добре реагує на внесення місцевих добрив - фосфорних, калійних і вапняних. Висока засвоювана здатність його коренів дозволяє рослинам добре використовувати важкорозчинні види фосфорних добрив [17, 31, 35].

При правильних прийомах обробітку горох дає високі урожаї, до 36 - 54 ц з гектара.

### 1.3 Сучасний стан інтенсивних сортів гороху

На думку Хухлаєва І.І., важливим фактором успішного виробництва гороху є урожайність та технологія його вирощування. Найбільший вплив на поліпшення технології оказує саме створення нових сортів, які суттєво підвищують стійкість до вилягання [41].

У Державному реєстрі сортів рослин зафіксовано 43 сорти гороху посівного зернового напрямку використання [8,16, 19, 40]. Самими плідними за кількістю зареєстрованих сортів гороху посівного були 2006, 2009 та 2010 роки (відповідно зареєстровано 6, 9, та 7 сортів) [8, 17].

Усі сорти гороху посівного, зареєстровані в Україні, поділено на такі групи: ранньостиглі – Елегант; середньоранні – Кардіфф, Мадонна, Факел, Харківський еталонний, Явор; середньостиглі – Веселик, Баритон, Глянс, Готівський, Девіз, Ефектний, Зіньківський, Йезеро, Конто, Камертон, Модус, Намисто, Оплот, Отаман, Степовик, Світ, Стартер, Схід, Терно, Фаргус, Чекбек; середньопізні – Берсек, Гарде Петроніум, Улус, Харді, Царевич.

За зонами вирощування сортів гороху посівного зернового напрямку використання, то їх розподіл наступий (П - Полісся, Л - Лісостеп, С - Степ): СЛП – Астронавт, Баритон, Клеопатра, Оплот, Отаман, Стабіль, Харді; СЛ – Готівський, Кардіфф, Степовик, Схід; СП – Девіз; ЛП – Гарде, Ефектний, Камелот, Камертон, Стартер, Улус, Фаргус; С – Веселик, Беркут, Харківський

еталонний; Л – Гайдук, Елегант, Зінківський, Конто, Модус; П – Красноградський 8, Намисто, Світ [8, 17].

Астронавт. Зони вирощування: Лісостеп, Полісся, Степ. Середньостиглий сорт. Маса 1000 насінин 206-231 г., вегетаційний період 76-84 дні. Внесений до Реєстру сортів рослин України в 2015 році.

Гайдук. Зони вирощування: Лісостеп, Полісся. Сорт зернового використання, середньостиглий. Тривалість вегетаційного періоду 78-85 днів. Маса 1000 зерен 265-285 г. Сорт посухостійкий, стійкий до вилягання. У конкурсному сортовипробуванні Заявник: Інституту рослинництва (ІР) ім. В.Я. Юр'єва. Внесений до Реєстру сортів рослин України в 2018 році.

## 2 ГЕОГРАФІЧНЕ РОЗТАШУВАННЯ ТА КЛІМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Житомирська область розташована на правобережжі, в центральній частині Полісся. На сході вона межує з Київською, на півдні - з Вінницькою, на заході з Хмельницькою та Рівненською областями, а на півночі з Білоруссю. Площа - 29,8 тис. км<sup>2</sup> [10, 23].

Житомирська область розташована в межах двох ґрунтово-кліматичних зон - зон Полісся (північна частина області) і Лісостепу (південна частина).

*Рельєф* території області тісно пов'язаний з геологічною будовою. Більша частина Житомирської області лежить у межах Придніпровської височини, північну і північно-східну частини займає Поліська низовина. Поверхня хвиляста із загальним зниженням на північ і північний схід (від 280-220 м до 150 м і менше). В області - значні площі моренних і моренно-зандрових рівнин з пасмово-горбистим рельєфом [2, 5, 23].

*Кліматичні умови.* Клімат Житомирської області помірно-континентальний, з теплим вологим літом та м'якою зимою [1-3, 10, 11].

Формування клімату області відбувається під впливом атлантичних повітряних потоків, що супроводжується інтенсивною циклічною діяльністю. Річна кількість опадів на півночі - 600 мм, а на півдні - 550-570 мм. Протягом теплого періоду (квітень-жовтень) випадає 400 мм. опадів, а в холодний (листопад-березень) - 140-200 мм. Вегетаційний період в середньому становить 240 днів. Немалої шкоди завдає господарству області таке метеорологічне явище як град (до шести днів за рік), сильні проливні дощі. За несприятливі кліматичні явища спостерігаються бездошові періоди - до 60 днів, можливі посухи і суховії, сильні дощі (1-2 дні, рідше 4-6 днів). Значної шкоди завдають пізні весняні та ранні осінні заморозки. Взимку можливі низькі температури протягом 25 днів, ожеледь до 15 днів і більше. Характерною особливістю зими є часте входження теплого повітря, що

супроводжується відлигою і призводить до повної втрати снігового покриву. В останнє десятиріччя простежується стійка тенденція клімату до потепління [3, 23].

*Грунти.* Грунтовий покрив в області просторово дуже складний і відзначається високим ступенем диференціації величин ґрунтових контурів і великою контрастністю як в генетичному, так і в агровиробничому відношенні. В умовах перехідної і особливо Поліської зони області одні ґрунти, не займаючи великої площі, часто включаються в інші з протилежними фізико-хімічними властивостями, значною мірою ускладнює застосування однакових агротехнічних прийомів в одному масиві.

Всього в області виділено 50 генетичних груп ґрунтів та 294 їх ґрунтових видів. Така різноманітність поширених на території області ґрунтових видів обумовлена неоднорідністю геологічної будови, клімату, рельєфу і пов'язаних з ними умов зволоження та інших факторів, під впливом яких формувалися ґрунту [11, 23].

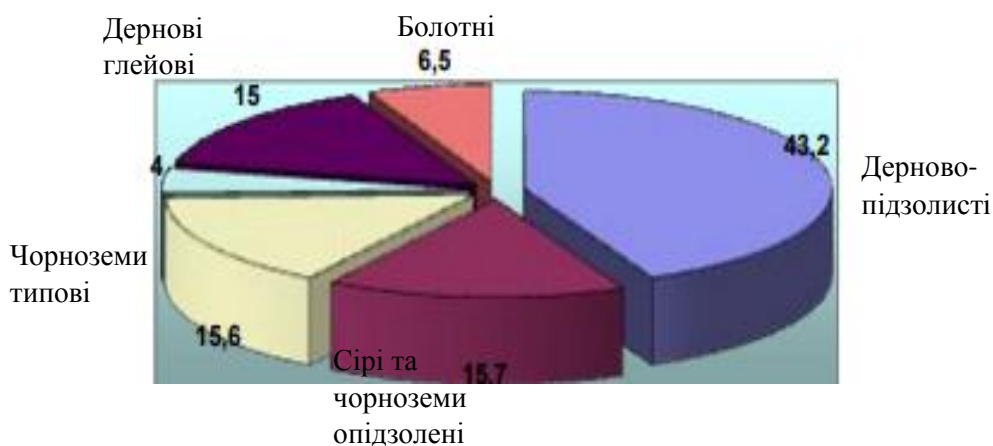


Рисунок 2.1 – Структура сільськогосподарських угідь області за типами ґрунтів, %

У загальній структурі сільськогосподарських угідь області 43,2% припадає на дерново-підзолисті ґрунти, 15,7% - на сірі та чорноземи опідзолені, 15,6% - чорноземи типові, 15% - дернові глейові, 6,5% - болотні, 4% - лучні та чорноземно – лучні.

### **3 ДИНАМІКА УРОЖАЙНОСТІ ГОРОХУ В ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

За методом гармонійних ваг нами було проведено аналіз тенденції часових рядів урожаю гороху в Житомирській області [18, 28-32]. Для аналізу динаміки ми розглядали період 1990-2019 рр., використовуючи щорічні середньобласні дані урожайності гороху [9, 17, 19, 29-33].

#### **3.1 Аналіз динаміки урожайності гороху**

В Житомирській області в середньому за період 1990 - 2019 рр. урожай гороху склав 18,6 ц/га. У 2018 році був зібраний максимальний за цей період урожай – 36,1 ц/га, а в 2000 році – найменший за розрахунковий період урожай – 6,0 ц/га. Тенденція урожайності гороху позитивна та складає 1,0 ц/га [18].

У період з 1998 по 2000 рр. спостерігалось різке зниження рівня урожаю. Так, початкові значення лінії тренда в цей період становлять 1,05 ц/га, а кінцеві її значення – 6,0 ц/га (рис. 3.1). Далі лінія тренда врожаю гороху поступово зростає: починаючи з 2001 року, врожай по лінії тренда склав 14,9 ц/га, а вже в 2018 році збільшився до 36,1 ц/га.

На рис.3.2 представлено відхилення врожаю від лінії тренда. У 2018 році були максимальні додатні відхилення врожаю від лінії тренда, вони склали 9,2 ц/га, в 2000 році були найбільші негативні відхилення -8,6 ц/га. В цілому на території Житомирської області негативних відхилень врожаїв від лінії тренду спостерігалось в 12 роках, а позитивних – в 18 роках (рис. 3.2).

Зміну рівнів часового ряду характеризують абсолютний приріст та темп зростання.

Чисельні значення середніх характеристик динаміки врожайності гороху по п'ятиріччям за аналізований період (1990-2019 рр.) наведені в табл. 3.1.

Абсолютний приріст тенденції урожайності (ц/га) характеризує знак і величину приросту тенденції по п'ятиріччям [18].



Рисунок 3.1 – Динаміка урожайності гороху в Житомирській області за 1990-2019 рр.

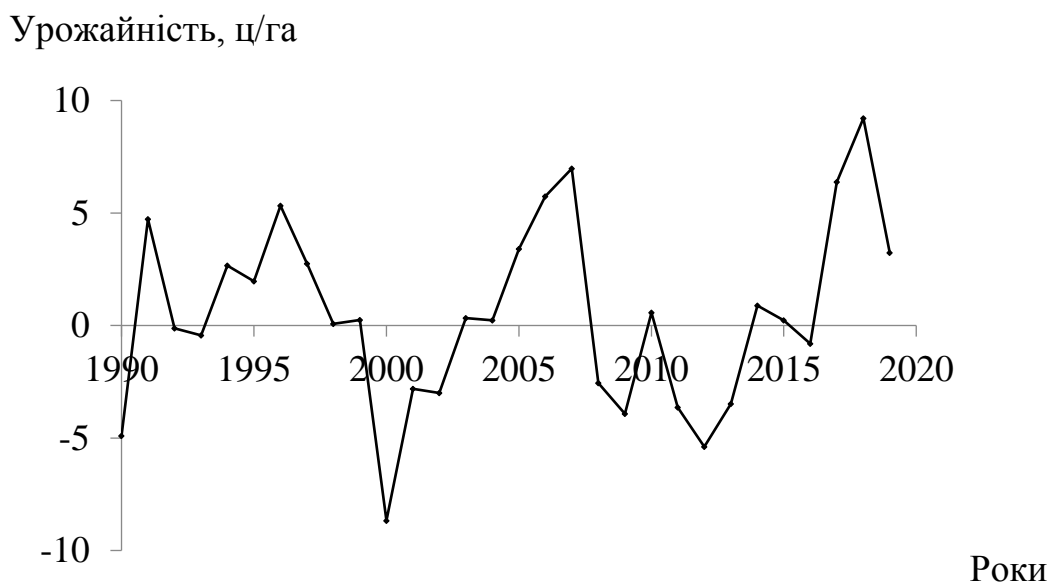


Рисунок 3.2 – Відхилення урожайності гороху від лінії тренду в Житомирській області за 1990-2019 рр.



