

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

Факультет магістерської та  
аспірантської підготовки  
Кафедра агрометеорології та  
агроекології

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему: **Вплив змін клімату на фотосинтетичну продуктивність  
озимої пшениці на Заході України**

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

Освітня програма «Агрометеорологія»  
(назва)

Гончарук Іван Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник д.геогр.н., професор  
Польовий Анатолій Миколайович  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

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

Рецензент д.геогр.н., професор  
Лобода Наталія Степанівна  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Одеса 2018 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри  
агрометеорології та агроекології**

**Польовий А.М.**

« 29 » жовтня 2018 року

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

Гончаруку Івану Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи: Вплив змін клімату на фотосинтетичну продуктивність озимої пшениці на Заході України  
керівник роботи Польовий Анатолій Миколайович, д.геогр.н., професор,  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом закладу вищої освіти від « 5 » жовтня 2018 року № 271 «С»
- Строк подання студентом роботи 10 грудня 2018 року
- Вихідні дані до роботи: 1.Агрокліматичні дані по Волинській області за 1986 – 2005 рр.; 2. Кліматичні сценарії RCP4.5 та RCP8.5; 3.Програма динамічної моделі формування урожайності сільськогосподарських культур.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Вивчити фізико-географічні умови Волинської області; 2. Описати агрокліматичні умови вегетації с.-х. культур; 3. Описати біологічні особливості озимої пшениці та її основні сорти; 4.Описати динамічну модель формування урожайності; 5. Оцінити коливання середньої обласної урожайності озимої пшениці; 6. Оцінити зміну агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці у зв'язку зі змінами клімату; 7. Оцінити зміну фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці в умовах зміни клімату.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
1. Графіки динаміки урожайності та відхилень урожайності від тренду;  
2. Графіки порівняння температури повітря та опадів, вологозабезпеченості, динаміки площі листя, чистої продуктивності фотосинтезу, приростів рослинної маси, загальної біомаси та маси колосу.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Немає		

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання.	29.10.2018 р.		
2	Вивчити фізико-географічні умови Волинської області	30.10.2018 р. - 2.11.2018 р.	80	4 (добре)
3	Описати агрокліматичні умови вегетації сільськогосподарських культур	3.11.2018 р.- 5.11.2018 р.	82	4 (добре)
4	Описати біологічні особливості озимої пшениці та її основні сорти	6.11.2018 р.- 8.11.2018 р.	82	4 (добре)
5	Описати динамічну модель формування урожайності	9.11.2018 р.- 13.11.2018 р.	78	4 (добре)
6	Оцінити коливання середньої обласної урожайності озимої пшениці	14.11.2018 р.- 18.11.2018 р.	78	4 (добре)
7	Рубіжна атестація	19.11.2018 р. - 24.11.2018 р.	80	4 (добре)
8	Оцінити зміну агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці у зв'язку зі змінами клімату; Оцінити зміну фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці в умовах зміни клімату	25.11.2018 р. - 2.12.2018 р.	92	5 (відміно)
9	Опис отриманих результатів	3.12.2018 р.- 5.12.2018 р.	92	5 (відміно)
10	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи.	6.12.2018 р. - 10.12.2018 р.	93	5 (відміно)
11	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	13.12.2018 р.	93	5 (відміно)
12	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту			
	<b>Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)</b>		<b>90,0</b>	

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Гончарук І.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Польовий А.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

### Гончарук І.М. «Вплив змін клімату на фотосинтетичну продуктивність озимої пшениці на Заході України»

*Актуальність* теми зумовлена тим, що важливим чинником підвищення ефективності сільського господарства України в умовах зміни клімату є науково обґрунтоване розміщення посівних площ сільськогосподарських культур з врахуванням кліматичних змін, адаптація рослинництва до цих змін, що дозволить найбільш ефективно використовувати природні ресурси в нових кліматичних умовах, добитися стійкого зростання величини і якості урожаю, підвищити віддачу сировинних, енергетичних і трудових ресурсів. Особливого значення набуває вирішення цього питання з тим, які відбуваються зараз зміни клімату на планеті, та тим що надають Україні можливість стати одним із найбільших виробників сільськогосподарської продукції.

*Метою* дослідження є вивчення впливу кліматичних змін на зміну агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці та впливу цих змін на фотосинтетичну продуктивність пшениці, формування її урожайності.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішувались наступні завдання:

1. Вивчити фізико-географічні умови Волинської області;
2. Описати агрокліматичні умови вегетації с.-х. культур;
3. Описати біологічні особливості озимої пшениці та її основні сорти;
4. Описати динамічну модель формування урожайності;
5. Оцінити коливання середньої обласної урожайності озимої пшениці;
6. Оцінити зміну агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці у зв'язку зі змінами клімату;
7. Оцінити зміну фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці в умовах зміни клімату

*Об'єкт дослідження* – агрокліматичні умови формування урожайності озимої пшениці в умовах зміни клімату.

*Предмет дослідження* – оцінка впливу агрокліматичних умов на урожайність озимої пшениці в Волинській області в умовах зміни клімату.

*Методи дослідження* – методи математичного моделювання продукційного процесу рослин, методи аналізу часових рядів.

*Обсяг роботи* – 80 сторінок, 18 рисунків, 3 таблиці. Магістерська робота містить 6 основних розділів, висновок, список використаної літератури.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** погодні умови, озима пшениця, технологія вирощування, урожай, агрокліматичні умови, базова модель, кліматичні зміни.

## SUMMARY

### **Goncharuk I.M. "Influence of changes of climate on the photosynthetic productivity of winter wheat in the west Ukraine"**

*Actuality* of theme is predefined by that the important factor of increase of efficiency of agriculture of Ukraine in the conditions of change of climate is the scientifically reasonable placing of sowing areas of agricultural cultures taking into account climatic changes, adaptation of plant-grower to these changes, that will allow most effectively to use natural resources in new climatic terms, to obtain the proof increase of size and quality of harvest, promote the return of, power and labour sources of raw materials. The special value is acquired by the decision of this question with that, which take place now changes of climate on a planet, and that give possibility to become one of most producers of agricultural produce to Ukraine.

A research *purpose* is a study of influence of climatic changes on the change of agroclimatic terms of growing of winter wheat and influence of these changes on the photosynthetic productivity of wheat, forming of her productivity.

For achievement of the put purpose it is necessary next tasks decided:

1. To learn the geografical terms of the Volinskaj area;
2. To describe the agroclimatic terms of vegetation of cultures;
3. To describe the biological features of winter wheat and her basic sorts;
4. To describe the dynamic model of forming of the productivity;
5. To estimate oscillation of the middle regional productivity of winter wheat;
6. To estimate the change of agroclimatic terms of growing of winter wheat in connection with the changes of climate;
7. To estimate the change of the photosynthetic productivity of winter wheat in the conditions of change of climate

A *research object* is agroclimatic terms of forming of the productivity of winter wheat in the conditions of change of climate.

*The article of research* is an estimation of influence of agroclimatic terms on the productivity of winter wheat in the Volhynia area in the conditions of change of climate.

*Research methods* are methods of mathematical design of production process of plants, methods of analysis of sentinel rows.

*Volume of work* – 80 pages, 18 figures, 3 tables. Master's of degree work contains 6 basic divisions, conclusion, list of the used literature.

**KEYWORDS:** weather terms, winter wheat, technology of growing, harvest, agroclimatic terms, base model, climatic changes.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....		6
1	ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	8
2	КЛІМАТИЧНІ ТА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	17
2.1	Агрокліматичні особливості Волинської області.....	19
3	БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....	26
3.1	Господарське значення та сорти озимої пшениці.....	33
4	ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ УРОЖАЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР.....	37
4.1	Визначення параметрів моделей сільськогосподарських культур стосовно конкретних ґрунтово-кліматичних зон.....	42
5	ОЦІНКА ДИНАМІКИ СЕРЕДНЬООБЛАСНОЇ УРОЖАЙНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ У ВОЛИНСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	53
6	ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЇВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....	59
6.1	Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці в умовах зміни клімату.....	60
6.2	Оцінка зміни фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці під впливом очікуваних змін клімату.....	63
ВИСНОВКИ.....		68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....		69
ДОДАТОК.....		72

## ВСТУП

Матеріали світової статистики показують, що сьогодні зміна клімату на планеті співпадає з періодом наростання продовольчого дефіциту в світовій спільноті [20]. Дві нові обставини посилюють і раніше існуючу проблему із забезпеченням населення продовольством. Перше, помітне підвищення рівня платоспроможного попиту на продукти в багатонаселених країнах – Китаї та Індії. Друге – розширення практики використання сільськогосподарських земель для виробництва біопалива [29, 30]. Ці дві важливі обставини в умовах скорочення світових запасів земельних угідь і невідновлюваних джерел енергії при раціональному регулюванні посівних площ ріпаку та соняшника (яке сьогодні, нажаль, недостатньо регулюється) створюють для України можливість стати одним із найбільших виробників сільськогосподарської продукції [20]. Це пов'язано з тим, що хоча основні площі орних земель України знаходяться в зонах нестійкого і недостатнього зволоження зміни клімату для рослинництва, особливо вирощування озимих культур та ранніх ярих культур, цілком можливо, скоріше позитивні, чим негативні [20].

За цих умов важливим чинником підвищення ефективності сільського господарства України в умовах зміни клімату є науково обґрунтоване розміщення посівних площ сільськогосподарських культур з врахуванням кліматичних змін, адаптація рослинництва до цих змін, що дозволить найбільш ефективно використовувати природні ресурси в нових кліматичних умовах, добитися стійкого зростання величини і якості урожаю, підвищити віддачу сировинних, енергетичних і трудових ресурсів [20].

Важливою ланкою проблеми зміни глобального клімату є оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур та впливу цих змін на їхню продуктивність [11].

Основною метою дослідження є оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці на Заході України (на прикладі Волинської області) у зв'язку зі змінами клімату.

Для оцінки змін кліматичних умов на період 2021 – 2050 рр. використано сценарій зміни клімату в Україні – кліматичні сценарії RCP4.5 та RCP8.5. Кількісна оцінка впливу змін клімату на фотосинтетичну продуктивність озимої пшениці в умовах Заходу України проведена за допомогою динамічної моделі формування урожаю А.М. Польового [17, 18].



## 1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Волинська область розташована на крайньому північному заході України, в межах Східно-Європейської рівнини. Північна частина області знаходиться в межах Поліської низовини (Волинське Полісся), а південна – на Волинській височині. Протяжність території із заходу на схід становить 163 км, з півночі на південь – 187 км. Загальна площа області дорівнює 20,2 тис. км<sup>2</sup> або 3,3 % території держави. На півдні Волинська область межує з Львівською, на сході – з Рівненською, на заході і півночі межами області є державні кордони з Польщею (по р. Західний Буг) і Білоруссю (Поліська низовина) [1, 3].

У фізико-географічному відношенні область ділиться на два райони: поліський (4/5 території) і лісостеповий (1/5 території). Область має риси поліських та лісостепових ландшафтів і характеризується наявністю боліт, луків, дубово-соснових і дрібно-листяних лісів та лучних степів, тепер освоєних переважно під орні землі, рівнинним, горбистим рельєфом, ґрунтами – від болотних, підзолистих до чорноземних. Для регіону властиві специфічні риси с.-г. освоєння, що обумовлені рельєфом, кліматичними умовами, ґрунтовим покривом та ін. [5].

Рельєф області загалом має рівнинний характер. Ґрунти відзначаються великою різноманітністю. Більшу частину території покривають підзолисті, сірі опідзолені та чорноземні ґрунти; меншу – дерново-підзолисті, дернові, торфові та болотні ґрунти [4].

У південній лісостеповій частині області переважають чорноземи (від глибоких до опідзолених). В поліській частині області переважно бідні на поживні речовини підзолисті – здебільшого супіскові та піщані за механічним складом, перегнійно-карбонатні та болотні ґрунти [4].

В області близько 20 % території зайнято лісами. На піщаних ґрунтах вздовж Прип'яті розташовані великі масиви соснових борів, тут же зустрічаються і ялинники. У центральній частині області переважають субори з сосни та дуба. У підліссі суборів ростуть ліщина, горобина, крушина та інші чагарники. У південній частині поширені дубово-грабові ліси, які розташовані невеликими масивами. У поліській частині, крім лісової, поширена також болотно-лучна рослинність [4].

Кліматичні умови Волинської області характеризуються помірною континентальністю [1, 8]. Зима м'яка, з частими відлигами, нежарким літом, значними опадами, затяжною весною та осінню. Через те, що поліська частина області розташована на зниженій терасовій рівнині, а лісостепова – на підвищеному Волинському плато, географічна широта не впливає на зростання температур, бо вони в південній частині області знижуються за рахунок збільшення висоти поверхні над рівнем моря. Взимку та влітку територія області зазнає впливу західних та південно-західних повітряних мас, що значно пом'якшує температурний режим і створює умови для достатнього зволоження [8].

**Геологічна будова.** Територія Волинської області розташована в межах Волино-Подільської окраїни Східно-Європейської платформи, фундамент якої складений інтенсивно дислокованими кристалічними породами протерозою (гранітами, граніто-діоритами, граніто-сієнітами, біотитово-амфіболітовими сланцями тощо), розбитими на окремі блоки, які опущені або підняті в різних районах області на неоднакову висоту [4].

На інтенсивно розмитій поверхні кристалічного фундаменту Волино-Подільської окраїни Руської платформи залягає потужна (до 7000 м) товща осадових утворень, у будові якої виділяються відкладення верхнього протерозою, кембрію, ордовіка, силуру, девону, карбону, юри, крейди і палеогену, перекриті осадовими породами антропогенного періоду змінної потужності. За винятком крейди та палеогену, усі доантропогенні відкладення області не виходять на денну поверхню. Крейдові відкладення

поширені всюди по території області. Вони трансгресивно перекривають утворення рифею, кембрію, ордовику, силуру, девону, карбону та юри [4].

Поверхня крейдових відкладень нахилена зі сходу на захід, у цьому ж напрямку проявляються розміщення усіх молодих ярусів крейдового періоду і зростає їх загальна потужність. Крейдові відкладення Волинської області представлені майже виключно утвореннями верхньої крейди.

Найхарактернішою ознакою антропогенних відкладень області є широтна зональність. З півночі на південь в будові антропогенного покриву можна виділити такі смуги з переважанням [4]:

а) піщаних, рідше супіщано-суглинкових утворень, що складають заплаву та надзаплавні тераси р. Прип'ять (Верхньо-Прип'ятська акумулятивна низовина);

б) власне льодовикових (моренних) відкладень (Волинське моренне пасмо);

в) алювіальних утворень на верхній крейді, місцями перекритих водно-льодовими пісками (Турійська денудаційна рівнина);

г) лесів і лесовидних порід (Волинська височина).

Алювіальні відкладення Волинської області різко відмінні в межах поліської (Волинське Полісся) та волинської (Волинська височина) ділянок, тобто підпорядковуються орографічній зональності [4].

Четвертинні відкладення області складені лише континентальними утвореннями, серед яких виділяються відкладення льодовикового (моренного), водно-льодовикового, озерно-льодовикового, алювіального та інших генетичних типів.

**Рельєф.** Поверхня Волинської області характеризується загальним нахилом на південь – південний захід (абсолютна відмітка досягає 132 м). По території області проходить частина Головного Європейського водорозділу, розділяючи басейни Чорного і Балтійського морів (між річками Прип'ять і Західний Буг). Наявність різних морфоструктур і розвиток денудаційно-аккумулятивних процесів обумовили формування рельєфу області [1, 5].

Денудаційні поверхні переважають південніше Турійська – в районі Волинського лесового підвищення, де на припіднятому блоці залягають карбонатні (мергель, крейда) породи крейдового віку, перекриті відносно потужною товщею лесовидних суглинків. Північна межа підвищення виражена чітким уступом висотою до 10 м. Глибина розчленування рельєфу становить 60 – 100 м [4].

Акумулятивні поверхні переважають у північній (Поліській) частині області, де потужність четвертинних, переважно алювіальних відкладень, становить 25 – 30 м. У Поліській частині спостерігається заболоченість, затоплення, вітрова ерозія ґрунтів і карстові явища.

Флювіальний рельєф представлений річковими долинами, ярами і балками. У будові долин переважають заплави, перші надзаплавні тераси з незначними уступами над урізом води. Другі надзаплавні тераси з лесовим покривом відмічаються в долині річки Західний Буг. Ширина заплави в гирлових частинах долини Стиру і Стоходу, а також і Прип'яті досягає 8-10 км. Яри і балки характерні для Волинської височини, подекуди зустрічаються на древніх терасах річкових долин [4].

Рельєф області представлений рівнинами, середня висота території області 195 м н.р.м.. Найвища точка поверхні області досягає 292 м н.р.м. і розташована на півдні, недалеко від с. Бужани Горохівського району; найнижча її точка – в долині р. Прип'ять, біля гирла р. Стохід і піднімається на 139 м н.р.м. Отже, відносна висота між південною та північною частинами області становить 150 м. Особливо незначні похили спостерігаються в поліській частині області, де максимальні відносні висоти не перевищують 60 м і здебільшого не досягають 30 м. Лише в південній, лісостеповій частині області відносні висоти становлять 100 м, що створює порівняно значні похили поверхні, особливо між річками та їх місцевими вододілами [1, 4].

Хоча поверхня області є загалом рівнинною, проте вона досить виразно поділяється на декілька орографічних частин [4]:

- Волинську лесову височину на півдні області із середньою висотою 215 м;
- Турійську денудаційну рівнину, що має середню висоту 190 м;
- Волинське горбисте пасмо, виявлене окремими моренними горбами, які простягаються від Любомля на Ковель, Маневичі і далі на Рівненську область. Середня висота пасма 175 м, а висота окремих горбів подекуди перевищує 200 м;
- Верхньоприп'ятську низовину із середніми висотами близько 155 м.

**Гідрографія.** Волинська область багата на річки, озера, болота. Річки Стир, Прип'ять і Західний Буг судноплавні, інші використовуються лише для сплаву лісу. На озерах розвинене рибне хазяйство. По берегах озер та річок, у заростях очерету водиться багато різної дичини. Болота і заболочені луки займають близько 13 % території області. Заплави лучні або чагарникові, подекуди заболочені або дуже зволожені. Найбільші болота зосереджені вздовж Прип'яті, Стоходу, Турії та Виживки [1, 5].

Частина рік Волині беруть початок на території області, витoki інших знаходяться далеко за її межами. Всі річки належать до рівнинного типу і характеризуються незначними швидкостями течії (0,1 – 0,3 м/сек). На північному заході бере початок права притока Дніпра – р. Прип'ять, довжиною близько 170 км. Басейн Прип'яті нараховує близько 105 річок і струмків. З південного заходу на північний схід тече найбільша судноплавна притока Прип'яті – р. Стир. Друга за величиною ріка Волині – Західний Буг, яка включає у свій басейн 24 річки (по всій довжині близько 128 км) і є прикордонною річкою на кордоні з Польщею [1].

