

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Центр перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів  
Кафедра агрометеорології та агроекології

**Кваліфікаційна робота бакалавра**

на тему: Агроекологічна оцінка умов вирощування гороху  
в Запорізькій області

Виконала студентка групи АЕ – 5т (і) з/ф  
Спеціальності 101 «Екологія»

Міхова Вікторія Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н., асистент

Колосовська Валерія Валеріївна

Консультант \_\_\_\_\_

-

Рецензент к.геогр.н., доцент

Боровська Галина Олександрівна

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Центр перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ агрометеорології та агроекології \_\_\_\_\_  
Рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_  
Спеціальність \_\_\_\_\_ 101 «Екологія» \_\_\_\_\_  
Освітня програма «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване  
природокористування» \_\_\_\_\_

(шифр і назва)

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

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

студентці \_\_\_\_\_ Міховій Вікторії Миколаївні \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: \_\_\_\_\_ Агроекологічна оцінка умов вирощування гороху в Запорізькій  
області \_\_\_\_\_

керівник роботи \_\_\_\_\_ Колосовська Валерія Валеріївна, к.геогр.н. \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ОДЕКУ від « 19 » березня 2021 року № 32 – С

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_ 01 червня 2021 року \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_ використовувались матеріали середньобагаторічних,  
агрометеорологічних, метеорологічних та фенологічних спостережень за горохом в  
Запорізькій області; матеріали по врожайності гороху за період з 1990 по 2019 роки.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно  
розробити) 4.1 Вивчити особливості вирощування гороху; 4.2 Вивчити фізико-  
географічні та агрокліматичні особливості території Запорізької області;  
4.3 Провести аналіз динаміки урожайності гороху за методом гармонійних вагів;  
4.4 Провести імовірнісний аналіз урожайності гороху; 4.5 Проаналізувати рівень  
потенційного врожаю за різних значень коефіцієнтів корисної діяльності;  
4.6 За методом Медведєва В.В. виконати агроекологічну оцінку умов вирощування  
гороху в Запорізькій області.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
графік динаміки врожайності гороху і відхилення від лінії тренда; крива імовірності  
врожайів гороху; графік динаміки декадних приростів ПВ гороху та сум ФАР в  
Запорізькій області; графіки динаміки декадних приростів ММВ, ДМВ та ВВ гороху  
за вегетаційний період в Запорізькій області.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 22 квітня 2021 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1.	Отримання завдання та збір вихідних даних до роботи. Ознайомлення з літературними джерелами за темою кваліфікаційної роботи бакалавра.	22.04.2021 р. - 26.04.2021 р.	90	5(відмінно)
2.	Написання першого і другого розділів роботи	27.04.2021 р.- 04.05.2021 р.	90	5(відмінно)
3.	Аналіз динаміки урожайності гороху за методом гармонійних вагів. Оформлення текстової частини третього розділу кваліфікаційної роботи бакалавра.	05.05.2021 р.- 07.05.2021 р.	90	5(відмінно)
	<b>Рубіжна атестація</b>	<b>11.05.2021 р. - 15.05.2021 р.</b>	<b>90</b>	<b>5(відмінно)</b>
4.	Аналіз розрахунків агроекологічних категорій урожайності гороху та аналіз рівня потенційного урожаю при різних значеннях ККД.	17.05.2021 р. – 20.05.2021 р.	90	5(відмінно)
5.	Аналіз агроекологічної оцінки умов вирощування гороху на досліджуваній території. Оформлення четвертого розділу роботи. Написання висновків.	21.05.2021 р.- 24.05.2021 р.	90	5(відмінно)
6.	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату	25.05.2021 р. - 01.06.2021 р.	90	5(відмінно)
7.	Перевірка роботи на плагіат, складення протоколу і висновку керівника. Підписання автурського договору.	01.06.2021 р. - 03.06.2021 р.	-	-
8.	Підготовка паперової версії кваліфікаційної роботи бакалавра і презентаційного матеріалу до публічного захисту	-	-	-
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>	<b>-</b>	<b>90,0</b>	

Студентка \_\_\_\_\_  
( підпис )

Міхова В.М.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )

Колосовська В.В.  
(прізвище та ініціали)

**АНОТАЦІЯ**  
**на кваліфікаційну роботу бакалавра**  
**за темою: «Агроекологічна оцінка умов вирощування гороху в**  
**Запорізькій області»**  
**Міхової Вікторії Миколаївни**

*Актуальність обраної теми.* Горох тривалий час був основною зернобобовою культурою в Україні. У останні роки соя значно переважає горох як за посівними площами (1,8 млн га), так і за обсягами виробництва (понад 2,4 млн т). У 2014 році посівні площі гороху по Україні зменшились до 154 тис. га, а виробництво – до 360 тис. т. Зростання попиту на зерно гороху на світовому ринку спричинило збільшення виробництва гороху в Україні у 2017 та 2018 роках у три рази. Посівна площа зросла до 411 тис га у 2017 р. та до 432 тис га у 2018 р., а збір зерна до 1,14 млн т у 2017 та до 0,80 млн. т у 2018 році. За посівними площами та рівнем урожайності гороху Запорізька область лідирує в Україні (в 2019 році площа посіву складала 60 тис.га., урожайність – 28 ц/га), саме тому цю територію було обрано для дослідження.

*Метою роботи* являється на основі базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М.Польового провести агроекологічну оцінку умов вирощування гороху в Запорізькій області та агроекологічну оцінку ґрунтів досліджуваної території.

*Об'єктом дослідження* є формування врожайності гороху.

В результаті виконаної роботи була виділена тенденція середньообласної врожайності гороху і виявлені особливості в динаміці врожайності гороху на території Запорізької області за період 1990-2019 рр. Оцінена щодакна динаміка приростів агроекологічних категорій урожайності гороху, рівень потенційного врожаю за різних значень ККД. Виконана агроекологічна оцінка орної землі Запорізької області за методом Медведева В.В, результати якої показали, що агроекологічні показники ґрунтів даної території відповідно до нормативів агроекологічних умов вирощування гороху, відповідають оптимальним та допустимим умовам.

Структура і обсяг роботи: 60 сторінок, 14 таблиць, 10 рисунків, 27 літературних джерел.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** горох, тренд, агроекологічні категорії урожайності, потенційний урожай, орна земля, коефіцієнт корисної дії.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>1 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ ТА ЙОГО ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ДО ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ</b> .....	7
1.1 Ботанічна характеристика гороху.....	7
1.2 Біологічні особливості та екологічні вимоги вирощування гороху...8	
1.3 Сучасний стан інтенсивних сортів гороху.....	9
<b>2 ГЕОГРАФІЧНЕ РОЗТАШУВАННЯ ТА КЛІМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ</b> .....	12
2.1 Географічне розташування Запорізької області.....	12
2.2 Кліматичні особливості Запорізької області.....	13
2.3 Сучасний стан ґрунтів Запорізької області .....	15
<b>3 ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ НА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ГОРОХУ В ЗАПОРІЗЬКІЙ ОБЛАСТІ</b> .....	17
3.1 Теоретичні основи прогнозування середньообласної урожайності гороху в Запорізькій області .....	17
3.2 Екстраполяція тенденції врожайності гороху.....	20
3.3 Аналіз динаміки урожайності гороху в Запорізькій області.....	23
3.4 Імовірнісна оцінка урожаїв гороху в Запорізькій області.....	27
<b>4 АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ В ЗАПОРІЗЬКІЙ ОБЛАСТІ</b> .....	30
4.1 Опис базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М.Польового ...	30
4.2 Метеорологічні умови вегетації гороху в Запорізькій області. Оцінка строків сівби та фаз розвитку гороху.....	43
4.3 Агрокліматичні умови вирощування гороху .....	46
4.4 Вплив агрокліматичних умов на динаміку агроекологічних категорій урожайності гороху в Запорізькій області .....	47
4.5 Агроекологічна оцінка умов вирощування гороху в Запорізькій області .....	51
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	55
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	57

## ВСТУП

Агроекологічна оцінка умов формування врожайності сільськогосподарських культур залишається першочерговою задачею, яка стоїть перед сільським господарством. На сучасному етапі соціально-економічного розвитку України збільшується актуальність подібних досліджень з урахуванням регіональних особливостей територій.

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.

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.

В останні роки відбулося різке скорочення виробництва гороху в Україні. У 2014 році посівні площі гороху по Україні зменшились до

154 тис. га, а виробництво – до 360 тис. т. Зростання попиту на зерно гороху на світовому ринку спричинило збільшення виробництва гороху в Україні у 2017 та 2018 роках у три рази. Посівна площа зросла до 411 тис га у 2017 р. та до 432 тис га у 2018 р., а збір зерна до 1,14 млн т у 2017 та до 0,80 млн. т у 2018 році.

За посівами гороху Запорізька область лідирує в Україні. В 2017 році посівна площа складала 55,8 тис.га, в 2019 році підвищилась до 60 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 %. Сорт Оплот в 2019 р. по всій Україні показав найвищий результат: в Запорізькій області урожайність гороху склала 28 ц/га.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра являється на основі базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М.Польового провести агроекологічну оцінку умов вирощування гороху в Запорізькій області та агроекологічну оцінку ґрунтів досліджуваної території. Для виконання розрахунків використовувались метеорологічні та фенологічні дані середньобласних спостережень за горохом, матеріали щорічних середньообласних даних за період з 1990 по 2019 роки, за даними обласного управління статистики для території Запорізької області, а також літературні джерела [1-2, 8].

# 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 азійських та європейських країнах.

Його зерно містить від 16 до 35% білка, до 55% вуглеводів, близько 1,6 % жиру, понад 3% зольних речовин [9, 10, 12].

## 1.1 Ботанічна характеристика гороху

Розрізняють два підвиди гороху: посівний, або звичайний, та польовий. Частіше використовують звичайний – посівний горох [9, 14, 22].

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 [9, 22].



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.

**Фази росту.** У гороху відмічають такі фази росту: фази сходів, бутонізації, цвітіння та досягання [9].

## 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 [9, 22].

**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 [9].

**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 [9, 11, 22].

**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.

При правильних прийомах обробітку горох дає високі врожаї, 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 [26].

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

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 напряму використання, в степовій зоні висівають такі сорти: Астронавт, Гайдук, Отаман, Оплот [8, 11, 13, 23].

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.

Сорт Отаман. Рекомендований для вирощування в зонах Степу, Лісостепу і Полісся. Різновидність *contecstum* (зчеплена), підрізновидність *esaducum* (неосипаюча). Середньостиглий. Тривалість вегетаційного періоду 78-81 днів. Висота рослин 60-80 см. Потенційна врожайність 50-70 ц/га. Норма висіву 1,2 млн/га. Квітки білі. Кількість насінин у бобі 5-6 шт, максимальна - 7 шт. Насіння рожеве, округле з гладкою поверхнею. Маса 1000 зерен 230-250 г. Вміст білка у зерні 20-22 %. Посухостійкий, стійкий до вилягання та осипання. Сорт інтенсивного типу, придатний до прямого комбайнування. Заявник: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Внесений до Реєстру сортів рослин України в 2010 році.

Оплот. Зони вирощування: Степ, Лісостеп, Полісся. Сорт зернового використання, середньостиглий. Тривалість вегетаційного періоду 79-85 днів. Маса 1000 зерен 260-280 г. Вміст білка в зернах 20-22%. Сорт посухостійкий, стійкий до вилягання і придатний до збирання прямим комбайнуванням, потребує своєчасного прибирання. У конкурсному сортовипробуванні Інституту рослинництва (ІР) ім. В.Я. Юр'єва максимальна врожайність по

сорту була одержана в 2008 році і становила 5 т/га. Заявник: Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва Національної академії аграрних наук України. Внесений до Реєстру сортів рослин України в 2011 році. Сорт Оплот в 2019 р. по всій Україні показав найвищий результат (в Запорізькій області урожайність гороху склала 28 ц/га).