Більш детально динаміка тенденції середньообласної врожайності гороху наведена в таблиці 3.1. На території досліджуваної території максимальні значення абсолютного приросту тенденції врожайності гороху спостерігались в шостій п'ятирічці (2015-2019 рр.) і становили 7,2 ц/га. В цей же період спостерігаються і максимальні значення темпу зростання урожайності, які складають 133,5 % [17, 19].

Таблиця 3.1 – Динаміка основних характеристик тенденцій середньообласної урожайності гороху в Житомирській області

Роки досліджень						
Область	1990- 1994	1995- 1999	2000- 2004	2005- 2009	2010- 2014	2015- 2019
Житомирська	-3,5 82,7	-1,2 92,4	1,1 107,5	1,5 109,4	2,2 111,9	7,2 133,5

\* перший рядок – абсолютний приріст, ц/га; другий – темп зростання, %

Мінімальні значення абсолютного приросту тенденції урожайності спостерігались в першому-другому п'ятиріччі -3,5 – (-1,2) ц/га. Значення темпу зростання тенденції врожайності в цей же період були мінімальними та коливалися в межах 82,7 – 92,4 %.

За результатами дослідження даної території, можна бачити, що приріст тенденції був досить високим в шостому п'ятиріччі (2015-2019 рр.). У період першого-другого п'ятиріччя (1990 - 1999 рр.) приріст тенденції урожайності був різко негативним.

Об'єктивне визначення тенденції середньообласної врожайності гороху та виявлення особливості в динаміці врожайності гороху на даній території за період 1990-2019 рр. вказує на різний її характер. Сповільнення тенденції врожайності гороху в період 1990-1999 рр., можна пояснити впливом на сільськогосподарське виробництво несприятливих погодних умов.

### 3.2 Ймовірнісна оцінка урожаїв гороху

Для визначення мінливості урожаю гороху нами було використано метод Г.Алексєєва. Він запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної ймовірності формулу [31, 32]:

$$P_{x\%} = \frac{m_i - 0.25}{n + 0.50} \cdot 100\% , \quad (3.1)$$

де  $P_x\%$  - забезпеченість у відсотках;  $m_i$  - порядковий номер членів ранжируваного ряду, розташованих в порядку спадання;  $n$  – число років або спостережень в ряді.

Для проведення розрахунків вже маючи дані щорічного урожаю за досліджуваній період, необхідно було проранжувати величини урожаю (в порядку спадання), та, за формулою 3.1, розрахувати забезпеченість. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.2.

За отриманими даними побудовано криву сумарної ймовірності можливих урожаїв гороху стосовно середньобаторічних значень урожаїв (рис.3.3). Також, було визначено особливості розподілу можливих урожаїв різної забезпеченості в порівнянні з середньою багаторічною величиною. Крива забезпеченості дає можливість зняти значення урожаю гороху різної забезпеченості.

Так, в Житомирській області урожаї гороху величиною 33 ц/га отримують з ймовірністю 5 % (раз в 20 років), 26 ц/га отримують з ймовірністю 10 %, - раз в десять років, урожаї гороху величиною 17,5 ц/га отримують з ймовірністю 50 % - 5 разів в десять років, 14,5 ц/га – отримують з ймовірністю 80%, 8 разів в десять років, і тільки 9 ц/га можна отримати щорічно.

Таблиця 3.2 - Результати ймовірнісних показників урожаїв гороху в Житомирській області

Роки	У, ц/га	У, ц/га ранжований ряд	Рх, %	Роки	У, ц/га	У,ц/га ранжований ряд	Рх, %
1990	15,2	36,1	2,5	2005	19,7	17,1	51,6
1991	24,6	31,9	5,7	2006	22,4	16,3	54,9
1992	18,5	31,0	9,0	2007	24,1	16,0	58,2
1993	17,1	24,6	12,3	2008	14,9	15,6	61,5
1994	19,3	24,1	15,6	2009	13,9	15,2	64,8
1995	13,9	22,4	18,9	2010	18,9	15,1	68,0
1996	21,0	21,9	22,1	2011	15,1	15,0	71,3
1997	18,0	21,7	25,4	2012	13,8	15,0	74,6
1998	15,0	21,4	28,7	2013	16,3	14,9	77,9
1999	15,0	21,0	32,0	2014	21,4	13,9	81,1
2000	6,0	19,7	35,2	2015	21,7	13,9	84,4
2001	12,0	19,3	38,5	2016	21,9	13,8	87,8
2002	12,0	18,9	41,8	2017	31,0	12,0	90,9
2003	15,6	18,5	45,1	2018	36,0	12,0	94,3
2004	16,0	18,0	48,4	2019	31,9	6,0	97,5

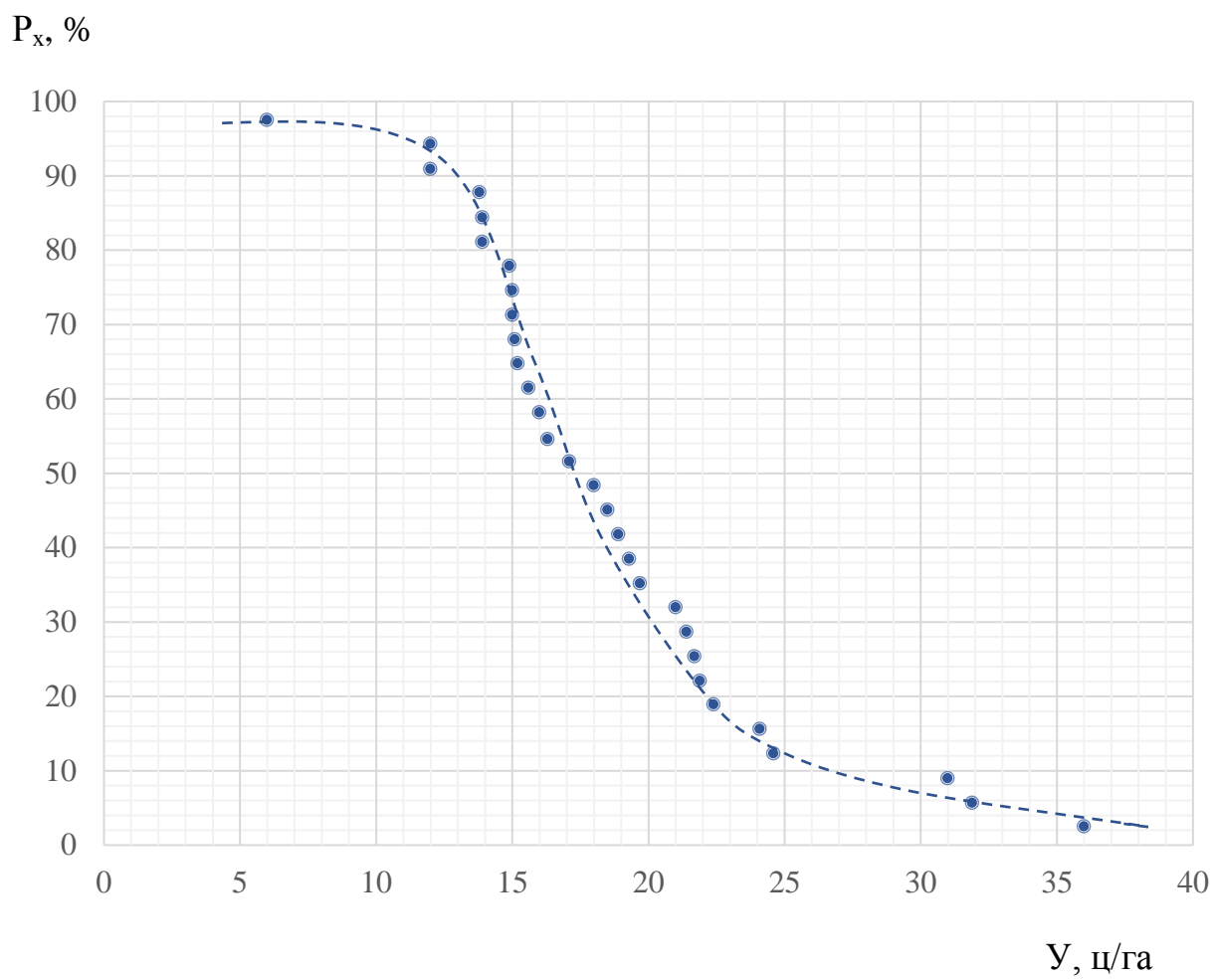


Рисунок 3.3 – Крива ймовірності урожаїв гороху в Житомирській області

## 4 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГОРОХУ В ЖИТОМИРСЬКІЙ ОБЛАСТІ

### 4.1 Алгоритм базової моделі формування урожаю сільськогосподарських культур

Продукційний процес рослин – це сукупність окремих взаємопов'язаних процесів, з яких фундаментальними є фотосинтез, дихання і ріст, в ході яких відбувається формування урожаю. ППР залежить від умов зовнішнього середовища і сам перетворює довкілля, в основному через архітектоніку, газообмін і транспірацію фітоценозу [17, 29-33].

Дихання – забезпечує постачання енергією різних біохімічних процесів синтезу, пов'язаних із ростом, побудовою нових структурних елементів рослин і з транспортом речовин, а також з підтримкою життєдіяльних структур органів рослин. При цьому витрачаються органічні речовини, накопичені в органах рослин.

Ріст – це складова частина продукційного процесу, який супроводжується збільшенням маси і розмірів органів, органел і живого організму в цілому.

Найбільш елементарний показник росту фітомаси – це приріст, тобто різниця між сухою фітомасою за певний проміжок часу:

$$\Delta M = M_2 - M_1. \quad (4.1)$$

При аналізі приросту біомаси використовується і величина  $E_{ч.ф.}$ , яка розраховується за формулою [17, 27, 31]:

$$E_{ч.ф.} = \frac{1}{L_0} \cdot \frac{\Delta M}{\Delta t}, \quad (4.2)$$

де  $\overline{L_0}$  – середня сумарна площа листя рослини за період  $\Delta t$ .

Величина  $E_{чп.ф.}$  названа А.А.Нічипоровичем чистою продуктивністю фотосинтезу посівів. Вона широко використовується для характеристики фотосинтетичної активності листкової поверхні [27].

Передумовою для створення математичних моделей ППР є знання закономірностей залежності вищеназваних фундаментальних процесів від чинників зовнішнього середовища і від внутрішніх біологічних, видових та адаптивних особливостей рослин у взаємозв'язку і в динаміці онтогенезу [17, 31, 40].

Модель формування врожаю сільськогосподарських культур складається з п'яти блоків [17, 31]: блок вхідної агрометеорологічної інформації, блок початкових даних і шкали часу, блок чинників навколишнього середовища, біологічний блок, блок врожайності.

*Блок вхідної агрометеорологічної інформації.* Передбачається використання стандартної декадної агрометеорологічної інформації: температура повітря, дефіцит насичення повітря, кількість опадів, тривалість сонячного сяйва, запаси продуктивної вологи в шарі ґрунту 0-20 і 0-100 см, рівень ґрунтових вод, строки і норми вегетаційного поливу (при зрошуванні), характеристики агрофізичного та агрохімічного стану ґрунту, водного режиму ґрунтів [17, 31].

*Блок факторів навколишнього середовища. Підблок радіаційного та водно-теплого режимів посівів.* Для розрахунку сумарної сонячної радіації, яка надходить на верхню межу рослинного покриву культури, використовується формула С.І. Сивкова [17, 31, 38]

$$Q_o^j = 12,66(SS^j)^{1,31} + 315(A^j + B^j)^{2,1}, \quad (4.3)$$

де  $Q_o$  – інтенсивність сумарної сонячної радіації над верхньою межею рослинного покриву;

$SS$  – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва;

$j$  – порядковий номер розрахункової декади.

