

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний  
Кафедра агрометеорології та  
агрометеорологічних прогнозів

## ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

рівень вищої освіти: «спеціаліст»

на тему: **Моделювання агроекологічних рівнів формування**  
**врожаю гороху в Миколаївській області**

Виконав студент 1 курсу групи ПЕ-50  
спеціальності 101 «Екологія», \_\_\_\_\_  
спеціалізації «Прикладна екологія»  
Борисовський Олександр Олександрович

Керівник

Колосовська Валерія Валеріївна

Консультант д.геогр.н., професор

Польовий Анатолій Миколайович

Рецензент к.геогр.н., доцент

Ільїна Валентина Григоріївна

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний  
Кафедра агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів  
Рівень вищої освіти спеціаліст  
Спеціальність 101 «Екологія», спеціалізація «Прикладна екологія»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри агрометеорології та  
агрометеорологічних прогнозів  
Польовий А.М.  
«13» березня 2017 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Борисовському Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Моделювання агроекологічних рівнів формування врожаю гороху в Миколаївській області»

керівник проекту Колосовська Валерія Валеріївна

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «17» грудня 2016 року №372-«С»

2. Строк подання студентом проекту 1 червня 2017 р.

3. Вихідні дані до проекту Матеріали метеорологічних та агрометеорологічних спостережень по Миколаївській області за період з 1986 по 2005 роки

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 4.1. Дати опис фізико-географічних особливостей Миколаївської області;  
4.2. Вивчити біологічні особливості гороху та його вимоги до умов навколишнього середовища;

4.3. Вивчити базову модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М.Польового;

4.4. Підготувати вхідну інформацію для виконання розрахунків за моделлю;

4.5. Дати оцінку агрокліматичних умов вирощування гороху у Миколаївській області.

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

Графіки динаміки приростів сухої маси гороху агроекологічних категорій урожаїв різних рівнів та волого-температурних показників

## 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
3	Польовий А.М., завідувач кафедри	24.04.2017	24.04.2017

7. Дата видачі завдання 13 березня 2017 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання. Ознайомлення з літературними джерелами та темою дипломного проекту, складання першого розділу.	13.03.2017 р.- 26.03.2017 р.	88	добре
2	Складання фізико-географічного огляду області.	27.03.2017 р.- 02.04.2017 р.	88	добре
	Атестація I	03.04.2017 р.- 08.04.2017 р.	88	добре
3	Вивчення алгоритму моделі. Збір матеріалів спостережень та їх обробка.	09.04.2017 р.- 23.04.2017 р.	90	відмінно
4	Оптимізація параметрів, щодо території досліджень та культури. Проведення розрахунків на ПЕОМ.	24.04.2017 р.- 02.05.2017 р.	90	відмінно
	Атестація II	03.05.2017 р.- 06.05.2017 р.	90	відмінно
5	Побудова табличного та графічного матеріалів. Аналіз отриманих результатів. Оформлення текстової частини третього та четвертого розділів дипломного проекту.	08.05.2017 р.- 28.05.2017 р.	92	відмінно
6	Виправлення зауважень. Дооформлення проекту після перевірки керівником.	29.05.2017 р.- 01.06.2017 р.	92	відмінно
	Підготовка доповіді та презентації до публічного захисту.		92	відмінно
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>90</b>	

Студент

\_\_\_\_\_ Борисовський О.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_ Колосовська В.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ І ВИМОГИ ГОРОХУ ДО ФАКТОРІВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	7
1.1 Коротка ботанічна характеристика гороху	7
1.2 Вимоги гороху до тепла	10
1.3 Вимоги гороху до вологи	16
1.4 Вимоги гороху до світла	18
1.5 Вимоги гороху до ґрунтів і поживним речовинам	19
1.6 Характеристика сортів	21
2 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ	24
2.1 Фізико-географічна характеристика Миколаївської області	24
2.2 Агрокліматична характеристика Миколаївської області	26
3 БАЗОВА МОДЕЛЬ ОЦІНКИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР А. М ПОЛЬОВОГО	28
3.1 Концепція моделювання	28
3.2 Блок вхідної інформації	30
3.3 Блок показників сонячної радіації волого – температурного режиму з урахуванням експозиції поля	30
3.4 Блок функції впливу фази розвитку і метеорологічних факторів на продукційний процес рослин	32
3.5 Блок родючості ґрунту та забезпеченості рослин мінеральним живленням	35
3.6 Блок агроекологічних категорій урожайності	37
3.7 Блок узагальнених оціночних характеристик	40

4 МОДЕЛЮВАННЯ АГРОЕКОЛОГІЧНИХ РІВНІВ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ГОРОХУ В МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ	43
4.1 Вплив агрокліматичних умов на динаміку приросту агроекологічних рівнів урожайності на ст.Баштанка	43
4.2 Вплив агрокліматичних умов на динаміку приросту агроекологічних рівнів урожайності на ст.Березанка	51
4.3 Агроекологічні категорії урожайності	58
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	61

## ВСТУП

Горох – найбільш поширена зернобобова культура, що пояснюється його високою середньою урожайністю та цінними продовольчими й кормовими якостями. Зерно гороху містить від 16 до 36% білка, до 54% вуглеводів, 1,6% жиру, понад 3% зольних речовин

Однак, незважаючи на велику цінність цих культур, вони до теперішнього часу не отримали належного поширення як на території України, так і в цілому в СНД. Збільшення валової продукції гороху дасть можливість забезпечити населення високоякісними продовольчими продуктами.

В оцінці впливу факторів зовнішнього середовища на продуктивність посівів, і в розробці принципів програмування урожайності важливе місце займають математичні моделі продукційного процесу рослинного покриву та формування урожаю.

Фундаментальні роботи по розробці основних принципів і положень для побудови сучасної теорії продуктивності виконані А.А. Нечипоровичем.

Головними завданнями, які стоять при розробці моделей продуктивності посівів є:

- Кількісна оцінка верхньої межі коефіцієнта корисної дії і потенційного урожаю посівів у різних агрометеорологічних умовах;
- З'ясування дійсно можливих урожаїв в різних кліматичних умовах;
- Можливість оптимізації процесу формування урожаю;
- Прогноз параметрів нових сортів, оптимальних для наявних умов середовища.

Перелік питань, які належить вирішити методами математичного моделювання продукційного процесу природних фітоценозів, дуже широкий. Це насамперед проблеми, пов'язані з енергетикою і продуктивністю фітоценозу, вивчення росту рослин у фітоценозах залежно від умов

зовнішнього середовища, а також вивчення трансформації умов середовища самими рослинами.

Модель оцінки агрокліматичних ресурсів дозволяє виявити фактори, що лімітують урожай. Такими можуть бути забезпечення рослин енергією, вологою, поживними речовинами. Модель оцінки агрокліматичних ресурсів повинна не тільки виявляти лімітуючі фактори, але намічати шляхи їх поліпшення, тобто вирішувати завдання інтенсивної технології, пов'язані із задоволенням біологічних потреб рослин у процесі їх розвитку, а також вирішувати прогностичні завдання; прогноз строків агротехнічних заходів, можливих втрат врожаю, валового збору зерна, його якості та ін. В основу наших досліджень було покладено модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур А.М.Польового [14], а також дані агрометеорологічних спостережень агро - і гідрометеорологічних станцій в зоні степу України.

Мета дипломного проекту: вивчити базову модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур, вивчити методи розрахунку основних агроекологічних показників умов тепло - і вологозабезпеченості сільськогосподарських культур на прикладі гороху стосовно до території Миколаївської області.

## 1 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ І ВИМОГИ ГОРОХУ ДО ФАКТОРІВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Горох – найбільш скоростигла зернобобова культура. Період вегетації залежно від сорту і умов вирощування коливається в межах від 70 до 140 днів. Тому горох є добрим попередником у всіх зонах його вирощування [4, 8, 9].

Горох – рослина, яка самоzapилується, але в роки з сухим і спекотним літом буває відкрите цвітіння і може спостерігатись незначне перехресне запилення [16].

Бульби на коренях починають формуватися через 7-10 днів після сходів. Максимальний ріст відзначається від початку цвітіння до початку дозрівання.

На початку свого розвитку горох проходить стадію яровизації. Вона триває від 10 до 20 днів. При яровизації пізньостиглих сортів гороху вони дозрівають на 5-10 днів раніше. Після закінчення стадії яровизації горох проходить другу стадію - світлову. Оскільки горох відноситься до рослин довгого дня, то він світлову стадію проходить найкраще при цілодобовому освітленні. Тому, цілком зрозуміло, що більшість сортів гороху зацвітають і дозрівають раніше при більшій тривалості дня.

### 1.1. Коротка ботанічна характеристика гороху

Горох (*Pisum L.*) - це однорічна культура, представлена кількома видами, з яких найбільш поширений поліморфний вид - горох культурний посівний (рисунок 1.1.). Він має кілька підвидів. Головні з них - горох звичайний посівний (*P.s. arvense*) з білими квітками і світлим однотонним



насінням (білим, рожевим, зеленим) і горох польовий (*P.s.arvense*) з червоно - фіолетовими квітками і темним, часто кутастим насінням [4,9].



Рисунок 1.1 – Горох посівний

Посівний горох часто поділяють на луцильні і цукрові сорти. У луцильних сортів в стінках бобу міститься жорсткий шар, їх обробляють на зерно. У цукрових сортів немає перманентного шару, їх боби можуть використовуватись в їжу в зеленому стані. Вони вирощуються переважно як зелений горошок для консервної промисловості [7].

Коренева система посівного гороху стрижнева, з великою кількістю бічних коренів. Особливістю всіх бобових культур, і гороху зокрема, є те, що на їх коренях поселяються бульбочкові азотофіксуючі бактерії. Вони засвоюють з ґрунтового повітря азот, перетворюють його в зв'язаний стан і таким чином він стає доступним для рослин. У місцях скупчення бактерій на коренях рослин утворюються нарости. Горох, як і всі дводольні рослини, має дві сім'ядолі, які при проростанні залишаються в ґрунті.

Стебло гороху довге (80 - 130 см), воно чіпляється, легко вилягає. Його висота залежить від сорту і умов вирощування. Є дуже низькорослі сорти, заввишки трохи більше ніж 30 см, і поряд з ними дуже високорослі - досягають висоти 3 м.

Листя парноперисторозсічені, чергові, верхні листки закінчуються вусиками з прилистками. Лист у гороху складається з черешка і 1 - 4 пар листочків. Прилистки великі напівсерцеподібні з рівними або зазубреними краями [4, 8, 9].

Створені сорти гороху напівбезлисті (немає пар листочків, але є прилистки), безлисті або вусаті (немає ні листочків, ні прилисток). Ці сорти характеризуються високою стійкістю до вилягання, мають високу продуктивність за рахунок кращого використання фотосинтезуючим апаратом енергії Сонця, придатні для збирання прямим комбайнуванням.

Квітки метеликового типу. Найчастіше квітки зібрані в суцвіття – китичку, але трапляються і поодинокі. Віночок складається з п'яти пелюсток. Забарвлення квіток від білого до червоного і фіолетового. Квітки

розташовуються по одній або дві в пазусі листа. Вся рослина покрита восковим нальотом.

Плід - плоский двостулковий біб з насінням-горошинами (зернами), дуже різноманітної форми: з прямою, загостреною або притупленою верхівкою.

Розмір бобів у гороху визначається їхньою довжиною і шириною. За довжиною вони поділяються на невеликі (3-4,5 см), середні (4,6-6 см), великі (6,1-10 см) та дуже великі (більше 10 см); за шириною - на вузькі (0,3-0,4 см), середні (0,5-0,8 см) й широкі (0,8-1,2 см).

Зерна гороху відрізняються за формою, поверхнею, кольором, вагою. Так, форма зерен гороху буває овальна, округла, округло - кутаста, зморшкувата. Поверхня буває гладкою або зморшкуватою; забарвлення - жовте, жовто-рожеве, зелене.

Вага 1000 зерен гороху коливається від 40 до 400 г. З продовольчою метою обробляють сорти переважно з вагою 1000 зерен від 150 до 400 г.

У гороху відзначають такі фази розвитку: сходи, бутонізація, цвітіння і досягання [4].

## 1.2. Вимоги гороху до тепла

Горох - холодостійка культура. У польових умовах набухання і проростання зерен починається при температурі 2 - 5 °С. З підвищенням температури до 8 - 10°C зерна проростають за 4 - 6 днів. Сходи з'являються при накопиченні сум ефективних температур (вищих ніж 3°C) 110 °С і без значних пошкоджень можуть переносити заморозки до -6 - 8 °С [4, 9, 16].

За даними С. Д. Умнікова, оптимальна температура проростання гороху - 18 °С, при 30 °С відсоток схожості значно знижується.

Дослідження темпів розвитку рослин гороху виконувались багатьма дослідниками в різних природних зонах, в яких склалися різні

агrometeorологічні умови. Результати їх дослідження дозволяють більш чітко виявити вплив окремих факторів на тривалість міжфазних періодів.

За повідомленням М. А. Михайленко, який узагальнив багаторічні дані ряду сортоділянок Західного Сибіру, тривалість періоду сівба - сходи у гороху в залежності від метеорологічних умов коливається в широких межах - від 0 до 24 днів. Зі 148 випадків в 12 (8,1%) тривалість цього періоду становила від 6 до 9 днів, в 54 (36,4%) - від 10 до 13, в 59 (39,9%) - від 14 до 17, в 18 (12,2%) - від 18 до 21 і в 5 випадках (3,4%) від 22 до 24 днів. Таким чином, близько 85% посівів гороху закінчували початковий період свого розвитку за 6 - 17 днів.

Д.П. Федюшина досліджувала вплив агrometeorологічних факторів на темпи розвитку і врожайність гороху сорту Торсдаг в умовах Північного Казахстану [21, 22]. Встановлено, що вплив температури повітря на розвиток гороху в період сівба - сходи при оптимальних запасах вологи в ґрунті (70 - 80% від польової вологоємності) характеризується такими даними, встановленими в дослідках з різними термінами сівби:

Середня температура повітря за період, °С	12	14	16	18	20
Тривалість періоду посів-сходи, дн	17	15	12	10	8

Таким чином, підвищення середньодобової температури повітря в межах від 12 до 20 °С сприяє скороченню тривалості періоду сівба - сходи від 17 до 8 днів, тобто в цілому зростання температури в зазначених межах на кожен градус зумовлює скорочення періоду на один день.

Нижня температурна межа розвитку гороху в період сівба - сходи становить 4°С. Сума ефективних температур в цей період, починаючи з вищевказаної межі, становить 140 °С.