Загальний річний об'єм стоку річок в межах області в середньому становить 3816 млн.м<sup>3</sup>. Річки несуть велику кількість завислих дрібних частинок, які характеризуються нерівномірним розподілом протягом року. Значна кількість твердого стоку (50 – 70 %) припадає на весняне водопілля, яке триває протягом 1 – 2 місяців. Найменша кількість твердих частинок виноситься в зимовий період [1].

На Волині налічується більше 200 озер, площею від 2,0 до 269,4 га. Вони поповнюються атмосферними опадами, поверхневими стоками і підземними водами. Підземні води є найбільш важливим фактором підтримання рівня озер, а також регулятором їхнього температурного режиму. Температура підземних вод, що наповнюють озера, в залежності від їх глибини коливається в межах 6 – 8 °С. Рівень води в озерах протягом року змінюється в межах одного метра. Найбільші озера Волині – Шацькі, представлені більше як 20 водоймами, розташованими у басейні Західного Бугу. Найбільше з них – озеро Світязь, яке живиться артезіанськими водами і має глибину 60 м. Воно витягнуте в довжину до 8,5 км, при ширині біля 4,5 км, об'єм води становить приблизно 200 млн. м<sup>3</sup>. У басейні р. Прип'ять найбільше озеро Любязь, площею 454 га і глибиною 11 м. У басейні річки Стохід налічується 30 озер, в основному карстового походження, площа яких коливається від 1 до 165 га [1].

Льодоутворення на річках області головним чином починається наприкінці листопада – на початку грудня. В окремі роки воно розтягується на 4 – 6 тижнів. В місцях виходів ґрунтових вод інколи майже протягом усієї зими можуть зберігатись ополонки. Льодостав найчастіше встановлюється у першій половині грудня. У дуже теплі зими льодовий покрив нестійкий. Рівень води спадає з меншою інтенсивністю, ніж підвищується. Загальна тривалість повені в середньому 1 – 2 місяці [1].

Майже щороку спостерігаються весняні розливи річок. Літні дощові паводки найчастіше бувають у серпні — вересні. Найменші витрати води на річках області спостерігаються, головним чином, у лютому або в серпні та вересні. В окремі найбільш засушливі роки деякі річки пересихають.

Вода більшості річок помірної мінералізації. Найбільшій мінералізації вона досягає під час літньо-осінньої та зимової межені. Під час весняної повені мінералізація води зменшується .

Вода річок придатна для пиття, зрошування сільськогосподарських культур, заправління автотранспорту, тракторів, комбайнів, охолодження двигунів і непридатна для парових котлів високого тиску [1].

**Ґрунти та напрямки землекористування.** Волинська область розміщена в Північно-західному та Західному агроґрунтових районах. Ґрунти області характеризуються великою різноманітністю [2, 7]. Основним чинником формування ґрунтового клімату Волинського Полісся є атмосферний клімат [25]. Основні типи ґрунтів: дерново-підзолисті, сірі опідзолені, чорноземи, дернові і болотні [2, 7].

*Дерново-підзолисті ґрунти* характерні для поліської зони і найбільш поширені на території області. Займають понад 500 тис. га (45,8 % обстеженої площі), з яких у сільському господарстві використовується 320 тис. га, в тому числі як орна – близько 280 тис. га.

За ступенем опідзолення поділяються на слабо- і середньопідзолисті, за механічним складом – на піщані, зв'язно-піщані, супіщані, легкосуглинкові, по оглеєнню – переважно глеюваті і глейові.

Дерново-підзолисті піщані та глинисто-піщані ґрунти відносяться до найбільш бідніших ґрунтів області. Загальною особливістю всіх видів дерново-підзолистих ґрунтів є мала їх біологічна активність. На них можуть рости лише невибагливі до поживних речовин і вологи с.-г. культури – люпин, серадела, жито, картопля, гречка та інші [2, 7].

*Опідзолені ґрунти* переважають у лісостеповій частині області і представлені ясно-сірими, сірими, темно-сірими і чорноземами опідзоленими. Найбільш поширені серед них сірі і найменш – ясно-сірі відміни. За механічним складом переважно легкосуглинкові. Вміст гумусу 1,2 – 1,7 %. Реакція ґрунтового розчину слабкокисла (рН 5,3-5,9), ступінь насичення основами 65 – 85 %. Вміст поживних речовин невисокий: азоту 2,5 – 6,8, фосфору 3 – 19, калію 9,0 – 12,0 мг на 100 г ґрунту. Придатні для вирощування всіх районованих с.-г. культур [2, 7].

*Темно-сірі опідзолені і чорноземи опідзолені* займають площу близько 93 тис.га, використовуються як орні. Залягають здебільшого на схилах та хвилястих вододілах. За механічним складом переважно легкосуглинкові. Загальна гумусованість профілю досягає 50 – 80 см, вміст гумусу 1,5 – 2,4 %. Краще забезпечені елементами живлення: азоту 4,3 – 10,2, фосфору 2,8 – 18,0, калію 4,8 – 18,0 мг на 100 г ґрунту. Реакція ґрунтового розчину слабо-кисла і близька до нейтральної (рН 5,8 – 6,0). Ступінь насиченості основами 75-90 %. Придатні для вирощування зернових, технічних, овочевих та кормових культур, а також для плодово-ягідних деревних і чагарникових насаджень [2, 7].

*Чорноземи малогумусні* поширені лише в Лісостеповій частині області. Займають площу близько 70 тис. га і використовуються як орні землі. Загальна гумусованість становить 70 – 100 см. Вміст гумусу у верхньому горизонті 2,0 – 3,0 %. Реакція ґрунтового розчину – від слабокислої до нейтральної (рН 5,9 – 6,9). Ступінь насиченості основами наближається до 100 %. Краще від інших ґрунтів забезпечені поживними речовинами: вміст азоту 5,0 – 9,0, фосфору 10 – 30, калію 7 – 20 мг на 100 г ґрунту. Ці ґрунти належать до найбільш родючих, сприятливих для вирощування всіх с.-г. культур [2, 7].

*Дернові ґрунти* поширені у перехідній і поліській частинах області. Займають 216 тис.га і, в основному, зайняті природними кормовими угіддями. За розвиненістю ґрунтового профілю поділяються на глибокі, неглибокі, слабо-задерновані, слабо- і негумусовані піски. За механічним складом переважають зв'язно-піщані і супіщані [2, 7].

Найбільш цінні для с.-г. використання *дернові карбонатні* (перегнійно-карбонатні) супіщані та легкосуглинкові ґрунти, 80 % площі яких використовують як орні землі. Такі ґрунти придатні для вирощування цукрових буряків, озимої пшениці, кукурудзи, ячменю, гороху, люцерни, еспарцету; малопридатні під картоплю, не рекомендується вирощувати на них люпин, плодові насадження та хмільники [2, 7].



*Болотні і торфові ґрунти* [2, 7] поширені у всіх районах області, але переважна більшість їх знаходиться на глибокому Поліссі, на понижених формах рельєфу, у долинах річок в умовах надмірного зволоження. Поділяються на лучно-болотні, мулуваті-болотні, торфуваті-болотні, торфові-болотні і торфовища. Торфові ґрунти добре забезпечені азотом, але бідні на калій, фосфор і мікроелементи. Кращими для використання в землеробстві є високі-солоні, добре розкладені торфові ґрунти. Загальна площа їх та всіх болотних ґрунтів становить 374 тис. га, з яких близько 17,5 тис.га використовуються як орні.

## 2 КЛІМАТИЧНІ ТА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Кліматичні умови Волинської області характеризуються помірною континентальністю [1, 8]. Зима м'яка, з частими відлигами, нежарким літом, значними опадами, затяжною весною та осінню. Взимку та влітку територія області зазнає впливу західних та південно-західних повітряних мас, що значно пом'якшує температурний режим і створює умови для достатнього зволоження. Середня температура повітря за рік по області становить 7,6 – 8,2 °С. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить мінус 2,3 – 3,0 °С, середня температура липня (найтеплішого місяця) – 18,8 – 19,2 °С тепла [1, 8].

Абсолютний мінімум температури повітря по області зафіксований у січні 1987 року і становив 35,5 °С морозу (М Володимир-Волинський), абсолютний максимум зафіксований у серпні 1992 року і становив 36,9 °С тепла (м. Любешів) та 36,5 °С тепла у серпні 1998 року (м. Ковель).

Зимовий період на Волині триває 79 – 87 днів – з 30 листопада - 4 грудня до 22 – 26 лютого, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0 °С у бік потепління та починається весна. Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5 °С і вище) триває 209 – 214 днів, починається в середньому по області 2 – 3 квітня і закінчується 29 жовтня – 2 листопада. Сума позитивних температур повітря вище 5 °С за цей період змінюється від 2910 до 3045 °С [1, 8].

Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °С і вище) триває 164 – 169 днів, змінюючись в окремі роки від 148 до 185 днів, починається 21 – 24 квітня і закінчується 4 – 8 жовтня. Сума позитивних температур вище 10 °С за цей період

змінюється від 2570 до 2670 °С. В окремі роки ця сума коливається від 2270 до 2900 °С [1, 8].

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15 °С і вище) триває в області 101 – 107 днів – з 22 – 25 травня до 3 – 6 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15 °С за цей період змінюється від 1790 до 1930 °С [1, 8].

Середня кількість опадів по області за рік становить 609 мм, змінюючись по території від 539 до 704 мм. Кількість опадів по роках коливається від 404 до 1001 мм. Близько 70 % від річної кількості опадів випадає в теплий період року [1, 8].

Режим зволоження території області створює в цілому позитивний баланс вологи у ґрунті. Проте через високу водопроникність легких за механічним складом порід, що залягають в районах Полісся та у зв'язку з особливостями рельєфу в районах Лісостепу, значну повторюваність мають ґрунтові засухи, які негативно впливають на розвиток с.-г. культур [1, 8].

Помірна атмосферна засуха, яка поєднується із ґрунтовою в період активної вегетації с.-г. культур (ГТК становить 0,7 – 0,9), має ймовірність 85 % на більшій частині території області. Відносна вологість повітря в теплий період року (квітень-жовтень) по області коливається від 65 % весною до 83 % восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше за цей період становить 7 – 10, в центральних районах області – 14 – 18 днів [1].

Перші осінні заморозки в повітрі спостерігаються 4 – 15 жовтня, останні весняні – з 19 квітня по 30 квітня. Найпізніший весняний заморозок у повітрі зафіксовано 23 травня 1989 року, а на поверхні ґрунту – 1 червня 1990 року. Найбільш ранній осінній заморозок у повітрі спостерігався 13 вересня 2002 року, а на поверхні ґрунту – 4 вересня 1998 року. Середня тривалість беззаморозкового періоду по області в повітрі становить 156 – 176 днів, на поверхні ґрунту – 144 – 168 днів [1].

За весь вегетаційний період на території області спостерігається від 6 до 10 днів, в центральних районах – 13 – 18 днів із суховіями різної

інтенсивності. Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території області у вегетаційний період спостерігається град, сильний вітер, дощ та зливи [1].

Сніговий покрив утворюється у третій декаді листопада, а руйнується в третій декаді лютого – першій декаді березня. Загальна тривалість залягання снігового покриву за зиму становить по області 70 – 86 днів, середня висота снігу за зиму – 7-12 см, тоді як максимальна висота в окремі роки – 37 – 50 см. В останні десятиріччя досить часто спостерігаються роки без стійкого снігового покриву або взагалі безсніжні зими [1].

Середня глибина промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 25 см до 40 см. Максимальне промерзання – 115 см, спостерігалось у 1996 році. Середня із мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см по області за зиму, залежно від типу ґрунту, становить мінус 1,8–2,6 °С. Найнижча температура ґрунту на глибині 3 см спостерігалася в 1994 році і становила мінус 15,4 °С [1].

Узимку зазвичай спостерігаються відлиги, кількість днів з якими за період грудень-лютий по області коливається від 52 до 57. Відлиги, які тривають більше ніж 5 днів, зумовлюють порушення зимового спокою озимини, що призводить до зниження морозостійкості рослин.

Після тривалих відлиг за наявності снігового покриву існує значна ймовірність його руйнування, що сприяє утворенню льодяної кірки на полях. Небезпечна для посівів льодяна кірка товщиною 10 мм і більше та тривалістю залягання три декади і більше спостерігається в 10 % років (один раз за 10 років) [1].

## 2.1 Агрокліматичні особливості Волинської області

Розглянемо коротку агроркліматичну характеристику області та характеристику сезонів року. Це дає можливість дати оцінку кліматичних ресурсів області, головним чином волого-теплових ресурсів, які з числа

природних факторів є найголовнішими для сільськогосподарського виробництва, які є основним природно-ресурсним потенціалом Полісся [12, 23]. Як уже згадувалось вище у фізико-географічному відношенні область ділиться на два райони: поліський та лісостеповий [1] (рис. 2.1).

*Поліський район* включає: Ратнівський, Любешівський, Камінь-Каширський, Шацький, Старовижівський, Любомльський, Ковельський, Маневицький, Турійський, (північна частина) адміністративні райони.

До *Лісостепоного* району належить решта адміністративних районів області: Турійський, (південна частина) Володимир-Волинський, Рожищенський, Ківерцівський, Локачинський, Іваничівський, Луцький, Горохівський.



Райони:

- Володимир-Волинський район
- Горохівський район
- Іваничівський район
- Камінь-Каширський район
- Ковельський район
- Ківерцівський район
- Локачинський район
- Луцький район
- Любешівський район
- Любомльський район
- Маневицький район
- Ратнівський район
- Рожищенський район
- Старовижівський район
- Турійський район
- Шацький район

Рисунок 2.1 – Карта-схема адміністративних районів

Через те, що Поліський (північний) район розташований на пониженій терасовій рівнині, а Лісостеповий (південний) – на підвищеному Волинському плато, географічна широта не впливає на зростання температур з півночі на південь, бо температури в південній частині області знижуються за рахунок збільшення висоти поверхні над рівнем моря.

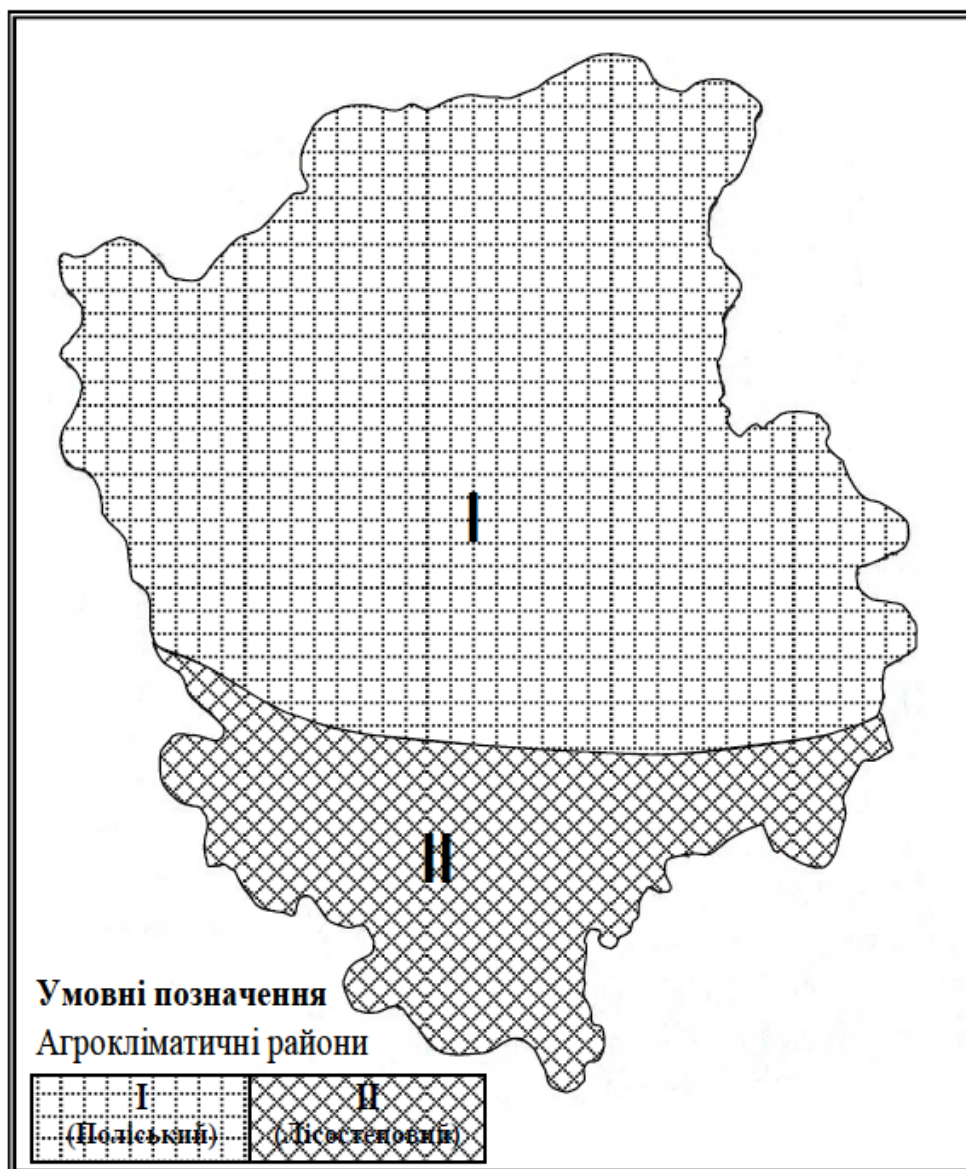
Така фізико-географічна особливість області робить відповідний вплив і на розподіл опадів по території області. Ось чому основні кліматичні показники обох районів майже однакові.

Суми активних температур за період з середньою добовою температурою понад 10 °С в межах області дорівнюють 2400 – 2500 °С. Безморозний період триває 155 – 160 днів. Середні дати останніх весняних приморозків припадають на третю декаду квітня, в окремих місцях – на першу декаду травня; перших осінніх – на початок жовтня. В окремі роки бувають значні відхилення від цих дат в той чи інший бік. Відповідно збільшується або зменшується і тривалість безморозного періоду [1].

Тривалість періоду з середньодобовою температурою вище 5 °С складає 205 – 210 днів, вище 10 °С – 155 - 160 днів, а вище 15 °С – 100 - 105 днів. Річні суми опадів дорівнюють 540 – 640 мм, а за період з середньою добовою температурою повітря понад 10 °С – 330 - 380 мм. За вегетаційний період налічується в середньому 60 – 65 днів з опадами не менше 1 мм за добу, з них 25 – 28 днів буває з опадами не менше 5 мм.

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації с.-г. культур територію Волинської області поділено на два агрокліматичні райони [1]: I – помірного теплозабезпечення, достатнього і надлишкового зволоження; II – достатнього теплозабезпечення, достатнього зволоження (рис. 2.2).

Умови зволоження території створюють позитивний баланс вологи. Проте в окремих місцях північного поліського району не виключена можливість періодичних ґрунтових посух, обумовлених властивостями піщаних ґрунтів, які погано затримують вологу і не нагромаджують її.