## 2 ГЕОГРАФІЧНЕ РОЗТАШУВАННЯ ТА КЛІМАТИЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАПОРІЗЬКОЇ ОБЛАСТІ

### 2.1 Географічне розташування Запорізької області

Запорізька область займає вигідне економіко-географічне положення. Вона розташована на півдні Східноєвропейської рівнини й межує з Херсонською, Дніпропетровською та Донецькою областями (рис.2.1).

Південні кордони області омиваються водами Азовського моря, берегова лінія якого в межах області перевищує 300 км. Уздовж узбережжя простягаються численні довгі вузькі піщані коси, намиті морем. Найбільші з них Федотова, Обитічна, Бердянська. Північно-західна частина території області лежить на Придніпровській низовині (висота 30-100 метрів). Поверхня – рівнина слаборозчленована, із західним схилом до долини Дніпра та Азовського моря. Східна частина області зайнята Приазовською височиною з яружно-балковим та останцевим рельєфом (висота до 324 метрів) і глибокими долинами. Південь області зайнятий Причорноморською низовиною (висота 20-100 м) [2, 5, 6].

На території області протікає 109 річок, з них 78 - протяжністю понад 10 км. Головна з них р. Дніпро – третя за величиною річка в Європі, яка є найбільшою водною артерією України. До його басейну належать Кінська і Гайчур, до басейну Азовського моря – Молочна, Обитічна, Берда.

Запорізька область розташована в степовій зоні з характерним рівнинним ландшафтом з домінуванням чорноземних ґрунтів (75% площі області), на 10% площі області – солонцюваті каштанові і темно-каштанові ґрунти (південь і південний захід). Площа, яку покривають ліси, складає 1,05 тис. км<sup>2</sup>, або 3,9 % території області. Запоріжжя є надзвичайно багатим

у геологічному розумінні регіоном: містяться численні родовища мінеральних та агрегатних ресурсів.



Рисунок 2.1 – Запорізька область на карті України

Область багата на поклади рудних корисних копалин, зокрема залізних та марганцевих руд. Промислове значення мають родовища будівельних матеріалів: сірих та червоних гранітів, талькомагнезитів, вогнетривких глин, вапняків, пісковиків. Виявлено родовища бурого вугілля, графітів, каолінів. Є лікувальні грязі та мінеральні води. Частка регіону в сумарних запасах мінеральної сировини в Україні складає: пегматит – 88,06 % , апатит – 63,42 %, марганцева руда – 69,1 %, вторинні каоліни – 22,9 %, вогнетривкі глини – 8,6 % [2, 5, 6].

## 2.2 Кліматичні особливості Запорізької області

Запорізька область розташована в степовій зоні на півдні України. Клімат – помірно-континентальний, характеризується чітко означеною

посушливістю. Характер атмосферної циркуляції визначається частою зміною циклонів та антициклонів. Циклони приходять протягом року із заходу, північного та південного заходу та з півдня. Вторгнення континентальних повітряних мас із Азії (антициклони) обумовлює взимку різкі похолодання, а влітку – засуху [1, 2, 4].

Зима починається наприкінці листопада – на початку грудня. Вона помірно-холодна, малосніжна, переважає нестійка погода з чисельними відлигами, після яких відбуваються різкі похолодання.

Весна зазвичай настає в першій декаді березня. Її характерною особливістю є інтенсивне наростання тепла, завдяки цьому весняні процеси розвиваються швидко й весна зазвичай буває короткою.

Літо переважно спекотне та сухе. В окремі періоди переміщення холодніших повітряних мас супроводжується активною грозовою діяльністю, виникають небезпечні метеорологічні явища: сильні зливи, шквали, град.

Осінь зазвичай настає у третій декаді вересня. Для осені характерне повернення тепла на загальному фоні зниження температури та початок заморозків.

На півдні області виділяється приморська кліматична зона, яка охоплює вузьку смугу (в середньому 50 км) від узбережжя Азовського моря до границі розповсюдження морського бризу. В холодний період року Азовське море сприяє послабленню морозів, а влітку – зниженню температури, підвищенню вологості повітря, посиленню вітру.

Середньорічна температура повітря в північній половині області коливається від  $+8,2$  до  $+9,4^{\circ}$ , у південній – від  $+9,6$  до  $+10,2^{\circ}$ . Середня температура повітря найтеплішого місяця (липня) дорівнює  $+22^{\circ}$  (максимальні температури  $+39-40^{\circ}$ ), а найбільш холодного (січня) –  $4,1^{\circ}$  морозу (мінімальні температури  $31-33^{\circ}$  морозу). У лютому можливі морози до  $27-30^{\circ}$ . Тривалість безморозного періоду на більшій частині території

області в середньому складає 193 дні, у північно-східних районах області – 164 дні.

Протягом року переважають вітри північного та північно-східного напрямків. Середньорічна швидкість вітру 3 м/с.

Випадіння опадів на території області відрізняється нерівномірністю та значними коливаннями їх кількості, що призводить до нерівномірного зволоження в різні періоди часу (місяці та роки). За рахунок сильних злив більше опадів випадає у теплий період року. Річна кількість опадів в північній половині області – 480-510 мм, у південній – 430-475 мм. Середньорічна відносна вологість повітря становить 71-77%.

### 2.3 Сучасний стан ґрунтів Запорізької області

Більша частина території Запорізької області розташована в південносхідній частині центральної степової зони. За рельєфом поверхня території області являє собою переважно степову рівнину, розкраяну ріками, балками, ярами з невеликим схилом до південнозахідної сторони. Посеред приазовської височини піднімаються ізольовані пагорби – кургани [6].

В області, за виключенням крайнього півдня, переважають родючі ґрунти. В північній та північно-східній частинах розповсюджені звичайні мало гумусні чорноземи. Слід відмітити, що вміст гумусу в них збільшується в напрямку сходу.

В центральних районах переважають південні не солонцюваті чорноземи, які в напрямку до півночі змінюються від перехідних до звичайних чорноземів.

На південь від Мелітополя розповсюджені слабо солонцюваті чорноземи та темно-каштанові слабо солонцюваті ґрунти. Територія області знаходиться в зоні степової рослинності, але у зв'язку з розорюванням степу,



цілинна флора (тирса, ковил, типчак та ін..) збереглися лише у вигляді невеликих ділянок на схилах ярів, балок.

Ґрунтовий покрив Запорізької області представлений двома генетичними типами: чорноземами і каштановими. Обидва вони утворились в результаті дернового процесу ґрунтоутворення під степною трав'янистою рослинністю в умовах недостатньої кількості опадів. Крім того, на каштановий тип накладена дія солонцевого процесу ґрунтоутворення. Цим двом типам ґрунтів належить провідне місце в землеробському потенціалі області.

Зміна зональних ґрунтів на території області відбувається з північного сходу та південний захід. В цьому напрямку збільшується вміст рухомого фосфору, що пов'язано, з більш тривалим теплим періодом і більшою сумою активних температур в південних районах і, відповідно кращими умовами для проходження мікробіологічних процесів мінералізації фосфатів. В загальних рисах в цьому напрямку змінюється ступінь забезпеченості ґрунтів обмінним калієм, в всередині типів та підтипів ґрунтів залежить від механічного складу та інших особливостей [5, 6].

## 3 ВПЛИВ ПОГОДНИХ УМОВ НА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ ГОРОХУ В ЗАПОРІЗЬКІЙ ОБЛАСТІ

### 3.1 Теоретичні основи прогнозування середньообласної урожайності гороху в Запорізькій області

Основна ідея методу гармонійних ваг полягає в тому, що значення часового ряду ( $y$ ) зважують так, щоб пізні спостереження мали великі ваги. Тобто вплив більш пізніх спостережень має сильніше відобразитися за прогнозованою оцінкою, ніж вплив попередніх [17-21].

При використанні МГВ як деякого наближення  $\hat{f}(t)$  істинного тренда  $f(t)$  часового ряду врожайності сільськогосподарських культур береться ламана лінія, яка згладжує задане число точок часового ряду  $Y_t$ .

$$Y_t (t = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (3.1)$$

Окремі відрізки ламаної лінії (змінного тренда) – це його окремі фази. Для визначення окремих фаз змінного тренда вибираємо число  $k < n$  і знаходимо рівняння лінійних відрізків:

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

причому для

$$i=1, \quad t=1, 2, \dots, k;$$

для

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

для

$$i = n - k + 1, \quad t = n - k + 1, n - k + 2, \dots, n.$$

Параметри  $a_i$  і  $b_i$  рівняння (3.2) визначаються методом найменших квадратів. Значення кожної функції  $Y_i(t)$  визначаємо в точках

$$t=i+h-1, \quad (h=1, 2, \dots, k).$$

Кількість значень  $Y_i(t)$  в кожній точці  $t$  позначаємо через  $g_i$ , а через  $\bar{Y}_i(t)$  - значення функції  $Y_i(t)$  для  $t = i$ . Точки змінного тренда - це середні значення всіх  $Y_i(t)$ , які визначаються за виразом:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{g_i} \sum_j^{g_i} Y_i(t), \quad (j=1, 2, \dots, g_i). \quad (3.3)$$

Прирости  $\omega_{t+1}$  функції  $f(t)$  визначаються як

$$\omega_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{Y}_{t+1} - \bar{Y}_t, \quad (3.4)$$

розраховується середня приростів

$$\bar{\omega} = \sum_{t+1}^{n-1} C_{t+1}^n \cdot \omega_{t+1}, \quad (3.5)$$

де  $C_{t+1}^n$  - коефіцієнти, які задовольняють такі умови:

$$C_{t+1}^n > 0 \quad (t=1, 2, \dots, n-1); \quad (3.6)$$

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

Гармонічні коефіцієнти визначаються за формулою:

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{(n-1)}, \quad (3.8)$$

де  $m_{t+1}$  – гармонічні ваги.

Вираз (3.8) дозволяє надавати більш пізнім спостереженням більші ваги. Якщо найраніші спостереження мають вагу

$$m_2 = \frac{1}{(n-1)}, \quad (3.9)$$

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

$$m_3 = \frac{m_2 + 1}{(n-2)}. \quad (3.10)$$

Таким чином, ряд гармонійних ваг визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t} \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (3.11)$$

з початковим значенням, вираженим рівнянням (3.11).

Екстраполяція тенденції часового ряду врожайності виконується за виразом

$$\bar{Y}_{t+1} = \bar{Y}_t + \bar{\omega} \quad (3.12)$$

при початковій умові  $\bar{Y}_t = \bar{Y}_n$ .

### 3.2 Екстраполяція тенденції врожайності гороху

За методом гармонійних ваг було проведено аналіз тенденції часових рядів урожаю гороху в Запорізькій області. Для аналізу динаміки було розглянуто 30-ти річний період 1990-2019 рр., використовувались щорічні середньобласні дані урожайності гороху [8].

Метод прогнозу урожайності гороху базується на розчленуванні величини врожаю на дві складові - випадкову і не випадкову. Тоді точність прогнозу врожаю з використанням динаміко-статистичного методу по одному тимчасовому ряду багато в чому залежить від правильності цього поділу. Для виявлення тимчасової динаміки врожаю культури необхідно зробити перевірку об'єктивності вибору тренду [21, 22].

$$\left. \begin{aligned} \nu(N) &> (N+1-1,96)\sqrt{N-1}/2 \\ K_m(N) &< 3,3(\lg N+1) \end{aligned} \right\} \quad (3.13)$$

де  $N$  – довжина ряду врожаїв.

Отже, об'єктивність вибору лінії тренду перевіряється на основі гіпотези про випадковість відхилень від неї фактичних врожаїв. Ця перевірка здійснюється за методом серій [1].

Для кожної лінії тренду виконано розрахунок параметрів  $\nu(N)$  і  $K_m(N)$ . В табл. 3.1 представлено результати розрахунків згладжених значень врожаю гороху і оцінки випадковості відхилень урожаїв від тренду методом серій.