Ю. М. Яблоков, який досліджував вплив різних строків сівби гороху на дослідному полі Санкт-Петербурзького сільськогосподарського інституту, встановив залежність тривалості міжфазного періоду сівба - сходи гороху від температури ґрунту. В умовах достатнього зволоження ґрунту при середній

температурі за період 9 °С його тривалість становила 23 дні, при 11,7 °С - 15 днів, а при 19 °С - тільки 9 днів. Чим нижча температура ґрунту, тим більша сума температур потрібна для проростання насіння; якщо при ранньому терміні сівби гороху (4 - 10 травня) необхідно було 215 - 199 °С, то при пізньому терміні (18 червня) сума температур зменшилася до 182 - 168 °С. Причому на тривалість цієї фази сортові відмінності гороху не впливали.

За даними В.Ф. Паніної, сума позитивних температур повітря для другого періоду вегетації гороху - від сходів до цвітіння - становить близько 580 °С. Сума ж ефективних температур (вищих за 5 °С) приблизно дорівнює 400 °С [10, 11]. Дослідження Н.З. Іванової - Зубкової [5, 6] щодо впливу температури повітря на тривалість міжфазного періоду сходи - цвітіння у сортів гороху Торсдаг і Капітал в умовах нечорноземної смуги показали, що між цими величинами існує зворотний зв'язок. При середній температурі повітря 18 - 20 °С тривалість періоду сходи - цвітіння становить 27 - 30 днів, а зниження температури до 10 - 13 °С збільшує тривалість періоду до 50 - 56 днів.

Чим триваліший період сходи - цвітіння, тим більша сума температур повітря потрібна. Нижня температурна межа для цього періоду становить 6 °С, сума ж температур вищих від цієї межі становить 440 °С. Якщо в період розвитку гороху від сходів до кінця цвітіння запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0 - 20 см не знижуються менше 20 - 25 мм, а в шарі 0 - 50 см – менше 50 мм, то тоді забезпечуються добрі врожаї зерна.

Цвітіння гороху триває в залежності від сорту і ґрунтово-кліматичних умов 10 - 40 днів. Найбільш швидко закінчується цвітіння у штаблових форм.

За даними Н. Aichele (1989 р.), який проводив у ФРГ дослідження з посівами гороху при різних строках (від ранньої весни до пізньої осені), швидкість розвитку гороху залежить головним чином від температури. На зниження температури горох реагує миттєво, а на її підвищення реакція починалась за

одну – дві доби. Сума температур за період від посіву до цвітіння визначалася строками сівби. При ранніх строках сівби необхідно 410 °С, при середніх строках - 475 °С і при пізніх - 730 °С. Результати цих спостережень показують, що при середньому строку сівби, коли ріст і розвиток рослин припадають на період теплої погоди, потрібна трохи більша сума середньодобових температур за період від посіву до цвітіння. Значне збільшення суми температур, необхідних до періоду цвітіння при пізньому (жовтневому) строку сівби, пояснюється впливом короткого дня, на який горох реагував збільшенням тривалості періоду вегетації. Біометричні спостереження показали, що чим раніше проводився посів, тим вищі рослини виростили.

За спостереженнями В.Ф. Паніної, проведеними в Підмосков'ї, горох росте до кінця цвітіння. Чим кращі умови живлення і водопостачання, тим довше цвіте горох і вище піднімається стебло, а строки дозрівання при цьому затягуються. Найбільш ефективно на ріст стебла впливають опади, що випадають в першу половину вегетаційного періоду (сходи - цвітіння), куди входить велика частина критичного по відношенню до вологи періоду [10-11].

З метою з'ясування впливу весняних заморозків на ранні посіви кормового гороху (сорт Устянський) в Білоруському науково - дослідному інституті землеробства проведено лабораторний експеримент із проморожування молодих рослин. В результаті цього встановлено, що рослини кормового гороху від фази сходів до фази 2 – 3-го листа добре переносять заморозки до -3 °С. Загибель значної кількості рослин починається при температурі -4 °С і становить від 0,6% в фазу сходів. Повна загибель надземної маси настає при температурі -5 °С. Слід зазначити, що рослини кормового гороху після повної загибелі надземної маси здатні інтенсивно відростати.

При температурі 35 °С процес росту зупиняється, рослини знаходяться в пригніченому стані [16]. Оптимальною для росту і розвитку гороху є температура 22 - 25 ° С. Однак при тривалому впливі температури 25°C і вище в поєднанні з нестачею вологи в ґрунті спостерігається опадання запліднених квіток, що призводить в кінцевому підсумку до суттєвого зниження урожаю.

Загальна потреба рослин гороху в теплі за весь період вегетації залежно від сорту і умов вирощування виражається сумою середньодобових температур 1350 - 2800 °С. Нижньою температурною межею в розвитку гороху в період сівба - сходи вважається температура 4 °С, до цвітіння – 5 °С, а після цвітіння 7 °С.

Несприятливі температурні умови по-різному впливають на розвиток гороху в різні періоди вегетації.

Вважається, що сходи гороху можуть без пошкодження переносити зниження температури повітря до - 5 - 6 °С. Але навіть при пошкодженні заморозками рослина порівняно легко відновлюється за рахунок утворення бічних пагонів з пазушних бруньок.

У період плодоношення найбільш чутливо реагують на зниження температури молоді плоди, які підмерзають при температурі -2°C.

Горох - культура відносно маловимоглива до тепла. Зерна його проростають вже при температурі 1 - 2 °С. Сходи можуть витримувати без особливої шкоди короточасні заморозки, які досягають - 5 °С. Отже, горох без будь-якого побоювання можна висівати в ранні строки, одночасно з ранніми зерновими. При такому посіві зерна, які починають проростати, пройдуть стадію яровизації за більш сприятливих умовах, ніж при пізньому посіві, коли температура буває висока.

При більш високій температурі і меншій кількості вологи рослини гороху розвиваються значно швидше, що супроводжується зменшенням маси листя, тобто фотосинтезуючої поверхні і призводить до зниження врожаю.

Навіть у разі повернення весняного похолодання горох не дуже страждає. Встановлено, що ріст рослин, які вже зійшли, триває навіть при відносно низькій температурі 3 °С, штучно підтримуваній протягом всього місяця.

Цілий ряд форм гороху гірського походження може переносити зимові умови в південних пунктах України за наявності достатнього снігового покриву.

Завдяки здатності гороху зимувати, його можна обробляти як осінньо - зимову культуру, що дозволяє використовувати його на зелене добриво і на корм. При осінньо - зимовій культурі в поливних районах можливо використовувати воду для зрошення в період, коли основні культури вже не потребують поливу.

Сорти гороху розрізняються не тільки за стійкістю до низької температури, але і за потребою в теплі в окремі періоди розвитку. Ряд південних форм гороху більш вимогливий до тепла у перші фази розвитку, інші форми - в період від цвітіння до дозрівання, більшість же форм гороху невимоглива до тепла, як в перший, так і в подальші періоди. При підборі батьківських форм для схрещування в процесі виведення нових сортів необхідно враховувати цю важливу біологічну властивість різних форм гороху [7, 16].

### 1.3. Вимоги гороху до вологи

Горох відноситься до вологолюбних культур. Для одержання високих врожаїв необхідна вологість ґрунту 70 - 80% від найменшої вологості (НВ) [24]. Транспіраційний коефіцієнт залежить від сорту і погодних умов, коливається від 300 до 600. Багато сортів добре переносять надлишок вологи в ґрунті, але близькість ґрунтових вод несприятливо впливає на ріст і розвиток рослин. При доброму розвитку кореневої системи посіви нормально переносять короткочасну ґрунтову посуху.



Найбільшу потребу у волозі горох відчуває в період від фази утворення суцвіть до цвітіння [24]. Оскільки основна маса коренів гороху розташована в півметровому шарі ґрунту, факторами зволоження є опади і запаси продуктивної вологи у верхніх шарах ґрунту.

У початковий період розвитку рослин головну роль відіграє волога орного шару ґрунту. Оптимальними вважаються запаси вологи в ґрунті в межах 70 - 80% від НВ, тобто приблизно 30 мм продуктивної вологи в орному шарі і 50 мм у півметровому.

За даними Д.П.Федюшиної, зменшення запасів продуктивної вологи в орному шарі ґрунту з 30 до 20 мм спричиняє зниження густоти посіву рослин зі 100 до 80 - 70 рослин на 1 м<sup>2</sup> у період формування репродуктивних органів, цей період вважається критичним стосовно до вологи [22 ].

Д.П. Федюшина також показала, що запаси продуктивної вологи за вказаний період є визначальним фактором майбутнього врожаю. У роки з добрим врожаєм гороху (більше ніж 12 ц/га) запаси вологи в півметровому шарі ґрунту становили 50 - 80 мм. При запасах вологи 45 - 65 мм урожай становив 8 - 12 ц/га, а при зниженні запасів до 33 - 55 мм урожай також знижувався до 8 ц/га [23].

Д.П.Федюшина вважає, що в посушливих умовах Північного Казахстану критичний період триває 20 - 10 днів до початку масового цвітіння і 10 днів після нього [22, 23].

Для центральної частини Нечорноземної зони Росії В.Ф.Паніна встановила тридцятиденний критичний період, який охоплює 20 днів до початку цвітіння і наступні 10 днів [10, 11].

Горох найбільш вимогливий до вологи в перший період розвитку. Сіяти горох необхідно якомога раніше, коли є достатній запас весняної вологи в ґрунті.

Про вимогливість гороху до вологи можна судити за кількістю води, необхідної для створення сухої маси. На утворення 1 кг сухої речовини горох

витрачає від 235 до 1658 кг води в залежності від різного забезпечення рослин всіма життєво необхідними умовами: певною температурою, світлом, поживними речовинами.

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

Для набухання і проростання зерен гороху потрібно 110 - 115%, а мозкових сортів - до 150% води від їх маси. Найкращі умови для росту складаються при випаданні 450 - 600 мм опадів на рік, а вологість ґрунту повинна становити 70 - 80% від НВ. Найбільш вимогливі рослини гороху до вологозабезпечення в фазах бутонізації, цвітіння і формування бобів.

У посушливі роки тривалість вегетаційного періоду гороху може скорочуватися в півтора разу. Найбільш стійкими до посухи є ранньостиглі сорти, які встигають сформувати урожай, використовуючи зимові запаси вологи в ґрунті.

Незважаючи на те, що горох не відноситься до посухостійких культур, його можна вирощувати у відносно посушливих умовах. Це можливо завдяки глибокому проникненню в ґрунт добре розвиненої стрижневої кореневої системи. Транспіраційний коефіцієнт дорівнює 400 - 600. Внесення фосфорних і калійних добрив скорочує витрати води на 6 - 10%.

#### 1.4. Вимоги гороху до світла

Горох - світлолюбна рослина довгого дня. Недостача світла зумовлює посилений ріст стебел, витягування їх, раннє вилягання, слабкий розвиток кореневої системи, погане цвітіння і плодоношення, низький вміст білків, цукрів, крохмалю, які визначають основну цінність врожаю гороху [4, 16].

Потреба в освітленості в різні фази розвитку рослин неоднакова: в молодому віці вони краще переносять затінення, ніж в більш пізні періоди розвитку.

Поряд з інтенсивністю освітлення на розвиток гороху великий вплив має його тривалість або співвідношення тривалості дня і ночі. Горох пізньостиглих і середньостиглих сортів швидше розвивається, швидше зацвітає і рясніше плодоносить в умовах довгого літнього дня. Меншою мірою або зовсім не реагують на зміну тривалості дня середньо - і ранньостиглі сорти.

Найбільш чутливий до світла горох в період формування і досягання плодів.

Змінюючи строки і способи посіву, густоту посіву рослин можна значною мірою регулювати світловий режим посіву.

Фотоперіодична реакція гороху тісно пов'язана зі спектральним складом світла. В спектрі тривалого дня переважають довгохвильові промені, що сприяє прискореному розвитку гороху і значно підвищує його урожай.

### 1.5. Вимоги гороху до ґрунтів і поживних речовин

Горох - культура високородючих ґрунтів. Найвищі врожаї отримують на чорноземах, сірих лісових і окультурених дерново-підзолистих ґрунтах. Реакція ґрунтового розчину має бути нейтральною (рН 6,8 - 7,4). У ґрунті повинно бути достатньо гумусу, вапна, фосфору, калію і мікроелементів молібдену і бору. На важких, дуже щільних і кислих ґрунтах коренева система розміщується неглибоко, пригнічується життєдіяльність бульбочкових бактерій. Непридатні для вирощування гороху важкі, глинисті, кислі, перезволожені ґрунти. На легких, бідних ґрунтах горох посівний

забезпечує низьку врожайність, вони більш придатні для вирощування гороху польового [25].

Для зернобобових культур найбільш сприятливими є легкі супіщані і суглинкові ґрунти. Однак, горох може дати високі врожаї на більш зв'язних і навіть важких ґрунтах завдяки тому, що його сім'ядолі не виносяться на поверхню ґрунту.

Мінеральне живлення гороху відрізняється тим, що його коренева система має високу розчинювальну здатність, яка дозволяє рослині використовувати важкорозчинні поживні мінеральні речовини [8].

Завдяки симбіозу рослин гороху і бактерій, культура отримує не тільки значну кількість азотистих речовин для утворення врожаю, але і залишає в ґрунті великі їх запаси (до 80 - 100 кг/га) у вигляді зв'язаного бактеріями азоту. Однак було б помилкою вважати, що рослини гороху повністю забезпечуються азотом за рахунок діяльності азотфіксуючих бактерій. Основним джерелом азоту для рослин, особливо в період до цвітіння, служать ґрунтовий азот і азот, внесений з мінеральними добривами [4, 8, 16].

Критичним стосовно потреби гороху в мінеральних добривах є період сходи - бутонізація. Але ефективність внесення добрив багато в чому залежить від погодних умов, які є регулятором ступеня засвоєння рослинами мінеральних речовин.

Найкраще поглинання мінеральних речовин рослинами відбувається при температурі поживного розчину 18 °С і дещо вищій. При зниженні температури до 10 °С ступінь засвоєння поживних речовин різко зменшується, а при гострій нестачі води добрива навіть шкідливо впливають на ріст і розвиток рослин. Так, зниження продуктивної вологи в орному шарі до 19 мм ускладнює поглинання кореневою системою гороху мінерального живлення, а при запасах вологи менших ніж 10 мм мінеральні речовини практично не засвоюються.

Крім внесення основних добрив на урожай гороху позитивно впливає внесення мікроелементів, таких як марганець, молібден, бор.

Найбільш високі врожаї гороху одержують при посіві його на середньозв'язних суглинках і супісках. На занадто щільних глинистих ґрунтах створюються несприятливі умови для росту гороху. Значною мірою цей негативний вплив щільних запливаючих ґрунтів зумовлюється сильним пригніченням життєдіяльності бульбочкових бактерій, що поселяються на коренях гороху. Для доброго його росту необхідно створити певну пухкість ґрунту.