*Біологічний блок. Підблок фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси.* На  $\text{CO}_2$ -газообмін впливає цілий ряд зовнішніх чинників. Оскільки фотосинтез є фотохімічним процесом, він безпосередньо залежить від умов освітлення.

Для оцінки залежності інтенсивності фотосинтезу від щільності світлового потоку існує багато різноманітних формул, але найчастіше фотосинтез листя описують формулою Монсі й Саєкі [17, 31]:

$$\Phi_o^j = (\Phi_{\max} \cdot a_{\phi} \cdot I_{\text{ФАР}}) / (\Phi_{\max} + a_{\phi} \cdot I_{\text{ФАР}}), \quad (4.4)$$

де  $\Phi_o^j$  – інтенсивність фотосинтезу за оптимальних умов тепло- і вологозабезпеченості в реальних умовах освітленості,  $\text{мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$ ;

$\Phi_{\max}$  – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні і нормальній концентрації  $\text{CO}_2$ ,  $\text{мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год})$ ;

$a_{\phi}$  – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу,  $\text{мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год}^{-1})/(\text{кал} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{хв}^{-1})$ ;

$I_{\text{ФАР}}$  – інтенсивність фотосинтетично-активної радіації (ФАР) всередині посіву,  $\text{кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{хв})$ ;

$j$  – номер кроку розрахункового періоду.

В онтогенезі фотосинтетична активність листя визначається його віком і напруженістю водно-теплогового режиму.

Сумарний фотосинтез посіву за світлий час доби можна розраховувати за формулою:

$$\Phi^j = 0,68 \Phi_{\tau}^j \cdot L^j \tau_{\text{дн}} \cdot 0,1, \quad (4.5)$$

де  $\Phi$  – денний фотосинтез посіву на одиницю площі,  $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{д})$ ;

$L$  – площа листової поверхні,  $\text{м}^2/\text{м}^2$ ;

$\tau_{\text{дн}}$  – тривалість світлого часу доби, год.

На відміну від процесу фотосинтезу здатність до дихального газообміну мають всі органи рослини.

Інтенсивність дихання всієї рослини за добу пропорційна масі рослини  $M$  і фотосинтезу [17, 31]:

$$R^j = \alpha_R^j (c_m M^j + c_G \Phi^j), \quad (4.6)$$

де  $R$  - витрати на дихання рослин;

$\alpha_R$  – онтогенетична крива дихання;

$c_m$  – коефіцієнт, який характеризує витрати на дихання підтримки життєдіяльних структур органів рослин;

$c_G$  – коефіцієнт, який характеризує витрати на дихання, пов'язані з переміщенням речовин, фотосинтезом і створенням нових структурних одиниць.

Приріст біомаси посіву визначається різницею між сумарним фотосинтезом посіву і витратами на дихання [31]

$$\Delta M^j = \Phi^j - R^j. \quad (4.7)$$

*Підблок динаміки біомаси органів рослини.*

Для опису росту окремих органів рослин скористаємось запропонованими Ю.К. Россом ростовими рівняннями в модифікованому вигляді з урахуванням формування зерен [31]:

$$\begin{aligned} m_i^{j+1} &= m_i^j + (\beta_i^j \Delta M^j - \nu_i^j m_i^j) n_{\text{дек}}^j, \\ m_p^{j+1} &= m_p^j + (\beta_{pi}^j \Delta M^j - \sum_i^{l,s,r} \nu_i^j m_i^j) n_{\text{дек}}^j, \\ m_g^{j+1} &= m_p^{j+1} \cdot Cq^j \end{aligned} \quad (4.8)$$



де  $m_i$  – загальна суха біомаса окремих органів  $i \in l, s, r, p, g$ ;

$\beta_i$  – функція перерозподілу «свіжих» асимілятів;

$v_i$  – функція перерозподілу «старих» асимілятів;

$Cq$  – частка зерен в масі бобів;

$n_{дек.}$  – кількість днів в розрахунковій декаді.

*Підблок площі листкової поверхні.* Зростання площі листя посіву визначається при позитивному прирості біомаси листя за формулою [17, 31]:

$$L^{j+1} = L^j + \Delta m_l \frac{1}{d_L}, \quad (4.9)$$

де  $d_L$  – питома поверхнева площа листя,  $г/м^2$ .

При від'ємному прирості біомаси листя для опису росту асимілюючої поверхні використовується таке співвідношення:

$$L^{j+1} = L^j - \Delta m_l \frac{1}{d_L} \cdot \frac{1}{k_c}, \quad (4.10)$$

де  $k_c$  – параметр, що характеризує критичну величину зменшення живої біомаси листя, при якій починається її відмирання.

*Блок врожайності.* Урожайність зерна визначається за формулою [17, 31]:

$$M_{зерн.} = 0,1 m_g 1,14 \quad (4.11)$$

## 4.2 Сучасний стан впливу змін клімату на сільське господарство

В наш час зміна клімату та сільське господарство є взаємопов'язаними процесами світового масштабу.

Після проведення багатьох дискусій, вчені дійшли висновку, що прогнозовані зміни клімату призведуть до істотних змін агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур: підвищиться тепло, подовжиться тривалість вегетаційного періоду на 1-2 декади, що сприятиме поліпшенню умов проведення сільськогосподарських робіт і до зменшення втрати під час збору врожаю [7, 13, 21]

На міжнародному рівні також докладають значних зусиль для боротьби зі зміною клімату. Під керівництвом Рамкової конвенції ООН про зміну клімату прийнято Кіотський протокол, яким було погоджено заходи зі зменшення викидів парникових газів на 2008-2012 рр. У грудні 2015 року на 21-й конференції сторін рамкової конвенції ООН зі зміни клімату було прийнято Паризьку кліматичну угоду. В результаті цього постає завдання перед сторонами Паризької угоди, зокрема і перед Україною, щодо прийняття зобов'язань зі скорочення викидів та збільшення поглинання парникових газів. Одним з напрямів дій є підтримка розвитку з низькими викидами парникових газів у спосіб, що не загрожує виробництву продуктів харчування; гармонізація фінансових потоків зі шляхом розвитку з протидією змінам клімату і низькими викидами парникових газів. Виконання Угоди будуть оцінювати кожні 5 років, перше оцінювання проводитиметься у 2023 році. Україна підписала та ратифікувала Паризьку угоду в 2016 р. [15]

У рамках Паризької угоди Україна зобов'язалася поступово скорочувати кількість викидів парникових газів: до 2030 року не більше 60 % від рівня 1990 року. З огляду на те, що станом на 2015 р. рівень викидів в Україні становив лише 40 % від рівня 1990 року, Україна до 2020 року має подати оновлені цілі щодо зменшення викидів. У 2018 р. Уряд України прийняв Стратегію низьковуглецевого розвитку України до 2050 року, яка передбачає зменшення обсягу викидів парникових газів, відмову від викопного палива та інвестування у відновлювальні джерела енергії [15, 37, 39].

За даними Всесвітньої метеорологічної організації, період 2015-2019 рр. був найспекотнішим за всю історію спостережень. В Гренландії, в липні

2019 року розтанули 180 млрд. тон льодовиків. Масштабні пожежі в Сибірі, Канаді, на Алясці знищують ліси і спричинюють додаткові викиди CO<sub>2</sub>. Тож навіть повне виконання усіма країнами паризьких домовленостей не забезпечує вирішення кліматичних проблем.

На превеликий жаль, наслідком глобального потепління для сільського господарства є скорочення виробництва аграрної продукції у зв'язку із зниженням урожайності сільськогосподарських культур [7, 13, 21, 28].

Вивченням даної проблеми займаються в усьому світі. Наприклад, у Латинській Америці, проводяться дослідження, щодо вивчення реакції врожайності бобів на клімат, які свідчать про негативні наслідки зміни клімату. Вчені досліджували період з 1980 по 2005 рр. та сценарій змін клімату RCP 2.6 та 8.5 за період 2020 - 2045 рр. Оцінюючи врожайність бобів, застосувалось модель CSM-CROPGRO-DRY BEAN. Це дослідження показало, що існує взаємодія між температурою та CO<sub>2</sub> для культури, що істотно змінює рівень урожайності для даної території [42-44]

З усього вище сказаного, ми бачимо, на скільки важливою є тема нашого дослідження. В даному дипломному проекті для оцінки впливу кліматичних змін на продуктивність гороху було використано сценарій змін клімату RCP 4.5. RCP 4.5 - це сценарій середнього рівня викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів, хімічно активних газів.

Розрахунки виконувались для Житомирської області. Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані розроблені А.М.Польовим моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур [17, 18, 36]:

- модель формування продуктивності агроєкосистеми;
- модель фотосинтезу зеленого листка рослини при зміні концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері.

Для сільськогосподарських культур на фоні зміни кліматичних умов за розрахунковий період з 2021 по 2050 рр. нами розглядались наступні варіанти: базовий період (1986 – 2005 рр.), кліматичні умови розрахункового періоду за

сценарієм RCP 4.5 за період 2021 – 2050 рр., кліматичні умови періоду 2021 – 2050 рр. за сценарієм RCP 4.5 (кліматична норма + CO<sub>2</sub>).

Для ідентифікації параметрів моделі формування врожаю сільськогосподарських культур стосовно культури гороху було використано дані літературних джерел.

Також необхідно зауважити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності гороху розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів в припущенні, що вони суттєво не зміняться [18, 36].

#### 4.3 Метеорологічні умови вегетації гороху в Житомирській області

При оцінці метеорологічних умов у період вегетації гороху за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 було проведено порівняння сценарних показників середньодекадної температури повітря, кількості опадів та середніх багаторічних показників за період 1986-2005 рр., результати представлені на рис.4.1 та рис.4.2. [18, 36]

За середньобагаторічними даними середньодекадна температура повітря в першу декаду вегетації становила 9,8 °С, за умов реалізації сценарного періоду очікується підвищення до 10,1 °С. У другій декаді вегетації гороху за базовий період середньодекадна температура становила 11,9 °С, за сценарієм змін клімату підвищиться до 12,4 °С.

У третій та четвертій декадах середньодекадна температура повітря за базовий період становить 13,7-15,1 °С. За сценарний період порівняно з базовим очікується зниження температури на 0,2-0,3 °С.

У період цвітіння – досягання (5-10 декади) за середньодекадними даними спостерігається підвищення середньодекадної температури до 16,4-19,0 °С. За сценарними даними змін клімату в цей період також очікується підвищення температури 15,6 – 18,4 °С. Порівнюючи середньобагаторічні дані з сценарними, ми бачимо, незначне зниження сценарної температури на 0,4-0,8 °С.

Як ми бачимо з рисунку 4.2, кількість опадів на протязі всього періоду вегетації гороху зазнає значної зміни.

В першу та другу декади вегетації культури кількість опадів за середньобагаторічний період становить 14-20 мм. За сценарієм зміни клімату очікується, що в цей же період сума опадів становитиме 17,5-21,5 мм.

З третьої по шосту декади сума опадів становить 17-29 мм (за базовий період), та 20,7-29,8 мм (за сценарієм RCP 4.5).

В період цвітіння досягання, з сьомої до десятої декади вегетації гороху за середньобагаторічний період спостерігається зменшення суми опадів з 27 мм до 5,7 мм. За сценарієм зміни клімату RCP 4.5 в сьому-восьму декади очікується зменшення кількості опадів 19,4-16,7 мм, в дев'ятій декаді очікується збільшення кількості опадів до 29,3 мм. В останню декаду вегетації сума опадів зменшиться до 15,5 мм.