Таблиця 3.1 – Оцінка випадковості відхилень урожайності гороху від тренду в Запорізькій області

Роки спостережень	У, ц/га	У <sub>т</sub> , ц/га	ε	ε у спадаючому порядку	Серії
1	2	3	4	5	6
1990	22,5	22,57	-0,07	7,03	-
1991	17,9	22,42	-4,52	6,47	-
1992	25,4	22,71	2,69	4,15	+
1993	23,3	22,75	0,55	3,78	-
1994	11,1	22,53	-11,43	3,52	-
1995	26,3	22,78	3,52	2,98	+
1996	29,2	22,73	6,47	2,86	+
1997	26,6	22,45	4,15	2,69	+
1998	24,0	21,94	2,06	2,67	+
1999	19,0	21,35	-2,35	2,64	-
2000	19,0	20,89	-1,89	2,32	-
2001	16,0	20,5	-3,5	2,06	-
2002	20,0	20,17	-0,17	1,24	-
2003	22,0	19,85	0,15	1,2	-
2004	20,6	19,36	1,24	1,04	+
2005	20,0	18,79	1,2	0,55	+
2006	13,4	18,15	-5,1	0,15	-
2007	21,3	17,87	3,78	0,11	+
2008	20,5	17,52	2,98	-0,07	+

Кінець таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
2009	17,4	17,29	0,11	-0,17	-
2010	11,0	17,1	-7,1	-1,89	-
2011	19,4	17,08	2,32	-2,35	+
2012	19,6	16,96	2,64	-2,82	+
2013	13,2	16,69	-3,49	-3,29	-
2014	13,3	16,59	-3,29	-3,49	-
2015	19,6	16,74	2,86	-3,5	+
2016	14,2	17,02	-2,82	-4,52	-
2017	20,5	17,83	2,67	-5,1	+
2018	19,9	18,86	1,04	-7,1	+
2019	28,0	20,87	7,03	-11,43	+
$\varepsilon_{med} = 0,8$					

З таблиці 3.2 бачимо, що в Запорізькій області протяжність найдовшої серії  $k_{max}(N)$  дорівнює 5, а, отже, права частина нерівності [3.13] складає 7,9. Максимальне число серій  $\nu$  становить 14, а права частина нерівності [3.13] дорівнює 8,2. Порівняння лівих і правих частин нерівності показує, що нерівності справедливі. Отже, об'єктивність обраних ліній тренда підтверджується.

Таблиця 3.2 – Розрахунок правильності вибору тренда урожайності гороху в Запорізькій області

Досліджувана територія, область	$K_{max}(n)$	$\nu(n)$	$3.3(\lg n + 1)$	$\frac{1}{2}(n + 1 - 1,96\sqrt{n - 1})$
Запорізька	5	14	7,9	8,2

### 3.3 Аналіз динаміки урожайності гороху в Запорізькій області

Проведемо аналіз динаміки урожайності гороху в Запорізькій області. На досліджуваній території в середньому за період дослідження (1990 - 2019 рр.) урожай гороху склав 21,3 ц/га. Спостерігались значні коливання врожаїв гороху: у 1996 році був зібраний максимальний за цей період урожай – 29 ц/га, а в 1994 році – найменший за розрахунковий період урожай – 11 ц/га.

У період з 1999 по 2014 рр. спостерігалось зниження врожаїв. Початкові значення лінії тренду в цей період становлять 21,4 ц/га, а кінцеві її значення – 16,6 ц/га (рис. 3.1). Далі лінія тренда врожаю має поступове позитивне зростання. Так, ми бачимо, що починаючи з 2015 року, врожай по лінії тренду склав 16,7 ц/га, а вже в 2019 році збільшився до 20,9 ц/га.

Урожайність, ц/га

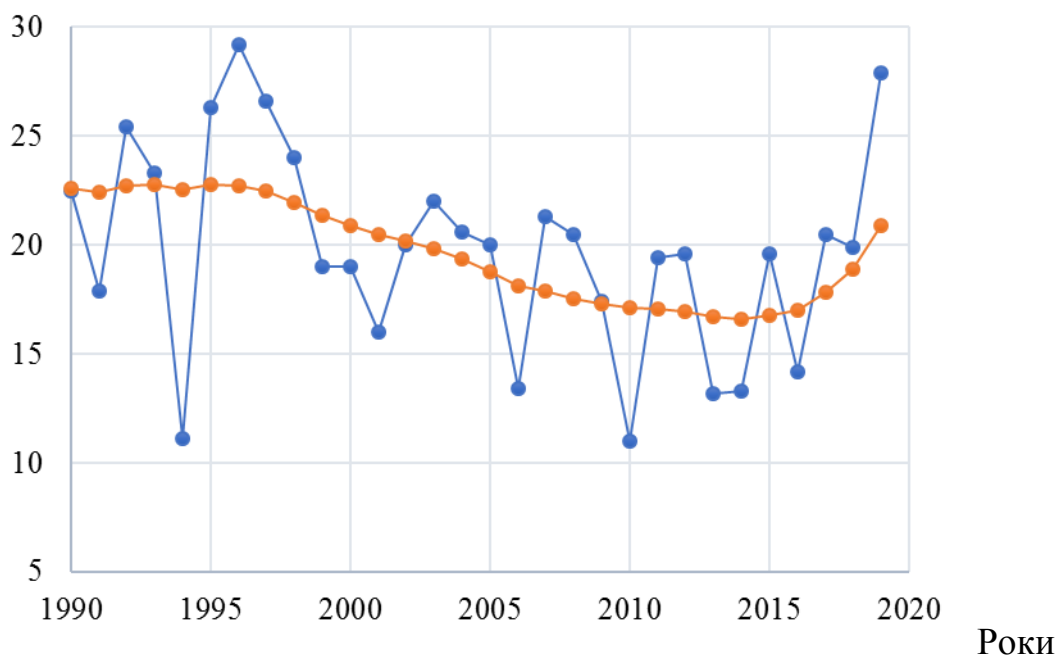
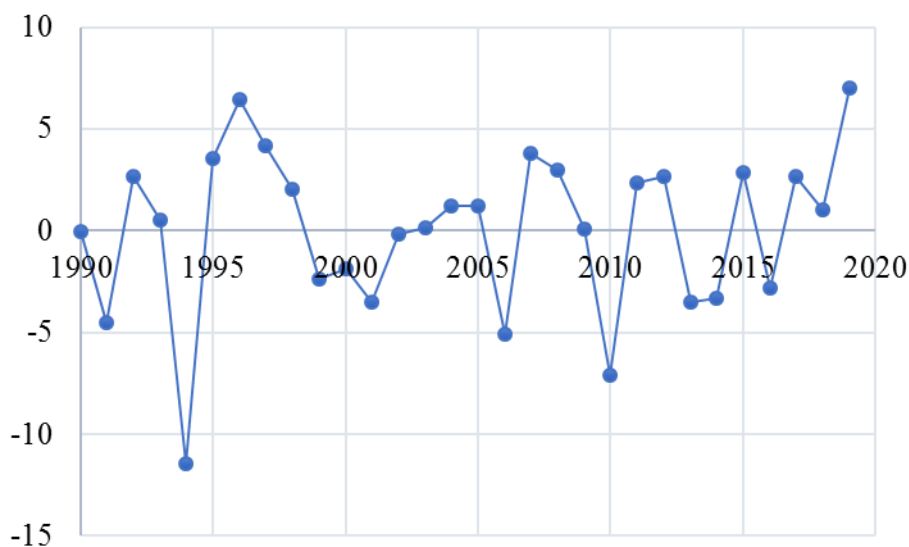


Рисунок 3.1 – Динаміка урожайності гороху та лінія тренду в Запорізькій області за 1990-2019 рр.



Відхилення врожаю від лінії тренда, які представлені на рис.3.2, характеризують вплив погодних умов на формування урожаю. З рисунку 3.2 бачимо, що в 2019 році спостерігалися максимальні позитивні відхилення урожаю від лінії тренда, а саме 7 ц/га, а в 1994 році були навпаки найбільші негативні відхилення -11,4 ц/га. В цілому, на всій території Запорізької області негативних відхилень урожаїв було значно менше ніж позитивних: негативних - в 12 роках, а позитивних – в 18 роках.

Урожайність, ц/га



Роки

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

Зміну рівнів часового ряду характеризують абсолютний приріст, темп зростання.

В таблиці 3.3 наведено чисельні значення абсолютного приросту та величину темпу зростання.

В Запорізькій області максимальні значення абсолютного приросту

тенденції урожайності гороху спостерігались в шостій п'ятирічці, тобто 2015-2019 рр. і, відповідно, становили 4,1 ц/га. Максимальні значення темпу зростання урожайності також спостерігаються в цей період і складають 125,0%.

Таблиця 3.3 –Динаміка абсолютного приросту та темпу зростання урожайності гороху в Запорізькій області

Роки спостережень						
Область	1990- 1994	1995- 1999	2000- 2004	2005- 2009	2010- 2014	2015- 2019
Запорізька	-2,3 90,2	-1,4 93,7	-1,5 92,7	-1,5 92,0	-0,5 97,0	4,1 125,0

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

Мінімальні значення абсолютного приросту тенденції урожайності гороху спостерігались в першому-п'ятому п'ятиріччях -2,3 – (-0,5) ц/га. Значення темпу зростання тенденції урожайності в цей же період також були мінімальними та коливалися в межах 90,2 – 97,0 %.

В результаті дослідження даної області, можна відзначити, що приріст тенденції був досить високим в шостому п'ятиріччі 2015-2019 рр. Період першого-п'ятого п'ятиріччя (1990 - 2014 рр.) характеризується негативним приростом тенденції урожайності даної культури. Особливості в динаміці врожайності гороху за цей період пояснюється впливом несприятливих погодних умов, який і сповільнив тенденцію урожайності культури.

Також, дамо оцінку ступеня сприятливості клімату за допомогою коефіцієнта ( $K_c$ ), який визначається за формулою [3.14]:

$$K_c = Y_v/Y_T \quad (3.14)$$

де  $U_B$  - виробничий урожай зерна гороху в конкретному році (ц/га),  $U_T$  - урожай за трендом в тому ж році (ц/га).

В таблиці 3.4 наведені розрахунки, виконані стосовно Запорізької області. На території дослідження за 30 років спостережень (період 1990-2019 рр.) у 18 роках спостерігалися сприятливі кліматичні умови, тобто 60% від загальної кількості років.

Таблиця 3.4 - Розрахунок ступеня сприятливості клімату ( $K_c$ ) для території Запорізької області за 1990-2019 рр.

Роки	$U$ , ц/га	$U_T$ , ц/га	$K_c$	Роки	$U$ , ц/га	$U_T$ , ц/га	$K_c$
1990	22,5	22,57	0,99	2005	20,0	18,79	1,06
1991	17,9	22,42	0,81	2006	13,4	18,15	0,72
1992	25,4	22,71	1,12	2007	21,3	17,87	1,19
1993	23,3	22,75	1,02	2008	20,5	17,52	1,17
1994	11,1	22,53	0,49	2009	17,4	17,29	1,01
1995	26,3	22,78	1,15	2010	11,0	17,1	0,64
1996	29,2	22,73	1,28	2011	19,4	17,08	1,14
1997	26,6	22,45	1,18	2012	19,6	16,96	1,16
1998	24,0	21,94	1,09	2013	13,2	16,69	0,79
1999	19,0	21,35	0,89	2014	13,3	16,59	0,80
2000	19,0	20,89	0,91	2015	19,6	16,74	1,17
2001	16,0	20,5	0,78	2016	14,2	17,02	0,83
2002	20,0	20,17	0,99	2017	20,5	17,83	1,15
2003	22,0	19,85	1,11	2018	19,9	18,86	1,06
2004	20,6	19,36	1,06	2019	28,0	20,88	1,34

Коефіцієнт сприятливості в ці роки коливався в межах 1,02 - 1,34.

Несприятливих років було в 12 роках (40% від загальної кількості років) і коефіцієнт сприятливості коливався від 0,49 до 0,99.

### 3.4 Імовірнісна оцінка урожаїв гороху в Запорізькій області

Для визначення мінливості урожаю гороху було використано метод Г.Алексєєва. Науковець запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної імовірності формулу [3.15]:

$$P_{x\%} = \frac{m_i - 0.25}{n + 0.50} \cdot 100\% , \quad (3.15)$$

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

Для проведення розрахунків вже маючи дані щорічного урожаю за досліджуваний період, необхідно було проранжувати величини урожаю (в порядку спадання), та, за формулою 3.15, розрахувати забезпеченість. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.5.