Вміст поживних речовин в ґрунті справляє вирішальний вплив на врожайність гороху. Тільки при достатній забезпеченості ґрунту поживними речовинами, особливо фосфором, калієм і кальцієм, створюються умови для одержання високого врожаю зерен [25].

Ряд дослідників підкреслюють роль азотних добрив в збільшенні врожайності гороху. Разом з тим безпосередньо під горох, як правило, не слід вносити свіже гнойове добриво. В іншому випадку сильно розвивається зелена маса на шкоду зернам.

## 1.6 Характеристика сортів

Ознаки сортів гороху. По висоті стебла сорти гороху бувають: низькорослі - менше 50 см висоти, середньорослі - від 100 до 150 см і високорослі - від 150 до 300 см. В умовах вологого клімату висота стебла одного і того ж сорту буває значно більше, ніж в умовах посушливого клімату. Форма боба також відносно стійка сортова ознака. Розрізняють боби прямі з тупою верхівкою, вигнуті зі спинної сторони, з тупою або гострою верхівкою. Зазвичай сорти гороху, оброблювані в польовій культурі, мають у бобі 3 - 5 зерен, а оброблювані в овочівництві до 9 і в окремих випадках до 10-11 зерен [3].

Кількість білка в насінні також піддається коливанням залежно від сорту і умов обробітку. Один і той же сорт гороху має більший відсоток білка при вирощуванні в більш південних і східних районах. Вміст білка підвищується також при внесенні добрив.

Дослідження, проведені В. М. Міловим в біохімічній лабораторії ВІР, показують, що накопичення білка в насінні гороху залежить не тільки від кліматичних умов окремих районів, але також і від умов вирощування.

Сорти продовольчого використання розрізняються за розвареністю зерен. Великий вплив на розварюваність зерен гороху надають умови його вирощування.

«Мадонна». Стебло звичайне, висотою 57-81 см. Загальна кількість міжвузлів 13 - 14. Прилістники напівсерцеподібні, біля основи зубчасті. Квітки білі, суцвіття 8-11. Листя з трьома парами яйцевидних листочків по два рідше по одному на квітконіжці. Насіння жовто-рожеве, округле, гладке з матовим відтінком. Маса 1000 зерен – 229 - 254 г. Середньоранній, досягає за 77-80 днів. Посухостійкий, досить стійкий до вилягання та осипання. Підходить для прямого комбайнування. Білка має 21,3 - 24,0%. Стійкий до кореневої гнилі, аскохітозом уражається слабо. На державних сортовипробувальних станціях за роки випробування отримувал середній урожай - 32,1 - 36,1 ц/га. Потенційна можливість сорту- 55 - 65 ц/га. Рекомендований для вирощування в зонах Степу, Лісостепу.

«Стартер». Новий ранньостиглий сорт зернового гороху, має високу стійкість до вилягання і стресів, має високу урожайність. Початок цвітіння - ранній, дозрівання рівномірне, висота рослин - середня. Стебло звичайної форми, висота від кореневої шийки до кінця верхнього міжвузла 84 см. Загальна кількість міжвузлів - 16, до першого суцвіття 13-14 шт.

Квітки, великі білі, по 2-3 шт. Боб має розвинений пергаментний шар, зеленого або жовтого кольору. Довжина бобу 6,9 см, ширина 1,3 см. Максимальна кількість зерен у бобі 9 шт. Насіння округлої форми, жовте.

Маса 1000 зерен 205 г. Вміст білка в зерні 21, 5%. Норма висіву 0,8 - 1 млн.га схожих зерен. Сорт виділяється дружнім дозріванням, горох збирають при вологості зерна 16-19% і при світло – коричневому кольорі стручка. Придатний для вирощування в усіх регіонах України. Рекомендований для вирощування в зонах Степу.

Сорт безлисточковий (вусатий) напівкарликового типу. Стебло звичайне, висота рослин 50 - 70 см. Квіти білі, на квітконосі по 2, боб лущільного типу, середньовеликі, слабовигнутий, з тупою верхівкою. Кількість насінин у бобі в середньому 5- 6, максимальна - 7. Насіння рожеві, округло - здавлені, з гладкою поверхнею, з ознакою стійкості до осипання. Сорт зернового використання, середньостиглий. Тривалість вегетаційного періоду 71-75 днів. Маса 1000 зерен 270 - 280 г. Вміст білка в насінні 22-23%. Сорт має високі смакові якості. Стійкий до вилягання і придатний до збирання прямим комбайнуванням. Максимальна врожайність - 5,92 т/га. Внесений до Реєстру сортів рослин України в 2007 році для зон Степу та з 2010 року визнаний національним стандартом.

«Девіз». Зернового використання, безлисточковий, середньостиглий вегетаційний період 85 - 97 днів. Стійкий до вилягання, придатний до збирання прямим комбайнуванням, вимагає своєчасного збору. Стійкий до посушливих умов вирощування. Занесений до Реєстру з 2010 року. Різновид - contecstum (зчеплений), подрізновид - mesomelan (насінневий рубчик чорного кольору). Висота рослин - 78-85 см. Квітки білі, на квітконіжках по 2 квітки. Боб лущільного типу, довгий, вузький, з наявністю пергаментності. Горошина сферичної форми. Кількість зерен у бобі 4-5, насіння рожеве, з чорним рубчиком. Маса 1000 зерен - 250-270 г. Вміст білка в зерні 20-23%. Середня врожайність 36 ,3 - 37, 6 ц / га, при сприятливих умовах отримували до 50 ц/га. Агротехніка звичайна для зони вирощування. Аскохітозом і корневими гнилями уражується нижче стандартів. Рекомендовано для поширення в зоні Степу.

« Каді». Рослини сорту середньої висоти, з двома квітками на вузлі, цвітуть дуже рано і рано дозрівають. Стебло середньої довжини, з дуже великою кількістю вузлів. Черешок листа середньої довжини. Прилисток добре розвинений, зеленого кольору, з середньою інтенсивністю забарвлення. Довжина і ширина - середні, дуже щільна плямистість. Боб жовтого кольору, має середню кількість зернових зачатків, середньої довжини, вузький, з наявною пергаментністю, з відсутнім або дуже слабким ступенем вигину та увігнутим типом його прояву. Насіння сферичної форми, з простими крохмальними зернами і сім'ядолі жовтого кольору. Маса 1000 зерен середня. Тип розвитку - ярий. Середньостиглий, вегетаційний період - 82 доби. Сорт інтенсивного типу, придатний для механізованого збирання. За даними заявника, норма висіву - 1,0-1,2 млн/га схожих зерен. За роки випробування на обласних державних центрах експертизи сортів рослин отримали середній урожай 34,5 ц /га, що на 5,3 ц/га більше за стандарт. Вміст білка - 22,6 %. Сорт рекомендований для поширення в зоні Степу.



## 2 ФІЗИКО - ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ

### 2.1 Фізико-географічна характеристика Миколаївської області

Миколаївська область (рис.2.1) розташована на півдні України, у басейні нижньої течії Південного Бугу, і займає площу понад 24,6 тис. км (4,1% території України).

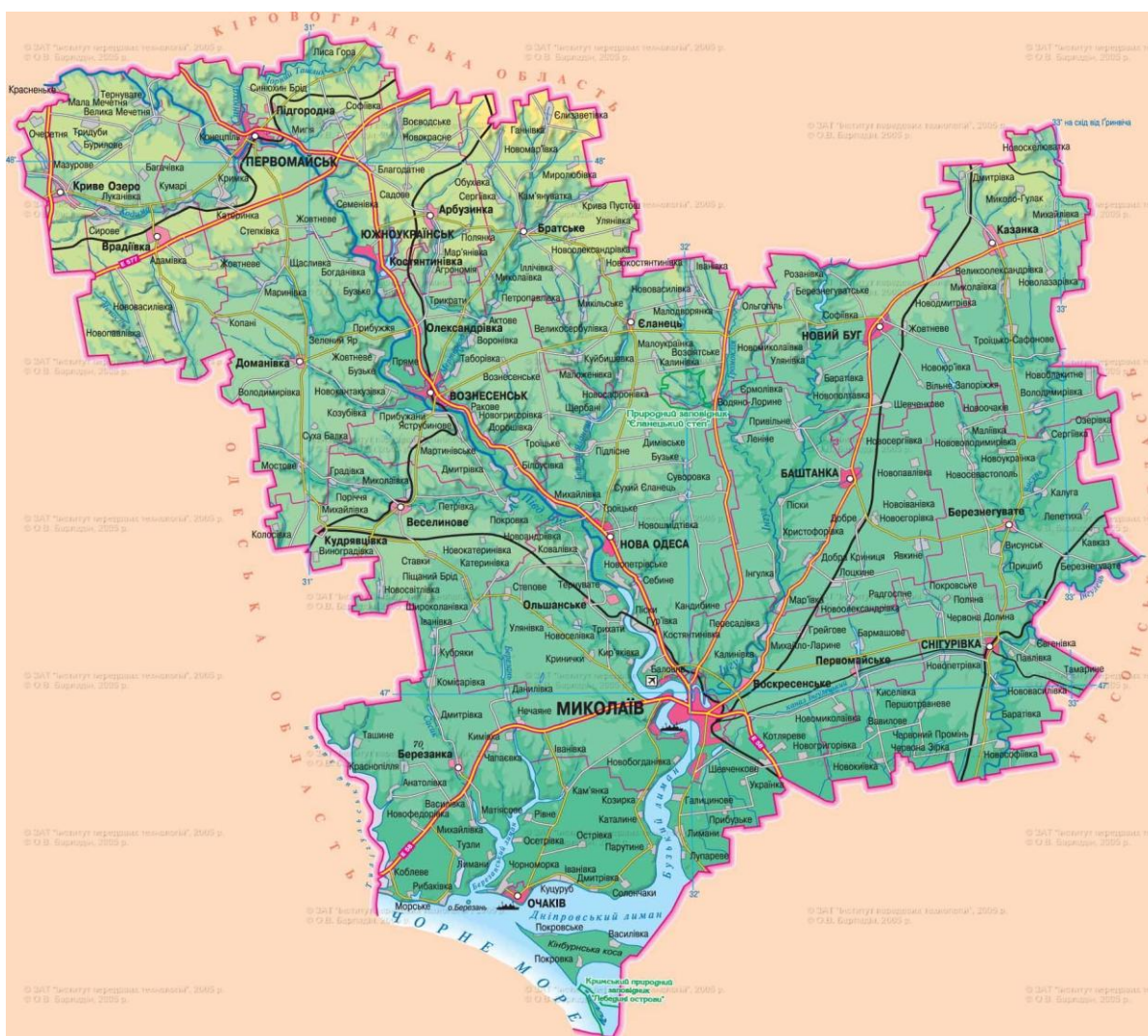


Рисунок 2.1 – Карта Миколаївської області

На заході, півночі й сході область межує із трьома іншими областями України: Одеською, Кіровоградською й Херсонською, відповідно.

За особливістю природних умов територія області належить до степової зони.

По території області протікають 85 річок завдовжки понад 10 км. Головною рікою, що перетинає територію області з північного заходу на південний схід є Південний Буг з притоками Інгул, Кодима та інші. На сході області протікає приток Дніпра – Інгулець. В межах області споруджено багато ставків та водосховищ, загальною площею водного дзеркала понад 13 тис. гектарів. Річки і ставки використовуються в основному для зрошування сільськогосподарських рослин.

Серед зональних типів ґрунтів на півночі області переважають чорноземи звичайні, на півдні – чорноземи південні, каштанові і темно-каштанові [1, 2].

Виробнича структура сільського господарства є рослинницько-тваринницька. Питома вага продукції рослинництва в загальному обсязі досягає 60%. Основними культурами рослинництва в області є зернові (озима пшениця, ярий ячмінь, кукурудза) під якими зайнято більш 40% посівних площ, технічні культури – соняшник та цукрові буряки, овочево-баштанні культури. Розвинуте садівництво та виноградарство.

В середньому за рік область виробляє до 2 млн. тонн зерна, більш як 230 тис. тонн соняшника, до 200 тис. тонн цукрових буряків, понад 200 тис. тонн овочів тощо. Частка області в загальнореспубліканському виробництві зерна досягає 5,7%.

Розвинуте рослинництво, в якому значну питому вагу займають кормові культури, є доброю базою для тваринництва, яке має м'ясо-молочний напрямок.

## 2.2 Агрокліматична характеристика Миколаївської області

Клімат помірно континентальний. Середня температура січня змінюється від  $-2$  до  $-9$  °С; липня - від  $+20$  до  $+24$  °С. Літо довге, сонячне, посушливе. Осінь тепла, у другій половині йдуть дощі. Зима коротка, холодна, малосніжна. Весна настає рано. Через різке підвищення температури повітря, волога з ґрунту швидко випаровується.

Сума температур вище  $10$  °С становить  $2400-3200$  °С. Тривалість безморозного періоду  $210$  днів. Тривалість сонячного сяйва за вегетаційний період перевищує  $1500$  годин [1].

Річна сума опадів знижується до  $450-250$  мм, що набагато нижче величини випаровуваності. Коефіцієнт зволоження Висоцького - Іванова нижче одиниці. Індекс сухості Будико швидко наростає, складаючи величину від  $1$  до  $2$ . Відносна вологість повітря зменшується і становить в травні в  $13$  годин близько  $45\%$ . Гидротермічний коефіцієнт  $<1,0$ . Кількість опадів  $350-450$  мм.

Літо довге, сонячне, жарке. Опадів випадає мало, характерні високі температури повітря в літні місяці, низька відносна вологість повітря, часті суховії, ґрунтові та повітряні посухи. Навесні і влітку гарячі суховії зумовлюють посуху. Середньорічна кількість опадів складає  $300-450$  мм з них в теплий період року  $200-250$  мм, часто у вигляді злив, які супроводжуються градом, грозою чи бурею і завдають значної шкоди сільському господарству. Бездощові періоди різної тривалості впродовж року можуть тривати понад  $40$  днів.

Зима коротка, холодна, малосніжна. Весна настає рано. Через те, що температура повітря різко підвищується волога з ґрунту швидко випаровується. У січні середня температура повітря становить  $-1,5$  до  $-5$  °С. Взимку холодні вітри спричиняють хуртовини. Вони руйнують родючий шар ґрунту. Серед різноманітних природних багатств вагоме місце займають кліматичні ресурси. Від їх відповідного використання значною мірою

залежать результати господарської діяльності людини. Встановлено, що одержувати високі врожаї можливо лише за використання сільськогосподарських культур на належному агротехнічному рівні з урахуванням особливостей погоди та клімату [1, 2].