Агрокліматичний район	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації		
	Сума активних температур, вище 10°C	Сума опадів, мм	ГТК
<b>I</b> Помірного теплозабезпечення, достатнього і надлишкового зволоження	2550 – 2650	400 – 450	1,5 – 1,7
<b>II</b> Достатнього теплозабезпечення і достатнього зволоження	2600 – 2650	350 – 400	1,3 – 1,4

Рисунок 2.2 – Районування території Волинської області по тепло- та вологозабезпеченості [1].

*Коротка агрокліматична характеристика сезонів року.* Перехід від одного сезону до другого, як правило, відбувається поступово. За початок та кінець сезонів умовно прийняті дати стійкого переходу середньої добової температури повітря через певні межі [10].

**Весна.** Початком весняного сезону вважають дату стійкого переходу середньої добової температури повітря через 0°C до вищої. Весняний сезон починається в області у другій декаді березня і триває 70 – 80 днів. Характерною особливістю його є швидкий ріст температури В наслідок цього спостерігається інтенсивне випаровування вологи з ґрунту і збагачування повітря водяною парою. Проте, відносна вологість повітря в зв'язку з високою температурою вдень зменшується у квітні до 57 – 60 %, у травні до 48 – 54 % [1].

У першій декаді квітня спостерігається перехід середньої добової температури повітря через 5 °С, а в третій декаді – через 10 °С. З переходом до сталих середніх добових температур повітря понад 10 °С зв'язані інтенсивний ріст більшості рослин, а також середні строки сівби теплолюбних культур.

Середня температура повітря о 13-й год. у квітні досягає 10 – 11 °С у травні 18 °С, а максимальна, відповідно 26 і 32 °С. Разом з цим весною часто бувають приморозки, які шкодять садовим і городнім культурам

**Літо.** За початок літнього сезону вважається дата переходу середньої добової температури повітря через 15 °С і вище. На території області літо починається в третій декаді травня і триває до початку вересня (дати переходу середньої добової температури через 15 °С і нижче).

Літо нежарке, з достатнім зволоженням. В найтеплішому місяці липні середня температура повітря становить 17 – 18 °С, максимальна 36 – 38°C.

Температурний режим по території області досить одноманітний У червні, липні та серпні відносна вологість повітря дорівнює 55 – 60 %. Найбільша кількість днів з опадами  $\geq 1$  мм за місяць (10 – 12) буває на крайній півночі області в липні.



Характерними є літні зливи з грозами, що іноді супроводжуються градом. Найбільша кількість днів (6 – 7) з грозою за місяць буває в червні та липні. Внаслідок злив іноді вилягає хліб, а в окремих місцях змивається верхній шар ґрунту. В окремі роки влітку бувають посушливі періоди, коли не буває опадів [1].

**Осінь.** Початком осені вважається дата переходу середньої добової температури повітря через 10 °С і нижче, що спостерігається наприкінці вересня, а в деяких місцях на початку жовтня. Між кінцем літа і початком осені спостерігається передосінній період, коли середня добова температура повітря вища за 10 °С, але нижча за 15 °С.

Найчастіше цей період буває у вересні. В умовах Волинської області передосінній і осінній періоди характеризуються зменшенням опадів. У вересні переважає малохмарна суха погода, відносна вологість повітря становить близько 60 %, у жовтні – 70 %. Наприкінці жовтня середня добова температура повітря переходить через 5 °С, що є ознакою закінчення вегетаційного періоду; наприкінці листопада через 0 °С, що приймається за закінчення осіннього сезону і початок зими [1].

**Зима.** Зима триває близько 3,5 місяців, до початку другої декади березня – дати переходу середньої добової температури повітря через 0 °С до вищої. Зима на Волині м'яка, здебільшого з похмурою погодою і частими, але переважно невеликими опадами. Середня температура найхолоднішого місяця січня складає -5 °С. Протягом зими бувають часті відлиги. В окремі роки під час відлиг температура повітря підвищується до 10 – 11 °С. Проте окремі роки відзначаються суворими зимами. Найнижчі температури бувають у січні і лютому (-23, -24 °С). Дуже рідко, приблизно один раз за півсторіччя, температура знижується до -34, -39 °С. Стійке промерзання ґрунту становить близько 110 днів. Найбільш ранні строки промерзання ґрунту під озимими культурами відносяться до початку грудня. Стійкий сніговий покрив устанавлюється в середньому в третій декаді грудня, танення його починається наприкінці лютого – на початку березня.

Найбільшої висоти сніговий покрив досягає в лютому. Середня із найбільших декадних висот за зиму 12 – 14 см. Середній запас води в снігу 28 – 34 мм, найбільший 38 – 63 мм, а найменший 6 – 13 мм.

Характерною особливістю снігового покриву на Волині є нерівномірне його наростання. Під час відлиг сніговий покрив серед зими частково розтає, осідає, іноді й зовсім сходить, а потім утворюється знову. Зимові опади тут часто бувають у вигляді дощів. За останні 11 – 12 років в 25 – 30 % зим стійкого снігового покриву на Волині не було [1].

### 3 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Пшениця озима – холодостійка однорічна зимуюча культура [13, 14]. У зимово-весняний період вона дуже чутлива до поперемінного відтавання і замерзання ґрунту, яке часто призводить до її загибелі. Спостереження показують, що пшениця озима в безсніжні зими не гине навіть за температури мінус 19 – 20 °С на глибині вузла кущіння, якщо похолодання настає поступово. Вимерзає вона при раптовому зниженні температури до мінус 16 – 18 °С, особливо напровесні, коли вдень температура підвищується до 5 – 10 °С, а вночі знижується. Під сніговим покривом 20 см рослини добре переносять зниження температури до мінус 30 °С, а за товщого шару снігу — навіть до мінус 40 °С. Це пояснюється тим, що температура ґрунту під снігом завжди на 12 – 15 °С вища, ніж температура повітря [19, 27].

Пшениця озима кущиться восени за температури 8 – 12 °С, а припиняється – за 3 – 4 °С. Якщо її висівають пізно, кущіння продовжується ранньою весною. Своєчасно висіяна пшениця озима до настання зими утворює 4 – 5 пагонів [19, 27].

У пшениці озимої краще розвинена коренева система, ніж у ярої. Весняні опади сприяють росту вегетативної маси. Пшениця озима вибаглива також до вологи в період виходу рослин у трубку і колосіння. Вона добре переносить посуху, тому що фази виходу в трубку і колосіння відбуваються рано, коли в ґрунті є ще достатня кількість вологи. Наливання зерна закінчується до настання жаркої погоди [14, 19].

Життєвий цикл росту і розвитку озимої пшениці складається з наступних фенологічних фаз, пов'язаних з морфологічними змінами у будові органів рослини, – проростання насіння, сходи, кущіння, вихід у трубку, колосіння, цвітіння, дозрівання (молочна, воскова і повна стиглості) [6, 19].

Сходи озимої пшениці з'являються після набрякання і проростання насіння, що відбувається при визначених температурах, вологості й аерації.

Для того щоб насіння пшениці проросло, воно повинне ввібрати в себе не менш 50 % вологи від своєї ваги. Такі умови створюються, коли у верхньому шарі ґрунту (0 – 10 см) міститься не менше 10 – 12 мм продуктивної вологи. При надлишку вологи насіння гине через нестачу кисню. Насіння може набрякати і проростати при температурі від 1 до 4 °С, але цей процес при таких температурах дуже сповільнюється [14, 27].

Оптимальна температура для набрякання, проростання зерна та появи сходів від 15 до 20 °С. При такій температурі та достатній вологості ґрунту масові сходи озимої пшениці з'являються через 7 – 9 днів і знаходяться в доброму стані. Однак, часто у південних районах восени вологість ґрунту буває недостатньою. При низькій вологості і високій температурі швидкість набрякання сповільнюється і зерно перестає поглинати вологу [27].

Підвищення температури прискорює процес проростання зерна. При температурі ґрунту 10 – 18 °С і вологості 60 % зерно пшениці проростало на третій день, а при 3 – 6 °С – на п'ятнадцятий день. При температурі 20 – 24 °С і достатній вологості ґрунту на глибині залягання зерна проростання відбувається у 3 – 4 рази швидше, ніж при температурі 4 °С. Температура вище 24 °С несприятлива для проростання. При такій температурі знижується дружність проростання і знижується відсоток пророслого зерна. У природних умовах, восени, коли в ґрунті небагато вологи, температура 14 – 16 °С є найкращою для швидкого проростання і появи дружних сходів [27].

За появу сходів приймається поява першого зеленого листка над землею. Тривалість періоду посів – сходи озимої пшениці буває різною в залежності від температури і вологості ґрунту. Після появи першого листка над поверхнею ґрунту розгортаються другий і третій листки [6].

Після появи сходів формуються надземні органи і коренева система рослин, починається фотосинтез і накопичення органічної речовини. Утворення перших листків і розвиток кореневої системи в цей період можуть відбуватись у широкому діапазоні температур – від 4 до 30 °С, найбільш сприятливою є температура 13 – 15 °С [6, 19, 27].

Через 4 – 8 днів після повних сходів починає формуватися вузол кущіння головного пагону. Розростаючись, він утворює зачатки стебел і вторинні корені. Вузол кущіння – найважливіший орган рослини озимої пшениці. У ньому накопичуються запасні поживні речовини і закладаються основні органи майбутньої рослини. Загибель вузла кущіння через несприятливі умови приводить до повної загибелі рослини. Якщо рослина втрачає листки і корені, а вузол кущіння залишається живим, то така рослина може дати озернений колос. На глибину залягання вузла кущіння впливають також сортові особливості. Сорти твердої пшениці утворюють вузол кущіння глибше, ніж сорти м'якої пшениці. На легких піщаних ґрунтах вузол кущіння залягає вище, ніж на важких [27].

Глибина залягання вузла кущіння має велике значення для формування майбутнього урожаю. При неглибокому заляганні вузла кущіння у посушливих районах вторинні корені розвиваються погано і зменшується ступінь кущистості через сухість ґрунту. Тому в південних районах, збільшуючи глибину закладення насіння, намагаються розташувати вузол кущіння у більш вологому ґрунті. Більш глибоке залягання вузла кущіння охороняє його від загибелі при несприятливих умовах перезимівлі: від вимерзання, видування і т.п. [27].

При глибокому заляганні зерна на 8 – 10 см, навіть на чорноземних ґрунтах сходи з'являються ослабленими і повільно ростуть. При несприятливих умовах такі рослини гірше зимують. Найвищі урожаї одержують при середній глибині закладення насіння 5 – 6 см. Однак, на півдні при сухому ґрунті оптимальна глибина закладення насіння може досягати 6 – 8 см. Тому вибір глибини закладення насіння залежить від вологості верхнього шару ґрунту. Ранні посіви озимої пшениці вимагають більшої глибини загортання насіння, ніж пізні [27].

Кущистість озимої пшениці визначається кількістю стебел, що розвинулися з вузла кущіння. Не всі стебла бувають колосоносними, тому розрізняють загальну кущистість і продуктивну кущистість, тобто загальну

кількість стебел і кількість колосоносних, або продуктивних, стебел. Добре зволоження у період кушіння збільшує продуктивну кущистість. Кущистість визначається багатьма факторами навколишнього середовища і видових особливостей сорту.

На рівень кущистості значно впливають запаси поживних речовин у ґрунті. На ґрунтах бідних, піщаних і підзолистих пшениця без добрива кущиться слабо. Внесення мінеральних речовин у ґрунт збільшує кущистість, особливо сильно проявляється дія азотних добрив [14].

При сприятливих умовах температури і вологості ґрунту озима пшениця оптимальних термінів сівби формує до кінця осені 3 – 6 стебел у середньому на одну рослину. При цьому кушіння триває 30 – 40 днів при температурі повітря від 10 – 12 °С на початку періоду і до 3 – 5 °С в кінці періоду [27].

Навесні озима пшениця знову починає кущитися, і весняне кушіння триває протягом місяця при температурах від 3 – 5°С до 12 – 15° С, при цьому навесні рослини в залежності від сорту можуть сформувати ще 1 – 3 бокових пагонів. Закінченням фази кушіння звичайно вважають початок розростання першого міжвузля стебла. Однак, при сприятливих умовах рослини продовжують кущитися і під час росту стебла навесні, але ці пагони звичайно вже не утворюють колоса [19, 27].

Одночасно з формуванням вузла кушіння розвивається і коренева система озимої пшениці. Ріст коренів відбувається при температурах вище 2 °С. У пшениці, що розвивається від посіву до колосіння при температурі 9 – 16 °С, вага коренів більша, ніж при температурі вище 20 °С [19, 27].

Особливо на ріст коренів впливає наявність вологи у ґрунті. З підвищенням вологості при однаковій температурі ріст коренів збільшується, а при вологості 60 % повної вологомісткості в період до колосіння приріст їхній буває до 2 см на добу.

Для росту коренів необхідний гарний доступ повітря. При надлишковій вологості ґрунту через недостачу повітря у ґрунті ріст коренів затримується,

а в наслідок цього затримується і ріст надземних органів. На ріст коренів великий вплив мають азотне і фосфорне добрива. Вплив світла на кореневу систему здійснюється через надземні органи рослин. Достатнє вуглецеве живлення надземної частини збільшує і потужність коренів. На момент кушіння зародкові корені, випереджаючи в рості стеблові корені, досягають глибини майже 50 см [27].

Після проходження яровизації в озимій пшениці формується колос. При нормальних термінах сівби колос починає формуватися при температурі 6 – 8 °С. Умови навколишнього середовища в цей період визначають величину колоса, тобто кількість закладених колосків і квіток у колосі. У колосі може сформуватися 20 – 24 колоска, з яких за несприятливих умов розвиваються тільки 14 – 16 колосків. Сухість повітря, висока температура, недостатнє зволоження ґрунту негативно позначаються на формуванні колосу [19, 27].

Озима пшениця формує стебло з п'ятьма-шістьма міжвузлями. Динаміка росту стебла в дуже великому ступені залежить від агрометеорологічних умов періоду вихід у трубку – цвітіння. Найбільший приріст міжвузля відбувається при температурі 24 – 25 °С. У цей період поряд з формуванням колосу інтенсивно ростуть нові листки і коренева система. За період вегетації при оптимальних умовах на рослині озимій пшениці утворюється в залежності від кущистості від 30 до 50 – 70 листків [14, 27].

Первинна коренева система до кінця фази виходу у трубку проникає на глибину до 1,5 – 2,0 м, а вторинна – до 70 – 80 см. На опідзолених суглинках основна маса коренів зосереджена в орному шарі. На чорноземах же, якщо ґрунт добре зволожений, відбувається рівномірний розподіл кореневої системи до глибини 60 – 80 см і навіть до 100 см.

З виходом колосу з піхви верхнього листка починається фаза колосіння озимій пшениці. Швидкому і дружному колосінню сприяють висока

температура повітря, достатня вологість ґрунту, довгий день і сонячна погода.

Через 3 – 5 днів слідом за колосінням настає цвітіння, при пониженій температурі воно відзначається через 7 – 8 днів. Цвітіння одного колосу озимої пшениці у південних районах триває 3 – 5 днів. Найбільша кількість квіток розкривається на 2 – 3-й день після цвітіння при температурі 25 – 30 °С. Мінімальна температура для цвітіння 6 – 7 °С. Пшениця належить до самозапильних рослин, однак вона запилюється і перехресно [6].

Дефіцит вологи і дуже висока температура різко знижують ступінь запліднення пшениці, спостерігається череззерниця. Відносна вологість повітря нижче 25 % також приводить до череззерниці. Неприятливі також сухі і сильні вітри під час цвітіння.

Велика вегетативна маса забезпечує гарний урожай зерна. При невеликій масі урожаї бувають зниженими.

Настання фази молочної стиглості характеризується інтенсивним надходженням пластичних речовин у зернівку. Цей час називають періодом наливу зерна, у більшості районів він продовжується 10–12 днів.

До молочної стиглості коренева система пшениці на чорноземах досягає глибини 1,5 м і більш, у залежності від глибини зволоження ґрунту. При недостатній кількості вологи у ґрунті коренева система розвивається значно слабкіше. До кінця молочної стиглості у зернівках накопичується до 90 % сухих речовин [19, 27].

При настанні фази воскової стиглості стебла починають жовтіти, більшість листків також жовтіє і відмирає. У воскову стиглість надходження пластичних речовин у зернівку майже припиняється, зернівка набуває консистенції воску і досягає своєї максимальної ваги. Фаза воскової стиглості озимої пшениці триває 8 – 10 днів. При сухій жаркій погоді цей період може скоротитися до 5 – 6 днів, при прохолодній і вологій погоді – може збільшитися до 12 – 14 днів і більше. При закінченні воскової стиглості вологість зерна складає 15 – 20 % і нижче, настає повна стиглість [19].



Невідповідність між надходженням і витратою води рослиною призводить до того, що воскова і повна стиглість настає передчасно і зернівка формується щуплою. Зменшується урожай і погіршуються борошномельні і хлібопекарські якості борошна з цього зерна.

Після дозрівання пшениці не можна запізнюватися з її збиранням, тому що це веде до зниження урожаю не тільки за рахунок втрат, а і за рахунок погіршення якості зерна. На якість зерна несприятливо діють дощі, висока температура, велика вологість повітря.

У сортів озимої пшениці навіть у південних районах фізіологічна стиглість зерна нерідко настає значно пізніше збиральної, а у ярої вони часто збігаються. Тому яра пшениця може проростати на корні. У озимої ж пшениці зерно, що досягло збиральної стиглості, нездідне цілком проростати.

Повне проростання насіння настає тільки після деякого його зберігання. Це явище називається післязбиральним дозріванням. Період післязбирального дозрівання різний у різних сортів озимої пшениці. Він коливається від 3 – 4 до 12 тижнів після збирання. Однак, у межах того самого сорту цей період також коливається і залежить від умов наливу і дозрівання зерна. Чим вища температура в період дозрівання зерна при невеликій вологості повітря, тим менший період післязбирального дозрівання [19].

Дощова і прохолодна погода у період дозрівання озимої пшениці збільшує період післязбирального дозрівання насіння. Схожість такого насіння знижується. При збереженні насіння у холодних приміщеннях післязбиральне дозрівання проходить повільно і якість посівного матеріалу знижується. Таким чином, агрометеорологічні умови, що спостерігаються під час формування і дозрівання зерна, а потім і під час збереження його значно впливають на біологічні особливості наступних посівів озимої пшениці [19].

### 3.1 Господарське значення та сорти озимої пшениці

Серед озимих зернових культур, які вирощують в Україні, велике продовольче значення має озима пшениця. Вона характеризується високою поживною цінністю зерна і урожайністю [6, 14].

Зерно пшениці містить більше поживних речовин, ніж зерно інших зернових культур. Зерно пшениці озимої, яку вирощують у південних областях України, містить від 12 до 17% білка, 62 – 66 безазотистих екстрактивних речовин (переважно крохмалю), близько 2 % жиру. В зерні пшениці, вирощеної в країнах Західної Європи, міститься значно менше білка.