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.

Таблиця 3.5 - Результати розрахунку імовірності урожаїв гороху в Запорізькій області

Роки	У, ц/га	Ус.п., ц/га (ранж.ряд)	Рх, %	Роки	У, ц/га	Ус.п., ц/га (ранж.ряд)	Рх, %
1990	22,5	29,2	2,5	2005	20,0	19,6	51,6
1991	17,9	28,0	5,7	2006	13,4	19,6	54,9
1992	25,4	26,6	9,0	2007	21,3	19,4	58,2
1993	23,3	26,3	12,3	2008	20,5	19,0	61,5
1994	11,1	25,4	15,6	2009	17,4	19,0	64,8
1995	26,3	24	18,9	2010	11,0	17,9	68,0
1996	29,2	23,3	22,1	2011	19,4	17,4	71,3
1997	26,6	22,5	25,4	2012	19,6	16,0	74,6
1998	24,0	22,0	28,7	2013	13,2	14,2	77,9
1999	19,0	21,3	32,0	2014	13,3	13,4	81,1
2000	19,0	20,6	35,2	2015	19,6	13,3	84,4
2001	16,0	20,5	38,5	2016	14,2	13,2	87,8
2002	20,0	20,5	41,8	2017	20,5	13,2	90,9
2003	22,0	20,0	45,1	2018	19,9	11,1	94,3
2004	20,6	19,9	48,4	2019	28,0	11,0	97,5

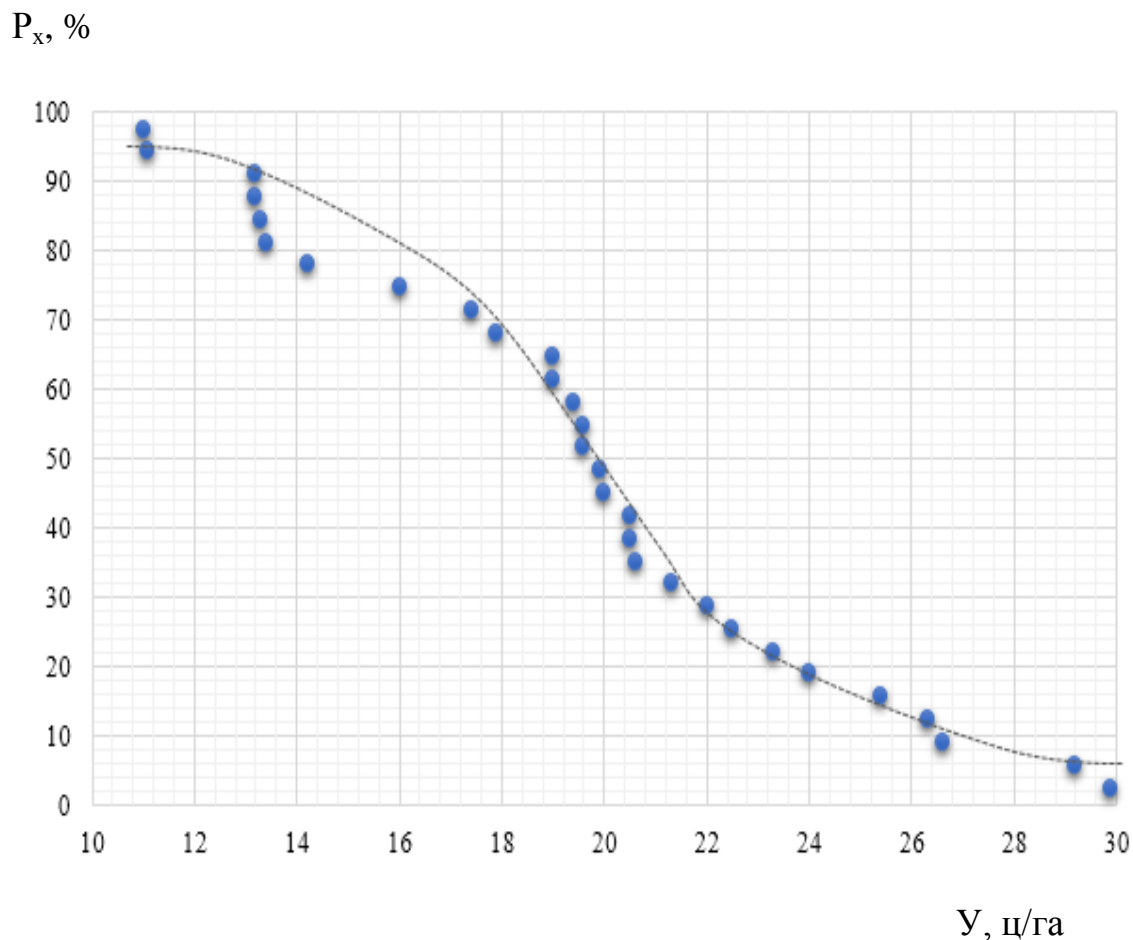


Рисунок 3.3 – Крива імовірності врожаїв гороху в Запорізькій області

В Запорізькій області урожаї гороху величиною 26,4 ц/га можна отримати з ймовірністю 10 %, тобто раз в десять років. Урожаї гороху величиною 28,3 ц/га отримують раз в 20 років (ймовірність 5%), 19,8 ц/га отримують з ймовірністю 50 % - 5 разів в десять років, 11,0 ц/га можна отримати щорічно.

## 4 АГРОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ГОРОХУ В ЗАПОРІЗЬКІЙ ОБЛАСТІ

4.1 Опис базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М. Польового

Однією з основних умов високої культури землеробства є найбільш повне використання кліматичних ресурсів. У цьому аспекті вивчення кліматичної забезпеченості формування урожаю сільськогосподарських культур з врахуванням особливостей мікроклімату конкретних територій має важливе наукове і практичне значення. При врахуванні впливу клімату на ефективність сільськогосподарського виробництва головним є визначення агрокліматичних ресурсів території, реалізоване шляхом їх агрокліматичного районування [19].

**Концепція моделювання.** Базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур заснована на концепції максимальної продуктивності рослин Х.Г. Тоомінга, результатах моделювання формування урожаю рослин А.М. Польового і методах оцінки мікрокліматичної мінливості елементів клімату у горбистому рельєфі Е.Н. Романової.

Базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів має блокову структуру і містить шість блоків (рис.4.1):

- блок вхідної інформації;
- блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму;
- блок функцій впливу фази розвитку і метеорологічних факторів на продукційний процес рослин;
- блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним

живленням;

- блок агроекологічних категорій урожайності;
- блок узагальнюючих оцінюючих характеристик.

Розглянемо більш докладно ці блоки.

**Блок вхідної інформації.** Цей блок складається із даних стандартних метеорологічних і агрометеорологічних спостережень і містить у собі всі необхідні для виконання розрахунків характеристики. Вони поділяються на дві групи:

Перша група – запаси продуктивної вологи у ґрунті, середньодекадна температура повітря, середня за декаду кількість годин сонячного сяйва, сума опадів за декаду, середній за декаду дефіцит насичення повітря, кількість днів у розрахунковій декаді.

Друга група – інформація про внесення доз азотних, фосфорних і калійних добрив, дані про оптимальні дози цих добрив, дані про внесення органічних добрив та їхній оптимальній дозі, рік внесення органічних добрив, бал ґрунтового бонітету.

**Блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму.** Для розрахунку інтенсивності сумарної сонячної радіації використовується формула С.І. Сівкова [24]:

$$Q_o^j = 12,66 \cdot (SS^j)^{1,31} + 315 \cdot (A^j + B^j)^{2,1}, \quad (4.1)$$

де  $Q_o$  – сумарна сонячна радіація, що приходиться на горизонтальну поверхню, кал/см<sup>2</sup>·доба;

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

$j$  – номер розрахункової декади;

$A$  і  $B$  – проміжні характеристики, що визначаються в залежності від широти місцевості та схилення Сонця.



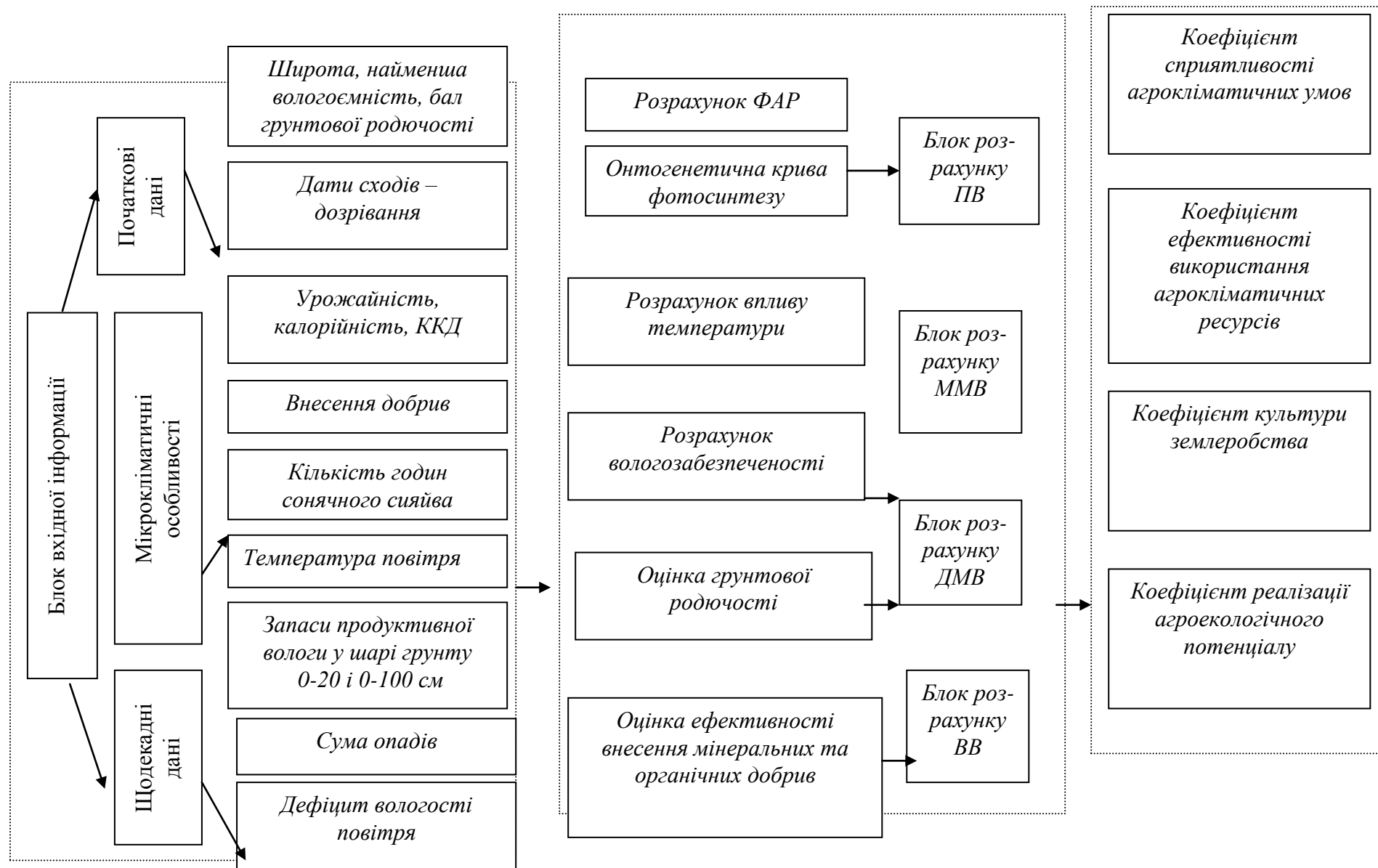


Рисунок 4.1 – Блок-схема агрокліматичної моделі формування урожаю сільськогосподарських культур

**Блок функцій впливу фази розвитку і метеорологічних факторів на продукційний процес рослин.** В основі продукційного процесу рослин лежить фотосинтез. Його інтенсивність обумовлюється фазою розвитку рослин і умовами навколишнього середовища. Для розрахунку онтогенетичної кривої фотосинтезу використовується формула

$$\alpha_{\Phi}^j = \exp \left[ -a_{\Phi} \left( \frac{TS_2 - \Sigma t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (4.2)$$

де величина  $\alpha_{\Phi}$  знаходиться за виразом

$$\alpha_{\Phi} = \frac{-100 \cdot \ln \alpha_{\Phi}^o}{(\Sigma t_1)^2}, \quad (4.3)$$

де  $\alpha_{\Phi}$  – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

$\alpha_{\Phi}^o$  – початкове значення онтогенетичної кривої фотосинтезу, відн. од.;

$\Sigma t_{1_1}$  – сума ефективних температур повітря від сходів, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу рослин, °С;

$TS_2$  – сума ефективних температур, °С.