### З БАЗОВА МОДЕЛЬ 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 [12-15, 17-21].

#### 3.1. Концепція моделювання

Базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур заснована на концепції максимальної продуктивності рослин Х.Г. Тоомінга [20], результатах моделювання формування урожаю рослин А.М. Польового [14] 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. 3.1):

- блок вхідної інформації;
- блок показників сонячної радіації і волого-температурного режиму з врахуванням експозиції схилів;
- блок функцій впливу фази розвитку і метеорологічних факторів на продукційний процес рослин;

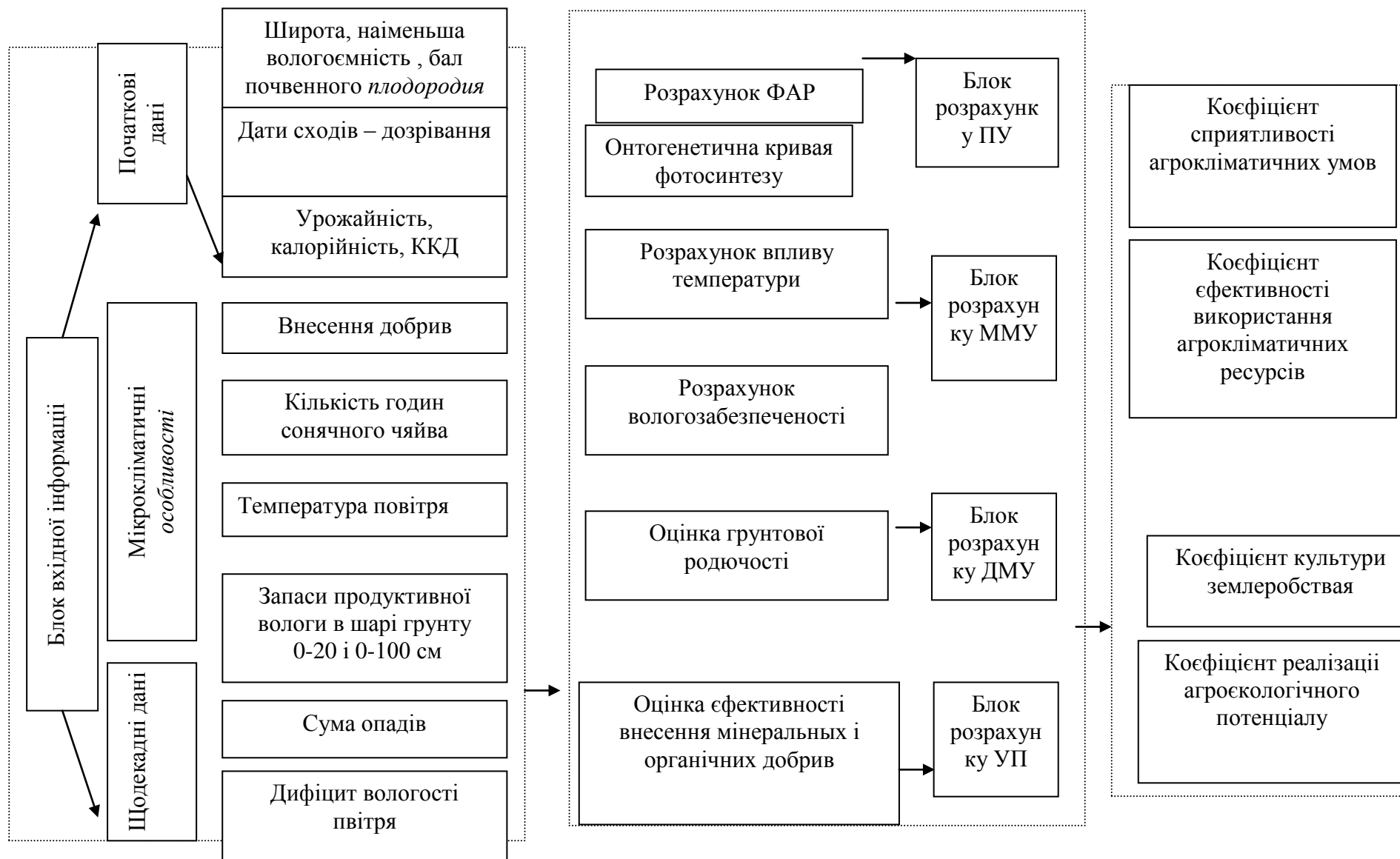


Рисунок 3.1. Блок–схема агрокліматичної моделі формування гороху

- блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням;
- блок агроекологічних категорій урожайності;
- блок узагальнюючих оцінюючих характеристик.

Розглянемо більш докладно ці блоки.

### 3.2 Блок вхідної інформації

Цей блок складається з даних стандартних метеорологічних і агрометеорологічних спостережень і містить в собі всі необхідні для виконання розрахунків характеристики. Вони діляться на три групи:

Перша група - запаси продуктивної вологи в ґрунті, середньодекадна температура, 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 їх оптимальній дозі, рік внесення органічних добрив, бал ґрунтового бонітету.

Третя група - інформація про експозицію і крутизну схилу, на якому розташоване поле, характеристика типу схилу і місця розташування поля на схилі.

### 3.3 Блок показників сонячної радіації і волого - температурного режиму з урахуванням експозиції поля

Для розрахунку інтенсивності сумарної сонячної радіації використовується формула С.І. Сівкова [18]

$$Q_o^j = 12,66 \cdot (SS^j)^{1,31} + 315 \cdot (A^j + B^j)^{2,1}, \quad (3.1)$$

де  $Q_0$  – сумарна сонячна радіація, що приходить на горизонтальну поверхню, кал/см<sup>2</sup>·добу;

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

$j$  – номер розрахункової декади;

$A$  и  $B$  – проміжні характеристики, що визначаються залежно від широти місцевості і схилення Сонця.

Інтенсивність сумарної сонячної радіації с урахуванням експозиції і крутості схилу визначається виразом:

$$Q_{eks}^j = k_{eks}^{Q(j)} \cdot Q_0^j \quad (3.2)$$

де  $Q_{eks}$  – сумарна сонячна радіація в залежності від експозиції и крутості схилу, кал/см<sup>2</sup>·добу;

$k_{eks}^Q$  – коефіцієнт для перерахунку середньої за декаду сумарної сонячної радіації з горизонтальної поверхні для схилів різної крутості, відн. од.

Величина  $k_{eks}^Q$  визначається залежно від широти місцевості, календарного місяця, експозиції і крутості схилу.

Для розрахунку температури повітря на схилі використовують вираз:

$$T_{S\ eks}^j = k_{eks}^{T(j)} \cdot T_S^j, \quad (3.3)$$

Сумарне випаровування визначається за формулою С.І. Харченко:

$$E_{eks}^j = \frac{2W_{eks}^j + O_{S\ eks}^j + P_{нор}^j}{1 + \frac{2W_{HB}}{E_{O\ eks}^j}}, \quad (3.4)$$

де  $E_{eks}$  – сумарне випаровування на схилі;

$P_{нор}$  – норма вегетаційних поливів;



$W_{HB}$  – найменша вологоємкість в шарі ґрунту 0-100 см;

$O_{S_{eks}}$  – сума опадів за декаду с урахуванням схилу;

$W_{eks}$  – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на схилі.

Для розрахунку запасів продуктивної вологи на схилі використовується рівняння водного балансу:

$$W_{eks}^{j+1} = W_{eks}^j + O_{S_{eks}}^j + P_{nor}^j - E_{eks}^j - F_{ilt_{eks}}^j. \quad (3.5)$$

### 3.4 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:

$$\alpha_{\Phi}^j = \exp \cdot \left[ -a_{\Phi} \left( \frac{TS_2 - \Sigma t_1}{10} \right)^2 \right], \quad (3.6)$$

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

$$\alpha_{\Phi} = \frac{-100 \cdot \ln \alpha_{\Phi}^o}{(\Sigma t_1)^2}, \quad (3.7)$$

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  $^{\circ}\text{C}$ ;

$TS_2$  – сума ефективних температур, °С.

Функція впливу температури повітря на продукційний процес рослин визначається як:

$$\psi_{\Phi} = \begin{cases} 13,7 \cdot \sin(0,077 \cdot x_1^j) & \text{при } (T^j - T_{\Phi}) < T_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } T_{opt1} \leq (T^j - T_{\Phi}) \leq T_{opt2}^j, \\ 1,13 \cdot \cos(1,570 \cdot x_2^j) & \text{при } (T^j - T_{\Phi}) > T_{opt2}^j, \end{cases}, \quad (3.8)$$

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

$T$  – середня температура повітря, °С;

$T_{\Phi}$  – середньодекадна температура повітря, при якій починається фотосинтез, °С;

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

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

В рівнянні(3.8) проміжні величини знаходяться за формулами:

$$x_1^j = (T_s^j \cdot k_{eks}^T - T_{\Phi}) / (T_{opt1}^j - T_{\Phi}), \quad (3.9)$$

$$x_2^j = (T_s^j \cdot k_{eks}^T - T_{opt2}^j) / (T_{max} - T_{opt2}^j), \quad (3.10)$$

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

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

$k_{eks}^T$  - коефіцієнт для перерахунку температури повітря на схилі.

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

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

$$\gamma_{\Phi} = \begin{cases} -1,163 \cdot (x_3^j)^2 + 2,187 \cdot x_3^j & \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W < W_{opt1}^j, \\ 1 & \text{при } W_{opt1}^j \leq W^j \cdot k_{eks}^W \leq W_{opt2}^j, \\ -0,654 + 3,824 \cdot x_4^j - 2,633 \cdot (x_4^j)^2 + 0,467 \cdot (x_4^j)^3 & \\ \text{при } W^j \cdot k_{eks}^W > W_{opt2}^j, & \end{cases} \quad (3.11)$$

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

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

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

$$x_3^j = W^j \cdot k_{eks}^W / W_{opt1}^j, \quad (3.12)$$

$$x_4^j = W^j \cdot k_{eks}^W / W_{opt2}^j, \quad (3.13)$$

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

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

$$FW = \left( \gamma_{\Phi}^j \cdot \frac{E_{eks}^j}{E_{0\,eks}^j} \right)^{0,5} \quad (3.14)$$

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

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

$$FTW_1 = (\psi_\Phi FW)^{0,5} \quad (3.15)$$

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

$$FTW_2 = \begin{cases} FTW_1[1 + (1 - \Psi_\Phi)(1 - FW)] & \text{при } t_n < t_{opt1} \\ FTW_1 & \text{при } t_{opt1} \leq t_n \leq t_{opt2} \\ FTW_1[1 - (1 - \Psi_\Phi)(1 - FW)] & \text{при } t_n > t_{opt2} \end{cases} \quad (3.16)$$

### 3.5 Блок родючості ґрунту і забезпеченості рослин мінеральним живленням

Родючість ґрунту характеризується вмістом у ній гумусу, залежить від ступеня впливу ерозії ґрунту.

$$G_{umeks} = k_{er}^G \cdot G_{um}, \quad (3.17)$$

$$F_{Gum} = \frac{G_{umeks}}{G_{umopt}}, \quad (3.18)$$

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

$G_{umeks}$  – вміст гумусу в ґрунті на схилах з урахуванням ерозії %;

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

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

Функція впливу вмісту гумусу в ґрунті визначається за формулою

А.С. Образцова для розрахунку забезпеченості рослин елементами мінерального живлення:

$$FW_{Gum} = (F_{Gum})^{1,35} \cdot \exp[1,1 \cdot (1 - F_{Gum})], \quad (3.19)$$

де  $FW_{Gum}$  - функція впливу вмісту гумусу в ґрунті на формування урожаю відн.од.

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

$$F_N = \frac{N_m}{N_{opt}}, \quad (3.20)$$

$$FW_N^j = F_N^{1,35} \cdot \exp \left[ 1 \cdot (-F_N) \cdot k_{ef}^j \right], \quad (3.21)$$

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

$N_{opt}$  – оптимальна доза азотних добрив, необхідна для отримання 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 розраховується за виразом:

$$k_{ef}^j = \begin{cases} 1 & \text{при } \frac{W_{eks}^j}{W_{opt1}^j} \geq 0,85, \\ 0,8 & \text{при } 0,70 < \frac{W_{eks}^j}{W_{opt1}^j} < 0,85, \\ 0,6 & \text{при } \frac{W_{eks}^j}{W_{opt1}^j} \leq 0,70, \end{cases} \quad (3.22)$$

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

$$F_{Org} = \frac{O_{rg}}{O_{rg\ opt}}, \quad (3.23)$$

$$FW_{Org}^j = \left( F_{Org} \right)^{1,35} \cdot \exp \left[ 1 \cdot \left( -F_{Org} \right) \right] k_{Org}^g \cdot k_{ef}^j, \quad (3.24)$$

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 та внесення мінеральних та органічних добрив розраховується за принципом Лібіха:

$$FWM_{ef}^j = \min \left\{ FW_{Org}^j, FW_N^j, FW_P^j, FW_K^j \right\}, \quad (3.25)$$

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

### 3.6 Блок агроекологічних категорій урожайності

Визначення величини різних агроекологічних категорій урожайності здійснюється з урахуванням внесених модифікацій, із залученням більш повної інформації та наповненням цих категорій новим змістом.

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

$$\frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} = \alpha_{\Phi}^j \frac{\eta \cdot Q_{\text{фар}}^j \cdot k_{\text{eks}}^{Q^j} \cdot d\nu^j}{q}, \quad (3.26)$$

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.

$\eta$  – ККД посівів, відн. од.

$Q_{\text{фар}}$  – середньонедікадна за сутки сума ФАР, кал/см<sup>2</sup> добу;

$k_{\text{eks}}^{Q^j}$  – коефіцієнт для перерахунку середньої за декаду сумарної сонячної радіації з горизонтальної поверхні для схилів різної експозиції і крутості, відн. од.

$q$  - калорійність.

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

$$\frac{\Delta ММУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ПУ^j}{\Delta t} \cdot FTW_2, \quad (3.27)$$

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

$FTW_2$  - загальнена функція впливу волого-температурного режиму з корекцією на поєднання різних екстремальних умов, відн. од.

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

$$\frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ММУ^j}{\Delta t} B_{nl} F_{Gum}, \quad (3.28)$$

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

$B_{nl}$  – бал ґрунтового бонітету, відн. од.

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

$$\frac{\Delta UB^j}{\Delta t} = \frac{\Delta ДМУ^j}{\Delta t} k_{земл} FWM_{ef}^j, \quad (3.29)$$

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 та 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 урожаю зерна при його стандартній 14% - й вологості визначаються за виразом:

$$ПУ_{зерна} = ПУ \cdot K_{госп.}^{ПУ} 1,14 \cdot 0,1 \quad (3.30)$$

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

$K_{госп.}^{ПУ}$  – частка зерна в загальній масі потенційного урожаю, віднн. од., що визначається залежно від розмірів урожаю загальної біомаси.