Середньодекадна температура, °C

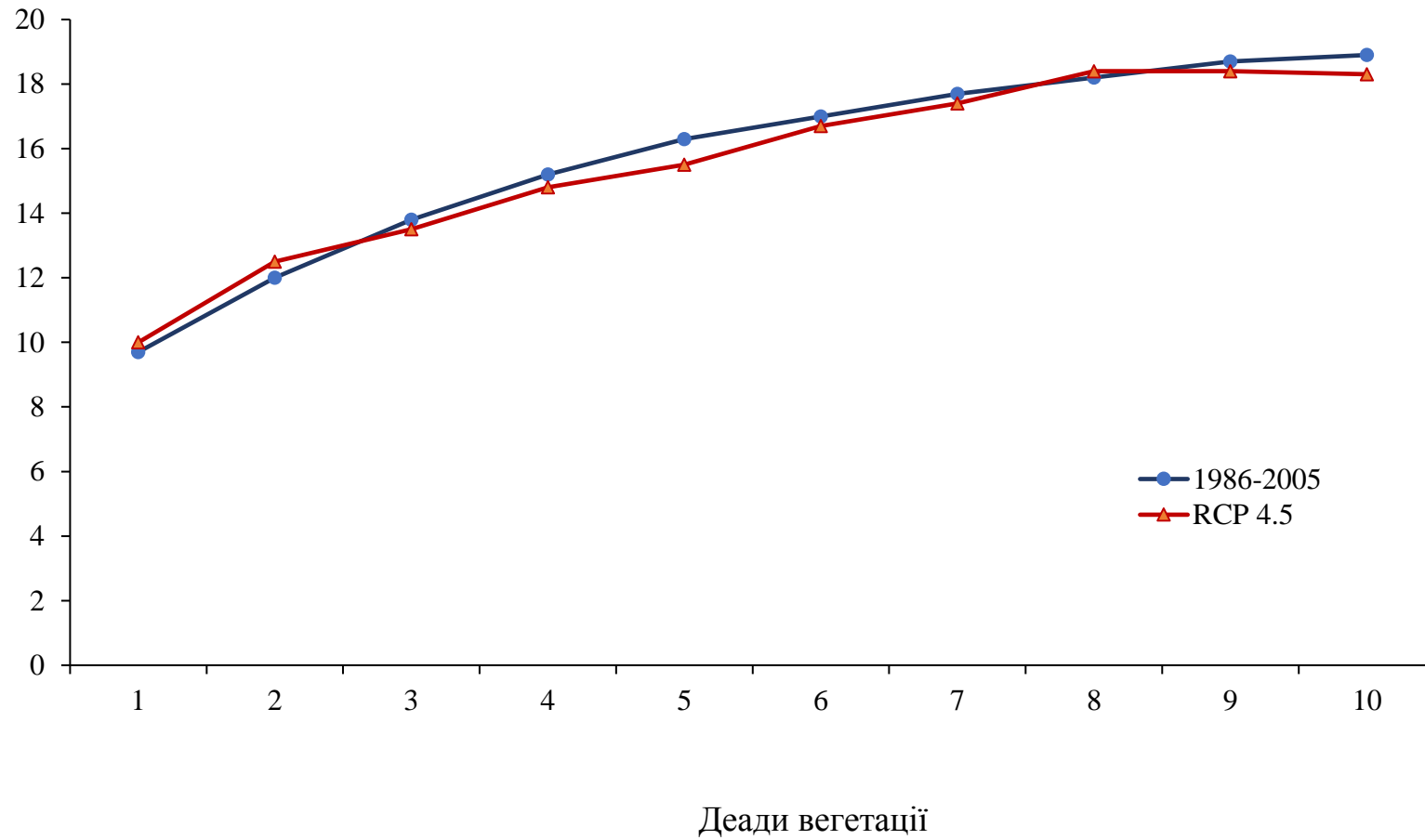


Рисунок 4.1 – Середньодекадна температура повітря за період вегетації гороху за сценарієм RCP 4.5 та середніми багаторічними даними (1986-2005 р.)

Кількість опадів, мм

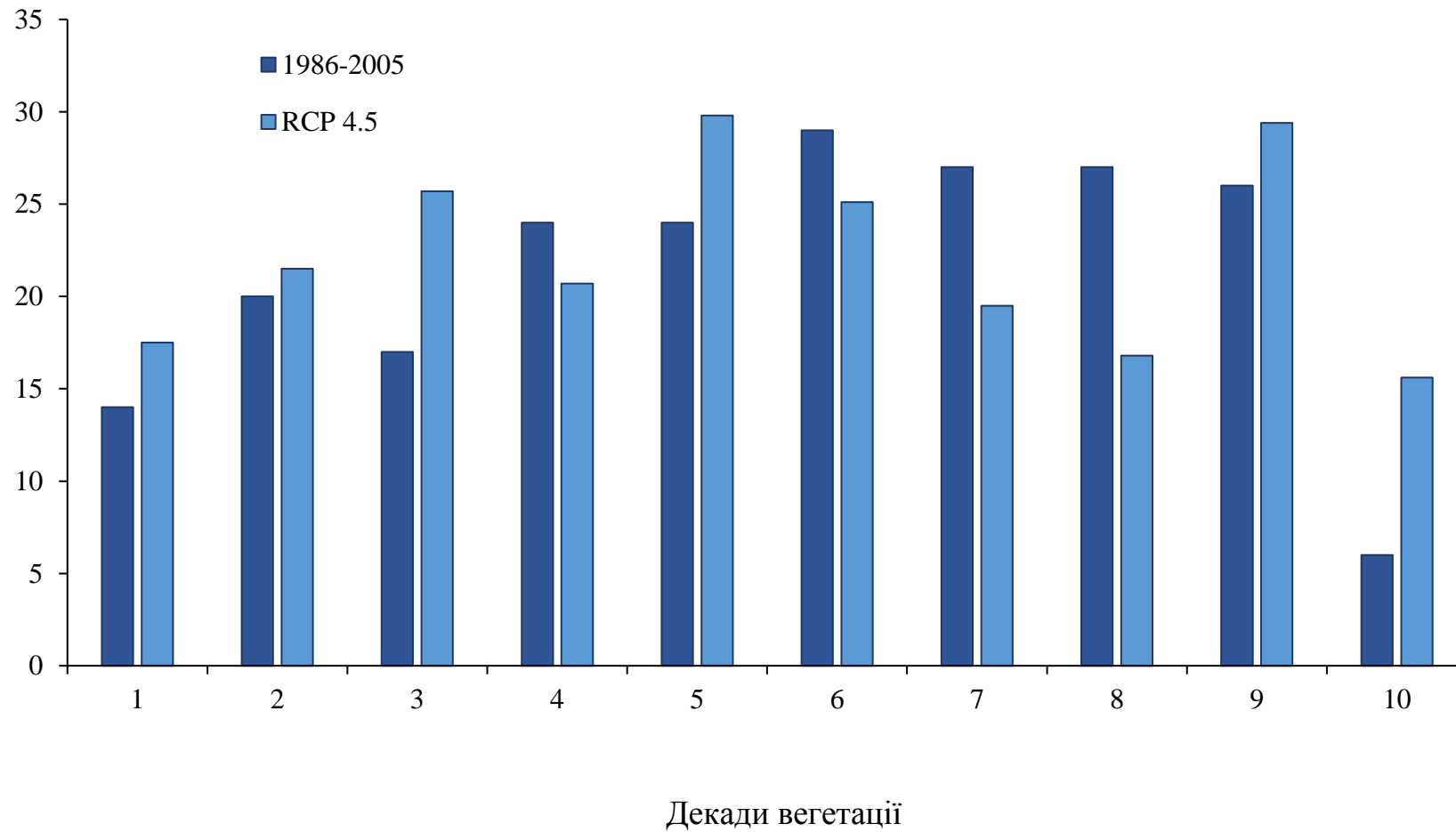


Рисунок 4.2 – Кількість опадів по декадах вегетації гороху за сценарієм RCP 4.5 та середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.)

#### 4.4 Оцінка строків сівби та фаз розвитку гороху

В даній частині дослідження представлено, як під впливом змін клімату будуть змінюватись дати настання фаз розвитку гороху, показники його розвитку по міжфазних періодах, а також показники фотосинтетичної продуктивності та урожай [36].

Середні багаторічні терміни сівби гороху на досліджуваній території спостерігались 11 квітня.

За умов реалізації сценарію зміни клімату RCP 4.5, строки сівби гороху змістяться на більш ранні в порівнянні з середніми багаторічними, а саме на 2 днів раніше, тобто 9 квітня.

Відповідно змістяться і строки появи сходів. Сходи гороху за середніми багаторічними даними базового періоду спостерігалися 30 квітня. За сценарієм зміни клімату RCP 4.5 сходи наставатимуть пізніше середніх багаторічних термінів на 5 днів.

Таблиця 4.1 – Дати настання фаз розвитку гороху за базовий та сценарний періоди в Житомирській області

Період	Посів	Сходи	Цвітіння	Достигання	Тривалість вегетаційного періоду, дні
Базовий період 1986- 2005	11.04	30.04	15.06	19.07	99
RCP 4.5	9.04	4.05	18.06	22.07	103
Різниця	-2	+5	+3	+3	+4



Дати настання фаз цвітіння та досягання, за сценарієм RCP 4.5 наставатимуть пізніше, ніж в базовий період - на 3 дні.

Наслідком зміни термінів настання фаз розвитку гороху є зміна тривалості вегетаційного періоду гороху – збільшиться з 99 днів (за середньо багаторічними) до 103 днів (за умов реалізації сценарію RCP 4.5).

#### 4.5 Оцінка змін агрокліматичних умов вирощування гороху

Під впливом змін клімату зміняться і агрокліматичні умови вирощування гороху. В таблиці 4.2 представлено умови вирощування гороху в період сходи – цвітіння [18, 36].

В міжфазний період сходи-цвітіння середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями складала 13,3°C. За сценарієм RCP 4.5 від сходів до цвітіння середня температура складатиме 13,1°C. Отже, в цей період очікується середня температура нижче базової на -0,2°C.

Сума опадів в період сходи-цвітіння за середніми багаторічними даними в Житомирській області складала 94 мм.

Кількість опадів в період сходи-цвітіння за сценарієм RCP 4.5 збільшиться приблизно на 17 %, та становитиме 115 мм.

Сумарне випаровування за сценарієм зміни клімату зменшиться на 10%. Як показують розрахунки, за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 в цей період випаровуваність в порівнянні з базовим зменшиться приблизно на 8%.

Основним показником, який характеризує умови зволоження вегетаційного періоду культури, є вологозабезпеченість. Вологозабезпеченість представляє собою відношення величини сумарного випаровування до величини випаровуваності.

За базовий період вологозабезпеченість посівів гороху складала 0,94 відн. од. За умов реалізації сценарію зміни клімату RCP 4.5 вологозабезпеченість посівів гороху знизиться на 2 %.

Таблиця 4.2 – Агрокліматичні умови вирощування гороху за період сходи-цвітіння за багаторічними даними та сценарієм зміни клімату RCP 4.5 в Житомирській області

Варіант	Сходи-цвітіння				
	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випарування, мм	випаровуваність, мм	вологозабезпеченість, відн.од.
Базовий період (1986-2005рр.)	13,3	94	124	132	0,94
Кліматичні умови (RCP 4.5)	13,1	115	112	121	0,93
Різниця	-0,2	+17 %	-10 %	-8 %	- 2 %

Агрокліматичні умови вирощування гороху в період цвітіння-достигання представлені в таблиці 4.3. Середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями в період цвітіння-достигання складала 18,1 °С. В період з 2021 до 2050 рр. за сценарієм зміни клімату від цвітіння до достигання середня температура складатиме 17,8°С, що буде нижче рівня середньої багаторічної на 0,3 °С.

В період від цвітіння до достигання сума опадів становила в середньому багаторічному 112 мм. За сценарієм зміни клімату сума опадів зменшиться на 9 % і складатиме 101 мм.