Функція впливу температури повітря на продукційний процес рослин визначається як

$$\psi_{\Phi} = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_1^j) & \text{при } (T^j - T_{\Phi}) < T_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } T_{opt1} \leq (T^j - T_{\Phi}) \leq T_{opt2}^j, \\ 1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_2^j) & \text{при } (T^j - T_{\Phi}) > T_{opt2}^j, \end{cases}, \quad (4.4)$$

де  $\psi_{\Phi}$  – температурна крива фотосинтезу, відн. од.;

$T$  – середньодекадна температура повітря, °С;

$T_{\Phi}$  – середньодекадна температура повітря, при якій починається

фотосинтез, °C;

$T_{opt1}$  – нижня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, °C;

$T_{opt2}$  – верхня межа температурного оптимуму для фотосинтезу, °C.

У рівнянні (4.4) проміжні величини знаходяться за формулами

$$x_1^j = (T_s^j \cdot k_{eks}^T - T_{\Phi}) / (T_{opt1}^j - T_{\Phi}), \quad (4.5)$$

$$x_2^j = (T_s^j \cdot k_{eks}^T - T_{opt2}^j) / (T_{max} - T_{opt2}^j), \quad (4.6)$$

де  $T_{max}$  – середньодекадна температура повітря, при якій припиняється фотосинтез, °C;

$T_s$  – температура повітря на горизонтальній поверхні, °C;

$k_{eks}^T$  – коефіцієнт для перерахування температури повітря.

Значення нижньої і верхньої межі температурного оптимуму для фотосинтезу визначаються як функції часу.

Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез  $\gamma_{\Phi}$  знаходиться як

$$\gamma_{\Phi} = \begin{cases} -1,163 \cdot (x_3^j)^2 + 2,187 \cdot x_3^j & \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W < W_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } W_{opt1}^j \leq W^j \cdot k_{eks}^W \leq W_{opt2}^j, \\ -0,654 + 3,824 \cdot x_4^j - 2,633 \cdot (x_4^j)^2 + 0,467 \cdot (x_4^j)^3 & \\ \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W > W_{opt2}^j, \end{cases} \quad (4.7)$$

де  $W$  – запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту, мм;

$W_{opt1}$  – нижня межа оптимальних запасів вологи, мм;

$W_{opt2}$  – верхня межа оптимальних запасів вологи, мм.

$$x_3^j = W^j \cdot k_{eks}^W / W_{opt1}^j, \quad (4.8)$$

$$x_4^j = W^j \cdot k_{eks}^W / W_{opt2}^j, \quad (4.9)$$

де  $k_{eks}^W$  – коефіцієнт для перерахування запасів вологи, відн. од..

Функція впливу вологозабезпеченості посівів розглядається як сполучення двох функцій. Враховується функція впливу вологості ґрунту на продуктивність рослин (за даними про фактичні запаси вологи) і відношення сумарного випаровування посівів до випаровуваності:

$$FW = \left( \gamma_{\Phi}^j \cdot \frac{E_{eks}^j}{E_{0\ eks}^j} \right)^{0,5}, \quad (4.10)$$

де  $FW$  – відносна вологозабезпеченість посівів, відн. од..

Аналогічно визначається узагальнена функція впливу термічного режиму і вологозабезпеченості  $FTW_1$  на фотосинтез:

$$FTW_1 = (\psi_{\Phi} FW)^{0,5}. \quad (4.11)$$

До цієї функції вводиться корекція на рівень температури в сполученні з вологозабезпеченістю

$$FTW_2 = \begin{cases} FTW_1 [1 + (1 - \Psi_{\Phi})(1 - FW)] & \text{при } t_n < t_{opt1} \\ FTW_1 & \text{при } t_{opt1} \leq t_n \leq t_{opt2} \\ FTW_1 [1 - (1 - \Psi_{\Phi})(1 - FW)] & \text{при } t_n > t_{opt2} \end{cases}. \quad (4.12)$$

**Блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням.** Родючість ґрунту характеризується вмістом у ній гумусу, що залежить від міри впливу ерозії ґрунту.

$$G_{umeks} = k_{er}^G \cdot G_{um}, \quad (4.13)$$

$$F_{Gum} = \frac{G_{umeks}}{G_{umopt}}, \quad (4.14)$$

де  $G_{um}$  – вміст гумусу у ґрунті, %;

$G_{umeks}$  – вміст гумусу у ґрунті на схилах з врахуванням ерозії, %;

$k_{er}^G$  – функція впливу ерозії ґрунту на вміст гумусу у ґрунті, відн. од;

$G_{umopt}$  – оптимальний для вирощування сільськогосподарської культури вміст гумусу у ґрунті, %.

Функція впливу вмісту гумусу у ґрунті визначається за формулою О.С. Образцова для розрахунку забезпеченості рослин елементами мінерального живлення

$$FW_{Gum} = (F_{Gum})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Gum})], \quad (4.15)$$

де  $FW_{Gum}$  – функція впливу вмісту гумусу у ґрунті на формування урожаю, відн. од..

Значення функцій оптимальності азотного, фосфорного і калійного живлення розраховується за методом О.С.Образцова з деякими модифікаціями

$$F_N = \frac{N_m}{N_{opt}}, \quad (4.16)$$

$$FW_N^j = \left\{ (F_N)^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_N)] \right\} \cdot k_{ef}^j, \quad (4.17)$$

де  $N_m$  – внесена доза азотних добрив, кг/га;

$N_{opt}$  – оптимальна доза азотних добрив, необхідна для одержання максимального урожаю, кг/га;

$FW_N$  – функції впливу забезпеченості азотом, відн. од.;

$k_{ef}$  – коефіцієнт ефективності добрив в залежності від вологості ґрунту, відн. од.

Аналогічно визначаються функції впливу забезпеченості фосфором  $FW_P$  і калієм  $FW_K$ .

Вплив режиму зволоження ґрунту на ефективність добрив враховується за виразом:

$$k_{ef}^j = \begin{cases} 1 & \text{при } \frac{W_{eks}^j}{W_{opt}^j} \geq 0,85, \\ 0,8 & \text{при } 0,70 < \frac{W_{eks}^j}{W_{opt}^j} < 0,85, \\ 0,6 & \text{при } \frac{W_{eks}^j}{W_{opt}^j} \leq 0,70, \end{cases} \quad (4.18)$$

Аналогічно визначається співвідношення дози органічних добрив до їх оптимальної величини і розраховується функція впливу внесення органічних добрив з врахуванням року внесення добрив:

$$F_{Org} = \frac{O_{rg}}{O_{rg\ opt}}, \quad (4.19)$$

$$FW_{Org}^j = \left\{ (F_{Org})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Org})] \right\} \cdot k_{Org}^g \cdot k_{ef}^j, \quad (4.20)$$

де  $FW_{Org}$  – функція впливу внесення органічних добрив на урожай;

$O_{rg}$  – внесена доза органічних добрив, т/га;

$O_{rg_{opt}}$  – оптимальна для вирощування сільськогосподарської культури доза внесення органічних добрив, т/га;

$k_{Org}^g$  – коефіцієнт впливу року внесення органічних добрив, відн. од.

Узагальнена функція впливу родючості ґрунту і внесення мінеральних та органічних добрив розраховується за принципом Лібіха:

$$FWM_{ef}^j = \min \{FW_{Org}^j, FW_N^j, FW_P^j, FW_K^j\}, \quad (4.21)$$

де  $FWM_{ef}$  – функція впливу ефективної родючості на урожай, відн. од.

**Блок агроекологічних категорій урожайності.** Визначення величини різних агроекологічних категорій урожайності здійснюється з врахуванням внесених модифікацій, із залученням більш повної інформації і наповненням цих категорій новим змістом [19].

Збільшення потенційної урожайності загальної біомаси за декаду визначається в залежності від інтенсивності фотосинтетично-активної радіації (ФАР) і біологічних особливостей культури з врахуванням зміни здатності рослин до фотосинтезу протягом вегетації

$$\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} = \alpha_{\Phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\text{фар}}^j \cdot k_{\text{eks}}^j \cdot d\nu^j}{q}, \quad (4.22)$$

де  $\frac{\Delta ПУ}{\Delta t}$  – приріст потенційної урожайності загальної біомаси за

декаду, г/м<sup>2</sup>;

$\alpha_{\Phi}$  – онтогенетична крива фотосинтезу, відн. од.;

$\eta$  – КПД посівів, відн. од.;

$Q_{\text{фap}}$  – середньодекадна за добу сума ФАР, кал/см<sup>2</sup> доба;

$k_{\text{eks}}^Q$  – коефіцієнт для перерахування середньої за декаду сумарної сонячної радіації, відн. од.;

$q$  – калорійність.

Приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси являє собою приріст потенційної урожайності, який буде обмежений впливом волого-температурного режиму:

$$\frac{\Delta \text{ММУ}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta \text{ПУ}^j}{\Delta t} \cdot \text{FTW}_2, \quad (4.23)$$

де  $\frac{\Delta \text{ММУ}}{\Delta t}$  – приріст метеорологічно-можливої урожайності загальної біомаси за декаду, г/м<sup>2</sup>;

$\text{FTW}_2$  – узагальнена функція впливу волого-температурного режиму з корекцією на сполучення різних екстремальних умов, відн. од.

Формування дійсно можливої урожайності загальної біомаси обмежується рівнем природної родючості ґрунту:

$$\frac{\Delta \text{ДМУ}^j}{\Delta t} = \frac{\Delta \text{ММУ}^j}{\Delta t} B_{\text{нл}} F_{\text{Гум}}, \quad (4.24)$$

де  $\frac{\Delta \text{ДМУ}}{\Delta t}$  – приріст дійсно можливої урожайності загальної біомаси за декаду, г/м<sup>2</sup>;

$B_{\text{нл}}$  – бал ґрунтового бонітету, відн. од.

Одержання рівня господарської урожайності загальної біомаси обмежується реально існуючим рівнем культури землеробства й ефективністю внесених мінеральних і органічних добрив:



$$\frac{\Delta UB^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} k_{земл} FWM_{ef}^j, \quad (4.25)$$

де  $\frac{\Delta UB}{\Delta t}$  – приріст урожайності загальної біомаси у виробництві, г/м<sup>2</sup>;

$k_{земл}$  – коефіцієнт, що характеризує рівень культури землеробства і господарської діяльності, відн. од.;

$FWM_{ef}$  – функція ефективності внесення органічних і мінеральних добрив в залежності від умов вологозабезпеченості декад вегетації, відн. од.

Різні агроекологічні категорії врожаю зерна при його стандартній 14 %-ій вологості визначаються за виразом

$$ПУ_{зерна} = ПУ \cdot K_{зосп}^{ПУ} 1,14 \cdot 0,1 \quad (4.26)$$

де  $ПУ_{зерна}$  – потенційний урожай зерна, ц/га;

$K_{зосп}^{ПУ}$  – частка зерна в загальній масі потенційного урожаю, відн. од., яка визначається в залежності від розмірів урожаю загальної біомаси.