У пшеничному хлібі більше білка, вуглеводів і вітамінів, ніж у житньому. Крім того, в ньому багато кальцію, фосфору, заліза. Зерно пшениці використовують для виробництва борошна, виготовлення кондитерських і макаронних виробів, круп [6, 14].

Пшеничні висівки є цінним концентрованим кормом для всіх видів тварин. Вони містять багато білка, жиру і вітамінів. Пшеничну солому використовують як груби корм, підстилку. Полову безостих сортів пшениці згодовують великій рогатій худобі та вівцям.

Якість білків пшеничного хліба дуже висока, вони добре засвоюються. Об'ємний вихід хліба, розпливчастість і пористість його м'якуша визначаються вмістом і якістю клейковини в борошні. Клейковина – це білкова маса, яка характеризується відповідними еластичністю, в'язкістю, пружністю. До складу клейковини переважно входять білкові речовини – гліадин і глютенін. Вміст клейковини в зерні залежно від сорту та умов вирощування змінюється: сирої – від 16 до 52%, сухої – від 5 до 20 % [6, 14].

За хлібопекарськими якостями сорти озимої пшениці поділяють на сильні, середні, або цінні, та слабкі (філери). Сила пшениці залежить не лише від сорту, а й від ґрунтово-кліматичних умов і технології вирощування. Тісто з борошна сильної пшениці забезпечує високий об'ємний вихід хліба з

еластичним м'якушем. Якщо до борошна слабкої пшениці додати 30 – 50 % борошна сильної пшениці, якість хліба значно поліпшується [6, 14].

Зерно сортів сильних озимих пшениць повинно містити білка не менше 14%, сирої клейковини – не менше 28 % з добрими фізичними властивостями (високою пружністю та розтяжністю) і склоподібністю не менше 60 %, натура зерна – не менше 755 г/л. Зерно вітчизняних сильних і твердих пшениць користується великим попитом на внутрішньому і міжнародному ринках [6, 13].

Зерно сортів середніх (цінних) пшениць характеризується добрими хлібопекарськими якостями, але воно не здатне поліпшувати борошно слабкої пшениці. В ньому міститься 11 – 13,9 % білка, 23 – 27 % клейковини.

Зерно слабких пшениць не забезпечує випікання хліба задовільної якості. Хліб має грубий, із щільним м'якушем, а подовий – розпливається. Зерно слабкої пшениці має невисокий вміст білка (менше 11 %) та клейковини (менше 23 %), хоча буває і достатня їх кількість, однак клейковина низької якості [13].

До сильних пшениць, вирощуваних в Україні [13], належать сорти Безоста 1, Альбатрос одеський, Одеська 133, Обрій, Ольвія, Ростовчанка 2, Скіф'янка, Спартанка, Тарасівська 29 та ін., а до цінних за якістю зерна – Донецька 48, Донська напівкарликова, Лютесценс 7, Миронівська 61, Миронівська остиста, Напівкарлик 3, Одеська 117, Одеська напівкарликова, Поліська 90, Ювілейна 75, Херсонська 86 та ін.

Велике значення для підвищення урожайності озимої пшениці має правильний добір сортів з урахуванням їх вимог до ґрунтово-кліматичних умов. Для південно-східних районів потрібні сорти посухостійкі, а для західних районів достатнього зволоження – стійкі проти вилягання, випрівання та ураження грибними хворобами.

У зв'язку з великою різноманітністю ґрунтово-кліматичних умов в Україні районовано багато сортів озимої пшениці. Найпоширеніші такі сорти [13]:

Безоста 1 – ранньостиглий, високоврожайний, стійкий проти вилягання і обсіпання сорт. Мало зимостійкий порівняно з іншими сортами. Зерно крупне. Належить до сильних пшениць. Хлібопекарські якості високі. Районований у степовій зоні.

Поліська 87 — середньостиглий, високоврожайний, досить стійкий проти вилягання сорт. Зерно крупне. Хлібопекарські якості середні. Районований у лісостеповій і поліській зонах.

Одеська 265 – середньостиглий, зимостійкий, високоврожайний сорт. Належить до сильних пшениць. Районований у південних степових областях.

Щедра Полісся – середньостиглий, високоврожайний, стійкий проти вилягання сорт. Зимостійкість середня. Бурою іржею, борошнистою росою і кореневими гнилями уражується середньо. Маса 1000 зерен сягає 35 – 44 г. Хлібопекарські якості середні. Районований у лісостеповій і поліській зонах.

Поліська 90 — середньостиглий, високоврожайний, середньорослий, але стійкий проти вилягання сорт. Зимостійкість – від середньої до вище середньої. Маса 1000 зерен досягає 42 – 48 г. Борошномельні та хлібопекарські якості добрі й високі. Районований у лісостеповій і поліській зонах.

Миронівська 61 – середньостиглий, стійкий проти вилягання. Зимо- і посухостійкість середня. Стійкий проти обсіпання зерна. Кореневими гнилями і борошнистою росою уражується слабо. Маса 1000 зерен – 40,2 – 42,4 г. Борошномельні та хлібопекарські якості добрі. Належить до цінних пшениць. Придатний для вирощування за інтенсивною технологією. Районований у лісостеповій і поліській зонах.

Одеська 66 – середньостиглий, досить стійкий проти вилягання, зимостійкий сорт. Маса 1000 насінин досягає 40 – 45,3 г. Хлібопекарські якості добрі. Районований у поліській зоні.

Одеська напівкарликова – середньоранній, стійкий проти вилягання, зимостійкий сорт. Маса 1000 зерен – 35 – 46,5 г. Хлібопекарські якості добрі й відмінні. Районований у степовій зоні.

Циганка – середньопізній, високоврожайний. Належить до цінних пшениць. Слабо уражується борошнистою росою і бурою іржею. Маса 1000 зерен сягає 40,5 – 41,4 г. Районований у поліській зоні.

Обрій – середньоранній, високоврожайний, належить до сильних пшениць. Стійкий проти вилягання, посухостійкий.

Зимостійкість середня. Борошнистою росою, бурою іржею уражується слабо. Маса 1000 зерен — 35 – 43 г. Районований у степовій зоні.

Альбатрос одеський – середньоранній, високоврожайний. Належить до сильних пшениць. Стійкість проти вилягання, обсіпання і посухи висока. Зимостійкість середня. Борошнистою росою, бурою іржею і летючою сажкою уражується слабо. Маса 1000 зерен досягає 30 – 35 г. Районований у лісостеповій і степовій зонах.

Із сортів твердої озимої пшениці в Україні вирощують такі: Корал одеський (Мрія), Парус, Айсберг одеський – середньоранні, посухостійкі, які районovanі у степовій і лісостеповій зонах.

Із нових районованих сортів слід відзначити Крижинка, Колумбія та ін.

Одним з основних напрямів селекції високоврожайних сортів пшениці є зменшення висоти стебла. Це зумовлено не лише потребою підвищення стійкості рослин проти вилягання, а й тенденцією збільшення урожаїв зерна за рахунок урожаїв соломи. Досить високі врожаї нових інтенсивних сортів пшениці можна мати при загущеному стеблостой, збільшенні кількості зерен у колоску, а також при підвищенні вмісту білка в зерні [13].

Різноманітністю кліматичних умов в Україні пояснюється те, що в західних областях з м'якими зимами і більшою кількістю опадів високі урожаї дають пізньостиглі сорти західноєвропейського екологічного типу. У південно-східних і центральних районах країни досить високі урожаї мають при вирощуванні ранньостиглих сортів степового походження, стійких проти високих температур і літньої посухи.



**Блок фотосинтезу.** Фотосинтез листя розраховується за формулою [21]

$$\Phi_0^j = k \cdot b \cdot I^j / k + b \cdot I^j, \quad (4.1)$$

де  $\Phi_0^j$  – інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- і вологозабезпеченості в реальних умовах освітленості, мг  $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \text{ г})$ ;

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

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

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

$j$  – номер кроку розрахункового періоду.

В онтогенезі фотосинтетична активність листя визначається його віком і напруженістю водно-теплого режиму. Для розрахунку фотосинтезу в онтогенезі в реальних умовах навколишнього середовища, відмінних від біологічно-оптимальних, використовується вираз

$$\Phi_\tau^j = \Phi_0^j \cdot \alpha_\Phi^j \cdot \psi_\Phi^j \cdot \gamma_\Phi^j, \quad (4.2)$$

де  $\Phi_\tau$  – інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах навколишнього середовища, мг  $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \text{ г})$ ;

$\alpha_\Phi$  – онтогенетична крива фотосинтезу;

$\psi_\Phi$ ,  $\gamma_\Phi$  – функції впливу чинників навколишнього середовища (середньої за світлий час доби температури повітря та вологості ґрунту), що представляють собою одновершинні криві.

Функції  $\alpha_{\Phi}$ ,  $\psi_{\Phi}$ ,  $\gamma_{\Phi}$ , які входять в співвідношення (4.2), нормовані і змінюються від 0 до 1.

Сумарний фотосинтез посіву за світлий час доби можна розраховувати за формулою [17]

$$\Phi^J = \varepsilon \cdot \Phi_{\tau}^J \cdot L^J \cdot \tau_a^J, \quad (4.3)$$

де  $\Phi$  – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, г/(м<sup>2</sup> д);

$\varepsilon = 0,68$  – коефіцієнт ефективності фотосинтезу;

$L$  – площа листової поверхні, м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>;

$\tau_d$  – тривалість дня, год.

**Блок дихання.** На відміну від процесу фотосинтезу спроможністю до дихального газообміну володіють всі органи рослини [17, 26].

Витрати на дихання підрозділяються на дві складові [17]:

1) дихання, пов'язане з підтримкою життєдіяльних структур рослинних тканин;

2) дихання, пов'язане з фотосинтезом та створенням нових структурних одиниць

$$R^J = \alpha_R^J (c_1 M^J + c_2 \Phi^J), \quad (4.4)$$

де  $R$  – витрати на дихання, г/м<sup>2</sup>;

$\alpha_R$  – онтогенетична крива дихання;

$c_1$  – коефіцієнт, що характеризує витрати на підтримку життєдіяльних структур рослинних тканин;

$M$  – суха біомаса посіву, г/м<sup>2</sup>;

$c_2$  – коефіцієнт, який характеризує витрати, пов'язані з фотосинтезом та створенням нових морфологічних структурних одиниць.



**Блок росту.** Приріст біомаси посіву визначається різницею між сумарним фотосинтезом посіву і витратами на дихання [21]

$$\Delta M = \Phi^j - R^j, \quad (4.5)$$

Для описання росту окремих органів рослин використовуємо ростові рівняння у модифікованому вигляді, запропоновані Ю.К. Россом [22]:

$$m_i^{j+1} = m_i^j + (\beta_i^j \Delta M^j - v_i^j m_i^j), \quad (4.6)$$

$$m_p^{j+1} = m_p^j + \left( \beta_p^j \Delta M^j + \sum_i^{l,s,r} v_i^j m_i^j \right),$$

де  $m_i$  – загальна суха біомаса окремих  $i \in l, s, r$  ( $l$  – листя,  $s$  – стебла,  $r$  – коріння,  $p$  – репродуктивні органи) органів, г/м<sup>2</sup>;

$\beta_i$  – функція перерозподілу «свіжих», тільки що створених в процесі фотосинтезу асимілятів;

$v_i$  – функція перерозподілу «старих» асимілятів, які були запасені раніше.

Ріст площі листя посіву визначається при позитивному прирості біомаси листя за формулою [17]

$$L^{j+1} = L^j + \Delta m_l (1/z). \quad (4.7)$$

де  $z$  – питома поверхнева площа листя, г/м<sup>2</sup>.

При негативному прирості біомаси листя, для опису росту їхньої асимілюючої поверхні, застосуємо співвідношення виду [17]

$$L^{j+1} = L^j - \Delta m_l \cdot (1/z) \cdot (1/k_s), \quad (4.8)$$

де  $k_s = 0,3$  – параметр, який характеризує критичний розмір зменшення живої біомаси листя, при якому починається її відмирання.

**Агрометеорологічний блок.** Поглинена посівом фотосинтетично-активна радіація розраховується за формулою [17]

$$I^j = I_0^j / (1 + cL), \quad (4.9)$$

де  $I_0$  – інтенсивність ФАР на верхній межі посіву, кал/(см<sup>2</sup> хв);

$c = 0,5$  – емпірична постійна.

Потік ФАР на верхню межу посіву визначається по формулі

$$I_0^j = 0,5Q^j / 60\tau_d, \quad (4.10)$$

де  $Q$  – сумарна сонячна радіація, кал/(см<sup>2</sup> д).

Сумарна сонячна радіація розраховується за допомогою формули Сівкова [24]

$$Q^j = 12,66(S^j)^{1,31} + 315(\sin \cdot h_n^j)^{2,1}, \quad (4.11)$$

де  $S$  – тривалість сонячного саява, год.;

$h_n$  – полуднева висота Сонця.

Середня за світлий час доби температура повітря [5] розраховується за формулою виду

$$T_{\bar{a}} = a_1 \cdot T_{\max} + a_0, \quad (4.12)$$

де  $T_{\bar{a}}$  і  $T_{\max}$  – середня денна і максимальна температури повітря, °С;

$a_0, a_1$  – емпіричні коефіцієнти.

#### 4.1 Визначення параметрів моделей сільськогосподарських культур стосовно конкретних ґрунтово-кліматичних зон

У відповідності з описаною структурою моделі її параметри поділяються на чотири групи [17, 21]:

1. Параметри для розрахунку інтенсивності фотосинтезу;
2. Параметри для розрахунку інтенсивності дихання;
3. Параметри для розрахунку динаміки біомаси окремих органів і всієї рослини, площі асимілюючої поверхні;
4. Параметри агрометеорологічного блоку, до якого входять значення коефіцієнтів рівнянь регресії для розрахунку середньої за світлу пору доби температури повітря.

**Параметри блоку фотосинтезу.** До групи параметрів блоку фотосинтезу входять параметри, які характеризують інтенсивність протікання процесу фотосинтезу під впливом факторів, що безпосередньо беруть участь у самому процесі, а також ті, що відображають умови здійснення процесу. Останні є функціями впливу факторів середовища на інтенсивність процесу фотосинтезу [21].

Цю групу складають параметри світлової кривої фотосинтезу  $k$ ,  $b$  та  $\psi_{\delta}$ ,  $\gamma_{\delta}$  – функції впливу температури повітря і вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу.

Загальний вигляд світлової кривої фотосинтезу наведено на рис. 4.2.

Параметр  $k$  характеризує плато світлової кривої, а параметр  $b$  – нахил світлової кривої фотосинтезу при незначних значеннях інтенсивності ФАР і визначається як тангенс кута нахилу світлової кривої.

Для озимого жита:  $k = 15 \text{ мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$ ;

$b = 555,6 \text{ мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.}) / (\text{кал} / \text{см}^2 \cdot \text{хв} )$ .

Для озимої пшениці, ярого ячменю та вівса  $k = 25 \text{ мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$ ;

$b = 581,4 \text{ мг CO}_2 / (\text{дм}^2 \cdot \text{год.}) / (\text{кал} / \text{см}^2 \cdot \text{хв})$ .

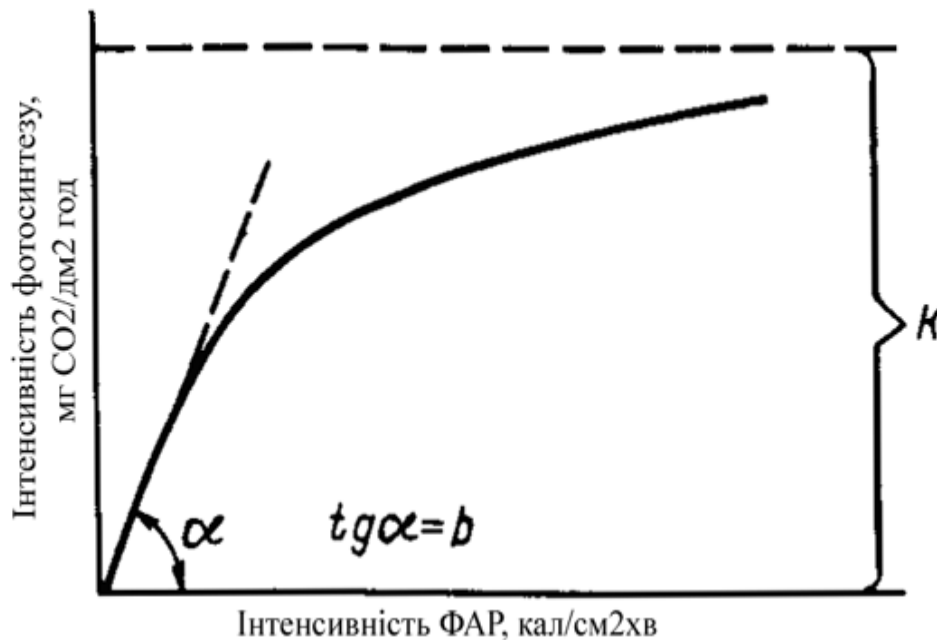


Рисунок 4.2 – Параметри світлової кривої фотосинтезу [21].

Врахування впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу проводиться через температурну криву фотосинтезу  $\psi_{\delta}$ , яка будувалась по відношенню температури поточної доби до температури світлої пори доби, коли здійснюється фотосинтез (рис. 4.3).

Крайні та оптимальні середньодобові температури повітря для фотосинтезу отримані для різних культур: озимого жита – 20 °С, озимої пшениці, ярого ячменю та вівса – 22°С.

Функції впливу вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу  $\gamma_{\phi}$  визначені окремо для супіщаних та суглинистих ґрунтів (рис. 4.4).

Крім того, для розрахунку фотосинтезу використовується також параметр, який характеризує вплив зміни фізіологічного віку листя на інтенсивність фотосинтезу, – онтогенетична крива фотосинтезу  $\alpha_{\phi}$ , положення максимуму якої визначається темпами розвитку рослин на конкретній території.