Сумарне випарування в цей же період за середніми багаторічними значеннями складало 105 мм.

В період цвітіння-достигання за сценарієм сумарне випарування зменшиться на 11 %, становитиме 91 мм.

За середніми багаторічними даними випаровуваність становить 111 мм, а за сценарієм зменшиться до 108 мм, тобто на 3 %.

Вологозабезпеченість посівів гороху в період цвітіння-достигання становило 0,94 відн. од. за середньобагаторічними значеннями. За сценарієм зміни клімату RCP 4.5 за період 2021 – 2050 рр. вологозабезпеченість знизиться та становитиме 0,85 відн.од., що на 11 % менше від середньо багаторічного значення.

Таблиця 4.3 – Агрокліматичні умови вирощування гороху за період цвітіння-достигання за базовий період та сценарієм зміни клімату RCP 4.5 в Житомирській області

Варіант	Цвітіння - достигання				
	середня температура, °C	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	випаровуваність, мм	вологозабезпеченість, відн.од.
Базовий період (1986-2005рр.)	18,1	112	105	111	0,94
Кліматичні умови (RCP 4.5)	17,8	101	91	108	0,85
Різниця	-0,3	-9 %	-11 %	-3 %	- 11%

Агрокліматичні умови вегетаційного періоду гороху представлено в таблиці 4.4.

Сума опадів за вегетаційний період гороху за базовим варіантом становить 205 мм. За умов реалізації сценарію кількість опадів збільшиться до 214 мм. Таким чином, за весь вегетаційний період кількість опадів при зміні клімату збільшиться на 4 %.

Умови вологозабезпеченості вегетаційного періоду за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP 4.5 протягом 2015-2050 рр. в порівнянні з базовими значеннями погіршають. Так, за базовим варіантом вологозабезпеченість становить 0,94 відн.од., а за умов реалізації сценарію становитиме 0,9 відн.од. Отже, за вегетаційний період культури за умов зміни клімату вологозабезпеченість знизиться на 3 %.

Таблиця 4.4 – Агрокліматичні умови вегетаційного періоду гороху за базовий період та сценарієм зміни клімату RCP 4.5 в Житомирській області

Варіант	Веgetаційний період	
	сума опадів, мм	вологозабезпеченість, відн.од.
Базовий період (1986-2005 рр.)	205	0,94
Кліматичні умови (RCP 4.5)	214	0,9
Різниця	+4 %	- 3 %

#### 4.6 Фотосинтетична продуктивність гороху в Житомирській області

Під впливом змін клімату змінюються агрокліматичні умови, що призведе до змін показників фотосинтетичної продуктивності посівів гороху та відобразиться на рівні урожайності. Такими показниками є розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, кількісні показники приростів рослинної біомаси на одиницю площі, чиста продуктивність фотосинтезу, урожай загальної біомаси посівів та урожай біомаси зерна [17, 36].

Розглянемо розподіл цих показників стосовно досліджуваної території за умов зміни кліматичних умов за сценарієм RCP 4.5 в порівнянні з показниками фотосинтетичної продуктивності гороху, які розраховані за середніми багаторічними даними (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 – Показники фотосинтетичної продуктивності гороху за багаторічними даними та сценарієм зміни клімату у Житомирській області

Варіант	Площа листкової поверхні в період макс. розвитку, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	ЧПФ в макс. розвитку, г/м <sup>2</sup> дек	Приріст маси в період макс. розвитку г/м <sup>2</sup> дек	Суха біома-са, г/м <sup>2</sup>	ФСП, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Урожай, ц/га
Базовий (1986-2005рр.)	1,7	70	107	380	90	19,0
Клімат (RCP 4.5)	1,9	72	131	426	102	21,5
Клімат + збільшен-ня CO <sub>2</sub>	1,98	74	141	450	107	23,8
Різниця	0,21-0,28	2-4	24-34	46-70	12-17	2,5-4,8

В таблиці 4.5 представлено основні показники фотосинтетичної продуктивності за базовий та сценарний періоди. Розглянемо детально кожен з наведених показників. В період максимального розвитку (фаза цвітіння) площа листя за базовий період становила 1,7 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> (рис.4.3). Після фази

цвітіння спостерігається зниження площі листя, і вже на кінець вегетації (9 декада) її значення складають  $0,72 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

Площа листя,  $\text{м}^2/\text{м}^2$

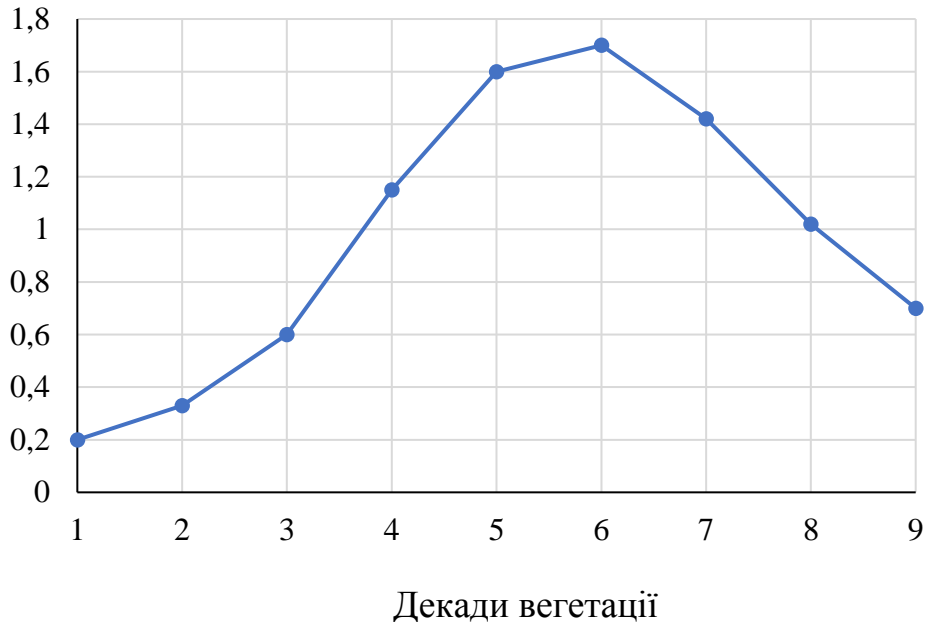


Рисунок 4.3 – Динаміка площі листя гороху в Житомирській області за середньобогаторічними даними (1986-2005 рр.)

Виконавши розрахунки за сценарієм за першим варіантом, бачимо, що площа листя в період максимального розвитку збільшиться до  $1,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , а на кінець вегетації очікується зниження до  $0,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$  (рис.4.4).

На рис.4.5 представлено результати за другим варіантом (клімат +збільшення  $\text{CO}_2$ ). Максимальні показники відносної площі листя в період максимального розвитку будуть становити  $1,98 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , в період дозрівання – знизяться до  $0,82 \text{ м}^2/\text{м}^2$ .

Площа листя, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>

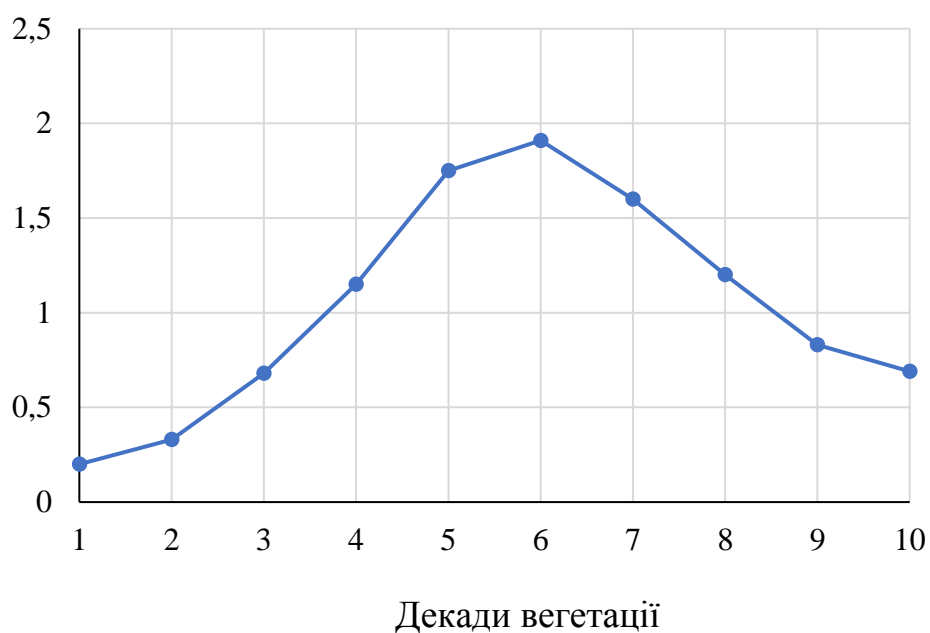


Рисунок 4.4 – Динаміка площі листя гороху в Житомирській області за умов зміни клімату за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 (варіант «клімат»)

Площа листя, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>

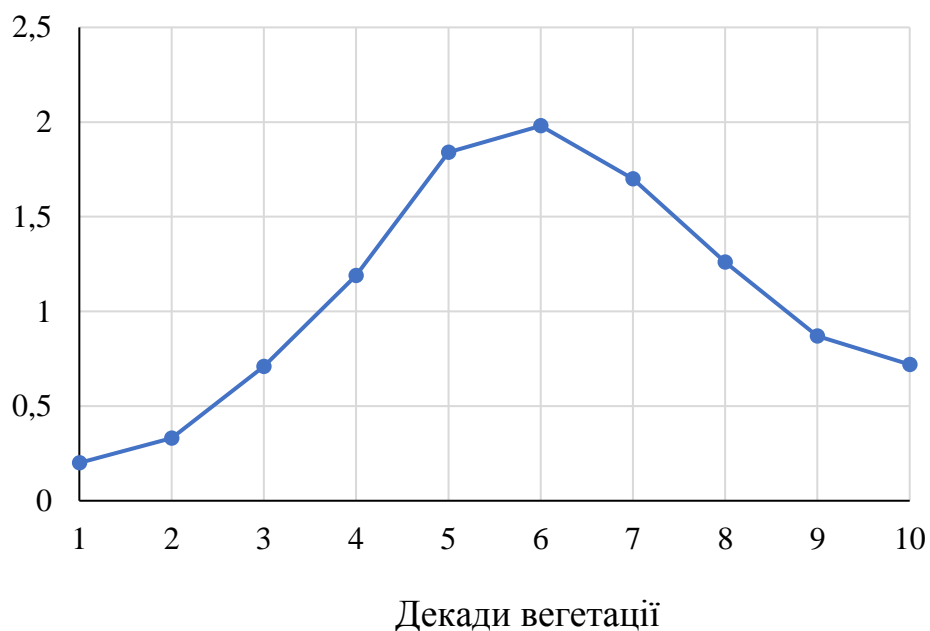


Рисунок 4.5 – Динаміка площі листя гороху в Житомирській області за умов зміни клімату за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 (варіант «клімат+збільшення CO<sub>2</sub>»)

Порівнюючи отримані результати (табл.4.5), бачимо, що за варіантом «клімат» (перший варіант) відносна площа листя буде більша на 9 % за базовий період. Більш інтенсивне формування площі листя очікуватиметься за другим варіантом («клімат+збільшення CO<sub>2</sub>) – на 13 % більше за середні багаторічні значення та перший сценарний варіант.

Суша біомаса рослин також є головним показником фотосинтетичної діяльності посівів гороху. На рис.4.6 представлена динаміка накопичення загальної сухої біомаси гороху за середньобагаторічними даними. На протязі вегетаційного періоду спостерігається поступове накопичення біомаси гороху. Максимальні значення сухої біомаси складають 380 г/м<sup>2</sup>.