Аналогічно визначаються відповідно метеорологічно-можливий  $ММУ_{зерна}$ , дійсно можливий  $ДМУ_{зерна}$  і урожай у виробництві  $UB_{зерна}$  зерна.

**Блок узагальнених оціночних характеристик** Аналіз різноманітних агроекологічних категорій врожайності ( $ПУ$ ,  $ММУ$ ,  $ДМУ$ ,  $UB$ ), а також їхніх співвідношень і відмінностей дозволяє судити про природні й антропогенні ресурси сільського господарства, а також про ефективність господарського використання цих ресурсів стосовно вирощування сільськогосподарських культур.

Розглянемо п'ять узагальнених характеристик:

1. Ступінь сприятливості метеорологічних умов вирощування культури характеризує співвідношення метеорологічно-можливої урожайності і

потенційної урожайності:

$$K_m = \text{ММУ}_{\text{зерна}} / \text{ПУ}_{\text{зерна}}, \quad (4.27)$$

де  $K_m$  – коефіцієнт сприятливості метеорологічних умов, відн. од.

2. Сприятливість ґрунтових умов показує відношення дійсно можливої урожайності до метеорологічно-можливої урожайності

$$K_g = \text{ДМУ}_{\text{зерна}} / \text{ММУ}_{\text{зерна}}, \quad (4.28)$$

де  $K_g$  – коефіцієнт сприятливості ґрунтових умов, відн. од.

3. Співвідношення урожайності у виробництві і метеорологічно можливої урожайності встановлює ефективність використання агрокліматичних ресурсів. Якщо це співвідношення розраховується за середніми багаторічними даними, то воно відображає ефективність використання агрокліматичних ресурсів

$$K_{акл} = \text{УВ}_{\text{зерна}} / \text{ММУ}_{\text{зерна}}, \quad (4.29)$$

де  $K_{акл}$  – коефіцієнт ефективності використання агрокліматичних ресурсів, відн. од.

4. При реальних ґрунтових умовах співвідношення урожайності у виробництві і дійсно можливої урожайності можна розглядати як показник досконалої агротехнології

$$K_{земл} = \text{УВ}_{\text{зерна}} / \text{ДМУ}_{\text{зерна}}, \quad (4.30)$$

де  $K_{земл}$  – коефіцієнт ефективності використання існуючих агрометеорологічних і ґрунтових умов (характеризує рівень культури землеробства з погляду ефективності господарського використання існуючого комплексу агрометеорологічних і ґрунтових умов), відн. од.

5. Величина відношення урожайності у виробництві до потенційної урожайності характеризує рівень реалізації агроєкологічного потенціалу

$$K_{аек.пот} = UB_{зерна}/ПУ_{зерна}, \quad (4.31)$$

де  $K_{аек.пот}$  – коефіцієнт реалізації агроєкологічного потенціалу, відн. од.

Підвищення рівня  $UB_{зерна}$  і доведення його до  $ДМУ_{зерна}$  вимагає ретельного дотримання всіх засобів агротехніки, виконання їх у повній відповідності з агрометеорологічними умовами на конкретному полі. Це є першочерговою задачею програмування урожаїв, спрямованого на усунення дії різноманітних господарських факторів, які знаходяться у мінімумі.

Наближення  $ДМУ_{зерна}$  до  $ММУ_{зерна}$  вимагає виконання різноманітних заходів для підвищення родючості ґрунту. Різниця між  $ММУ_{зерна}$  і  $ПУ_{зерна}$  компенсується за рахунок меліоративних заходів, а також внаслідок правильного підбору сортів і культур, що краще пристосовані до особливостей конкретного клімату.

Підвищення рівня  $ПУ_{зерна}$  забезпечується головним чином шляхом селекції нових сортів, які будуть мати більш високий рівень урожайності за рахунок ефективного використання сонячної радіації.

Формули (4.1) – (4.31) дозволяють визначити основні агроєкологічні категорії урожайності сільськогосподарських культур для різних елементів рельєфу, що формуються під впливом ґрунтово-кліматичних умов і мікрокліматичних особливостей досліджуваних територій та виконати для цих територій оцінку агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур.

## 4.2 Метеорологічні умови вегетації гороху в Запорізькій області. Оцінка строків сівби та фаз розвитку гороху

При оцінці метеорологічних умов у період вегетації було проведено аналіз 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.

За середньобагаторічними даними середньодекадна температура повітря в першу декаду вегетації становила 9,8 °С, у другій декаді вегетації гороху 11,9 °С, у третій та четвертій декадах середньодекадна температура повітря становить 13,7-15,1 °С. У період цвітіння – досягання (5-10 декади) спостерігається підвищення середньодекадної температури до 16,4-19,0 °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 становить 14-20 мм. З третьої по шосту декади сума опадів становить 17-29 мм.

В період цвітіння досягання, з сьомої до десятої декади вегетації гороху спостерігається зменшення суми опадів з 27 мм до 5,7 мм.

Середні багаторічні строки сівби гороху на досліджуваній території спостерігались 2 квітня. Сходи гороху спостерігались 21 квітня (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Дати настання фаз розвитку гороху в Запорізькій області

Сівба	Сходи	Цвітіння	Досягання	Тривалість вегетаційного періоду, дні
2.04	21.04	15.06	2.07	91

Дати настання фаз цвітіння та досягання наставатимуть 15 червня та 2 липня. Тривалість вегетаційного періоду гороху – 91 день.

Середньодакдна температура, °С

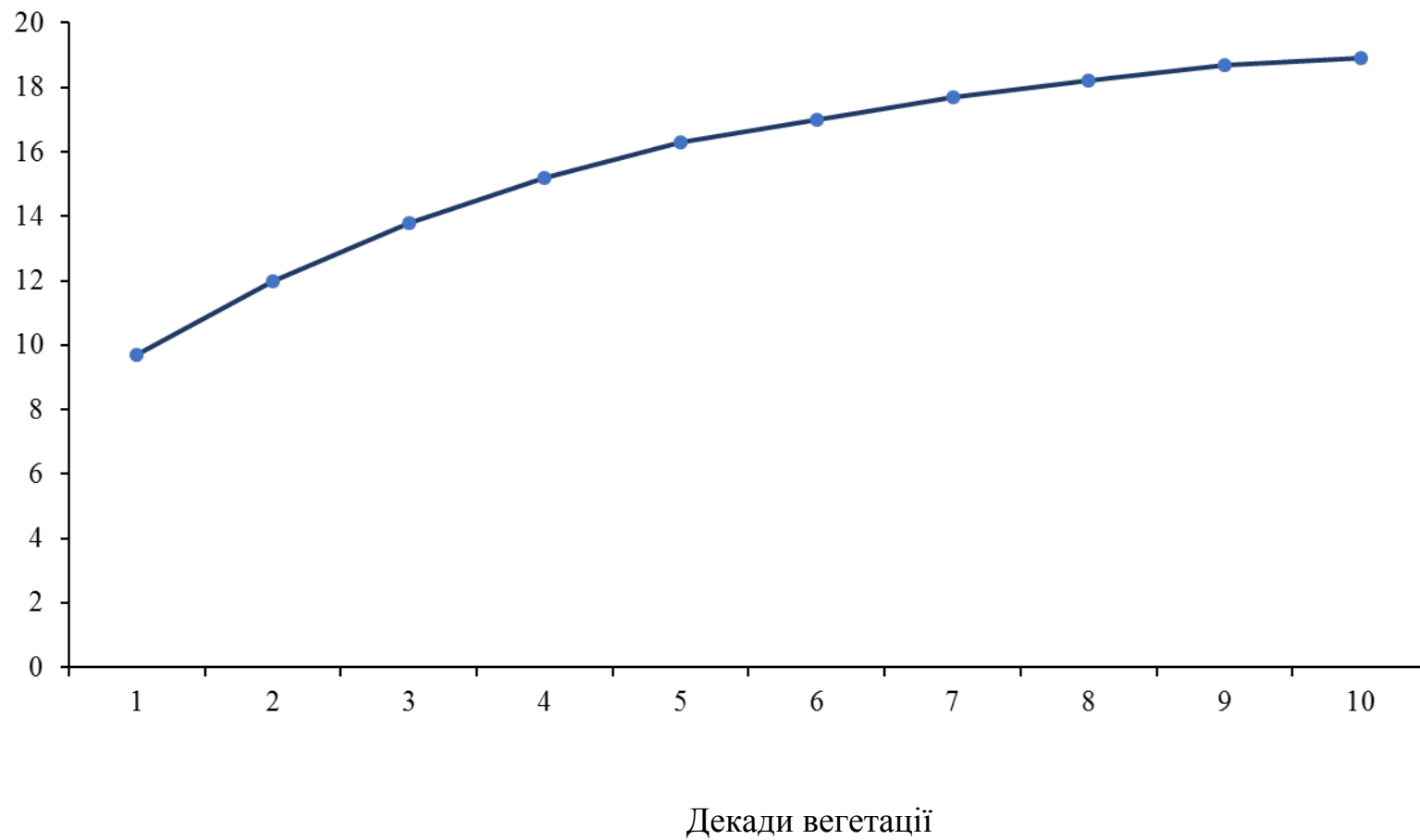


Рисунок 4.1 – Середньодакдна температура повітря за період вегетації гороху в Запорізькій області

Кількість опадів, мм

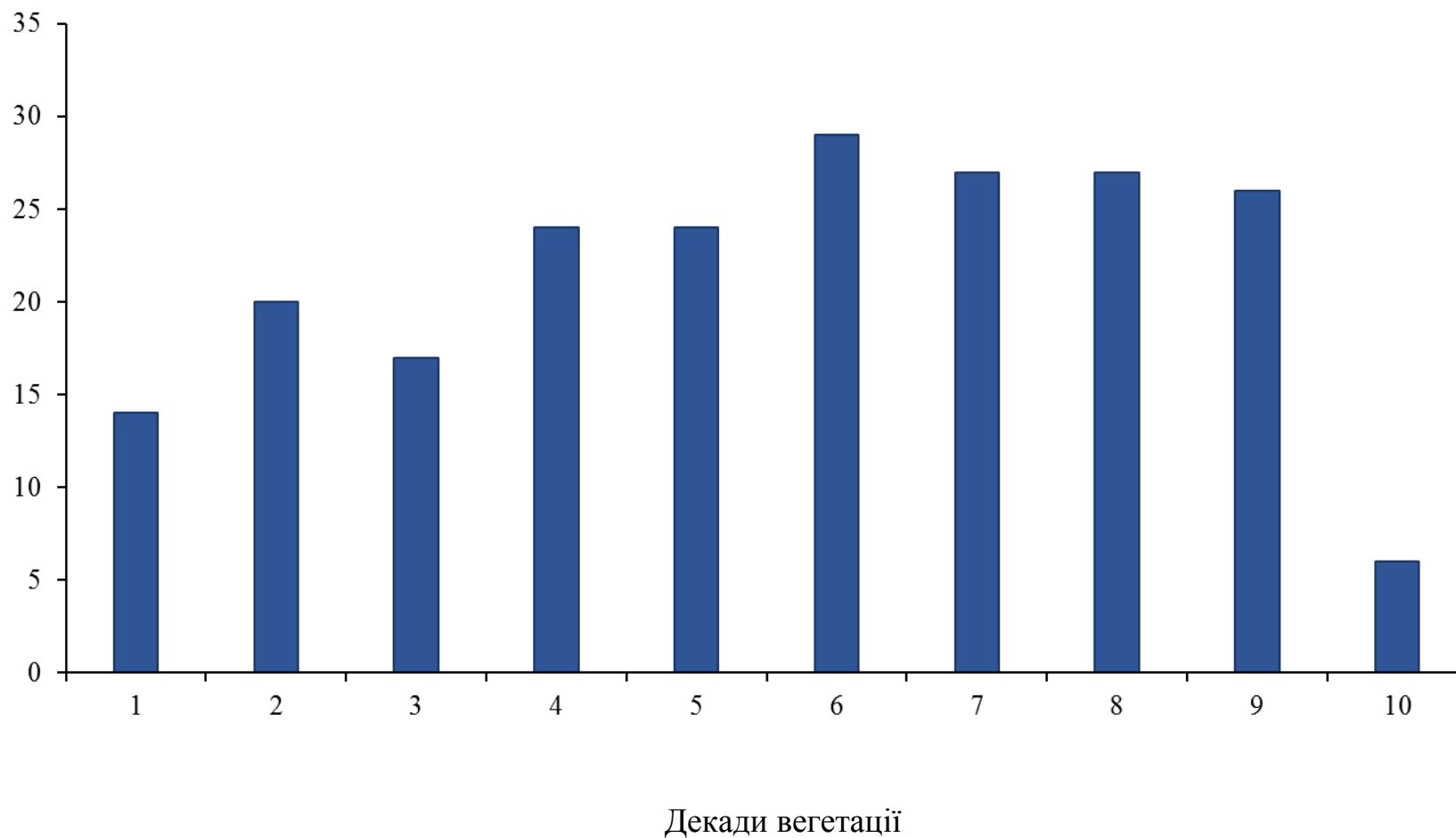


Рисунок 4.2 – Кількість опадів по декадах вегетації гороху в Запорізькій області

### 4.3 Агрокліматичні умови вирощування гороху

В таблиці 4.2 представлено умови вирощування гороху в період сходи – цвітіння. В міжфазний період сходи-цвітіння середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями складала 13,3°C.