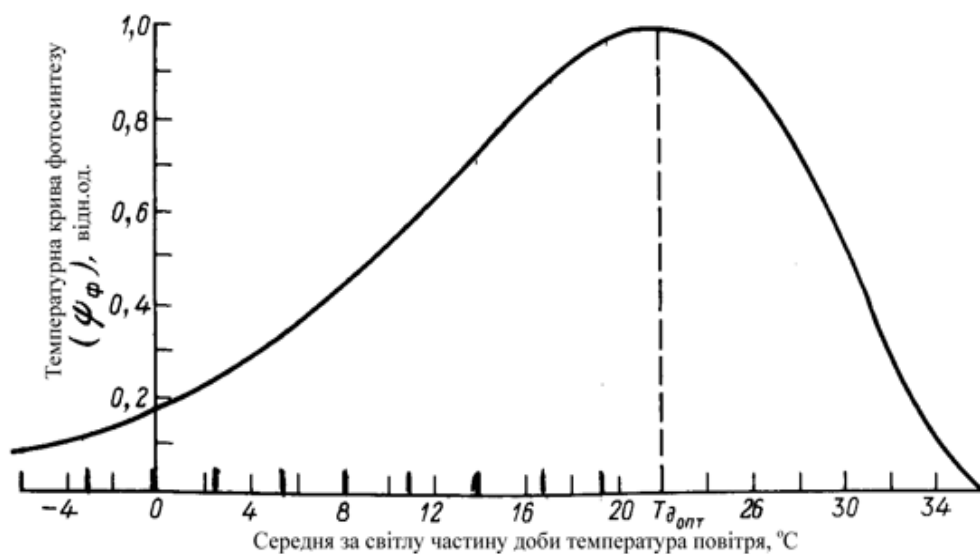


Рисунок 4.3 – Температурна крива озимої пшениці [21]:

$T_{д\text{ опт}}$  – оптимальна середня за світлий час доби температура повітря для отосинтезу озимої пшениці.

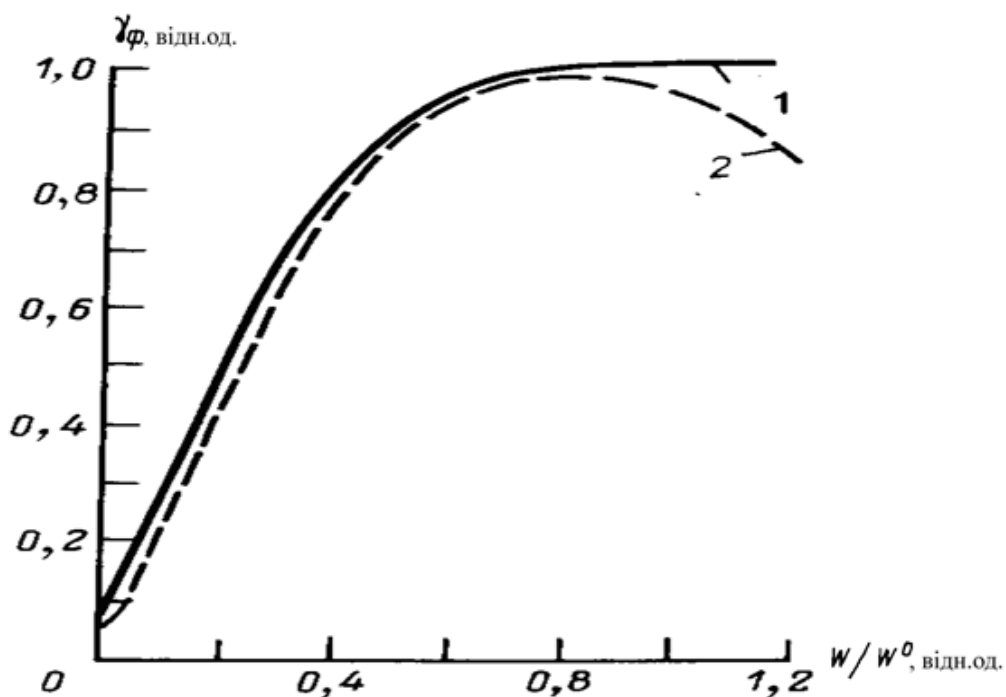


Рисунок 4.4 – Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез [21]:

1 – супіщаний ґрунт; 2 – суглинковий ґрунт;  $W$  – запаси (мм) продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 50 см;  $W^0$  – найменша вологоємність ґрунту в шарі ґрунту 0 – 50 см або найбільші запаси (мм) вологи у ґрунті в шарі ґрунту 0 – 50 см протягом трьох перших декад після відновлення вегетації (сходів).

Онтогенетична крива фотосинтезу [17, 21] – це одновершинна крива, яка описується виразом і наведена на рис. 4.5.

$$\alpha_{\phi}^j = l - a \left( \frac{TS_2 - \sum t_l^1}{10} \right)^2, \quad (4.13)$$

в якому параметр  $a$  визначається за допомогою формули

$$a = \frac{-100l_n \cdot \alpha_{\phi}^j}{\sum t_l^1}, \quad (4.14)$$

де  $TS_2$  – сума ефективних температур наростаючим підсумком;

$\sum t_l^1$  – сума ефективних температур, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу листя;

$\alpha_{\phi}^j = 0,5$  – початкова інтенсивність фотосинтезу по відношенню до максимально можливої на початок вегетації при  $TS_2 = 0$ .

Для визначення положення максимуму онтогенетичної кривої фотосинтезу будь-якої культури для конкретної території [17, 21], тобто суми температур, що визначає це положення, необхідно за даними «Агрокліматичного довідника» розрахувати середні по області багаторічні дати відновлення вегетації (сходів) та воскової стиглості і визначити середню багаторічну суму ефективних температур вище 5 °С за цей період  $\sum t_4$ . Четверта частина цієї суми буде значенням  $\sum t_l^1$ .

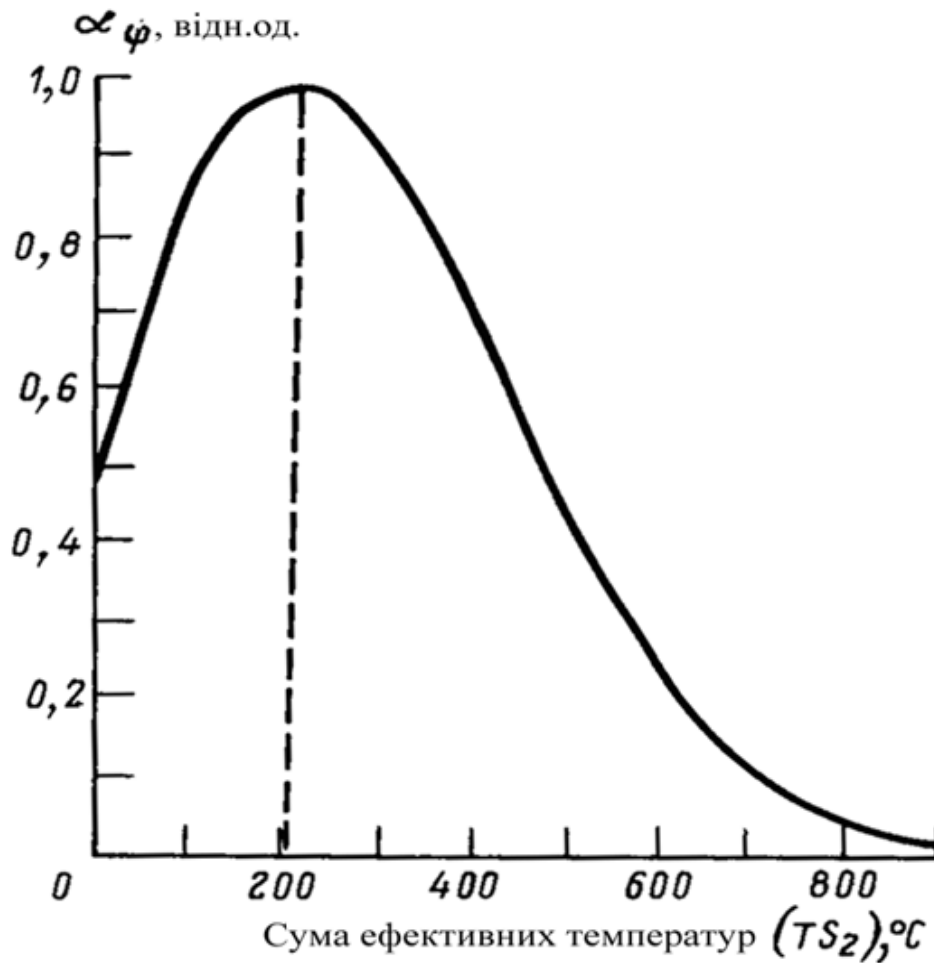


Рисунок 4.5 – Онтогенетична крива фотосинтезу [21].

**Параметри блоку дихання.** До цієї групи параметрів відноситься коефіцієнт витрат на підтримку структур  $c_1 = 0,015$  та коефіцієнт витрат на конструктивне дихання  $c_2 = 0,28$ . Сюди також входить параметр, що характеризує вплив зміни віку органів на інтенсивність процесу дихання – онтогенетична крива дихання  $\alpha_R$ , положення максимуму якої визначається темпами розвитку рослин на конкретній території [21].

Для визначення положення максимуму онтогенетичної кривої дихання, тобто суми температур, яка визначає це положення ( $\sum t_l^3$ ), необхідно скористуватись сумою ефективних температур за період від відновлення

вегетації (сходів) до воскової стиглості. Четверта частка цієї суми буде складати  $\sum t_l^3$ . Сума  $\sum t_l^3$  дорівнює  $\sum t_l^1$ .

**Параметри блоку росту.** Головним блоком прикладних динамічних моделей формування урожаю є блок росту [21]. Параметри цього блоку визначаються по кожній культурі для конкретної території. Ця група параметрів об'єднує функції періоду вегетативного росту  $\beta_i$  та функції періоду репродуктивного росту  $v_i$ . У відповідності з роботами Х. Тоомінга [26] функції періоду вегетативного росту визначаються як

$$\beta_i = \frac{\Delta m_i}{\sum_i \Delta M_i}, \quad i \in l, s, r \quad (4.15)$$

та показують частку сумарного приросту всієї рослини, який приходить на  $i$ -й орган; інші – функції періоду репродуктивного росту

$$v_i = \frac{\Delta m_i}{m_i}, \quad i \in l, s, r \quad (4.16)$$

показують відтік (перерозподіл) асимілятів із кожного вегетативного органа після закінчення його росту в репродуктивні органи.

Розрахунок функцій вегетативного і репродуктивного періодів у прикладних моделях формування урожаїв полягає в тому [17], що динаміка біомаси із кожного органа у відносних одиницях наводиться у вигляді сім'ї кривих (рис. 4.6), точки перегину яких  $\sum t_i^2$ ,  $i \in l, s, r, p$  збігаються з сумами температур, які дорівнюють половині всієї суми, необхідної для завершення росту кожного органа. Наведена на осі абсцис сума представляє собою суму температур, з якої починається ріст репродуктивних органів.





Рисунок 4.6 – Динаміка накопичення біомаси окремих органів рослини:

$\sum t_l^2$ ,  $\sum t_s^2$ ,  $\sum t_r^2$ ,  $\sum t_p^2$  – суми температур, які дорівнюють половині суми температур, що необхідна для завершення росту відповідного органа рослини:  $l$  – листя;  $s$  – стебел;  $r$  – коренів;  $p$  – колосся;  $\sum t_p$  – температура, з якої починається ріст колосся.

Якщо описати кожну криву рівнянням логістичної кривої, продиференціювати ці рівняння та помножити на коефіцієнт  $c_i$ , який характеризує частку органа в загальній біомасі під час дозрівання, то дістанемо такий вираз для визначення функцій періоду вегетативного росту:

$$\beta = \frac{\Delta\theta_i}{\sum_i \Delta\theta_i}, \quad (4.17)$$

в якому

$$\Delta\theta_i = \frac{4,6052 \cdot 10 \frac{2(\sum t_i^2 - TS_2^i)}{\sum t_i^2}}{\sum t_i^2 \left( 1 + 10 \frac{2(\sum t_i^2 - TS_2^i)^2}{\sum t_i^2} \right)} \quad i \in l, s, r, p, \quad (4.18)$$

де  $\sum t_i^2$  – сума ефективних температур, яка дорівнює половині суми температур, необхідної для закінчення росту кожного органа;

$c_i$  – коефіцієнт співвідношення різних органів в рослині на час дозрівання.

Загальний вигляд ростових функцій періоду вегетативного росту показано на рис. 4.7.

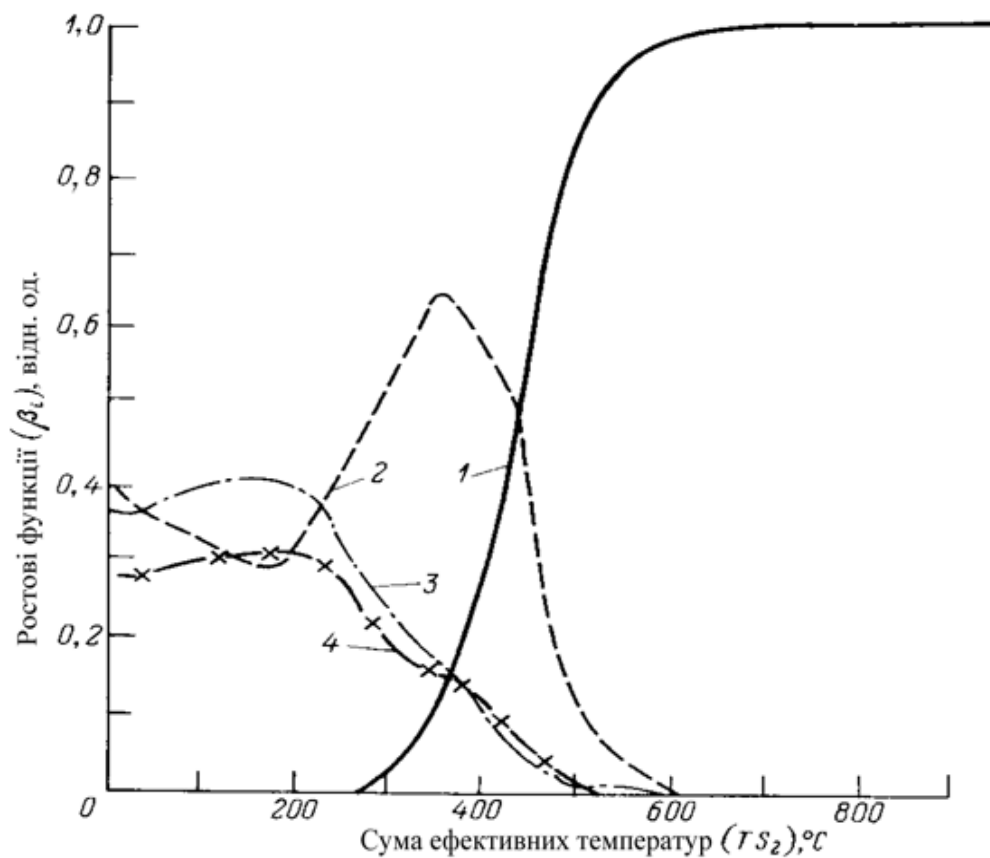


Рисунок 4.7 – Ростові функції періоду вегетативного росту озимої пшениці: 1 – репродуктивних органів ( $\beta_p$ ); 2 – стебел ( $\beta_s$ ); 3 – листя ( $\beta_l$ ); 4 – корені ( $\beta_r$ ).

Перерозподіл «старих» асимілятів із листя, стебел та коріння у репродуктивні органи починається з моменту закінчення росту кожного з цих органів. Ростові функції періоду репродуктивного росту  $v_i$  для кожного вегетативного органа визначаються за виразом

$$v_i^j = \frac{0,3TS_1^j}{(2\sum t_p^2 - \sum t_p) - 2\sum t_i^2}, \quad (4.19)$$

$$i \in l, s, r, p$$

де  $TS_1$  – сума ефективних температур за будь-який інтервал часу (найчастіше за декаду).

Положення функцій періодів вегетативного та репродуктивного росту, що описують перерозподіл між органами рослин, визначається сумами температур, які необхідні для закінчення росту листя, стебел, коріння, початку росту колоса, настання воскової стиглості. Для визначення цих сум необхідно розрахувати середні по області багаторічні дати настання фази виходу у трубку, появи нижнього вузла соломини, колосіння, цвітіння та підрахувати середні багаторічні суми ефективних температур вище  $5^\circ\text{C}$  за періоди: відновлення вегетації (сходи) – вихід у трубку  $\sum t_1$ ; відновлення вегетації (сходи) – колосіння  $\sum t_2$ ; відновлення вегетації (сходи) – цвітіння  $\sum t_3$ . Тоді сума температур, яка визначає положення ростової функції будь-якого органа, тобто сума  $\sum t_i^2$ , буде становити для листя  $(\sum t_l^2) - 1/2$  суми ефективних температур за період від відновлення вегетації до колосіння; стебел –  $(\sum t_s^2) - 1/2$  суми ефективних температур за період від відновлення вегетації до цвітіння; коріння –  $(\sum t_r^2)$  подібно до стебел. Сума  $\sum t_r^2$  дорівнює  $\sum t_s^2$ .

Необхідно визначити суму температур  $\sum t_p$ , з якої починається ріст репродуктивного органа – колоса. Ця сума визначається як середня з двох сум: суми температур за період від відновлення вегетації (сходів) до виходу у трубку та суми температур за період від відновлення вегетації до колосіння

$$\sum t_p = \frac{\sum t_1 + \sum t_2}{2}. \quad (4.20)$$

Положення ростової функції колосу визначається сумою температур  $\sum t_p^2$ , яка визначається за допомогою виразу

$$\sum t_p^2 = \frac{\sum t_4 - \sum t_p}{2} + \sum t_p. \quad (4.21)$$

Числові значення коефіцієнта  $c_i$  для різних культур наведено нижче:

Культура	$c_l$	$c_s$	$c_r$	$c_p$
Озиме жито	0,22	0,42	0,13	0,23
Озима пшениця	0,25	0,36	0,11	0,28
Ярий ячмінь	0,23	0,33	0,11	0,33
Овес	0,23	0,33	0,15	0,29

**Параметри агрометеорологічного блоку** [21]. Для здійснення розрахунків за моделлю необхідно розрахувати середню за декаду температуру повітря за світлу пору доби, яка визначається по середній максимальній за декаду температурі повітря за формулою

$$T_{\bar{a}} = a_1 \cdot T_{\max} + a_0. \quad (4.22)$$

Параметри цього виразу  $a_0$ ,  $a_1$  окремо для кожного місяця вегетації визначені стосовно умов Нечорноземної зони і наводяться нижче:

	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень
$a_0$	-3,0	-1,365	-1,008	-1,081	0,559	-0,686
$a_1$	1,0	0,835	0,856	0,891	0,823	0,873

Різниця у добовому ході температури повітря не дозволяє без уточнення використовувати значення цих параметрів при розрахунках в інших ґрунтово-кліматичних умовах.

Для кожної кліматичної зони слід вибрати дві-три станції, дані спостережень яких надруковані у Метеорологічному щомісячнику. Для отримання стійких значень параметрів кожного місяця необхідно вибирати 3 – 4 роки з різними умовами термічного режиму (теплий, холодний та близький до норми).

Час сходу та заходу Сонця визначається за даними Довідника по клімату. За годинними спостереженнями розраховується середня за світлу пору доби температура повітря та виписується максимальна температура за день. Після цього визначається залежність середньої за день температури повітря від максимальної. Параметри  $a_0$  і  $a_1$  можуть бути визначені або з використанням методу найменших квадратів, або графічно після побудови графіка зв'язку  $T_g$  з  $T_{\max}$ .  $a_0$  – як відрізок, що відсікається на осі ординат  $T_g$ ,  $a_1$  – як тангенс кута нахилу прямої зв'язку  $T_g$  з  $T_{\max}$ .