Загальна суха біомаса, г/м<sup>2</sup>

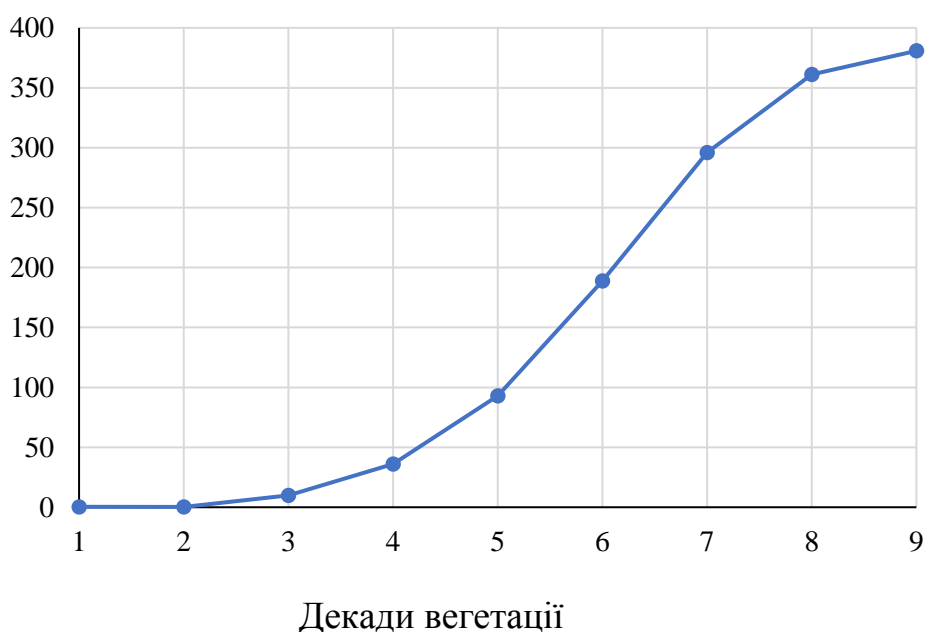


Рисунок 4.6 – Динаміка накопичення загальної сухої біомаси гороху в Житомирській області за середньобагаторічними даними

На рис.4.7 представлено динаміку накопичення загальної сухої біомаси гороху за сценарієм у варіанті «клімат». Так само, як і площа листя, суха біомаса гороху поступово збільшується. В період дозрівання очікуються



максимальні показники, а саме 426 г/м<sup>2</sup>. Результати розрахунків за сценарієм у варіанті «клімат+збільшення CO<sub>2</sub>» представлено на рис.4.8. Максимальні показники загальної сухої біомаси гороху становитимуть 450 г/м<sup>2</sup>.

Загальна суха біомаса, г/м<sup>2</sup>

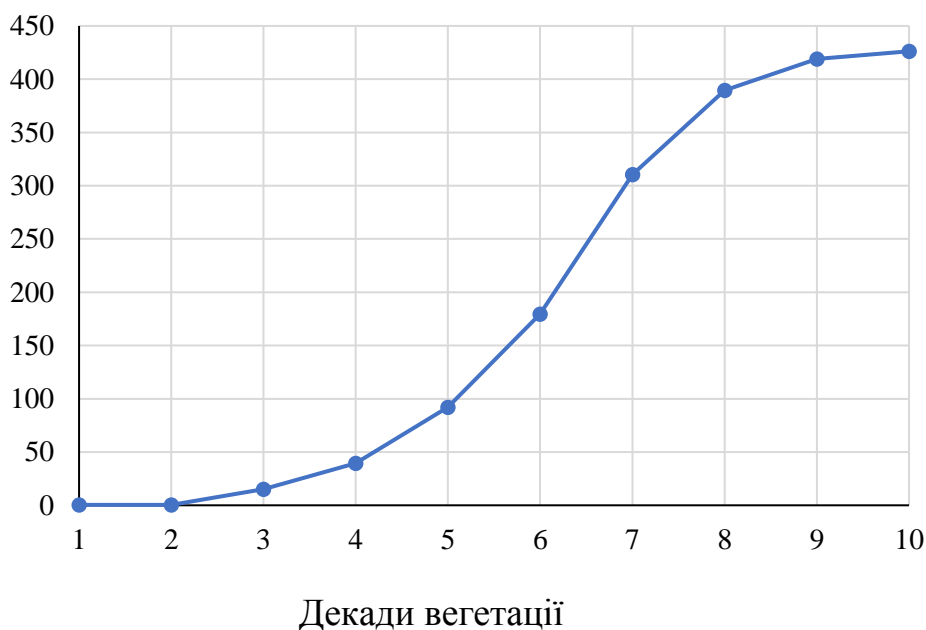


Рисунок 4.7 – Динаміка накопичення загальної сухої біомаси гороху в Житомирській області за умов зміни клімату за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 (варіант «клімат»)

Порівнюючи показники загальної сухої біомаси за всіма варіантами (табл.4.5), бачимо, що найвищі показники очікуються за другим сценарним варіантом: на 16 % більше за середньобагаторічні значення.

У відповідності із змінами відносної площі листя та сухої біомаси гороху буде змінюватись і величина фотосинтетичного потенціалу (ФСП).

Загальна суха біомаса, г/м<sup>2</sup>

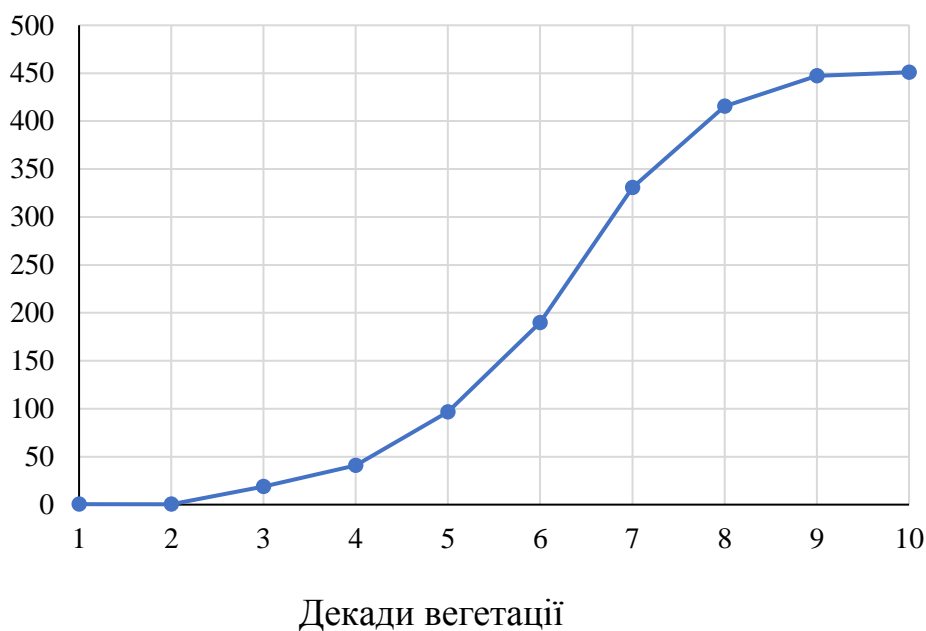


Рисунок 4.8 – Динаміка накопичення загальної сухої біомаси гороху в Житомирській області за умов зміни клімату за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 (варіант «клімат+збільшення CO<sub>2</sub>»)

Динаміка накопичення фотосинтетичного потенціалу гороху за середньобогаторічними даними представлена на рис.4.9. На протязі вегетаційного періоду, від декади до декади, спостерігається поступове накопичення фотосинтетичного потенціалу, максимальні значення якого становлять 90 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

На рис.4.10 та рис.4.11 представлено динаміку накопичення фотосинтетичного потенціалу за сценарієм змін клімату RCP 4.5. Динаміка накопичення фотосинтетичного потенціалу за першим сценарним варіантом з першої по п'яту декади співпадає з середніми багаторічними за базовий період. Максимальні показники очікуються в 10 декаді та становитимуть 102 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

Фотосинтетичний потенціал,  $\text{м}^2/\text{м}^2$

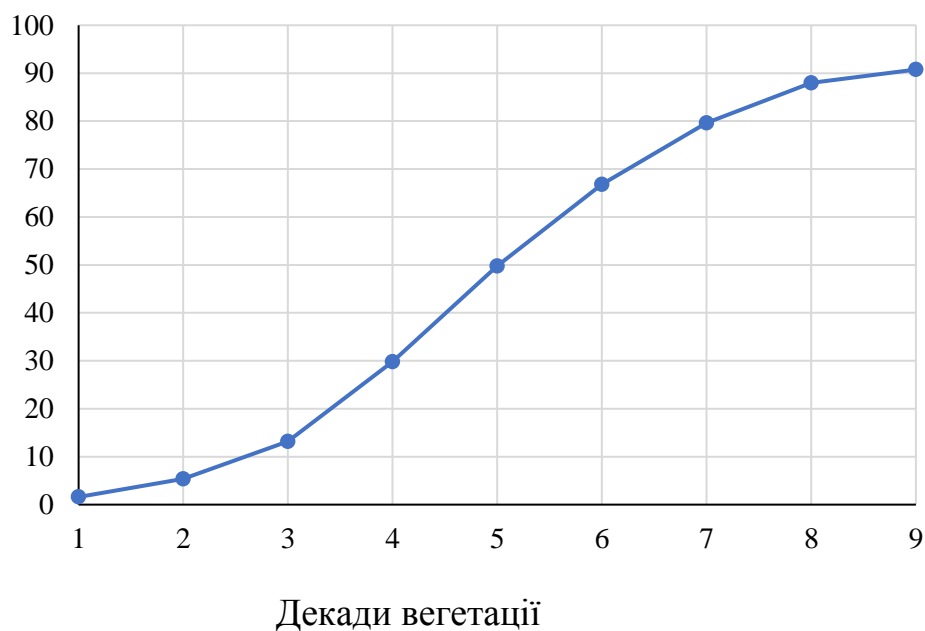


Рисунок 4.9 – Динаміка накопичення фотосинтетичного потенціалу гороху в Житомирській області за середньобагаторічними даними

Фотосинтетичний потенціал,  $\text{м}^2/\text{м}^2$

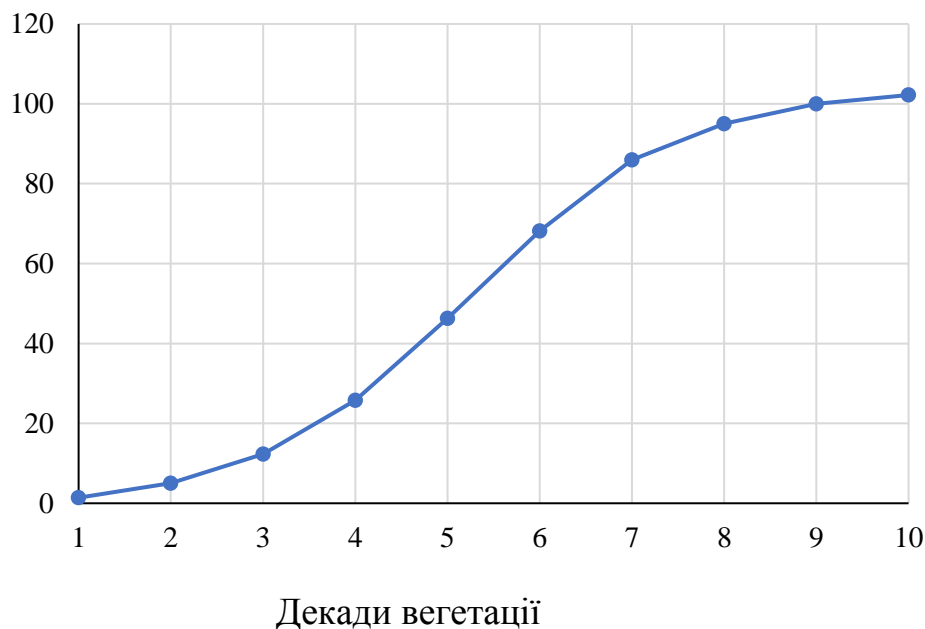


Рисунок 4.10 – Динаміка накопичення фотосинтетичного потенціалу гороху в Житомирській області за умов зміни клімату за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 (варіант «клімат»)

