

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

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Вплив змін клімату на формування урожаю озимої
пшениці на Сході України**

Виконала студентка 2 курсу групи МАЕ-23
спеціальності 101 «Екологія»,
(шифр і назва)

Освітня програма Агроєкологія
(назва)

Нагіба Катерина Володимирівна
(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 агрометеорологічних прогнозів
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 «Екологія»
(шифр і назва)
Освітня програма Агроекологія
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри агрометеорології
та агрометеорологічних прогнозів

Польовий А.М.

“ 26 ” березня 2018 року

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

Нагібі Катерині Володимирівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вплив змін клімату на формування урожаю озимої пшениці на Сході 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 « 9 » березня 2018 року № 47 - С

2. Строк подання студентом роботи 01 червня 2018 року

3. Вихідні дані до роботи 1) Агрокліматичний довідник Луганської області.

2) Середні багаторічні дані про агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці. 3) Сценарій зміни клімату на Сході України. 4) Динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Вивчити фізико-географічні та агрокліматичні умови регіону досліджень. 2) Оцінити зміни теплозабезпеченості та вологозабезпеченості вегетаційного періоду. 3) Вивчити біологічні особливості культури озимої пшениці. 4) Вивчити динамічну модель формування урожайності сільськогосподарських культур. 5) Виконати за допомогою моделі оцінку умов формування урожаю озимої пшениці в умовах зміни клімату.

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

Графіки динаміки показників фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 березня 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, формування бази даних для виконання проекту. Підготовка першого і другого розділу магістерської роботи. Написання теоретичної частини проекту.	26.03.2018 р. - 10.04.2018 р.	90	5(відмінно)
2	Проведення розрахунків за допомогою моделі. Оформлення текстової частини третього розділу магістерської роботи.	11.04.2018 р. – 29.04.2018 р.	94	5(відмінно)
3	Рубіжна атестація	30.04.2018 р. - 6.05.2018 р.	92	5(відмінно)
4	Підготовка третього та четвертого розділів магістерської роботи. Побудова графічного і табличного матеріалу. Оформлення текстової частини п'ятого розділу роботи. Аналіз отриманих результатів.	7.05.2018 р. - 24.05.2018 р.	92	5(відмінно)
5	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.	25.05.2018 р. - 30.05.2018 р.	92	5(відмінно)
6	Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи і презентаційного матеріалу до публічного захисту	1.06.2018 р.	92	5(відмінно)
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		92,0	

Студентка _____ Наріба К.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Польовий А.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Нагіба К.В. Вплив змін клімату на формування урожаю озимої пшениці на Сході України

Актуальність обраної теми зумовлена тим, що в умовах зміни клімату відбувається зміна агрометеорологічних умов росту, розвитку та формування продуктивності озимої пшениці. На Сході України озима пшениця за розмірами посівних площ посідає перше місце в Україні. Її урожайність коливається в значних межах і залежить від формування режиму опадів та температури повітря в умовах зміни клімату.

Метою даного проекту є оцінка впливу змін клімату на формування урожайності озимої пшениці на Сході України та її продуктивність.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- вивчити фізико-географічні та агрокліматичні умови регіону досліджень та оцінити зміну теплозабезпеченості та вологозабезпеченості вегетаційного періоду;
- вивчити біологічні особливості культури озима пшениця та вивчити динамічну модель формування урожайності сільськогосподарських культур;
- виконати за допомогою моделі оцінку умов формування урожаю озимої пшениці в умовах зміни клімату.

Об'єкт дослідження – посіви озимої пшениці.

Предмет дослідження – оцінка впливу змін клімату на урожайність озимої пшениці на Сході України.

Методи дослідження – метод математичного моделювання продукційного процесу озимої пшениці.

Вперше: встановлені закономірності впливу змін клімату на динаміку формування продуктивності озимої пшениці.

Оцінки впливу зміни клімату можуть бути використані при оптимізації структур посівних площ озимої пшениці, спрямованого на отримання високих та стійких урожаїв цієї культури.

Магістерська робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаної літератури. Повний обсяг роботи – 72 сторінок, 14 рисунків, 11 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 21 найменування.