Аналогічно визначаються відповідно дійсно метеорологічно можливий урожай  $ДМУ_{зерна..}$ , та метеорологічно можливий  $ММУ_{зерна..}$  і урожай на виробництві  $УП_{зерна}$  зерна.



### 3.7 Блок узагальнених оціночних характеристик

Аналіз різних агроекологічних категорій урожайності (ПУ, ММУ, ДМУ), а також їх співвідношень і відмінностей дозволяє судити про природні і антропогенні ресурси сільського господарства, а також про ефективність господарського використання цих ресурсів щодо вирощування сільськогосподарських культур.

Розглянемо *п'ять* узагальнених характеристик:

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

$$K_m = \text{ММУ}_{\text{зерна}} / \text{ПУ}_{\text{зерна}}, \quad (3.31)$$

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

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

$$K_2 = \text{ДМУ}_{\text{зерна}} / \text{ММУ}_{\text{зерна}}, \quad (3.32)$$

де  $K_2$  - Коефіцієнт сприхитливості 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

$$K_{\text{акл}} = \text{УВ}_{\text{зерна}} / \text{ММУ}_{\text{зерна}}, \quad (3.33)$$

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

$$K_{земл} = UB_{зерна} / ДМУ_{зерна}, \quad (3.34)$$

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

5. Величина відносини урожайності у виробництві до потенційної урожайності характеризує рівень реалізації агроекологічного потенціалу

$$K_{аек.пот} = UB_{зерна} / ПУ_{зерна}, \quad (3.35)$$

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

Підвищення рівня  $УП_{зерна}$  і доведення його до  $ДМУ_{зерна}$  потребує ретельного дотримання всіх засобів агротехніки, виконання їх у повній відповідності з агрометеорологічних умов на конкретному полі. Це є першочерговим завданням програмування урожаїв, спрямованого на усунення дії різних господарських факторів, які знаходяться в мінімумі.

Наближення  $ДМУ_{зерна}$  до  $ММУ_{зерна}$  вимагає виконання різних 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, які 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 (3.1) - (3.35) дозволяють визначити основні агроекологічні категорії урожайності сільськогосподарських культур для різних елементів рельєфу, які формуються під впливом ґрунтово - кліматичних умов і мікрокліматичних особливостей досліджуваних територій і виконати для цих територій оцінку агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур [12].

## 4 МОДЕЛЮВАННЯ АГРОЕКОЛОГІЧНИХ РІВНІВ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ГОРОХУ В МИКОЛАЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Моделювання агроєкологічних рівнів формування врожаю гороху проводилось стосовно території Миколаївської області. Ми розглянули дві найбільш характерні для цієї зони станції: Баштанка, Березанка.

### 4.1 Вплив агрокліматичних умов на динаміку приросту агроєкологічних рівнів урожайності на ст.Баштанка

Як і в інших культур, максимальний врожай гороху в оптимальних умовах волого-температурного режиму формується під впливом приходу ФАР. Розглянемо умови формування приростів ПВ (потенційний врожай) на ст.Баштанка.

На рисунку 4.1 представлена динаміка приростів потенційної урожайності (ПВ) гороху та сум ФАР на ст.Баштанка. Як видно з рис.4.1 на фазу сходів сума ФАР за декаду складає 5,6-6,4 кДж/см<sup>2</sup>, а величина приростів ПВ складає 20,7-100 г/м<sup>2</sup> ·д. Від фази сходів до утворення суцвіття сума ФАР за декаду постійно збільшується від 6,5 до 10,5 кДж/см<sup>2</sup> за декаду. Це призвело до того, що прирости ПВ за цей між фазний період постійно зростають від 20,7 до 171 г/м<sup>2</sup> ·д. У фазу цвітіння прирости ПВ досягають свого максимуму – 173,4 г/м<sup>2</sup> ·д.

В подальшому по мірі настання фази досягання відбувається старіння рослин, що обумовлює зниження приростів ПВ на фоні досить високих сум ФАР за декаду (10,6-11,1 кДж/см<sup>2</sup>).

У фазу досягання прирости зменшились до 113 г/м<sup>2</sup> ·д. Приріст ПВ обмежується впливом волого-температурного режиму посівів.

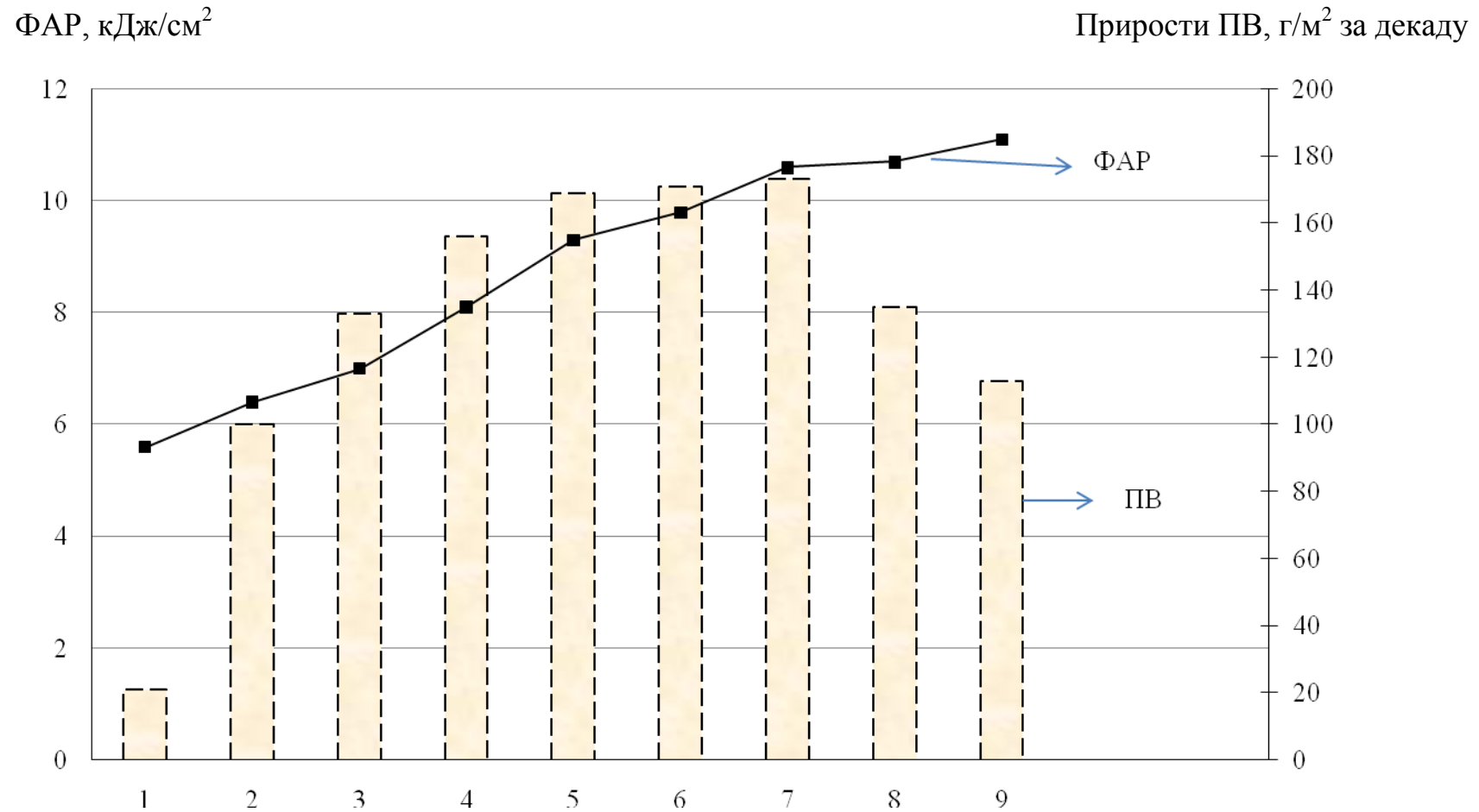


Рисунок 4.1- Динаміка декадних приростів ПВ гороху та сум ФАР на ст.Баштанка, Миколаївської області

В перші декади вегетації (сходи-утворення суцвіття) сумарне випаровування посівів гороху (рис.4.2) складає 7-11 мм, випаровуваність знаходиться в межах 9-16 мм. Найбільше значення випаровування було в період наростання рослинної маси в між фазний період сходи-цвітіння, коли воно збільшилось від 12 до 16 мм за декаду. Випаровуванність в цей період значно зростає від 23 до 49 мм.

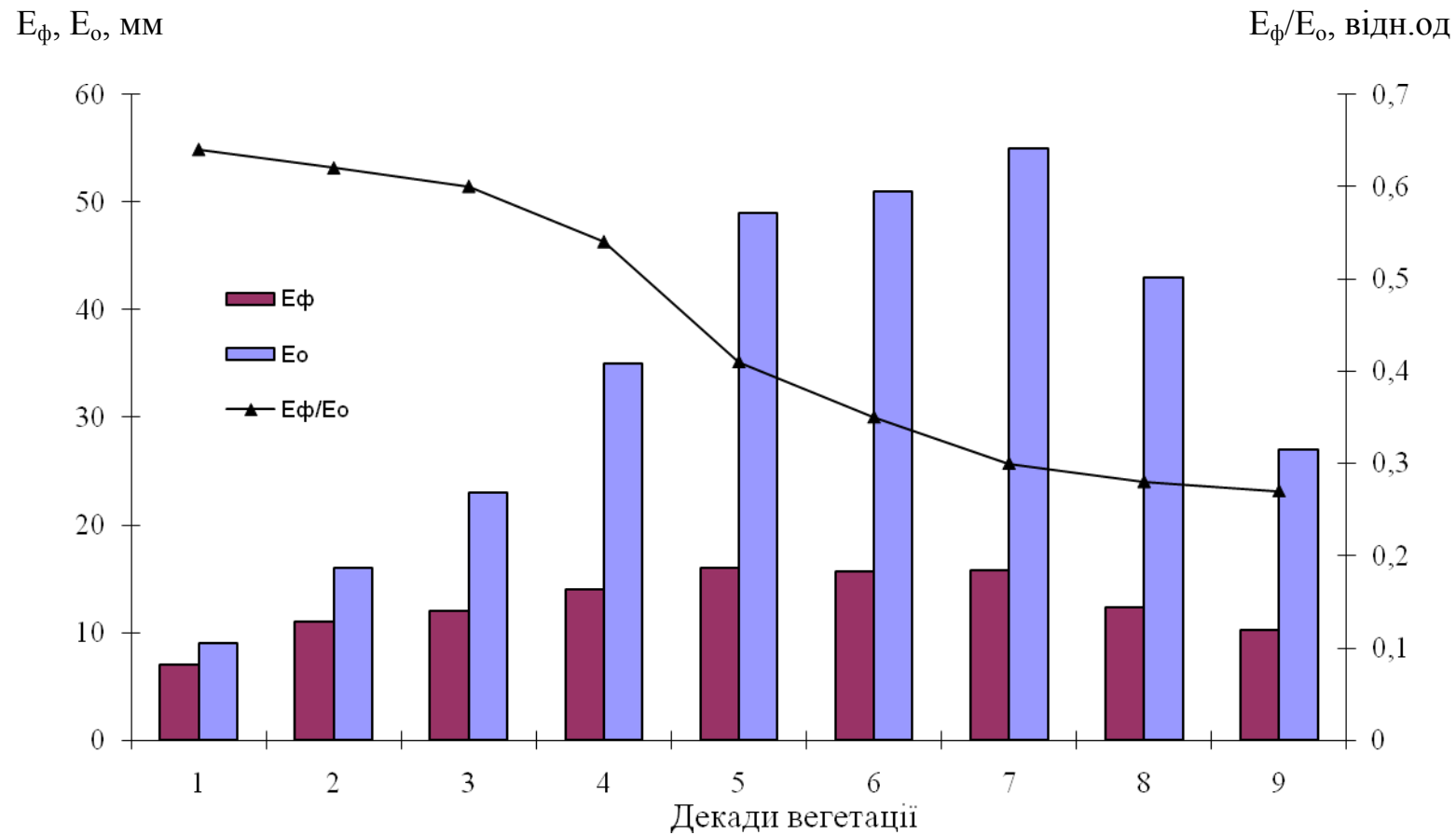
Період цвітіння являється критичним по відношенню до вологи і для підтримання оптимальної вологозабезпеченості необхідні високі запаси вологи в ґрунті. Найбільш високі величини випаровуваності спостерігаються в період цвітіння-достигання, вони досягають 49-55 мм. До фази достигання сумарне випаровування гороху зменшилось до 10,2 мм, значення випаровуваності знизилось до 27 мм.

Вдносна вологозабезпеченість посівів на початкових фазах розвитку була достатньо висока, хоча і від декади до декади знижувалась. В період сходи-утворення суцвіття вона була найбільша і склала 0,64-0,62 відн.од.

В період максимального наростання маси від сходів до цвітіння вона знижувалась від 0,6 до 0,41 відн.од. В наступний період відбувалось незначне погіршення вологозабезпеченості до 0,27 відн.од.

Температурний режим в період вегетації (рис.4.3) був близький до верхньої межі оптимальних температур для фотосинтезу. В фазу сходів середня температура повітря складала 11,2-16,4 °С. В період сходи-цвітіння температура піднялась до 20,7 °С, що на 1,0 °С вище верхньої межі оптимальних температур. В період цвітіння-достигання температура повітря складала 18,1-22,1 °С і знаходилась в межах між нижньою та верхньою межею оптимальних температур.