Фотосинтетичний потенціал,  $\text{м}^2/\text{м}^2$

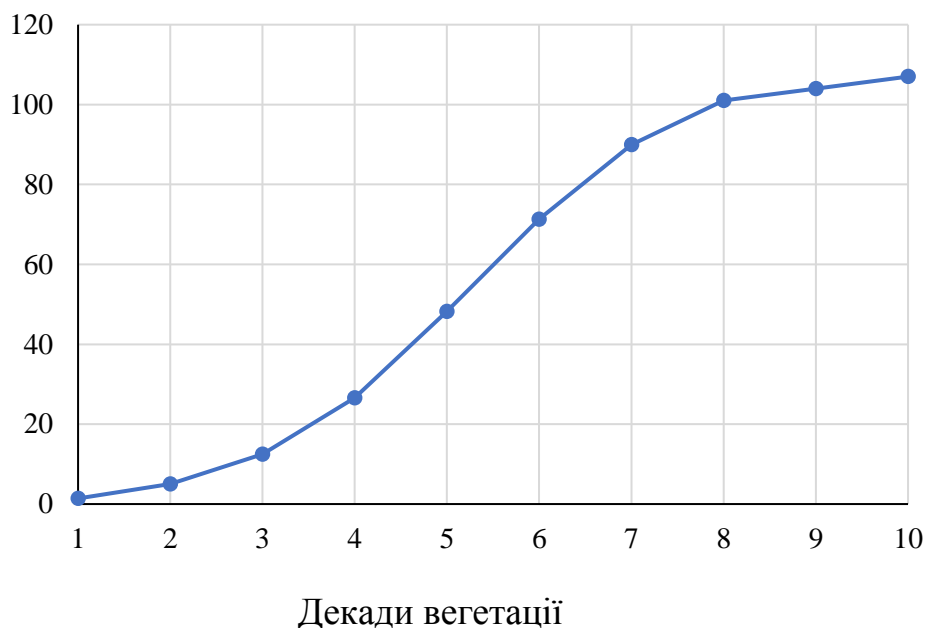


Рисунок 4.11 – Динаміка накопичення фотосинтетичного потенціалу гороху в Житомирській області за умов зміни клімату за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 (варіант «клімат+збільшення  $\text{CO}_2$ »)

За другим варіантом змін клімату максимальні показники також наставатимуть в 10 декаді, становитимуть  $107 \text{ м}^2/\text{м}^2$ . Отже, за сценарієм RCP 4.5 в обох варіантах в порівнянні з базовим, фотосинтетичний потенціал буде зростати на 12-17 % (табл.4.5).

Чиста продуктивність фотосинтезу ще один з основних показників фотосинтетичної діяльності рослин. Найвищі значення чистої продуктивності за базовий період спостерігались в фазу цвітіння та склали  $70 \text{ г}/\text{м}^2$ . З п'ятої до восьмої декади спостерігається значне зниження рівня чистої продуктивності (рис.4.12).

Чиста продуктивність фотосинтезу,  
г/м<sup>2</sup>·декаду

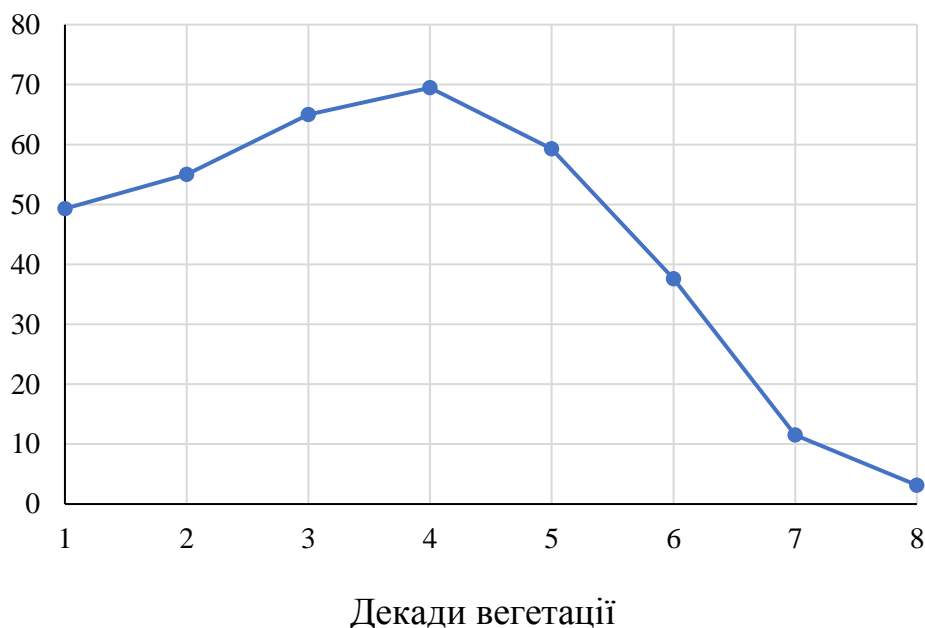


Рисунок 4.12 – Динаміка накопичення чистої продуктивності фотосинтезу гороху в Житомирській області за середньобагаторічними даними

Динаміка чистої продуктивності гороху за двома сценарними варіантами представлена на рис.4.13 та рис.4.14. У першому варіанті максимальні показники очікуються в п'ятій декаді, складатимуть 72 г/м<sup>2</sup>декаду. У другому варіанті спостерігатиметься незначне збільшення – до 74 г/м<sup>2</sup>декаду.

Як видно з табл.4.5 в разі реалізації сценарію RCP 4.5 на період 2021-2050 рр. рівень чистої продуктивності фотосинтезу в обох варіантах збільшиться на 2-4 г/м<sup>2</sup>декаду.

Збільшення за 2021 - 2050 рр. усіх показників фотосинтетичної продуктивності посівів гороху в Житомирській області спричинить підвищення його врожаїв.

Чиста продуктивність фотосинтезу,  
г/м<sup>2</sup>·декаду

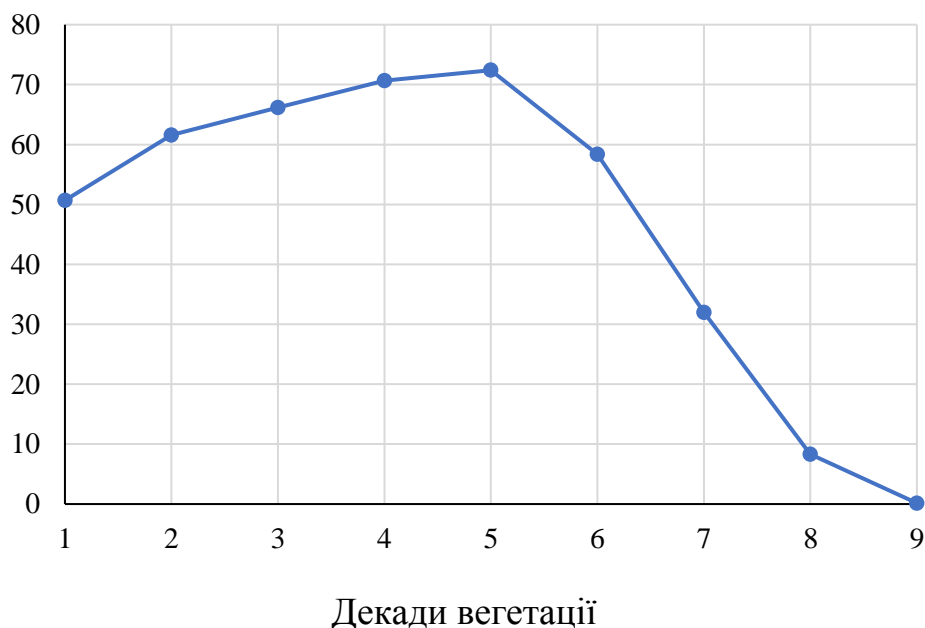


Рисунок 4.13 – Динаміка накопичення чистої продуктивності фотосинтезу гороху в Житомирській області за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 (варіант «клімат»)

З таблиці 4.5 бачимо, що в базовий період урожай зерна гороху становив 19,0 ц/га. За сценарієм змін клімату в обох варіантах очікується підвищення врожаю на 13 %-15% і становитиме він 21,5 - 23,8 ц/га.

В цілому можна сказати, що в Житомирській області за сценарієм очікується значна зміна агрокліматичних умов формування продуктивності гороху. При зміні клімату за сценарієм RCP 4.5 для вирощування даної культури складуться сприятливі умови [18, 36].

Чиста продуктивність фотосинтезу,  
г/м<sup>2</sup>·декаду

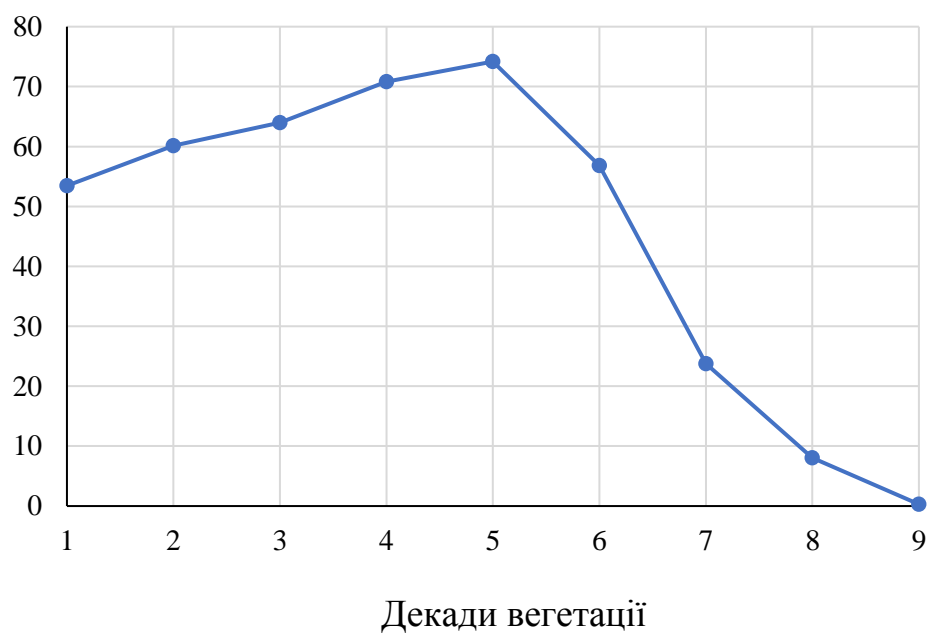


Рисунок 4.14 – Динаміка накопичення чистої продуктивності фотосинтезу гороху в Житомирській області за сценарієм зміни клімату RCP 4.5 (варіант «клімат+збільшення CO<sub>2</sub>»)

## ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі була виконана оцінка впливу змін клімату на формування продуктивності гороху в Житомирській області. Для дослідження було використано сценарій можливих змін клімату RCP 4.5 на період 2021-2050 рр. Вплив зміни клімату розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів вики в припущенні, що вони суттєво не зміняться.