Ключові слова: клімат, температура повітря, опади, температура, опади, випарування, випаровуваність, озима пшениця, фотосинтез, площа листя, біомаса, продуктивність, урожай

ANNOTATION

Nagiba K.V. Influence of climate changes is on forming of harvest winter wheat on East of Ukraine

Actuality of select theme is predefined by that in the conditions of climate change takes place to the change of agricultural meteorology terms of height, development and forming of the productivity of winter wheat. On East of Ukraine a winter wheat after the sizes of sowing areas occupies the first place in Ukraine. Her productivity hesitates in considerable limits and depends on forming of the mode of precipitations and temperature of air in the conditions of climate change .

The purpose of this project is an estimation of influence of climate changes on forming of the productivity of winter wheat on East of Ukraine and her productivity.

For achievement of the put purpose it is necessary it was to decide next tasks: – to learn the Physical-geographical and agroclimatic terms of region of researches and to estimate the change of regime heat and precipitation of vegetation period;

– to learn the biological features of culture winter wheat and to learn the dynamic model of forming of the productivity of agricultural cultures;

– to execute by means of model the estimation of terms of forming of harvest of winter wheat in the conditions of climate change.

A research object is sowing of winter wheat.

The article of research is an estimation of influence of climate changes on the productivity of winter wheat on East of Ukraine.

Research methods are a method of mathematical design of process of products of winter wheat.

First: the set conformities to law of influence of climate changes on the dynamics of forming of the productivity of winter wheat.

The estimations of influence of climate change can be used for optimization of structures of sowing areas of winter wheat, sent to the receipt of high and proof harvests of this culture.

Master's degree work consists of entry, 5 divisions, concludes, to the list of the used literature. Complete volume of work – 72 pages, 14 drawings, 11 tables. The list of the used literary sources contains 21 names.

Keywords: climate, temperature of air, precipitations, evaporation , evaporated, winter wheat, photosynthesis, area of leaves, biomass, productivity, harvest.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО- ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЛУГАНСЬКОЇ ОБЛАСТІ	10
2.1 Фізико-географічні умови Луганської області.....	10
2.2 Кліматичні та агрокліматичні умови Луганської області.....	18
3 УЗАГАЛЬНЕНА ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ЛУГАНСЬКОГО РЕГІОНУ В ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНАМИ КЛІМАТУ	24
3.1 Теплозабезпеченість вегетаційного періоду.....	24
3.2 Вологозабезпеченість вегетаційного періоду.....	27
4 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....	30
5 ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ У ЛУГАНСЬКІЙ ОБЛАСТІ В ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНАМИ КЛІМАТУ	36
5.1 Динамічна модель формування урожайності сільськогосподарських культур.....	36
5.1.1 Визначення параметрів моделей сільськогосподарських культур стосовно конкретних ґрунтово-кліматичних зон.....	42
5.1.2 Підготовка вхідної агрометеорологічної інформації для оцінки середніх по області умов формування урожаю.....	53
5.2 Агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці в умовах зміни клімату.....	56
5.3 Оцінка за допомогою моделей продукційного процесу рослин фотосинтетичної продуктивності та коливання урожайності озимої пшениці в зв'язку зі зміною клімату.....	60
5.4 Рекомендації щодо адаптації технологій вирощування озимої пшениці у Луганській області до змін клімату.....	67
ВИСНОВКИ.....	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	71

ВСТУП

Вирішення світової продовольчої проблеми в XXI ст. є найважливішою, стратегічною задачею нового століття, воно є не тільки головною умовою існування населення Землі, але і вирішальним чинником соціальної стабільності окремих країн і світової спільноти в цілому.

Матеріали світової статистики показують, що сьогодні зміна клімату на планеті співпадає з періодом наростання продовольчого дефіциту в світовій спільноті. 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. 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. 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 [5, 8].

В цих умовах 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 [8].

Важливою ланкою проблеми зміни глобального клімату є оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур та впливу цих змін на їхню продуктивність. Сільське господарство є найбільш вразливою галуззю економіки України до коливань та змін клімату. Враховуючи інерційний характер сільського господарства та залежність його ефективності від погодних умов, уже зараз необхідно прийняття своєчасних та адекватних рішень щодо складних проблем, обумовлених змінами клімату. В зв'язку з очікуваним підвищенням температури повітря Північної півкулі продовольча безпека України в значній мірі буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується сільське господарство до майбутніх змін клімату. Це передбачає завчасну оцінку впливу очікуваних змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур [14].