## 5 ОЦІНКА ДИНАМІКИ СЕРЕДНЬООБЛАСНОЇ УРОЖАЙНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ У ВОЛИНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Динаміка урожайності сільськогосподарських культур відбувається під впливом двох чинників: з одного боку, з року в рік змінюється агротехніка вирощування культури на фоні середніх багаторічних метеорологічних умов, з другого, – щорічно спостерігаються коливання урожайності під впливом погодних умов конкретних років [15, 17].

Для оцінки динаміки урожайності озимої пшениці у Волинській області за період 1996 – 2016 рр. було отримано лінію тенденції урожаю за допомогою методу гармонійних зважувань [17, 28]. Зупинимось коротко на описі цього методу.

Основна ідея методу гармонійних зважувань: спостереження часового ряду зважуються так, щоб більш пізнім спостереженням надавалися більша перевага, тобто вплив більш пізніх спостережень повинен сильніше відбиватися на прогнозованій оцінці, ніж вплив більш ранніх.

Нехай є часовий ряд урожайності.

$$y_t \quad (t = 1, 2, 3, \dots, n). \quad (5.1)$$

Відповідно до цього методу для де-якого наближення  $f(t)$  дійсного тренду  $f(t)$  приймається ламана лінія, що згладжує задану кількість точок тимчасового ряду  $y$ . Окремі відрізки ламаної лінії (ковзного тренду) представляють одну фазу. Кожна фаза ковзного тренду виражається рівнянням лінійних відрізків

$$y_i(t) = a_i + b_i t \quad (i = 1, 2, \dots, n - k + 1), \quad (5.2)$$

де  $k < n$  – кількість згладжуємих точок ряду.

Загальна кількість рівнянь дорівнює  $n - k + 1$ , причому для  $i = 1$ ;  $t = 1, 2, \dots, k$ ; для  $i = 2, t = 2, 3, \dots, k + 1$ ; для  $i = n - k + 1, t = n - k + 1; n - k + 2, \dots, n$ . Параметри  $a$  и  $b$  рівняння (2) визначаються методом найменших квадратів. Значення кожної функції  $y_i(t)$  визначаємо в точках  $t = i + h - 1$  ( $h = 1, 2, \dots, k$ ).

Кількість визначень  $y_i(t)$  у кожній точці  $t$  позначимо через  $g_i$ . Точки ковзного тренду – це середні значення всіх  $y_i(t)$ , що позначаються  $\bar{y}_i(t)$  і визначаються за виразом

$$\bar{y}_i(t) = \frac{1}{g_i} \sum_{j=1}^{g_i} y_i(t) \quad (j = 1, 2, \dots, g_i), \quad (5.3)$$

Передбачене значення часового ряду  $y_{t+1}$  визначається за формулою

$$\bar{y}_{t+1}(t) = y_t + \bar{\omega}_{t+1}, \quad (5.4)$$

де  $\bar{\omega}_{t+1}$  – середнє приростів функції  $f(t)$ .

Середній розмір приростів розраховується за виразом

$$\bar{\omega}_{t+1} = \sum_{t=1}^{n-1} c_{t+1}^n \omega_{t+1}, \quad (5.5)$$

де  $\omega_{t+1}$  – прирости функції  $f(t)$ , обумовлені як

$$\omega_{t+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{y}_{t+1} - \bar{y}_t; c_{t+1}^n - \text{гармонійні зважування.}$$

Гармонійні зважування визначаються за формулою

$$c_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{n-1}, \quad (5.6)$$

де  $m_{t+1}$  – гармонійні коефіцієнти.

При обчисленні гармонійних коефіцієнтів зберігається основна ідея методу – більш пізнім спостереженням надається більше переваги. Самі ранні спостереження мають вагу

$$m_2 = 1/(n-1), \quad (5.7)$$

а в наступний момент вага інформації  $m_3$  буде визначатися як

$$m_3 = m_2 + 1/(n-2). \quad (5.8)$$

Таким чином, ряд зважувань визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + 1/(n-t) \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (5.9)$$

із початковою величиною, вираженою рівнянням (5.7).

Часовий ряд урожайності озимої пшениці у Волинській області за період 1996 – 2016 рр. та тенденція урожайності, яка визначена за методом гармонійних зважень, наведено на рис. 5.1.

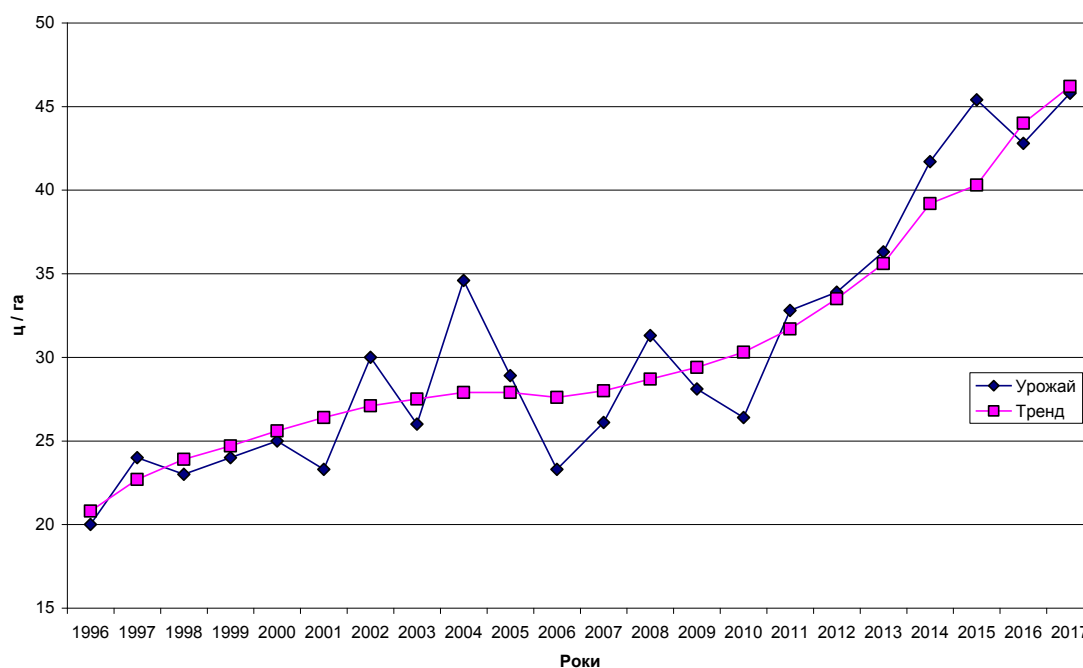


Рисунок 5.1 – Урожай озимої пшениці та його тенденція у Волинській області



Як видно з даних рис. 5.1, на початку цього періоду урожайність у Волинській області складала 20 – 25 ц/га, притому, що зберігалась досить виразна тенденція зростання. За перше п'ятиріччя періоду (1996 – 2005 рр.) урожайність у Волинській області зросла до 25,6 ц/га. Надалі відбувалось поступове зростання, приріст тенденції за період 2001 – 2005 рр. склав 3,9 ц/га, що становить збільшення на 16 % порівняно з попереднім п'ятиріччям (табл. 5.1)

Таблиця 5.1 – Динаміка урожайності озимої пшениці у Волинській області по п'ятиріччях

Показники	П'ятиріччя, роки			
	1996 – 2000	2001– 2005	2006 – 2010	2011 – 2015
Середнє значення тренду, ц/га	23,5	27,4	28,8	35,9
Абсолютний приріст, ц/га		3,9	1,4	7,1
Відносний приріст, %		16	1,4	25

В період 2006 – 2010 рр. тенденція зростання урожайності у Волинській області дещо сповільнилась, на початок п'ятиріччя вона становила 27,6 ц/га, а на кінець періоду 30,3 ц/га. Величина абсолютного приросту урожаю у Волинській області становила (табл. 5.1) 1,4 ц/га, що становить 4 % відносного приросту. В подальшому (2011 – 2015 рр.) відбулося стійке зростання тенденції урожайності у Волинській області. Для початку періоду вона становила 31,7 ц/га, тоді як на кінець п'ятиріччя її значення сягало 40,3 ц/га. При цьому урожайність озимої пшениці у Волинській області в 2013 – 2015 роках зросла від 36,5 ц/га до 45,4 ц/га. Абсолютний приріст тенденції урожайності озимої пшениці у Волинській області склав 7,1 ц/га, а відносний приріст сягнув 25 %.

В той же час слід відмітити коливання урожайності озимої пшениці у Волинській області із року в рік, які викликані впливом погодних умов.

Як показано на рис. 5.2, спостерігалось 10 позитивних і 10 негативних відхилень від лінії тренду урожайності озимої пшениці у Волинській області.

Особливо значним було викликане несприятливими умовами відхилення урожайності озимої пшениці у Волинській області в 2001, 2006 та 2010 роках, коли від'ємні відхилення від тренду становили -3,1; -4,3. За період 1996 – 2016 рр. у Волинській області спостерігалось 5 значних позитивних відхилень урожайності озимої пшениці від тренду, які коливались від 2,6 до 6,7 ц/га. Це трапилось у Волинській області в 2002, 2004, 2008, 2014 та 2016 роках. Таким чином, погодні умови досить суттєво впливають на мінливість урожаїв.

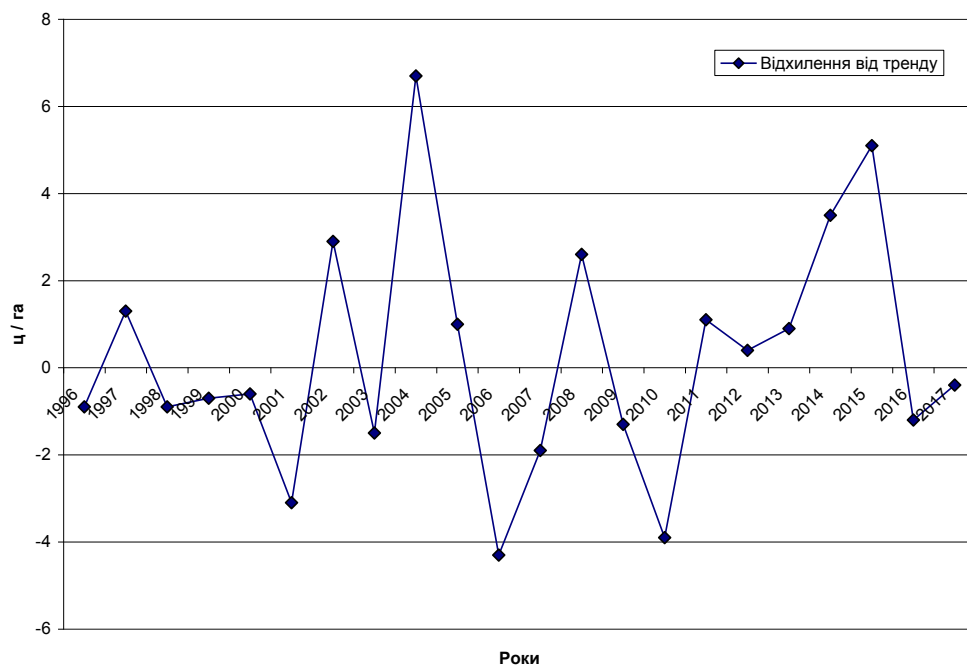


Рисунок 5.2 – Відхилення від тренду урожайності озимої пшениці у Волинської області

В роботі [15] пропонується характеризувати кліматичну мінливість урожаїв величиною дисперсії  $\sigma_n^2$ , яка розраховується за формулою

$$\sigma_v^2 = \sigma_{\hat{a}}^2 - \sigma_a^2, \quad (5.10)$$

де  $\sigma_{i\bar{a}}^2$  – загальна дисперсія урожаїв;

$\sigma_{\bar{a}}^2$  – дисперсія урожаїв, виражена ростом культури землеробства.

Величини  $\sigma_{i\bar{a}}^2$  і  $\sigma_{\bar{a}}^2$  визначаються за такими формулами:

$$\sigma_{i\bar{a}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}; \quad (5.11)$$

$$\sigma_{\bar{a}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y} - \bar{y})^2}{n-1}, \quad (5.12)$$

де  $y_i$  – урожай конкретного року;

$\bar{y}$  – середній урожай;

$\hat{y}$  – динамічна середня величина урожаю;

$n$  – довжина ряду.

Відомо, що природно-кліматичні ресурси різних районів країни неоднакові, вони відрізняються від рівня агротехніки та продуктивності районованих сортів. Тому для правильної оцінки мінливості урожаїв, крім дисперсії, необхідно враховувати рівень урожайності в кожному окремому районі. Для цього доцільно використовувати коефіцієнт варіації

$$C_n = \frac{1}{\bar{y}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 - \sum_{i=1}^n (\hat{y} - \bar{y})^2}{n-1}}. \quad (5.13)$$

Показник мінливості урожайності озимої пшениці у Волинській області становить 0,12, що свідчить, що Волинська область відноситься до зони найбільш стійких урожаїв озимої пшениці.

## **6 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ФОРМУВАННЯ УРОЖАЇВ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ**

Клімат суттєво впливає на формування урожаю сільськогосподарських культур. Він значною мірою визначає середній рівень урожайності, її міжрічну мінливість і просторову структуру [20].

Щорічно через глобальне потепління у світі втрачається понад 1 млн. сільськогосподарських угідь. Зокрема, Україна за 40 років втратить 12 – 14 % таких земель, за той же час Євросоюз – майже 30 % орних площ. Виходячи з цих двох критеріїв, експерти Української аграрної конфедерації зробили висновок, що Україна в 2050 році буде забезпечувати експорт не менш як 45 млн. т зерна, що становитиме приблизно 15 % світового експорту [20].

Зернові культури – найважливіша група сільськогосподарських рослин, що дають зерно, основний продукт харчування людини, сировину для багатьох галузей промисловості та корми для сільськогосподарських тварин. Урожайність їх залежить від технології вирощування, клімату, сортів та інших факторів.

Для озимої пшениці у Волинській області на фоні зміни кліматичних умов за розрахунковий період нами розглядалися такі варіанти:

- базовий період (1986 – 2005 рр.)
- кліматичні умови розрахункового періоду за сценарієм RCP4.5 (2021– 2050 рр.);
- кліматичні умови розрахункового періоду за сценарієм RCP8.5 (2021– 2050 рр.).

За теоретичну основу для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур розроблені А.М.Польовим:

- модель формування продуктивності агроєкосистеми [18];

– результати розробки моделі фотосинтезу зеленого листа рослин при зміні концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері [20].

Розрахунки проводилися для Заходу України (на прикладі Волинської області).

Цілком зрозуміло, що вплив зміни клімату на формування продуктивності озимої пшениці у Волинській області розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів і гібридів сільськогосподарських культур в припущенні, що вони суттєво не зміняться. Звичайно, що вони будуть змінюватись, але передбачити зараз біологічні особливості сортів та гібридів, які ще тільки створюються, практично неможливо.

#### 6.1 Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці в умовах зміни клімату

Природньо, що зміна кліматичних умов викличе відповідну зміну агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур.

В ході роботи нами була проведена порівняльна характеристика агрокліматичних умов вегетаційного періоду озимої пшениці у Волинській області при середніх багаторічних умовах та при кліматичних сценаріях.

Як це не дивно, температура повітря за кліматичними сценаріями у Волинській області була дещо нижче від базового (1996 – 2005 рр.) періоду. Це пояснюється тим, що значне потепління почалось в кінці 80-х років і базовий період уже проходив в період суттєвих змін клімату.

В динаміці у Волинській області середньо декадна температура повітря (рис. 6.1) за сценаріями змін клімату була нижча, чим базова на 1 – 1,5 °С. В першій половині вегетації за кліматичним сценарієм RCP4.5 вона була на 1,5 С, а для кліматичного сценарію RCP8.5 – на 1,1 °С меншою в порівнянні з базовою. Як видно з даних рис. 6.1, в другій половині вегетації ця різниця буде дещо меншою.

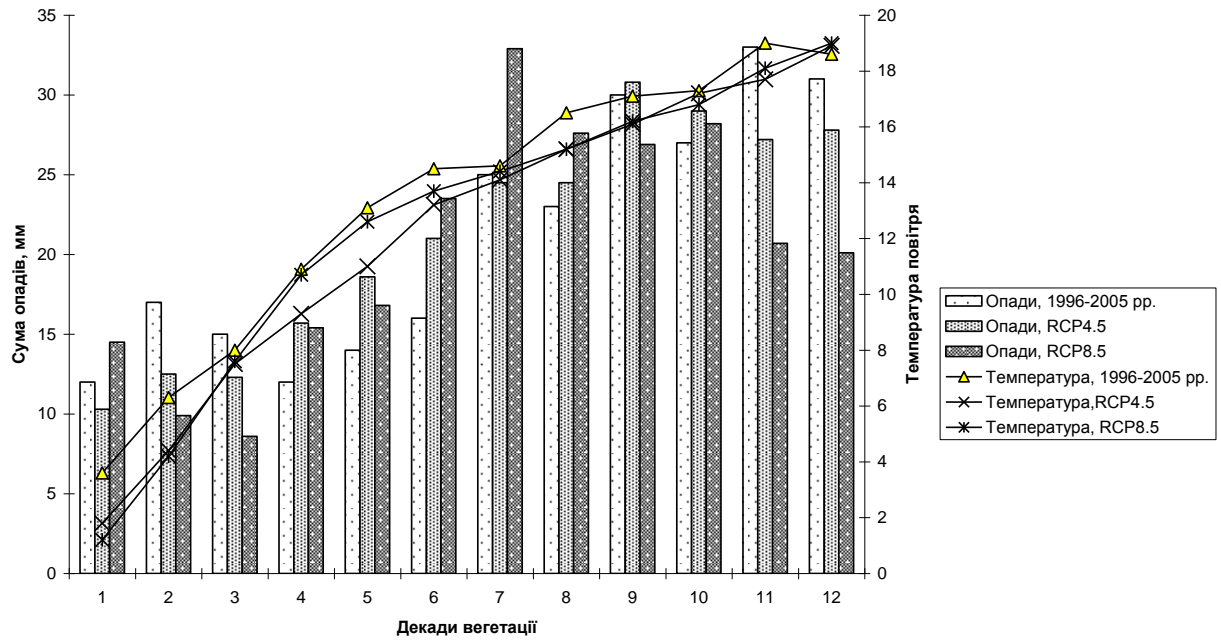


Рисунок 6.1 - Порівняння середньої за декаду температури повітря та декадної суми опадів у базовому (1996-2005 рр.) періоді та за кліматичними сценаріями зміни клімату в період вегетації озимої пшениці

Режим опадів протягом вегетаційного періоду озимої пшениці у Волинській області за кліматичними сценаріями в порівнянні з середнім багаторічним розрізнявся тільки для кліматичного сценарію RCP4.5 (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Порівняльна оцінка агрокліматичних умов вегетаційного періоду озимої пшениці на Заході України (на прикладі Волинської області)

Період	Дата відновлення вегетації	Дата воскової стиглості	Тривалість періоду вегетації, дні	Сума опадів		Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Вологопотреба, мм	Вологозабезпеченість, %
				Мм	% від клім. Норми				
Середні багаторічні									
1996–2005	25.03	10.07	107	255	100	212	478	282	75,2
Кліматичний сценарій RCP4.5									
2021–2050	27.03	12.07	107	291	114	213	550	258	82,6
Кліматичний сценарій RCP8.5									
2021–2050	28.03	14.07	108	261	102	208	551	254	81,8

В цілому сума опадів у Волинській області становила за базовий період 255 мм, тоді як за кліматичним сценарієм RCP4.5 вона складатиме 291 мм.