Сума опадів в період сходи-цвітіння за середніми багаторічними даними в Запорізькій області складала 94 мм. Сумарне випаровування – 124 мм, випаровуваність 132 мм.

Основним показником, який характеризує умови зволоження вегетаційного періоду культури, є вологозабезпеченість. Вологозабезпеченість представляє собою відношення величини сумарного випаровування до величини випаровуваності. Вологозабезпеченість посівів гороху складала 0,94 відн. од.

Таблиця 4.2 – Агрокліматичні умови вирощування гороху за період сходи-цвітіння

Сходи-цвітіння				
середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	випаровуваність, мм	вологозабезпеченість, відн.од.
13,3	94	124	132	0,94

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 від цвітіння до достигання сума опадів становила в середньому багаторічному 112 мм. Сумарне випарування в цей же період складало 105 мм, а випаровуваність становить 111 мм.

Вологозабезпеченість посівів гороху в період цвітіння-достигання становило 0,94 відн. од.

Таблиця 4.3 – Агрокліматичні умови вирощування гороху за період цвітіння-достигання

Цвітіння - достигання				
середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	випаровуваність, мм	вологозабезпеченість, відн.од.
18,1	112	105	111	0,94

Сума опадів за вегетаційний період гороху становить 205 мм, вологозабезпеченість становить 0,94 відн.од.

4.4 Вплив агрокліматичних умов на динаміку агроекологічних категорій урожайності гороху в Запорізькій області

При оптимальній забезпеченості рослин вологою, теплом та мінеральним ґрунтовим живленням максимальний приріст біомаси гороху визначається приходом фотосинтетично-активної радіації (ФАР) за період розвитку та коефіцієнтом її використання [1, 19].

На рисунку 4.3 представлено динаміку декадних приростів врожайності гороху (ПВ) та хід декадних сум ФАР в Запорізькій області.



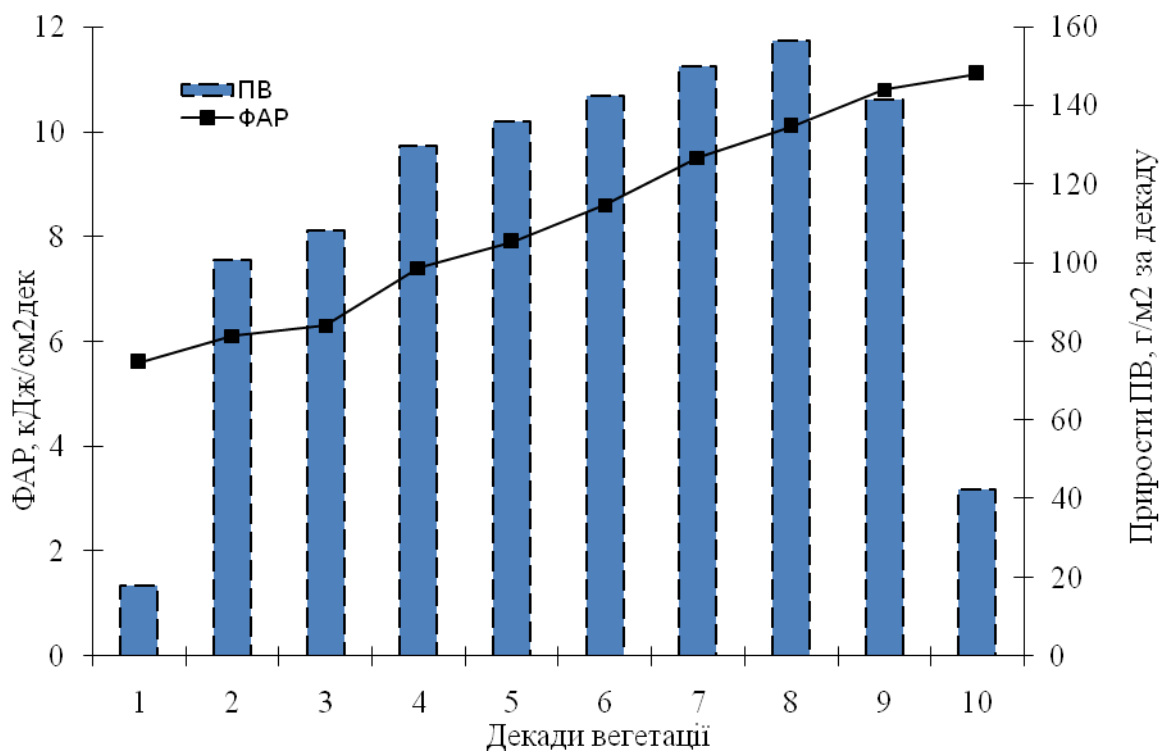


Рисунок 4.3 – Динаміка декадних приростів ПВ гороху та сум ФАР в Запорізькій області

На фазу сходів сума ФАР за декаду складає 5,6-6,1 кДж/см<sup>2</sup>, а величина приростів ПВ 90-100 г/м<sup>2</sup>дек.

Від фази сходів до цвітіння сума ФАР стрімко зросла 6,3-8,6 кДж/см<sup>2</sup>. Це призвело до того, що прирости ПВ також значно зросли 100-142 г/м<sup>2</sup>дек.

Зростання суми ФАР спостерігається і в наступних періодах розвитку гороху. З настанням фази утворення бобів сума ФАР складає 10,1 кДж/см<sup>2</sup>, а у фазу досягання 11,1 кДж/см<sup>2</sup> (рис.4.3).

Величина приростів ПВ в період утворення бобів досягла максимуму 156 г/м<sup>2</sup>дек. В подальшому спостерігається старіння рослин, що обумовлює зниження приростів ПВ на фоні достатньо високих ФАР за декаду. Так, в фазу досягання прирости ПВ зменшились до 141 г/м<sup>2</sup>дек. і до кінця вегетації склали 42 г/м<sup>2</sup>дек.

Оцінимо рівні ПВ та ДМВ при різних ККД для гороху в Запорізькій області. Потенційний ККД посіву - це максимальний ККД посіву, який забезпечувався б біологічними властивостями сільськогосподарської культури, сучасної агротехнікою і рівнем родючості ґрунту в оптимальних для даної сільськогосподарської культури кліматичних умовах. Значення потенційного ККД і ПВ непостійні. У зв'язку з інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва, виведенням нових сортів, удосконаленням агротехніки і збільшенням доз добрив потенційний ККД і ПВ зростають.

За допомогою фізико - статистичної моделі продуктивності сільськогосподарських культур Х.Г. Тоомінга ми розрахували потенційні, дійсно-можливі та врожаї у виробництві гороху для Запорізької області при різних рівнях ККД: 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 (табл.4.4).

Таблиця 4.4 – Розподіл потенційного, дійсно-можливого врожаїв та врожаю у виробництві гороху в Запорізькій області

Показники	ККД, %				
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
ПВ, ц/га	28,9	37,1	48,3	71,2	96,6
ДМВ, ц/га	25,1	33,7	41,9	62,5	83,8
ВВ, ц/га	15,1	20,2	25,2	38,1	50,4

Аналізуючи отримані результати, які представлено в табл. 4.4, бачимо, що потенційний врожай гороху при ККД 1% складає 28,9 ц/га, а при ККД 3% - 96,6 ц/га. Отже, зі збільшенням ККД збільшується і потенційний врожай культури. Така сама картина спостерігається з дійсно можливим врожаєм: при ККД 1 % рівень ДМВ складає 25,1 ц/га, а при ККД 3 % - 83,8 ц/га.

Комплексний вплив основних метеорологічних факторів відображає метеорологічно можлива врожайність (ММВ), яка являється інтегральною характеристикою агрометеорологічних ресурсів. Значення ММВ інтегрують не тільки метеорологічні фактори, а й послідовність їх сумісної зміни на протязі вегетації.

На рисунку 4.4 представлено динаміку декадних приростів метеорологічно можливої врожайності (ММВ), дійсно можливої врожайності (ДМВ) та врожаю у виробництві (ВВ) гороху за вегетаційний період.

В період сходів ММВ складає 11,4 г/м<sup>2</sup>дек. В наступний період прирости ММВ збільшувалися, максимальними вони були в період утворення бобів і склали 148 г/м<sup>2</sup>дек. В період утворення бобів-достигання прирости ММВ зменшились до 40 г/м<sup>2</sup>дек.

ММВ, ДМВ, ВВ

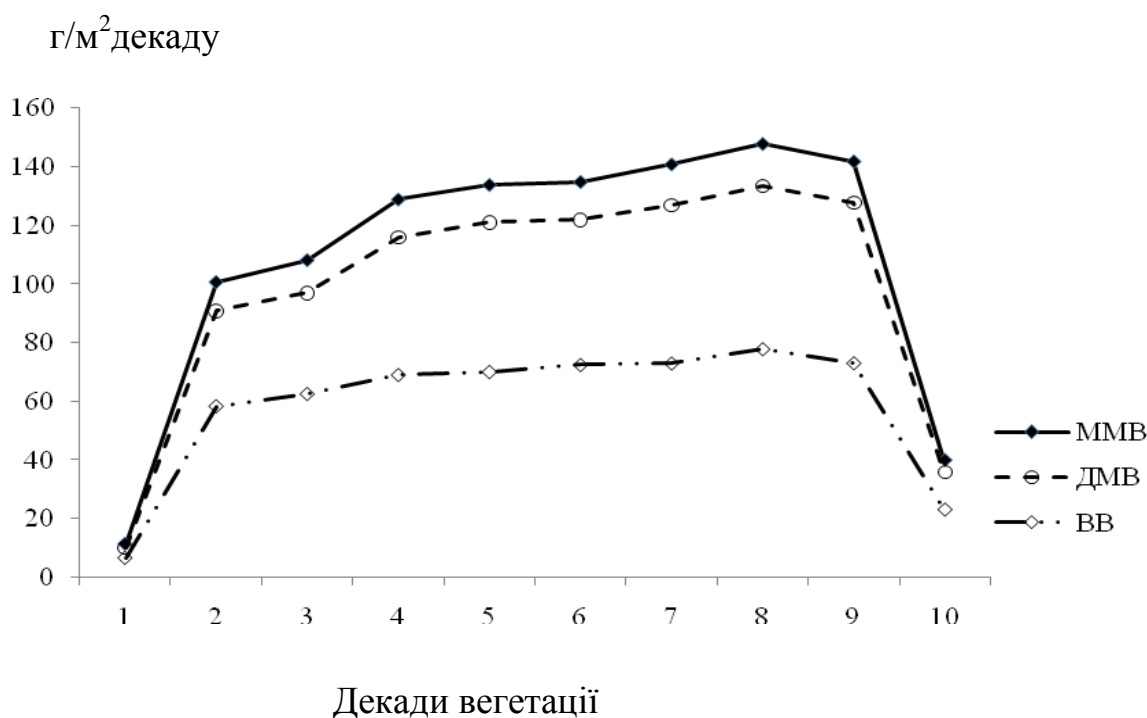


Рисунок 4.4 – Динаміка декадних приростів ММВ, ДМВ та ВВ гороху за вегетаційний період в Запорізькій області

Прирости ДМВ лімітуються балом родючості ґрунтів. За рахунок цього рівень приростів ДМВ сухої маси буде значно нижчим в порівнянні з ММВ. В період сходів прирости ДМВ склали 10,3 г/м<sup>2</sup>дек. В період цвітіння-утворення бобів приріст збільшився 122-133 г/м<sup>2</sup>дек. В подальшому спостерігається зниження ДМВ, так в період досягання прирости знизилися до 36 г/м<sup>2</sup>дек.