Такий хід волого-температурного режиму визначив прирости ММУ гороху. Як видно на рис.4.4, в період сходи-утворення суцвіття прирости ММУ складають 20,7-90 г/м<sup>2</sup> за декаду. В наступний період прирости ММУ



$E_{\phi}$ -випаровування;  $E_o$ -випаровуваність;

$E_{\phi}/E_o$ -відносна вологозабезпеченість

Рисунок 4.2 – Динаміка характеристик водного режиму посівів гороху на ст.Баштанка, Миколаївської області

Температура, °С

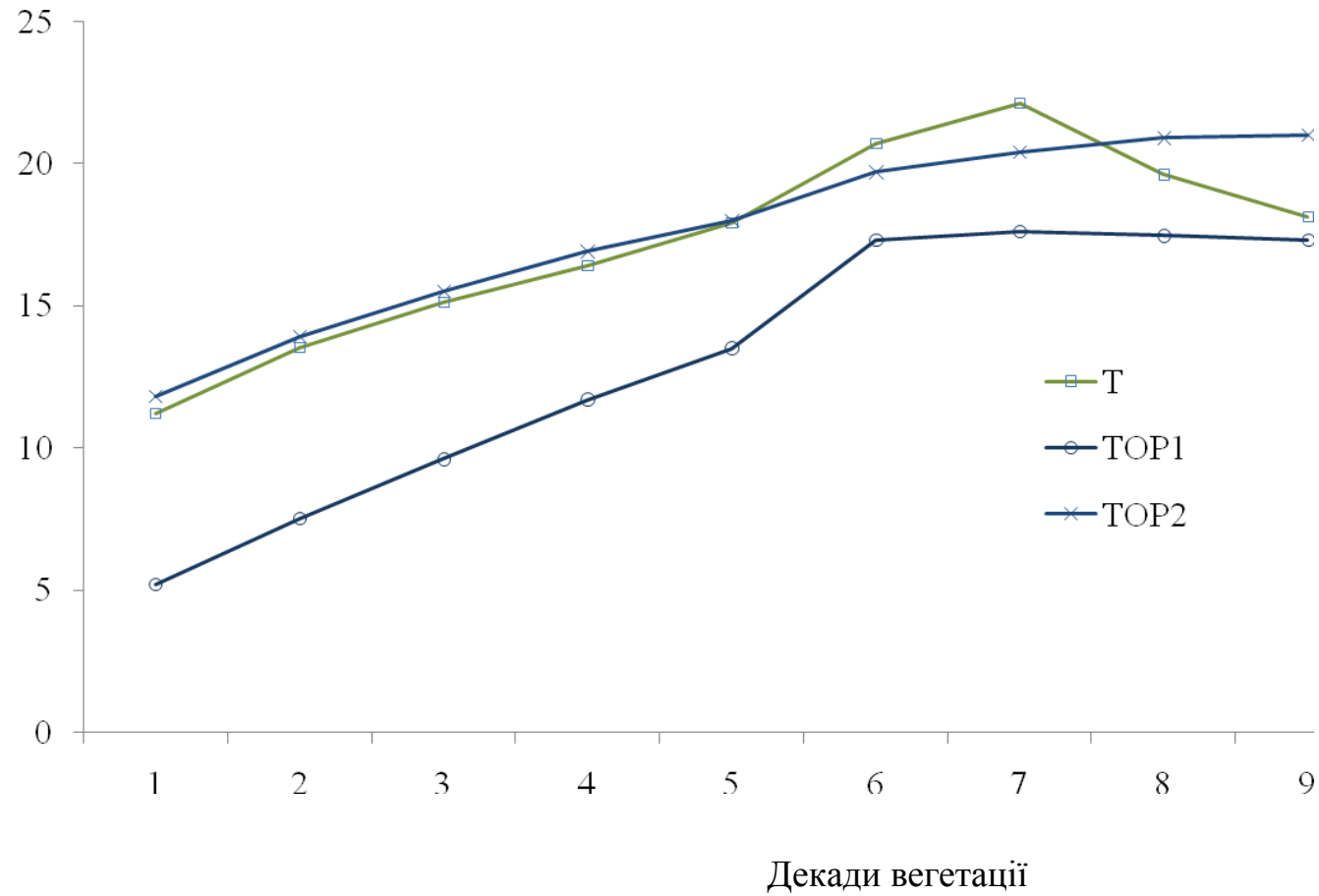
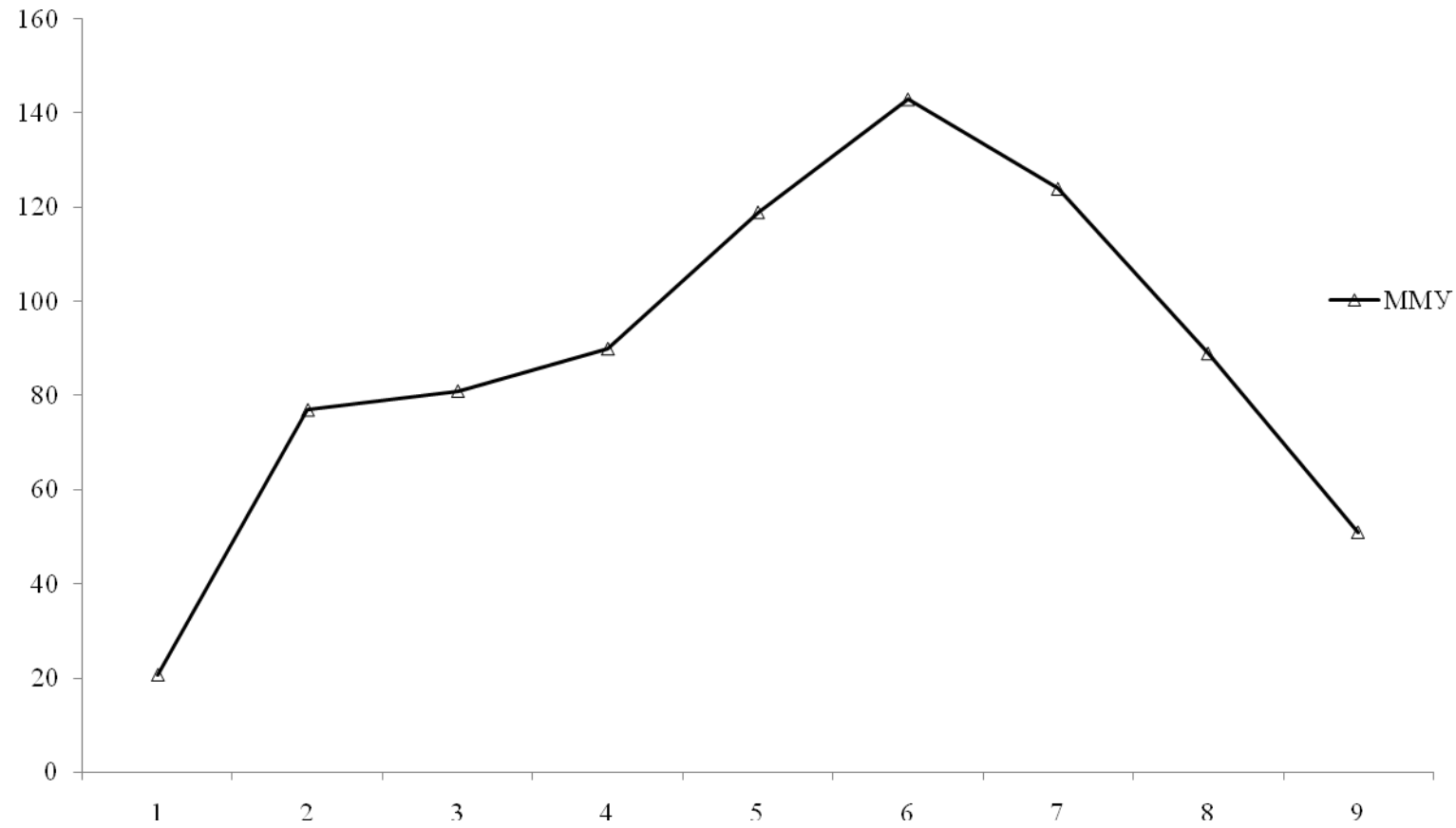


Рисунок 4.3 – Динаміка характеристик термічного режиму гороху на ст.Баштанка, Миколаївської області: TOP1 і TOP2 – нижня та верхня оптимальна межа температури для фотосинтезу; T – температура повітря.



ММУ, г/м<sup>2</sup> за декаду



Декади вегетації

Рисунок 4.4- Декадний хід приростів ММУ гороху на ст.Баштанка, Миколаївської області

збільшувались, максимальними вони були в декади близькі до цвітіння і склали 90-143 г/м<sup>2</sup> за декаду. В період після цвітіння прирости ММУ знизились. Від фази цвітіння до досягання прирости зменшились від 113 до 51 г/м<sup>2</sup> за декаду.

Прирости ДМУ лімітуються балом родючості ґрунтів. За рахунок цього рівень приростів ДМУ загальної та сухої біомаси буде суттєво нижчим в порівнянні з ММУ. В період сходів прирости ДМУ (рис.4.5) склали 18,2 г/м<sup>2</sup> за декаду. В період утворення суцвіття-цвітіння цей приріст збільшився до 106 г/м<sup>2</sup> за декаду і в подальшому прирости ДМУ постійно зменшуються. В період цвітіння-досягання вони склали 89-106 г/м<sup>2</sup> за декаду. В подальшому з настанням фази досягання прирости ДМУ знизились до 34,9 г/м<sup>2</sup> за декаду.

Урожай у виробництві визначається загальним рівнем культури землеробства, який прийнятий в даному регіоні і дозами ефективності внесення мінеральних і органічних добрив. При заданому рівні культури землеробства (0,5 відн.од.) і розрахованій ефективності внесення органічних і мінеральних добрив, яка дорівнює 0,89 відн.од. динаміка приростів УВ наведена на рис.4.5. В період сходів вона змінюється від 11,6 до 14,3 г/м<sup>2</sup> за декаду. Максимальне значення приростів УВ спостерігається в середині періоду сходи – утворення суцвіття. Значення приростів УВ в цей період досягає 22,6 г/м<sup>2</sup> за декаду. В період цвітіння відбувається деяке зиження приростів УВ до 21,2 г/м<sup>2</sup> за декаду. В подальшому при настанні фази досягання прирости УВ знизились до 15,5 г/м<sup>2</sup> за декаду.

Прирости сухої маси, г/м<sup>2</sup> за декаду

Б, відн.од.

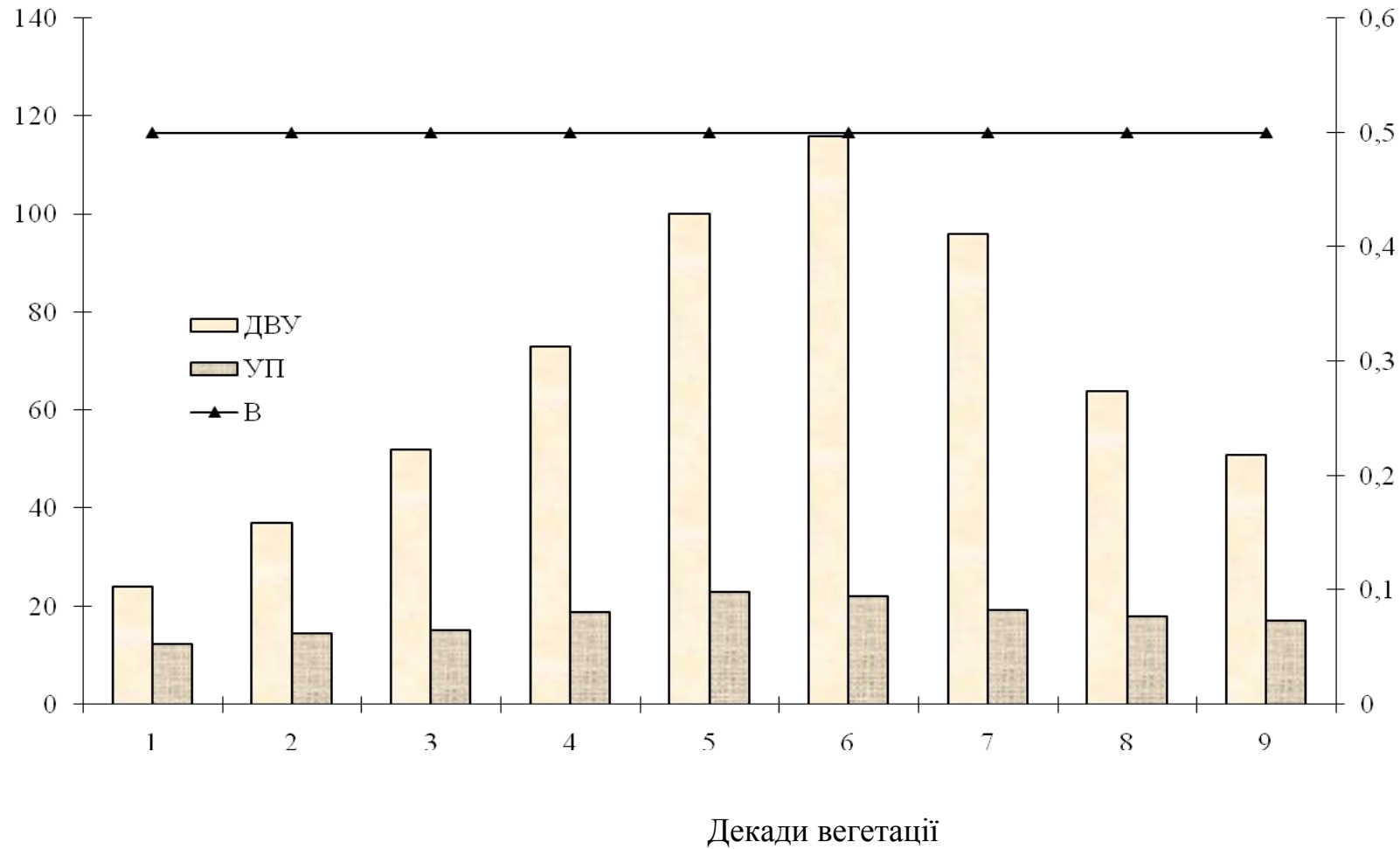


Рисунок 4.5 – Динаміка приростів ДМУ і УВ гороху на ст.Баштанка, Миколаївської області

## 4.2 Вплив агрокліматичних умов на динаміку приросту агроекологічних рівнів урожайності на ст.Березанка

При оптимальній забезпеченості рослин вологою, теплом та мінеральним ґрунтовим живленням максимальний приріст фіто маси гороху визначається приходом ФАР за період розвитку та коефіцієнтом її використання. На рис. 4.6 представлена динаміка приростів потенційної врожайності (ПВ) гороху та сум ФАР на ст.Березанка. Як видно з рис.4.6 на фазу сходів сума ФАР за декаду складає 5,8-6,7 кДж/см<sup>2</sup>, а величина приростів ПВ складає 102 -110 г/м<sup>2</sup> ·д. Від фази сходів до утворення суцвіття сума ФАР за декаду постійно збільшується від 6,7 до 10,0 кДж/см<sup>2</sup> за декаду. Це призвело до того, що прирости ПВ за цей між фазний період постійно зростають від 110 до 186 г/м<sup>2</sup> ·д. У фазу цвітіння прирости ПВ досягають свого максимуму – 220 г/м<sup>2</sup> ·д. В подальшому по мірі настання фази досягання відбувається старіння рослин, що обумовлює зниження приростів ПВ на фоні досить високих сум ФАР за декаду. У період цвітіння – досягання ПВ зменшилось до 116 г/м<sup>2</sup> за декаду. Рівень приростів ПВ лімітується факторами тепла та вологи.

Сумарне випаровування посівів гороху в перші декади вегетації (сходи-утворення суцвіття) складає 11,5 – 12,5 мм, випаровуваність знаходиться в межах 15 – 18 мм. Найбільше значення випаровування було в період наростання рослинної маси в міжфазний період сходи-цвітіння, коли воно збільшилось від 15 до 18,5 мм за декаду. Випаровуванність в цей період значно зростає від 22 до 46 мм (рис.4.7).