Для кліматичного сценарію RCP8.5 сума опадів у Волинській області очікується трохи вищою від базової величини. Слід відмітити, що в середині вегетаційного періоду досить часто спостерігались (рис. 6.1) декади, коли кількість опадів перевищувала базовий рівень.

Таким чином, агрокліматичні умови вегетації озимої пшениці у Волинській області за сценарними періодами будуть складатися на фоні понижених температур повітря та достатньої кількості опадів. Все це обумовить кращі умови волого забезпечення, які очікуються в кліматичні сценарні періоди у Волинській області (рис. 6.2). Загальною закономірністю буде зменшення волого забезпечення від початку до середини та кінця періоду вегетації.

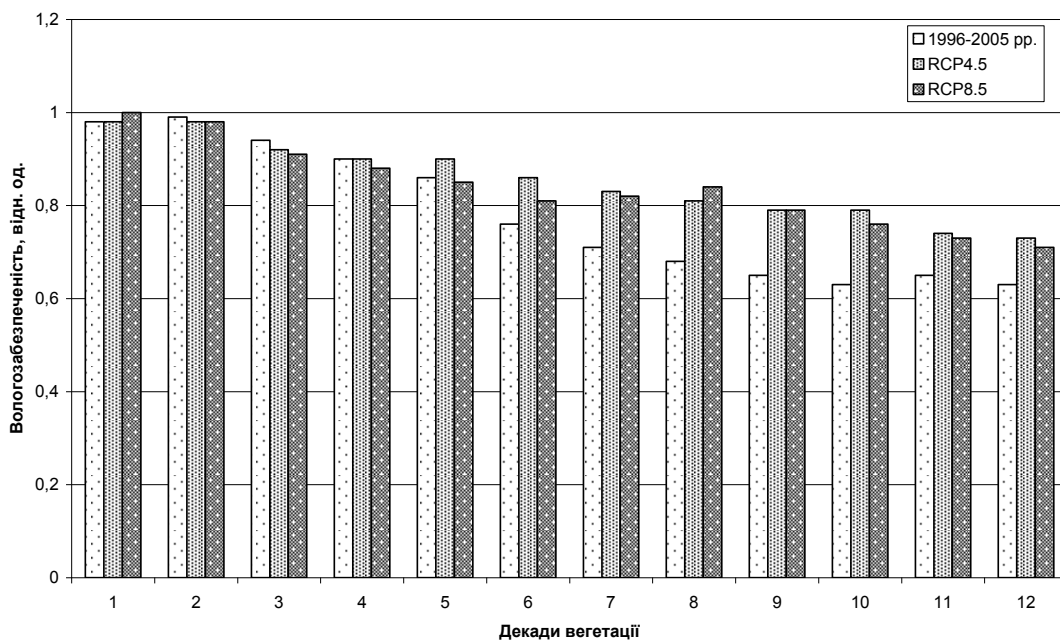


Рисунок 6.2 - Порівняння вологозабезпеченості посівів озимої пшениці в базовому періоді (1996-2005 pp.) та за кліматичними сценаріями зміни клімату

Як видно з даних рис. 6.2, за кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 вологозабезпеченість озимої пшениці у Волинській області буде вищою, особливо починаючи з шостої декади вегетації. До цього періоду волого забезпечення було досить високим як для базового періоду, так і для

сценарних періодів, воно складало 90 % і більше від оптимального. Різниця в волого забезпеченні була несуттєвою. Починаючи з шостої декади волого забезпечення за кліматичними сценаріями очікується кращим. З декади в декаду воно буде вищим. В цілому за весь вегетаційний період озимої пшениці (табл. 6.1) вологозабезпеченість культури у Волинській області буде вищою за сценарними періодами RCP4.5 та RCP8.5 в порівнянні з базовим періодом.

## 6.2 Оцінка зміни фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці під впливом очікуваних змін клімату

Очікувані кращі агрокліматичні умови вегетації озимої пшениці у Волинській області за кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 створять умови для формування більшої площі асиміляційного апарату (рис. 6.3).

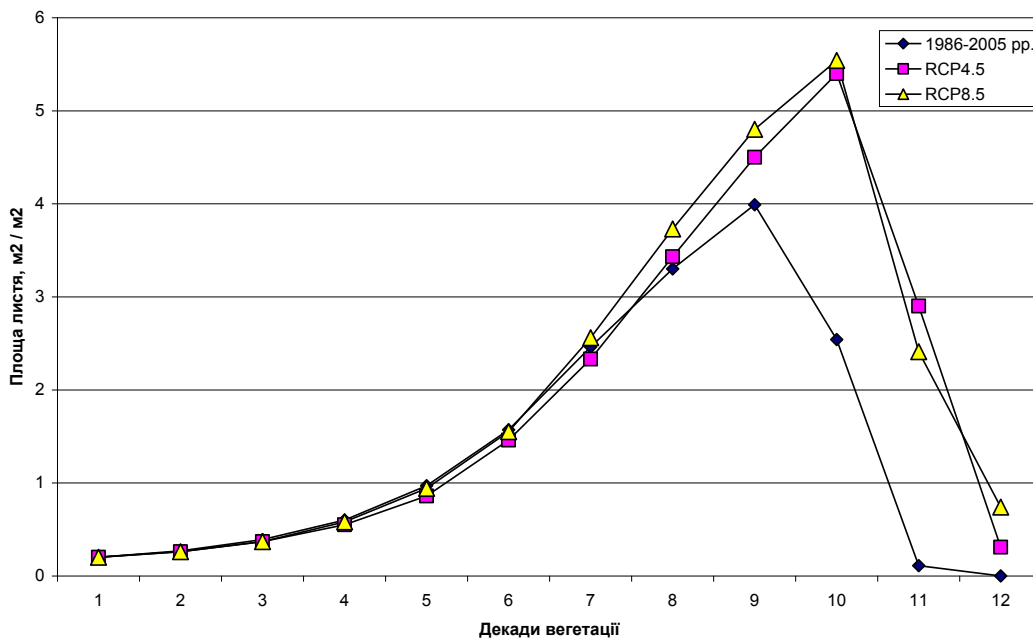


Рисунок 6.3 – Порівняння динаміки площі листя озимої пшениці за середніми багаторічними умовами та кліматичними сценаріями



В період максимального розвитку відносна площа листя озимої пшениці у Волинській області буде на 1,0 – 1,5 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> більше, чим в базовий період. Максимум площі листя наступить дещо пізніше порівняно з базовою величиною, що забезпечить більший період інтенсивної роботи фотосинтетичного апарату. Вона буде становити 5,4 м<sup>2</sup> / м<sup>2</sup> для сценарію RCP4.5, та 5,5 м<sup>2</sup> / м<sup>2</sup> для кліматичного сценарію RCP8.5, в той час як для базового періоду вона буде становити 4,0 м<sup>2</sup>/ м<sup>2</sup>.

Відповідно це відзначиться і на величині фотосинтетичного потенціалу озимої пшениці у Волинській області, який сформується за сценарними даними на 37 – 38 % більшим від базової величини (табл. 6.2).

Таблиця 6.2 – Порівняльна характеристика фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці на Заході України (на прикладі Волинської області)

Період	В період максимального розвитку		Фотосинтетичний потенціал за вегетаційний період, м <sup>2</sup> / м <sup>2</sup>	Максимальний приріст рослин, г/м <sup>2</sup> *дек	Біомаса рослин, г/м <sup>2</sup>	Урожай, ц/га
	Площа листя, м <sup>2</sup> / м <sup>2</sup>	Чиста продуктивність фотосинтезу, г/м <sup>2</sup> *дек				
Середні багаторічні						
1986–2005	4,0	48	162	168	866	39
Кліматичний сценарій RCP4.5						
2021–2050	5,4	50	221	232	1182	44
Кліматичний сценарій RCP8.5						
2021– 2050	5,5	51	223	237	1193	47

Зміна сухої маси рослин може служити об'єктивним показником їх асиміляційної діяльності. Приріст сухої біомаси в грамах за певний проміжок часу, віднесений до одиниці листкової поверхні, називають чистою продуктивністю фотосинтезу. Чиста продуктивність фотосинтезу озимої пшениці у Волинській області очікується за кліматичними сценаріями, особливо в другій половині вегетації дещо вищою від середньої багаторічної (рис. 6.4).

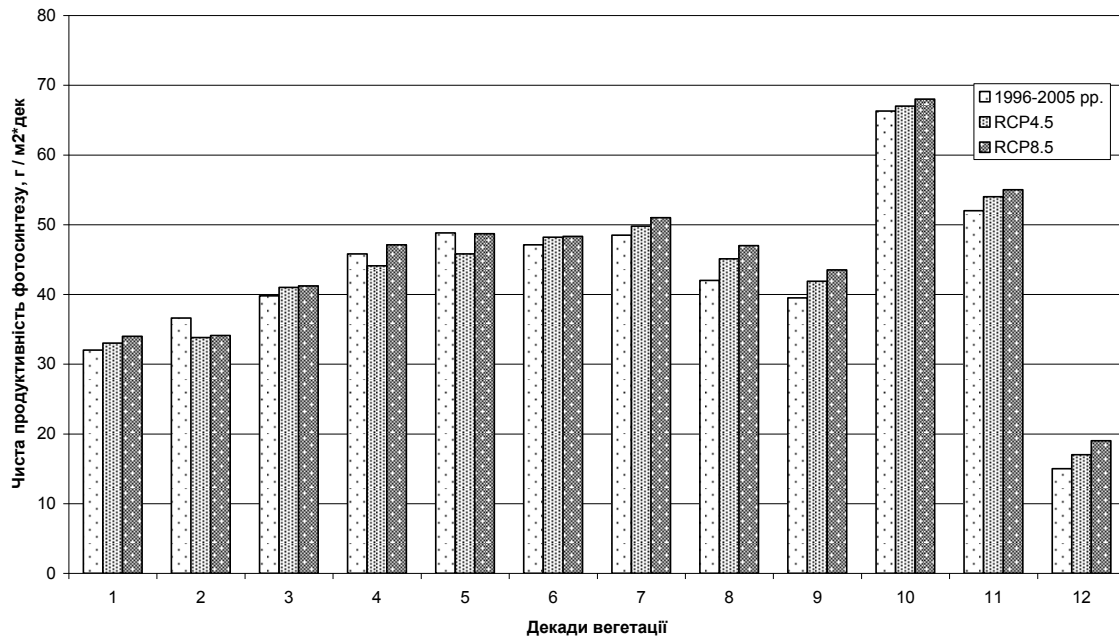


Рисунок 6.4 – Динаміка чистої продуктивності фотосинтезу озимої пшениці за період 1996-2005 рр. та за кліматичними сценаріями зміни клімату

В період максимального розвитку надземної маси посівів озимої пшениці у Волинській області вона буде становити для середніх багаторічних умов  $48 \text{ г/м}^2 \cdot \text{дек}$ , для кліматичного сценарію RCP4.5 вона буде трохи більшою (на 4 %), а для кліматичного сценарію RCP8.5 надземна маса збільшиться на 6 %.

За рахунок цього збільшаться прирости сухої маси рослин (рис. 6.5). Особливо ця різниця відчутна у другій половині вегетації, коли йде формування репродуктивних органів та налив зерна.

Максимальні прирости біомаси озимої пшениці у Волинській області за сценаріями зміни клімату будуть складати 138 – 141 % базової величини приростів. Таким чином, більш високий рівень продуктивності фотосинтезу та більше значення фотосинтетичного потенціалу, тобто більший проміжок часу роботи асиміляційного апарату, призведуть до більшої величини приростів біомаси озимої пшениці у Волинській області.

Відповідно збільшиться загальна біомаса посівів озимої пшениці у Волинській області при реалізації кліматичних сценаріїв (рис. 6.6).

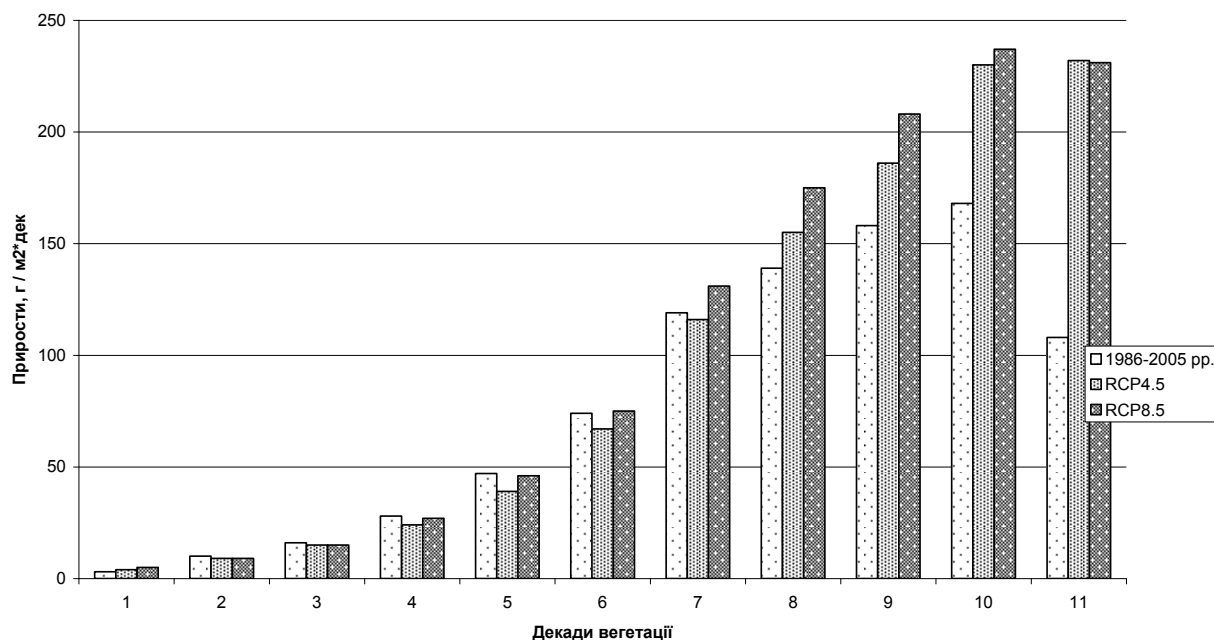


Рисунок 6.5 – Динаміка приростів загальної біомаси озимої пшениці за середніми багаторічними даними та за кліматичними сценаріями

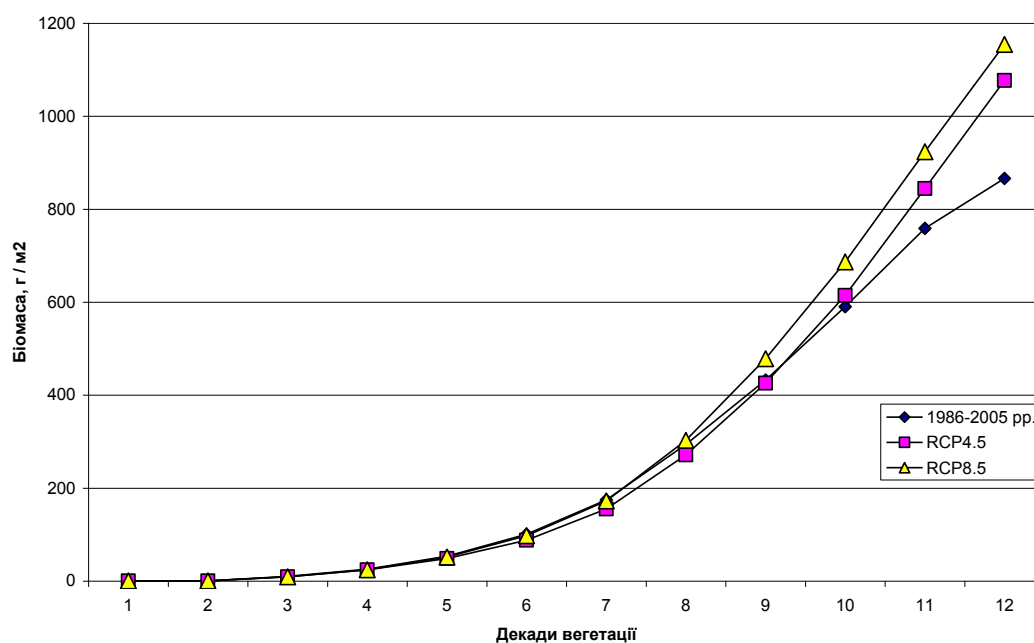


Рисунок 6.6 – Порівняння динаміки загальної біомаси озимої пшениці за середніми багаторічними даними та за кліматичними сценаріями

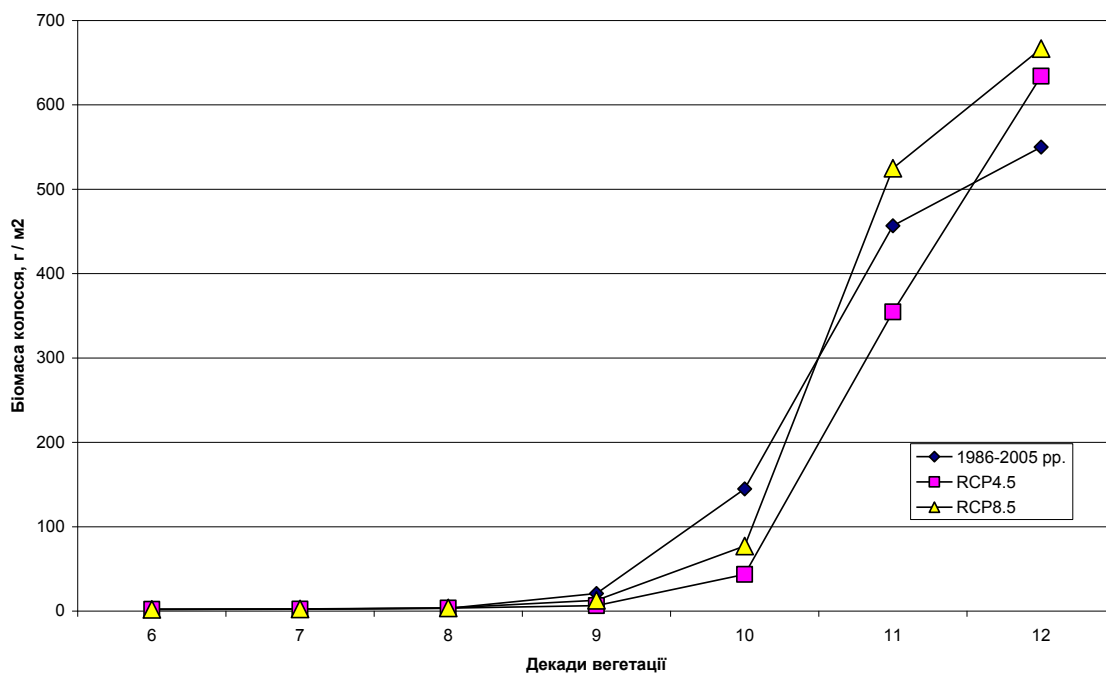


Рисунок 6.7 –Динаміка біомаси колосся озимої пшениці за середніми багаторічними даними та за сценаріями зміни клімату

При реалізації кліматичного сценарію RCP4.5 загальна біомаса рослин у Волинській області становитиме  $1182 \text{ г/м}^2$ , а для сценарію RCP8.5 вона буде  $1193 \text{ г/м}^2$ , що складатиме відповідно 136 та 138 % від урожаю загальної біомаси при середніх багаторічних умовах ( $866 \text{ г/м}^2$ ). Все це обумовить суттєву різницю в формуванні колосся (рис. 6.7) та урожайності озимої пшениці (табл. 6.2). При середніх кліматичних умовах базова величина урожаю у Волинській області становить 39 ц/га. За сценарними кліматичними умовами очікується, що урожай озимої пшениці у Волинській області при реалізації сценарію RCP4.5 становитиме 44 ц/га, а при реалізації сценарію RCP8.5 він досягатиме 47 ц/га.