В результаті виконаних досліджень були отримано такі основні результати:

1. Вивчено біологічні особливості гороху, його вимоги до факторів навколишнього середовища.
2. Вивчено базову модель формування врожаю сільськогосподарських культур А.М.Польового.
3. Досліджено метод прогнозу середньообласної урожайності гороху, на основі якого проведено аналіз динаміки урожайності гороху за період 1990-2019 рр. стосовно досліджуваної території.

На даній території в середньому за період дослідження урожай гороху склав 18,6 ц/га. У 2018 році був зібраний максимальний за цей період урожай – 36,1 ц/га, а в 2000 році – найменший за розрахунковий період урожай – 6,0 ц/га. Тенденція урожайності гороху позитивна та складає 1,0 ц/га.

Найвищі значення абсолютного приросту тенденції врожайності гороху спостерігались в період 2015-2019 рр. і становили 7,2 ц/га. На цей же період припадають і максимальні значення темпу зростання врожайності - 133,5 %.

Найвищі позитивні відхилення врожаю від лінії тренда, спостерігалися у 2018 році і склали 9,2 ц/га, в 2000 році були найбільші негативні відхилення -8,7 ц/га. В цілому на даній території негативні відхилення врожаїв від лінії тренда спостерігалися в 12 роках, а позитивні – в 18 роках.



4. Досліджено особливості розподілу можливих урожаїв гороху різної забезпеченості. Найвищі урожаї гороху величиною 36,1 ц/га отримують з ймовірністю 10 % - раз в десять років, урожаї гороху величиною 16,5 ц/га отримують з ймовірністю 50 % - 5 разів в десять років, 14,5 ц/га – отримують з ймовірністю 80%, 8 разів в десять років, і тільки 6 ц/га можна отримати кожного року.

5. Виконано розрахунки та аналіз настання дат фаз розвитку гороху за середніми багаторічними даними та сценарієм зміни клімату RCP 4.5. Так, середні багаторічні терміни сівби гороху спостерігались 11 квітня, сходи 30.04., цвітіння 15.06., досягання 19.07. За сценарієм змін клімату дати настання фаз будуть змінюватися: посів 10.04 (на 2 дні раніше), сходи 4.05 (на 5 днів пізніше), цвітіння 18.06 (на 3 дні пізніше), досягання 22.07 (на 3 днів пізніше). Відповідно зміниться і тривалість вегетаційного періоду – збільшиться на 4 дні (103 дні).

6. Проведено аналіз агрокліматичних умов вирощування гороху. В період *сходи-цвітіння* середньодекадна температура повітря за базовий період становить 13,3 °С. За сценарієм очікується, що середньодекадна температура буде трохи нижчою за базову (на 0,2 %). Кількість опадів за цей період за сценарієм RCP 4.5 збільшиться на 17 % (115 мм). Вологозабезпеченість за умов зміни клімату зменшиться на 2 %.

В період *цвітіння-досягання* середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями була в межах 18,1 °С. В період з 2021 до 2050 рр. за сценарієм зміни клімату становитиме 17,8°С, що буде нижче рівня середньої багаторічної на 0,3 °С. Кількість опадів за середньобагаторічними даними становлять 112 мм. За сценарієм зміни клімату сума опадів зменшиться на 9 % і складатиме 101 мм.

За середніми багаторічними значеннями вологозабезпеченість посівівгороху становила 0,94 відн. од. За умов реалізації сценарію зміни

клімату RCP 4.5 вологозабезпеченість знизиться та становитиме 0,84 відн.од., що на 11 % менше від середньобагаторічного значення.

На досліджуваній території сума опадів за *вегетаційний період* гороху за базовим варіантом становить 206 мм. За умов змін клімату очікується збільшення суми опадів до 215 мм (на 4 % більше за базову). Умови вологозабезпеченості вегетаційного періоду за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP 4.5 протягом 2021-2050 рр. в порівнянні з базовими значеннями погіршають. За вегетаційний період вики за умов зміни клімату вологозабезпеченість знизиться на 3 %.

7. Проведено аналіз фотосинтетичної продуктивності гороху та врожаю зерна на території Житомирської області. Спостерігається збільшення усіх показників фотосинтетичної продуктивності. Це призведе до підвищення врожаїв гороху. В базовий період врожай зерна гороху становив 19,0 ц/га, за сценарієм RCP 4.5 в обох варіантах очікується підвищення врожаю 21,5 - 23,8 ц/га.

Після проведених розрахунків можна сказати, що за сценарієм RCP 4.5 в Житомирській області очікується значна зміна агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності культури гороху. Очікуються сприятливі умови вирощування культури – рівень врожаю зросте на 13 %-15%.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Н. Прокопенко. Кам'янець-Подільський, 2011. 108 с.
2. Агрокліматичний довідник Житомирської області. К.: Держсільгоспвидав УРСР, 1959. 92 с.
3. Атлас. Агрокліматичні ресурси України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Проценка. – К.: ТОВ «Українська картографічна група», 2016. – 90 с.
4. Галич М.А. Агроекологічні основи використання земельних ресурсів Житомирщини. Житомир: Волинь, 2004.
5. Гідрохімія та радіохімія річок і боліт Житомирської області / за ред. С. І. Сніжка, О.О. Орлова. Житомир: Волинь, 2002. 262 с.
6. Гуленко А. Т. Характер формування листьев гороха / А. Т. Гуленко // Растениеводство. – 1968. – Вып. 5. – С. 69–72
7. Дем'яненко С. Стратегія адаптації аграрних підприємств України до глобальних змін клімату. Економіка України. 2012. № 6. С. 66–72.
8. Державний реєстр сортів рослин, придатних до розповсюдження в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vet.gov.ua>.
9. Державний реєстр статистичної звітності в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ukrstat.gov.ua>
10. Дібров Б.І. Агрокліматичний довідник по Житомирській області. К.: Урожай, 1969. 59 с.
11. Довідник природних ресурсів Житомирщини / за ред.: О.Я. Поліщук, О.О. Орлов. Житомир: Льонок, 1993. 144 с.

12. Зінченко О.І. Рослинництво: підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко; За ред. О. І. Зінченка. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
13. Казакова І. Вплив глобальних змін на ґрунтові ресурси та сільськогосподарське виробництво [Електронний ресурс]: Agricultural and Resource Economics : International Scientific E-Journal. 2016. Vol. 2. No. 1. С. 21–44. Режим доступу : [www.are-journal.com](http://www.are-journal.com).
14. Кашукоев М. В. Содержание, сбор белка и жира с семян сои и гороха / М. В. Кашукоев, Х. А. Гажев // Зерновое хозяйство, 2006. – № 7. – С. 24– 26
15. Кліматична угода: ключові моменти [Електронний ресурс].Режим доступу:[http://zik.ua/news/2015/12/14/klimatychna\\_ugoda\\_klyuchovi\\_momenty\\_653978](http://zik.ua/news/2015/12/14/klimatychna_ugoda_klyuchovi_momenty_653978).
16. Ключев К. В. Влияние условий севооборота на продуктивность гороха / К.В. Ключев, В.Н. Квартин // Сб. науч. тр. Дон ГАУ. – Донецк, 2001. – С. 67.
17. Колосовська В.В. Оцінка агрометеорологічних умов вирощування гороху і прогнозування його врожайності в Україні:дис. ...кандидата географічних наук 11.00.09. – Одеса, 2017, с.290. Режим доступу: <http://odeku.edu.ua/wp-content/uploads/dis-KOLOSOVSKA.pdf>
18. Колосовська В.В., Садковська А.М. Оцінка впливу змін клімату на агроекологічні умови вирощування гороху за умов зміни клімату: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції, ПДАА, 2020 р.- Полтава, 17-20.
19. Колосовська В. В., Садковська А.М. Вплив погодних умов на формування продуктивності гороху в Житомирській області, прогнозування його врожайності: матеріали I Міжнар. наук.- практ. конф. (Полтава, 20 травн. 2020) – Полтава,ПДАА, С. 75-78. Режим доступу:

20. Кобизєва Л. Н. Колекція сортів гороху овочевого – джерело для створення зеленого конвеєру / Л. Н. Кобизєва, О. О. Гончарова // Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. Харків, 2013. Вип. 14. С. 60–67.

21. Коробських І. О. Кліматичні зміни та сільське господарство // Збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти», 10-12 квітня 2019 року. ДУ НМЦ «Агроосвіта». Київ – Миколаїв – Херсон, 2019. С. 32–33.

22. Костин В. И. Урожайные качества гороха / В. И. Костин, А. В. Дозоров, О. В. Костин // Главный агроном. – 2005. – № 2. – С. 57-59.

23. Костриця М.Ю. Житомирська область: географічний атлас / К., 2003. 24 с. Режим доступу:

[http://dfrr.minregion.gov.ua/foto/projt\\_reg\\_info\\_norm/2016/02/Strategiya-rozvitku-ZHitomirskoyi-obl..pdf](http://dfrr.minregion.gov.ua/foto/projt_reg_info_norm/2016/02/Strategiya-rozvitku-ZHitomirskoyi-obl..pdf)

24. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин/за ред.С.О.Ткачик. Вінниця, 2015, 160 с.

25. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ "Українські технології", 2006. 730 с

26. Мойсієнко В.В. Продуктивність та кормова оцінка зернобобових культур в агрофітоценозах Полісся України. Корми і кормовиробництво. 2011. Вип. 69. С. 181–188.

27. Ничипорович А. А. Фотосинтез и продукционный процесс. М.: Наука, 1988. 280 с.

28. Панасюк Б. Я. Глобальні зміни клімату та економіка. Економіка АПК. 2015. № 11. С. 14–23.

29. Польовий А. М. Довгострокові агрометеорологічні прогнози / А. М. Польовий, Л. Ю. Божко. – К.:КНТ, 2007. – 296 с.

30. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Адаменко Т.І. Агрометеорологічні прогнози. Одеса:, «ТЕС»,2017. 508 с.
31. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія. Одеса: ТЕС, 2012.-629 с.
32. Полевой А. Н. Динамико-статистические методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур / А. Н. Полевой // Метеорология и гидрология. 1981. № 2. С. 92-102
33. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов / А. Н. Полевой. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 318 с.
34. Рожков А. О. Рослинництво: навч. посібник / А. О. Рожков, Є. М. Огурцов. Х.: Тім Пабліш Груп, 2017. 363 с.
35. Розвадовський А.М. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві. К.: Урожай, 1990. 176 с.
36. Садковська А.М. Агрокліматичні умови вирощування та продуктивність гороху за умов зміни клімату в Житомирській області: Конференція молодих вчених ОДЕКУ(м. Одеса, 25-29 травня, 2020р.). Протокол № 1 від 26 травня
37. Сайко В. Ф. Наукові основи землеробства в контексті змін клімату. Вісн. аграр. науки. 2008. № 11. С. 5–10.
38. Сивков С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 232 с.
39. Степаненко С.М. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України /[ С. М. Степаненко, А. М. Польовий, В. М. Хохлов та ін.]. Одеса: ТЕС, 2015. 518 с.
40. Тооминг Х. Г. Расчеты продуктивности и роста растительного покрова /Солнечная радиация и продуктивность растительного покрова. Тарту: Изд. ИФА АН ЭССР, 1972. С. 5–12

41. Хухлаєв І.І. Урожайність сортів гороху за умов посухи/Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту-Національного центру насіннезнавства та сортовивчення. 2014, С.65-71
42. Fileccia T., Guadagni M. Ukraine: Soil fertility to strengthen climate resilience Preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014. 79 p.
43. Frank S., Schmid E. The dynamic soil organic carbon mitigation potential of European cropland // Global Environmental Change. 2015. Vol. 35. p.269–278.
44. Schonhart M., Schauppenlehner T. Climate change impacts on farm production, landscape appearance, and the environment:Policy scenario results from an integrated field-farm-landscape model in Austria // Agricultural Systems. 2016, Vol.145. p. 39–50.