Період цвітіння являється критичним по відношенню до вологи і для підтримання оптимальної вологозабезпеченості необхідні високі запаси вологи в ґрунті. Найбільш високі величини випаровуваності спостерігаються в період цвітіння-досягання, вони досягають 45-48 мм. До фази досягання

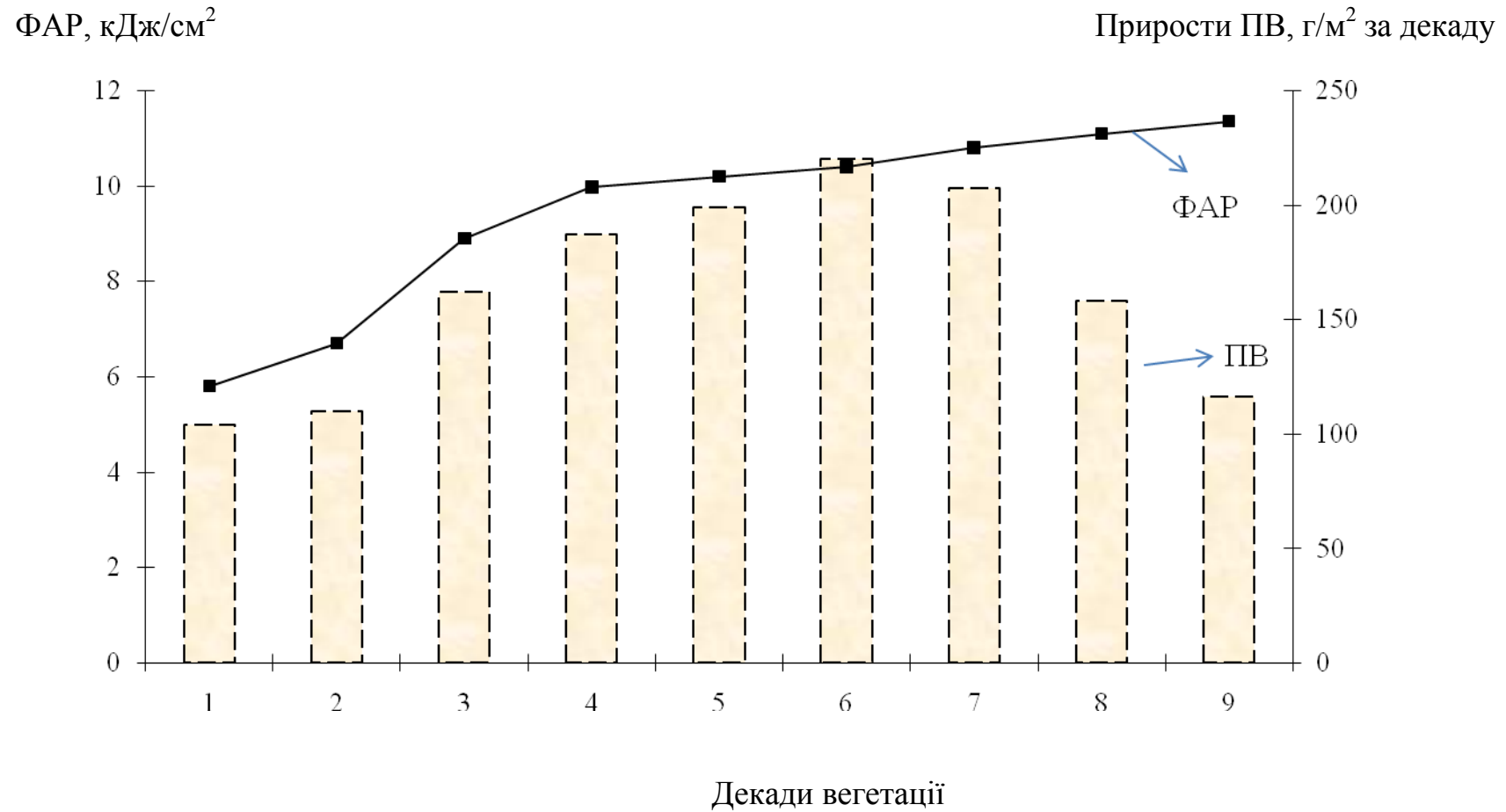


Рисунок 4.6- Динаміка декадних приростів ПВ гороху та сум ФАР на ст.Березанка, Миколаївської області

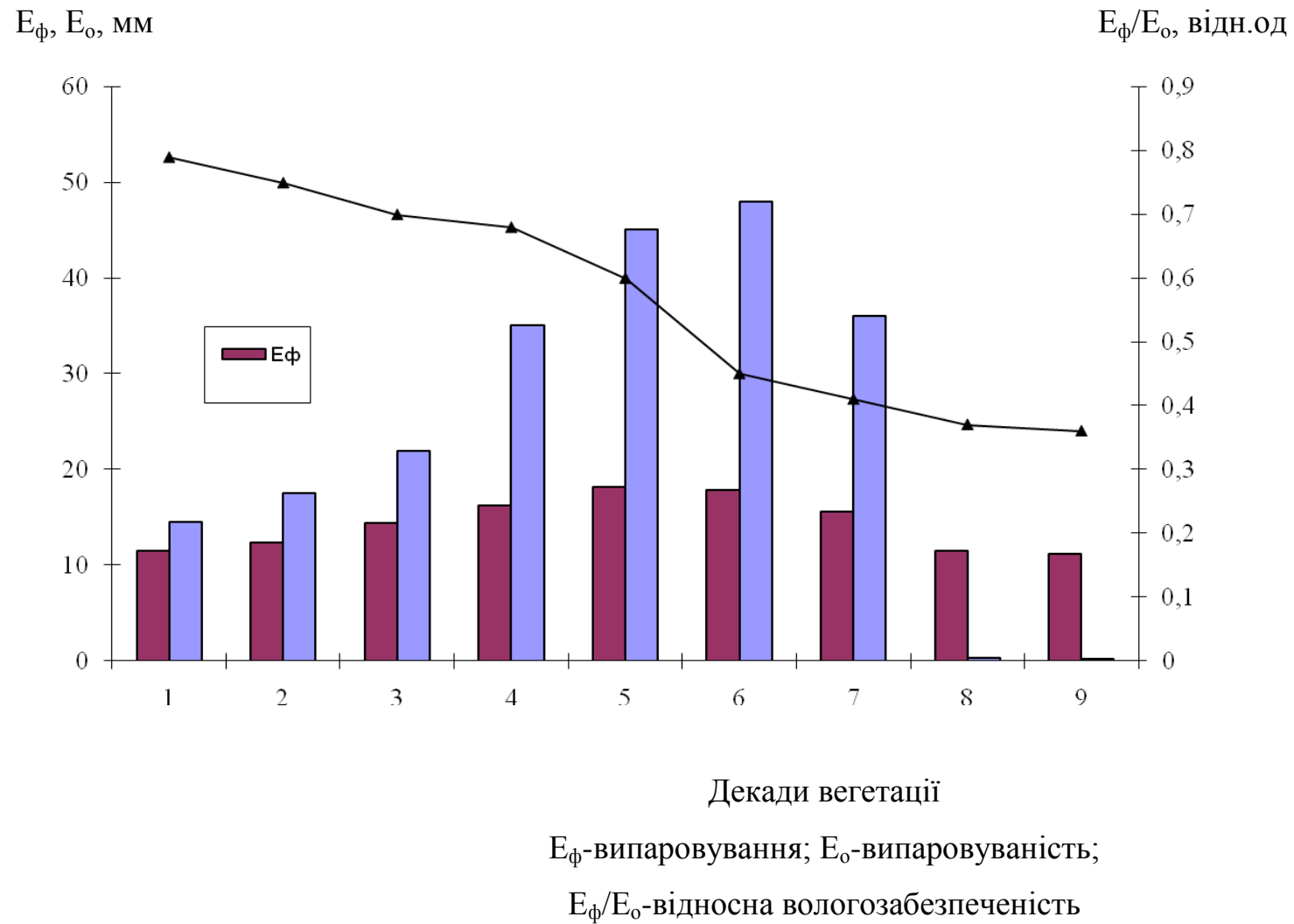


Рисунок 4.7 – Динаміка характеристик водного режиму посівів гороху на ст.Березанка, Миколаївської області

сумарне випаровування гороху зменшилось до 11,2 мм, значення випаровуваності знизилось до 31 мм.

Відношення сумарного випаровування (E) до випаровуваності ( $E_0$ ) характеризує вологозабезпеченість посівів.

Відносна вологозабезпеченість посівів на початкових фазах розвитку була достатньо висока, хоча і від декади до декади знижувалась. В період сходи-утворення суцвіття вона була найбільша і склала 0,79-0,75 відн.од.

В період максимального наростання маси від сходів до цвітіння вона знижувалась від 0,7 до 0,45 відн.од. В наступний період відбувалось незначне погіршення вологозабезпеченості до 0,36 відн.од.

Температурний режим в період вегетації (рис.4.8) був близький до верхньої межі оптимальних температур для фотосинтезу. В фазу сходів середня температура повітря складала 7,5 °С. В період сходи-цвітіння температура піднялась до 18,1 °С і знаходиться в межах між нижньою та верхньою межею оптимальних температур. В період цвітіння-достигання температура повітря складала 18,1-22,0 °С і перевищувала оптимальну температуру на 0,1-1,6 °С.

Такий хід волого-температурного режиму визначає агроєкологічну категорію урожайності ММУ гороху. Як видно на рис.4.9, в період сходи-утворення суцвіття прирости ММУ складають 31-100 г/м<sup>2</sup> за декаду. В наступний період прирости ММУ зростають, максимальними вони були в період цвітіння і склали 125-155 г/м<sup>2</sup> за декаду. В період після цвітіння прирости ММУ знизились. Від фази цвітіння до достигання прирости зменшились від 134 до 64 г/м<sup>2</sup> за декаду.

Прирости ДМУ лімітуються балом родючості ґрунтів. За рахунок цього рівень приростів ДМУ загальної та сухої біомаси буде суттєво нижчим в порівнянні з ММУ. В період сходів прирости ДМУ (рис.4.10) склали 24 г/м<sup>2</sup> за декаду. В період утворення суцвіття-цвітіння цей приріст збільшився до

Температура, °С

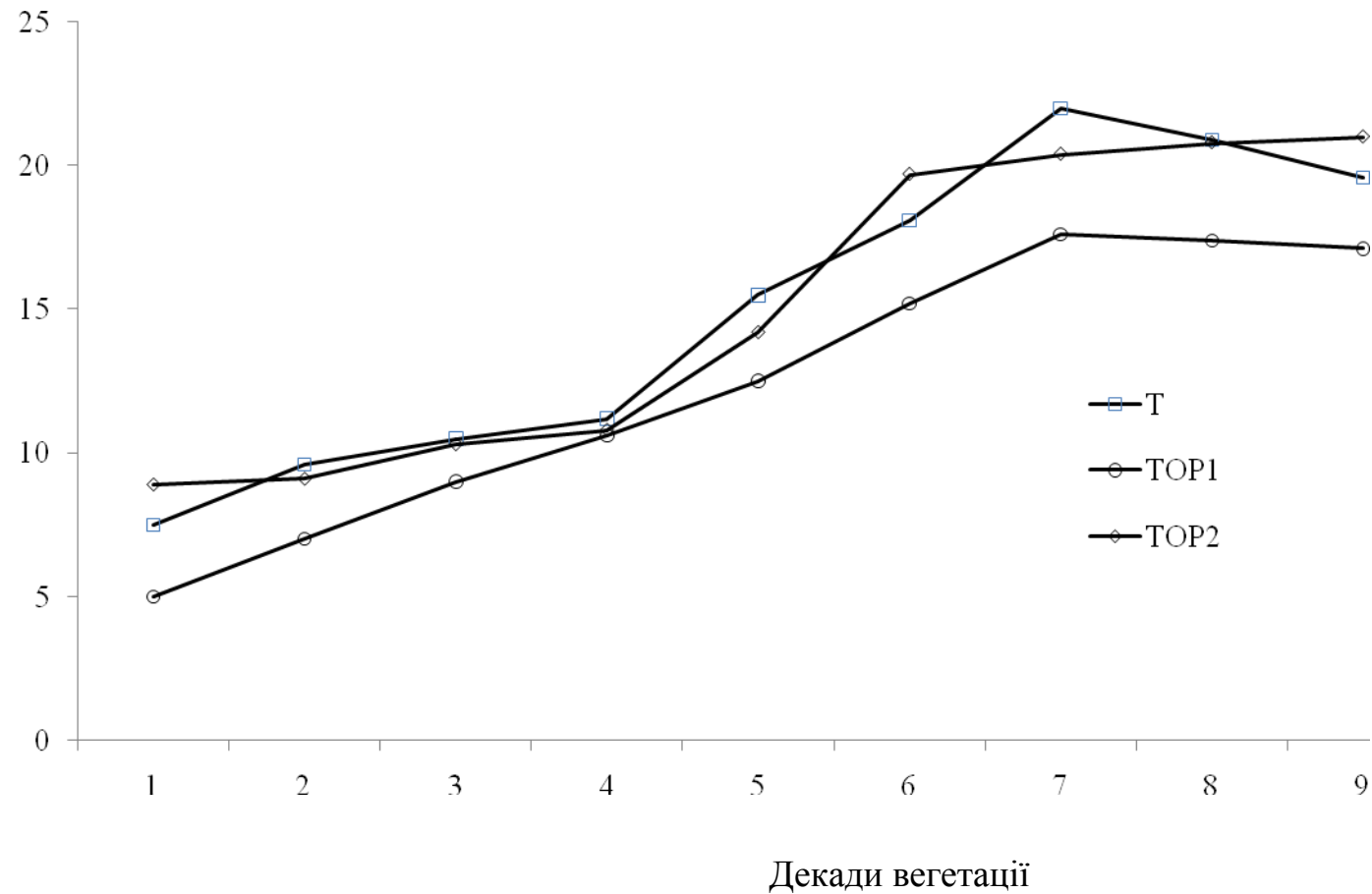


Рисунок 4.8 – Динаміка характеристик термічного режиму гороху на ст.Березанка, Миколаївської області: TOP1 і TOP2 – нижня та верхня оптимальна межа температури для фотосинтезу; T – температура повітря.