Врожай у виробництві (ВВ) визначається за загальним рівнем культури землеробства, який прийнятий в данній області та дозами ефективності внесення мінеральних і органічних добрив. При заданому рівні культури землеробства 0,8 відн.од. і розрахованої ефективності внесення органічних і мінеральних добрив (0,9 відн.од.) динаміка приростів ВВ наведена на рисунку 4.5. В період сходів вона становить 6,6 г/м<sup>2</sup>дек. Максимальні значення приростів ВВ спостерігаються в період утворення бобів 77,9 г/м<sup>2</sup>дек. В подальшому при настанні фази досягання прирости врожаю у виробництві знизилися до 23,1 г/м<sup>2</sup>дек.

#### 4.5 Агроекологічна оцінка умов вирощування гороху в Запорізькій області

Агроекологічна оцінка умов вирощування гороху на території Запорізької області виконувалась за методом Медведєва В.В. в основі якого лежать наступні критерії опису умов [15]:

- оптимальні умови;
- допустимі умови;
- недопустимі умови.

Перший рівень характеризується оптимальними умовами, тобто можливо отримати найвищі екологічно чисті врожаї. Другий рівень характеризується задовільними умовами, це означає що є загроза зниження

врожайності на 25-30%. Третій рівень відповідає незадовільним умовам, так як є загроза зниження врожайності до 50%.

В основу агроекологічної оцінки покладено принцип екологічного співвідношення параметрів довкілля, що характеризують потреби сільськогосподарських культур до їхнього вирощування [15].

Орні землі північної і центральної частини Запорізької області переважно представлено чорноземами звичайними та південними (75% площі області), а південна частина – каштановими ґрунтами. Для виконання агроекологічної оцінки складена таблиця нормування параметрів агроекологічних умов вирощування гороху (табл.4.5).

В таблиці 4.5 представлено значення параметрів чорноземів звичайних та південних на ріллі.

Аналізуючи та порівнюючи дані, наведені в таблицях 4.5 та 4.6 бачимо, що ґрунти Запорізької області по більшості параметрів характеризуються допустимими умовами, а саме за агрофізичними, фізико-хімічними та метеорологічними показниками. Це сприяє отриманню доволі високих врожаїв гороху.

В цілому, агроекологічні показники ґрунтів притаманних Запорізькій області, відповідно до нормативів агроекологічних умов вирощування гороху, відповідають оптимальним та допустимим умовам.

Таблиця 4.5 – Нормування параметрів агроекологічних умов вирощування гороху

Параметри	Горох		
	оптимальні	допустимі	недопустимі
1.Потужність гумусового шару, см	>63	30-62	<29
2.Гранулометричний склад	2,3,4	1	5,6
3.Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	1,05-1,35	0,95-1,04 1,36-1,45	<0,95 >1,45
4.Вміст гумусу, %	>3,6	2,0-3,5	<1,9
5.Вміст рухомого фосфору, мг/кг	124	123-65	<64
6.Вміст обмінного калію, мг/кг	180	110-179	<109
7.Вміст рухливих форм важких металів, мг/кг	<0,6	0,61-0,65	>0,66
8.Сума активних температур вище 10 °С	>1600	900-1599	<900
9.Температура повітря при появі сходів, °С	6-10	4-5	<4
10.Температура повітря при формуванні генеративних органів, °С	16-20	10-15	>20 <10
11.Запаси продуктивної вологи (мм) у шарі ґрунту 0-20 см при появі сходів	>30	10-30	<10
12.Запаси продуктивної вологи (мм) у шарі 0-100 см при цвітінні або формуванні генеративних органів	>120	60-120	<60

Таблиця 4.6 – Оцінка агроекологічних умов вирощування гороху на полі з чорноземами звичайним та південним

Параметри	Кількісне значення параметра	Оцінка
1.Потужність гумусового шару, см	40-60	допустимі
2.Гранулометричний склад	2-4	оптимальні
3.Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	1,1-1,4	оптимальні, допустимі
4.Вміст гумусу, %	3,6-3,0	оптимальні, допустимі
5.Вміст рухомого фосфору, мг/кг	62-120	допустимі, оптимальні
6.Вміст обмінного калію, мг/кг	81-142	недопустимі, допустимі
7.Вміст рухливих форм важких металів, мг/кг	0,63	допустимі
8.Сума активних температур вище 10 °С	1460	допустимі
9.Температура повітря при появі сходів, °С	6	оптимальні
10.Температура повітря при формуванні генеративних органів, °С	16,8-18,3	оптимальні
11.Запаси продуктивної вологи (мм) у шарі ґрунту 0-20 см при появі сходів	30	допустимі
12.Запаси продуктивної вологи (мм) у шарі 0-100 см при цвітінні або формуванні генеративних органів	114	допустимі

## ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра була виконана агроекологічна оцінка умов вирощування гороху в Запорізькій області.

1. За методом гармонійних ваг проведено аналіз середньообласної врожайності гороху за період 1990 – 2019 рр. в Запорізькій області, отриманих за даними обласного управління статистики України. Аналіз динаміки врожайності гороху по протягом 1990-2019 рр. вказує на різний її характер. Особливості в динаміці урожайності гороху, починаючи з 1990 року до 2014 рр., можна пояснити впливом несприятливих погодних умов, що й спричинило сповільнення тенденції урожайності культури на даній території. Суттєве зростання виробничої урожайності гороху спостерігалось в період 2015-2019 рр. Середній урожай гороху за досліджуваний період склав 21,3 ц/га. У 1996 році був зібраний максимальний за цей період урожай – 29 ц/га, а в 1994 році – найменший за розрахунковий період урожай - 11 ц/га.

2. Дано оцінку ступеня сприятливості клімату за допомогою коефіцієнта  $K_C$ : на території дослідження з 30 років спостережень у 18 роках спостерігалися сприятливі кліматичні умови, тобто 60% від загальної кількості років. Коефіцієнт сприятливості в ці роки коливався від 1,02 до 1,34. Несприятливих умови були в 12 роках (40% від загальної кількості років) і коефіцієнт сприятливості коливався від 0,49 до 0,99.

3. Визначено особливості розподілу можливих урожаїв різної забезпеченості в порівнянні з середньою багаторічною величиною. Отже, найвищі врожаї гороху в Запорізькій області величиною 29 ц/га можна отримати лише раз в десять років. Щорічно можна отримати значно нижчі врожаї, величиною 11 ц/га.



4. Проведено аналіз агрокліматичних умов вирощування гороху за періоди сходи-цвітіння та цвітіння-достигання. Визначено, що сума опадів за вегетаційний період гороху становила 205 мм, а вологозабезпеченість 0,94 відн.од.

5. На основі фізико-статистичної моделі Х. Тоомінга розраховані потенційно-можливі і дійсно-можливі врожаї гороху при різних значеннях ККД використання ФАР (від 1 до 3%). Виявлено, що, завдяки ФАР, що приходить на всю територію Запорізької області, можна отримувати потенційні врожаї гороху від 28,9 до 96,6 ц/га (залежно від ККД посівів). Кількісно оцінені потенційні врожаї, дійсно-можливі врожаї та врожаї у виробництві з урахуванням різного рівня ККД (1%-3 %). ПВ гороху збільшується з 28,9 ц/га при ККД 1%, до 96,6 ц/га при ККД 3 %; ДМВ гороху збільшується з 25,1 ц/га при ККД 1%, до 83,8 ц/га при ККД 3 %; ВВ гороху збільшується з 15,1 ц/га при ККД 1% до 50,4 ц/га при ККД 3%,.

Проведено дослідження за динамікою декадних приростів потенційного врожаю гороху за вегетаційний період. Максимальні прирости потенційного врожаю, метеорологічно-можливого та дійсно можливого врожаїв гороху формує в фазу цвітіння - утворення бобів.

6. За методом Медведєва В.В. проведено агроекологічну оцінку орної землі Запорізької області: агроекологічні показники ґрунтів досліджуваної території в відповідності з нормативами агроекологічних умов вирощування гороху в більшій мірі відповідають оптимальним та допустимим умовам.

## 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 Запорізької області. Київ, Держсільгоспвидав УРСР, 1959. 92 с.
3. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. 362 с
4. Атлас. Агрокліматичні ресурси України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Проценка. Київ: ТОВ «Українська картографічна група», 2016. 90 с.
5. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. 362 с.
6. Атлас Запорізької області / за ред.Ф.В. Зузука. Київ: Укргеодезкартографія, 1997.с 7-10.
7. Даценко Л.М. Фізична географія Запорізької області. Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2014. 200 с
8. Державний реєстр сортів рослин, придатних до розповсюдження в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http:// vet.gov.ua](http://vet.gov.ua).
9. Державний реєстр статистичної звітності в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://ukrstat.gov.ua>
10. Зінченко О.І. Рослинництво: підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко; За ред. О. І. Зінченка. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.

11. Кашукоев М. В. Содержание, сбор белка и жира с семян сои и гороха / *Зерновое хозяйство*, 2006. № 7. С. 24–26
12. Кобизева Л. Н., Гончарова О.О. Колекція сортів гороху овочевого – джерело для створення зеленого конвеєру. *Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області*. Харків, 2013. Вип. 14. С. 60–67.
13. Костин В. И., Дозоров А.В., Костин О.В. Урожайные качества гороха. *Главный агроном*. 2005. № 2. С. 57-59.
14. Методика державної науково-технічної експертизи сортів рослин/за ред.С.О.Ткачик. Вінниця, 2015, 160 с.
15. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів: НВФ "Українські технології", 2006. 730 с
16. Медведев В.В. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур. Київ: Изд-во «Аграрная наука», 1997. 162 с.
17. Мойсієнко В.В. Продуктивність та кормова оцінка зернобобових культур в агрофітоценозах Полісся України. *Корми і кормовиробництво*. 2011. Вип. 69. С. 181–188.
18. Польовий А. М. Довгострокові агрометеорологічні прогнози / А. М. Польовий, Л. Ю. Божко. Київ: КНТ, 2007. 296 с.
19. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Адаменко Т.І. Агрометеорологічні прогнози. Одеса: «ТЕС»,2017. 508 с.
20. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія: підручник. Одеса: ТЕС, 2012.-629 с.
21. Полевой А. Н. Динамико-статистические методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур. *Метеорология и гидрология*. 1981. № 2. С. 92-102

22. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов / А. Н. Полевой. Ленинград: Гидрометеиздат, 1988. 318 с.
23. Рожков А.О. Рослинництво: навчальний посібник / А. О. Рожков, Є. М. Огурцов. Харків: Тім Пабліш Груп, 2017. 363 с.
24. Розвадовський А.М. Зернобобові культури в інтенсивному землеробстві. Київ: Урожай, 1990. 176 с.
25. Сивков С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. Ленинград: Гидрометеиздат, 1968. 232 с.
26. Тооминг Х. Г. Расчеты продуктивности и роста растительного покрова /Солнечная радиация и продуктивность растительного покрова. Тарту: Изд. ИФА АН ЭССР, 1972. С. 5–12
27. Хухлаев І.І. Урожайність сортів гороху за умов посухи/Збірник наукових праць Селекційно-генетичного інституту-Національного центру насіннезнавства та сортовивчення. 2014, С.65-71