## ВИСНОВКИ

В результаті виконаної магістерської роботи отримано наступні результати:

1. Вивчені фізико-географічні та агрокліматичні особливості Заходу України (на прикладі Волинської області).
2. Вивчена динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур.
3. Надано оцінку можливих змін агрокліматичних умов формування урожаю озимої пшениці у зв'язку зі змінами клімату у Волинській області.
4. Надано оцінку можливих змін фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці у зв'язку зі змінами клімату у Волинській області.
5. Виконано порівняння фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці при середніх багаторічних умовах та в умовах кліматичних сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 на період до 2050 року у Волинській області.
6. Встановлено, що формування загальної біомаси у 2021 – 2050 рр. за рахунок зміни клімату буде більш інтенсивно, чим при середніх багаторічних умовах. Максимальні прости біомаси за сценаріями зміни клімату у Волинській області складатимуть 138 – 141 % від базової величини приростів.
7. При реалізації кліматичного сценарію RCP4.5 загальна біомаса рослин у Волинській області становитиме  $1182 \text{ г/м}^2$ , а для сценарію RCP8.5 –  $1193 \text{ г/м}^2$ , що становитиме відповідно 136 та 138 % від урожаю загальної біомаси при середніх багаторічних умовах, коли вона становила  $866 \text{ г/м}^2$ .
8. При зміні кліматичних умов в 2021 – 2050 рр. урожай зерна озимої пшениці у Волинській області збільшиться. При середніх кліматичних умовах базова величина урожаю озимої пшениці у Волинській області становить 39 ц/га. За сценарними кліматичними умовами очікується, що урожай зерна озимої пшениці у Волинській області буде становити при реалізації сценарію RCP4.5 величину 44 ц/га, а при реалізації сценарію RCP8.5 – 47 ц/га.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по Волинській області (1986–2005 рр.). /Довідникове видання. Каменець-Подільський: ТОВ Друкарня «Рута», 2012. 192 с.
2. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур / под ред. В.В. Медведева. К.: «Аграрная наука», 1997. 160с.
3. Атлас Волинской области. Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР. М.: 1990. 42 с.
4. Грунти Волинської області: монографія / за ред. М.Й. Шевчук. Луцьк: РВВ "Вежа" ВДУ ім. Лесі Українки, 1999. 164 с.
5. Єврорегіон Буг: Волинська область. М-во освіти України, Волин. держ. ун-т ім. Лесі Українки, Волин. облдержадмін / за ред. Б.П. Клімчука, П.В. Луцишина, В.Й. Лажніка. Луцьк: РВВ «Вежа» ВДУ ім. Лесі Українки, 1997.
6. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво: підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. 592 с.
7. Зінчук М.І., П.Й.Зіньчук Агроекологічний стан ґрунтів Волинської області // Наук. вісн. Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки. Луцьк, 2003. №7. С. 133-138.
8. Клімат України / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. К.: Вид-во Раєвського, 2003. 343 с.
9. Колосков П.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 328 с.
10. Методы и средства наблюдений, автоматизация и обработка агрометеорологической информации. Л: Гидрометеиздат, 1981. 80 с.

11. Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Агроклиматические ресурсы Украины и урожай: монографія. Одесса: Экология, 2011. 291 с.
12. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і Західного регіону України. К.: Урожай, 2004. 558 с.
13. Озимі зернові культури. Київ: Урожай, 1993. 288 с.
14. Носатовский А.И. Пшеница. М.: Изд-во С.-х. литературы, 1950. 408 с.
15. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 152 с.
16. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. 294 с.
17. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 175 с.
18. Польовий А.М. Моделювання продуктивності агроєкосистем // Вісник ОДЕКУ, 2005. Вип. 1. С. 79-86.
19. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія: підручник. Одеса: «ТЕС», 2012. 630 с.
20. Польовий А.М. Вплив антропогенних змін клімату на сільське господарство: конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2013. 108 с.
21. Практикум з сільськогосподарської метеорології / А.М. Польовий, Л.Ю. Божко, В.М. Ситов, О.Є Ярмольська. Одеса: «ТЕС», 2002. 400 с.
22. Росс Ю.К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 341 с.
23. Руденко В.П. Довідник з географії природно-ресурсного потенціалу України. К.: Вища школа, 1993. 180 с.
24. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 232 с.
25. Тарасюк М. Ф. Атмосферний клімат як основний чинник формування ґрунтового клімату Волинського Полісся // Наук. вісн. Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки. Географічні науки. Луцьк: 2011. № 18. С. 39-44.
26. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 264 с.

27. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 302 с.
28. Hellwig Z. Schemat budowy prognozy statycznej metody wag harmonicnych. Przegląd Statystyczny, 1967, v. 14, #2, p. 133-153
29. Kogan F.N. Climate constants and trends in global grain production. Agricultural and Forest Meteorology, 1986. Vol. 37. P. 89-107.
30. Weather/climate and sustainable agricultural production and protection. CAgM Report No. 74. WMO/TD-No.838. Geneva, Switzerland. August, 1997. 111 p.



## ДОДАТОК

## Додаток А

```

*****
C      БАЗОВА ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ УРОЖАЮ
C      СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР
*****
      common
w0(15),ts(15),ss(15),dv(15),inf(50),tmax(15)
      common n,t0,n2,n1,fi
      Character*4 a1,a2,a3,a4
      real inf
      integer t0,dv
      kb=1
      open
(unit=5,file='modell.dat',status='old',form='formatted'
)
      Open (UNIT=6,FILE='RESULT1.dat')
      read(5,100) kb
      do 30 i=1,kb
        read(*,116) a1,a2,a3,a4
        read(*,100) n,t0,n1,n2,fi
        read(*,102) (tmax(j),j=1,n)
        read(*,102) (w0(j),j=1,n)
        read(*,102) (ts(j),j=1,n)
        read(*,102) (ss(j),j=1,n)
        read(*,115) (dv(j),j=1,n)
        read(*,101) (inf(j),j=1,28)
        write(*,119)
        WRITE(6,234)
        WRITE(6,236)
234 FORMAT(10X,"БАЗОВА ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ")
236 FORMAT(10X," ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЮ ")
        write(*,119)
        write(6,117)
117 format(10x," ВХІДНА ІНФОРМАЦІЯ ")
        write(6,118)
        write(*,116) a1,a2,a3,a4
        write(*,100) n,t0,n1,n2,fi
        write(*,102) (tmax(j),j=1,n)
        write(*,102) (w0(j),j=1,n)
        write(*,102) (ts(j),j=1,n)
        write(*,102) (ss(j),j=1,n)
        write(*,115) (dv(j),j=1,n)
118 format(1x,72('-'))

```

```

        write(*,118)
        write(*,101) (inf(j),j=1,28)
        write(*,119)
119  format(1x,72('='))
        write(*,120)
120  format(1x,'" РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ"')
        write(*,119)
        call dmpp
100  format(4i3,f6.2)
101  format(10f8.3)
102  format(14f5.1)
115  format(24i3)
116  format(4a4)
    30  continue
        stop
        end
        subroutine dmpp
        dimension l1m(15),qm(15),ts1m(15),ts2m(15)
        common
w0(15),ts(15),ss(15),dv(15),inf(50),tmax(15)
        dimension
j1m(15),gim(15),flm(15),ksi(15),gamfm(15),blm(15),1
bsm(15),brm(15),bpm(15),aflm(15),arlm(15),tss(150),
ts11(15)
        real ksi,llm
        real*8 ksifl,top,td
        integer t0,dv,gi,g2,gim
        common n,t0,n1,n2,fi
        real m,ml,ms,mr,mp,ll,ls,lp,mu,ksifp,inf,
j0,jj,mz
        drost(ts2,topt,cc)=(2.3026*(2./topt)*10.** (2.-
(2./topt)*ts2)*
* 1000.*cc)/(1.+10.** (2.- (2./topt)*ts2))**2
        ff01(bk,b,jj)=bk*b*jj/(bk+b*jj)
        j1=1
        gi=0
        ml=inf(1)
        ms=inf(2)
        mr=inf(3)
        mp=inf(4)
        sss=inf(25)
        sss1=inf(26)
        ll=inf(5)
        ts2=0
        j2=0

```

```

c      write(*,331)m1,ms,mr,mp
331  format(1x,4f7.3)
      write(*,121)
121  format(' ')
      write(*,122)
122  format(10x,'  " СУХА БІОМАСА ОРГАНІВ, (г/м2) "')
      write(*,120)
109
format(4x,'i'dek',1x,'i','cyt',2x,'i',3x,'m1',3x,
'i',3x,'ms',3x,1'i',3x,'mr',3x,'i',4x,'mp',2x,
'i',3x,'m',4x,'i')
      write(*,109)
120  format(4x,70('-'))
      write(*,120)
      do 300 j=1,n
          nn=dv(j)
          do 310 i=1,nn
              ts1=ts(j)-inf(27)
              if(ts1.lt.0)ts1=0
              ts2=ts2+ts1
              tss(i+j2)=ts2
310  continue
          j2=j2+dv(j)
          ts11(j)=ts1
300  continue
      do 99 j=1,n
          s1=0
          s2=0
          s3=0
          s4=0
          s5=0
          s6=0
          s7=0
          s8=0
          s9=0
          s10=0
          s11=0
          ts1=ts11(j)
          m=m1+ms+mr+mp
          fm=m1+ms
c      write(*,334)m

334  format(1x,f10.2)
      nn=dv(j)
      do 400 i=1,nn

```

```

444 format(1x,i5,2x,f7.3)
      ts2=tss(gi+1)
c      write(*,444)gi,tss(gi)
      delta=0.017453*(0.473*(t0+gi)-0.196e-
2*(t0+gi)**2-0.407e-5*
      * (t0+gi)**3-0.616)
      a=sin(0.017453*fi)*sin(delta)
      b=cos(0.017453*fi)*cos(delta)
      tz=12+3.8197*acos(-a/b)
      tv=24-tz
      s1=s1-delta
      s2=s2+a
      s3=s3+b
      s4=s4+tz
      s5=s5+tv
C      write(6,335)tv,delta
335 format(1x,2f8.2)
      a1=-100.*alog(Inf(15))/(Inf(8)**2)
      alf=exp(-a1*((ts2-Inf(8))/10)**2)
      a1=-100.*alog(Inf(16))/(Inf(9)**2)
      arl=exp(-a1*((ts2-Inf(9))/10)**2)
      dml=drost(ts2,Inf(10),Inf(21))
      dms=drost(ts2,Inf(11),Inf(22))
      dmr=drost(ts2,Inf(12),Inf(23))
      r1=ts2-Inf(14)
      if(r1.lt.0) goto 62
      dmp=drost(r1,Inf(13)-Inf(14),Inf(24))
      goto 63
62      dmp=0.0
63      s6=s6+alf
      s7=s7+arl
      s8=s8+dml
      s9=s9+dms
      s10=s10+dmr
      s11=s11+dmp
      gi=gi+1
400 continue
      delta=s1/dv(j)
      a=s2/dv(j)
      b=s3/dv(j)
      tz=s4/dv(j)
      tv=s5/dv(j)
      taud=tz-tv
      afl=s6/dv(j)
      arl=s7/dv(j)

```

```

        dml=s8/dv(j)
        dms=s9/dv(j)
        dmr=s10/dv(j)
        dmp=s11/dv(j)
        dm=dml+dms+dmr+dmp
c      write(6,336) dml,dms,dmp,dmr,dm
336    format(1x,5f10.3)
        bl=dml/dm
        bs=dms/dm
        br=dmr/dm
        bp=dmp/dm
        if( n2.eq.1 ) goto 1
        if( n2.eq.2 ) goto 2
        if( n2.eq.3 ) goto 3
        nn1=30-n1+1
        if (gi.le.nn1) goto 7
        if (gi.le.nn1+31) goto 8
        td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
1      nn1=31-n1+1
        if (gi.le.nn1) goto 4
        if (gi.le.nn1+30) goto 5
        if (gi.le.nn1+61) goto 6
        if (gi.le.nn1+91) goto 7
        if (gi.le.nn1+122) goto 8
        td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
2      nn1=30-n1+1
        if (gi.le.nn1 ) goto 5
        if (gi.le.nn1+30) goto 6
        if (gi.le.nn1+61) goto 7
        if (gi.le.nn1+92) goto 8
        td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
3      nn1=31-n1+1
        if (gi.le.nn1 ) goto 6
        if (gi.le.nn1+30) goto 7
        if (gi.le.nn1+61) goto 8
        td=0.873*tmax(j)-0.686
goto 9
4      td=tmax(j)-3.
goto 9
5      td=0.835*tmax(j)-1.365
goto 9
6      td=0.856*tmax(j)-1.008

```

```

      goto 9
7      td=0.891*tmax(j)-1.081
      goto 9
8      td=0.823*tmax(j)+0.559
9      q=12.66*ss(j)**1.31+315.0*(a+b)**2.1
      j0=0.5*q/(taud*60)
      top=inf(28)
      w1=w0(j)/inf(7)
      ksifl=((td+10)/32)**(0.11174*(td-top)/10)*
6          ((36-td)/14)**(0.9041*(td-top)/10)
c      ****uvcvjic
      if( ksifl.gt.1 ) ksifl=1
      if( ksifl.lt.0.1 ) ksifl=0.1
      if(inf(7).le.85)gamf=2.899*exp(-0.9117*w1)-
3.64*exp(-2.73*w1)
      if(inf(7).gt.85)gamf=4.200*exp(-0.703*w1)-
5.48*exp(-1.648*w1)
      if( gamf.gt.1 ) gamf=1
      if( gamf.lt.0.1 ) gamf=0.1
      jj=j0/(1.+0.5*ll)
      f0l=ff0l(sss,sss1,jj)
      ftl=afl*f0l*ksifl*gamf
      fl=0.68*ftl*ll*taud*0.1
      dmm=fl-arl*(0.015*m+0.20*f1)
      v1=0.3*m1*ts1/(tss(j2)-2.*inf(10))
      v2=0.3*ms*ts1/(tss(j2)-2.*inf(11))
      v3=0.3*mr*ts1/(tss(j2)-2.*inf(12))
      if(ts2.lt.2*inf(10)) v1=0
      if(ts2.lt.2*inf(11)) v2=0
      if(ts2.lt.2*inf(12)) v3=0
      ml=ml+(b1*dmm-v1)*dv(j)
      ms=ms+(bs*dmm-v2)*dv(j)
      mr=mr+(br*dmm-v3)*dv(j)
      mp=mp+(bp*dmm+v1+v2+v3)*dv(j)
c      write(6,337)ml,ms,mp,mr
337 format(1x,4f10.3)
      if((b1*dmm-v1)*dv(j).ge.0) ll=ll+(b1*dmm-
v1)*dv(j)/inf(20)
      if((b1*dmm-v1)*dv(j).lt.0) ll=ll+(b1*dmm-
v1)*dv(j)/(inf(20)*0.3)
      if(ll.lt.0) ll=0.001
      j1m(j)=j
      gim(j)=gi
      flm(j)=fl
      ksi(j)=ksifl

```

```

gamfm(j)=gamf
blm(j)=bl
bsm(j)=bs
brm(j)=br
bpm(j)=bp
aflm(j)=af1
arlm(j)=ar1
llm(j)=l1
qm(j)=q
ts1m(j)=ts1
ts2m(j)=ts2
write(*,139)j,gi,ml,ms,mr,mp,m
139
format(4x,'i',i5,'i',i3,2x,'i',f7.3,1x,'i',1x,f7.3,'i',
1x,f7.3,
1'i',f8.3,'i',f8.3,'i')
j1=j1+1
99 continue
write(*,120)
j1=j-1
write(*,121)
write(*,170)
170 format(10x,'Площа листя, радіація, суми т-р
функції впливу')
write(*,140)
write(*,143)
143
format(4x,'i','dek',1x,'i','cyt',2x,'i',2x,'LL',1x,'i',
3x,'q',4x,
1'i',2x,'ts1',2x,'i',3x,'ts2',2x,'i',2x,'fl',2x,'i',1x,
'ksifl',1x
1,'i',' gamf ','i')
write(*,140)
do 154 ji=1,j1

write(6,151)j1m(ji),gim(ji),llm(ji),qm(ji),ts1m(ji),ts2
m(ji)
1,flm(ji),ksi(ji),gamfm(ji)
154 continue
151 format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,'i',f5.2,
1'i',f8.3,'i',f7.3,'i',f8.3,'i',f6.3,'i',f7.3,'i',1x,f5
.2,'i')
write(*,121)

```



```

        write(*,140)
        write(*,153)
153 format(15x,'Ростові функції, онтоген.крива
фотосинт. I дихання')
        write(*,140)
        write(*,149)
        write(*,140)
149 format(4x,'i','DEK',1x,'i',1x,
'CYT',1x,'i',3x,'bl',3x,'i',13x,'bs',3x,'i',3x,'br',
3x,'i',3x,'bp',3x,'i',2x,'afl',2x,'i',3x,
1'arl',3x,'i')
        do 141 i5=1,j1
        write(6,150)j1m(i5),gim(i5),blm(i5),
1 bsm(i5),brm(i5),bpm(i5),aflm(i5),arlm(i5)
141 continue
        write(*,140)
150 format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,'i',2x,
1f5.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',2x,f5.3,
1x,'i',11x,f5.3,1x,'i',1x,f5.3,3x,'i')
140 format(4x,67('-'))
C CLOSE (UNIT=6)
return
end

```