ММУ, г/м<sup>2</sup> за декаду

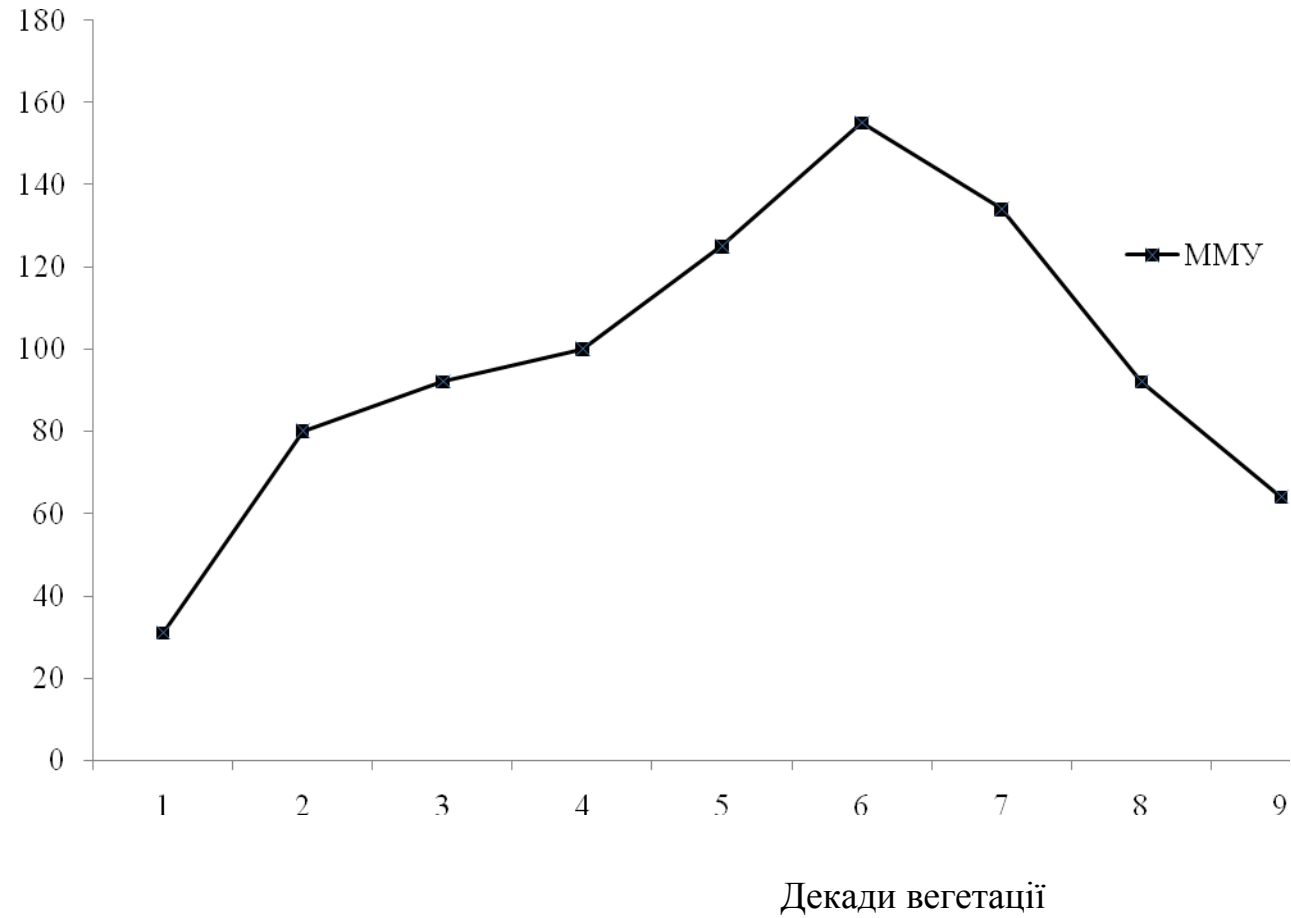


Рисунок 4.9 - Декадний хід приростів ММУ гороху на ст.Березанка, Миколаївської області

Прирости сухої маси, г/м<sup>2</sup> за декаду

Б, відн.од.

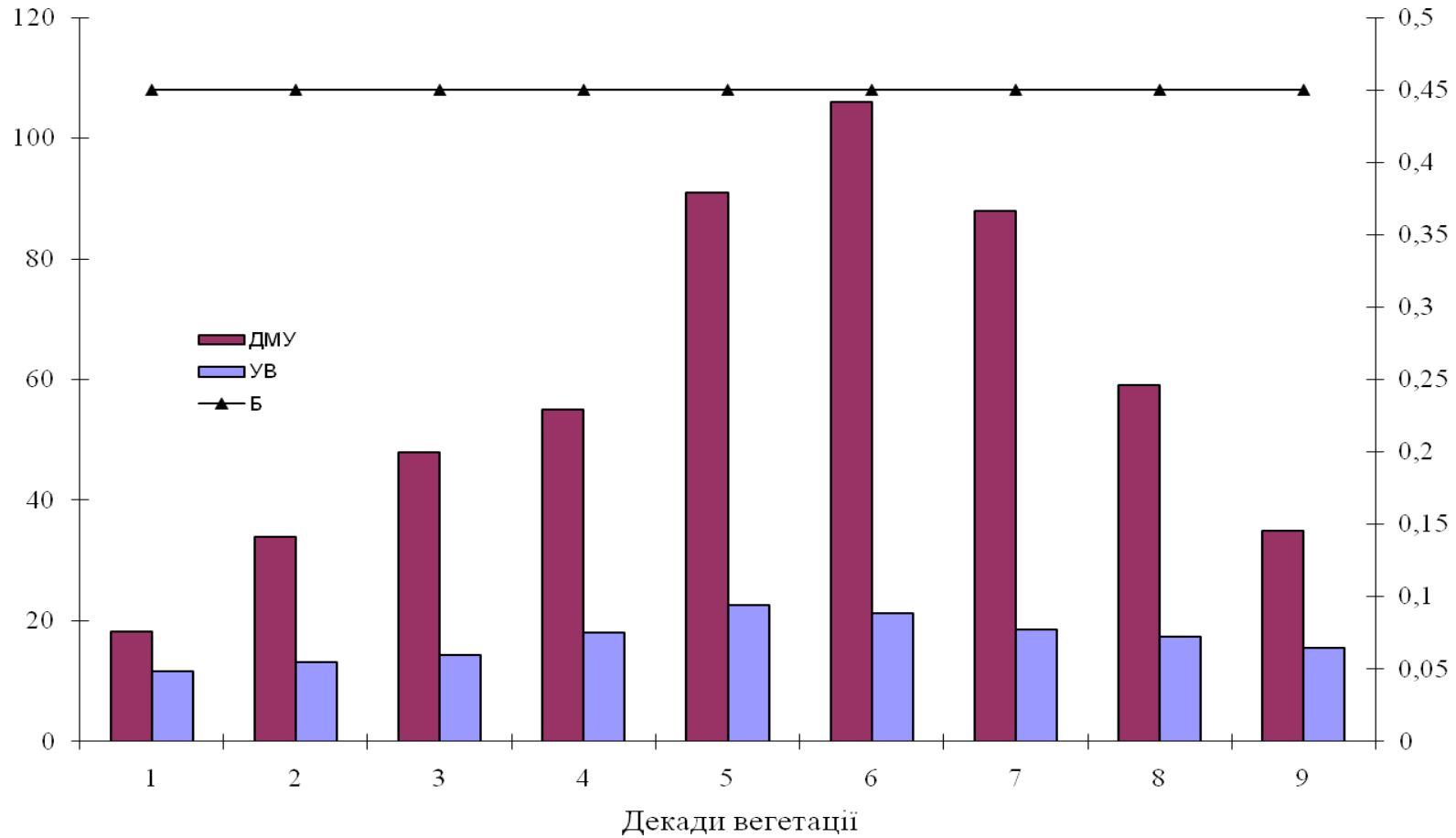


Рисунок 4.10 – Динаміка приростів ДМУ і УВ гороху на ст.Березанка, Миколаївської області

112 г/м<sup>2</sup> за декаду і в подальшому прирости ДМУ постійно зменшуються. В період цвітіння-достигання вони склали 112-96 г/м<sup>2</sup> за декаду. В подальшому з настанням фази достигання прирости ДМУ знизились до 51 г/м<sup>2</sup> за декаду.

При заданому рівні культури землеробства та розрахунковою ефективністю внесення органічних і мінеральних добрив 0,45 відн.од. динаміка приростів УВ наведена на рис. 4.10. В період сходів вона змінюється від 12,3 до 14,4 г/м<sup>2</sup> за декаду. Максимальне значення приростів УВ спостерігається в середині періоду сходи – утворення суцвіття. Значення приростів УВ в цей період досягає 23 г/м<sup>2</sup> за декаду. В період цвітіння відбувається деяке зиження приростів УВ до 21,5 г/м<sup>2</sup> за декаду. В подальшому при настанні фази достигання прирости УВ знизились до 17,1 г/м<sup>2</sup> за декаду.

#### 4.3 Агроекологічні категорії урожайності

Розподіл потенційного врожаю (ПВ) по території Миколаївської області практично однорідний: найбільше значення ПВ гороху спостерігається на ст.Баштанка (ПВ складає 46 ц/га).

Розподіл ММУ по території Миколаївської області відрізняється від розподілу ПВ. Найбільше значення ММУ спостерігається також на ст.Баштанка та складає 44 ц/га.

Розподілення ДМУ гороху представлено в таблиці 4.1, найбільше значення складає 38,6 ц/га.

По території Миколаївської області УП коливається від 18 до 22 ц/га. Найвищі значення УП спостерігаються на ст.Баштанка (22 ц/га).

Таблиця 4.1 – Узагальнені характеристики агрокліматичних умов формування та продуктивності гороху в Миколаївській області

№, пп	Загальні показники за період вегетації гороху	Райони	
		Баштанський	Березанський
1	ПВ зерна, ц/га	46	44
2	ММУ зерна, ц/га	44	42,5
3	ДМУ зерна, ц/га	38,6	37,4
4	УП зерна, ц/га	22	20,8
5	Оцінка ступеня сприятливості кліматичних умов, відн.од.	0,59	0,51
6	Оцінка рівня використання агрокліматичних ресурсів, відн.од.	0,45	0,44
7	Оцінка рівня реалізації агро-екологічного потенціалу, відн.од.	0,401	0,370
8	Оцінка рівня господарського використання метеорологічних та ґрунтових ресурсів, відн.од.	0,68	0,57

## ВИСНОВКИ

В дипломному проєкті у результаті виконаної роботи можна зробити такі висновки:

1. Вивчена базова модель оцінки агрокліматичних ресурсів формування продуктивності сільськогосподарських культур.
2. Вивчені особливості фізико-географічних умов Миколаївської області.
3. Підготовлена база даних для виконання розрахунків з метою моделювання агроекологічних рівнів формування врожаю гороху в умовах Миколаївської області.
4. Оцінена щодакдна динаміка показників приростів агроекологічних категорій урожайності гороху під впливом радіаційного, теплового та водного режимів стосовно території Миколаївської області.
5. За допомогою базової моделі оцінки агрокліматичних ресурсів продуктивності, дана оцінка рівнів урожайності ПВ, ММВ, ДМВ та УВ гороху. Виконана оцінка ступеню сприятливості кліматичних умов для вирощування гороху.

## 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. Атлас. Агрокліматичні ресурси України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Пропенка. – К.: ТОВ «Українська картографічна група», 2016. – 90 с.
3. Бушулян О. В. Каталог сортів СГІ – НЦНС / О. В. Бушулян, М. А. Литвиненко, А. А. Лінчевський. – Одеса, 2014. – 106 с.
4. Вавилов П. П. Растениеводство / Вавилов П. П. – М.: Агропромиздат, 1986. – 124 с.
5. Иванова-Зубкова Н. З. Агрометеорологические показатели развития роста и формирования урожая гороха / Н. З. Иванова-Зубкова // Тр. ЦИП. – 1965. – Вып. 145.
6. Иванова-Зубкова Н. З. Агрометеорологические условия произрастания зернобобовых культур на Украине / Н. З. Иванова-Зубкова // Труды ГМЦ. – 1978. – Вып. 193. – С. 84–89.
7. Костин В. И. Урожайные качества гороха / В. И. Костин, А. В. Дозоров, О. В. Костин // Главный агроном. – 2005. – № 2. – С. 57-59.
8. Кузнецов В. В. Физиология растений / В. В. Кузнецов, Г. А. Дмитриева. – М.: Высшая школа, 2005. – 736 с.
9. Кузнецова Г. С. Растениеводство / Г. С. Кузнецова. – Екатеринбург: УрГСХА, 2004. – 312 с.
10. Панина В. Ф. Агрометеорологические обоснования формирования высоких урожаев гороха в центрально-нечерноземной зоне: автореф. диссер. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук: спец. 11.00.09 «Метеорология, климатология, агрометеорология» / В. Ф. Панина. – М., 1966. – 17 с.

11. Панина В. Ф. Показатели оценки агрометеорологических условий формирования урожая зерна гороха / В. Ф. Панина // Метеорология и гидрология. – 1965. – № 2. – С. 27–29.
12. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія / А. М. Польовий. – Одеса: ТЕС, 2012. – 630 с.
13. Полевой А. Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур / А. Н. Полевой. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 175 с.
14. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов / А. Н. Полевой. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 318 с.
15. Полуэктов Р. А. Динамические модели агроэкосистемы / Р. А. Полуэктов. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 312 с.
16. Рожков А. О. Рослинництво: навч. посібник / А. О. Рожков, Є. М. Огурцов. – Х.: Тім Пабліш Груп, 2017. – 363 с.
17. Росс Ю.К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова / Росс Ю.К. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 341 с.
18. Сивков С. И. Методы расчета характеристик солнечной радиации / С. И. Сивков. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 232 с.
19. Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая / Х. Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.
20. Тооминг Х. Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов / Х. Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 264 с.
21. Тооминг Х. Г. Расчеты продуктивности и роста растительного покрова / Х. Г. Тооминг А. Каллис // Солнечная радиация и продуктивность растительного покрова. – Тарту: Изд. ИФА АН ЭССР, 1972. – С. 5–12.

22. Федюшина Д. П. К вопросу о потребности гороха в тепле и влаге в основные периоды вегетации / Д. П. Федюшина // Тр. КазНИГШ. – Вып. 25. – С. 219–217.

23. Федюшина Д. П. Показатели увлажнения вегетационного периода и их влияние на формирование урожая гороха / Д. П. Федюшина // Тр. Каз.НИГМИ. – 1971. – Вып. 40. – С. 80–96.

24. Хамоков Х. А. Продуктивность гороха при различной обеспеченности почвы влагой / Х. А. Хамоков // Аграрная наука. – 2005. – №1. – С. 17–18.

25. Шеуджен А. Х. Питание и удобрение зерновых, зернобобовых и технических культур / А. Х. Шеуджен, В. Т. Кураков, Л. М. Онищенко. – Майкоп: ТУРИН «Адыгея», 2004. – 49 с.