Сучасне потепління викликає значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Воно супроводжується істотним підвищенням температури повітря у зимові місяці, збільшенням кількості тривалих відлиг, часового зрушення розвитку природних процесів, змінами тривалості сезонів року, подовженням безморозного періоду та тривалості вегетаційного періоду сільськогосподарських культур, збільшенням теплозабезпеченості вегетаційного періоду, деяким покращенням вологозабезпеченості майже усіх зон України. Можливе зростання частоти екстремальних погодних явищ, загальне зниження вологості ґрунтів та зменшення їхньої родючості, виснаження ресурсів прісної води у південних регіонах країни, деградація ґрунтів. Разом з тим, основною особливістю потепління стала нерівномірність випадіння опадів за окремі періоди року, що призвело до збільшення посушливих явищ. Посухи нерідко співпадають з суховіями, спричиняючи пошкодження рослин у різних фазах розвитку та зменшують їхню продуктивність [8]. Основною метою дослідження є оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці на Сході України (на прикладі Луганської області) в зв'язку зі змінами клімату.

1 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Тенденції зміни агрокліматичних ресурсів та агрокліматичних умов формування продуктивності озимої пшениці в умовах Луганської області розглядались за різні проміжки часу. Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату було використано сценарій зміни клімату в Україні – сценарій A1B, регіональна кліматична модель MPI-M-REMO, глобальна модель – ECHAM5-r3 [21] як найбільш вірогідний на період до 2050 року.

Аналіз тенденції зміни клімату в умовах Луганської області виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за три періоди: 1970 – 2010 рр. (базовий період), 2011 – 2030 рр. (I-й сценарний період), 2031 – 2050 рр. (II-й сценарний період).

Таким чином, в порівнянні були розглянуті три часових періоди. За базовий період для оцінки зміни агрокліматичних ресурсів, умов росту, розвитку та формування продуктивності озимої пшениці на період до 2050 року були прийняті кліматичні та агрокліматичні показники за 1970 – 2010 роки.

Зміна агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці, призвела до зміни показників фотосинтетичної продуктивності посівів і як наслідок урожаю зерна.

Для озимої пшениці в умовах Луганської області на фоні зміни кліматичних умов за I-й та II-й періоди нами розглядались такі варіанти:

- кліматичні умови періоду;
- кліматичні умови періоду + збільшення CO_2 в атмосфері (для I-го періоду з 380 до 470 ppm, для II-го періоду з 380 до 520 ppm);
- кліматичні умови періоду + збільшення CO_2 + внесення добрив в дозах N_{75} (озима пшениця);

– кліматичні умови періоду + збільшення CO_2 + внесення добрив в дозах N_{125} (озима пшениця).

Слід зазначити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності озимої пшениці розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів та гібридів культури.

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів була використана розроблена А.М. Польовим модель продукційного процесу озимої пшениці [9, 10]. Моделювання впливу підвищення концентрації CO_2 в атмосфері на продукційний процес озимої пшениці виконано відповідно роботи [11].

Ідентифікація моделі формування урожайності озимої пшениці виконана на основі матеріалів агрометеорологічних спостережень метеорологічних станцій Луганської області та матеріалів середньообласної урожайності озимої пшениці за методикою, викладеною в [9, 15].

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЛУГАНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

2.1 Фізико-географічні умови Луганської області

Луганська область розташована у південно-східній частині України – між $47^{\circ}49'$ і $50^{\circ}05'$ північної широти та $37^{\circ}52'$ і $40^{\circ}13'$ східної довготи. Протяжність території із заходу на схід становить 170 км, з півночі на південь – 270 км. Загальна площа області досягає 26,7 тис. км² (4,4 % території України). На півночі, сході та півдні Луганська область межує з Росією (Белгородська, Воронежська та Ростовська області), на північному заході – із Харківською, на південному заході – з Донецькою областю [1].

Геологічна будова області тісно пов'язана із розташуванням її в межах таких геоструктурних елементів, як Воронежський кристалічний масив (північна частина області) та Донецька складчаста споруда (решта території області).

У древні геологічні часи Донецький кряж (Донецька складчаста споруда) був горами висотою до 4000 – 5000 м. Протягом багатьох віків він зазнавав інтенсивного руйнування і на даний час має вигляд плато висотою переважно 200 – 250 м над рівнем моря, із глибокими річковими долинами, балками та ярами. З карбованими відкладеннями пов'язанні великі родовища кам'яного вугілля Донецького вугільного басейну. У багатьох північно-східних районах розповсюджені родовища вапняку, піщанику, крейди, мергелю, глини. У Луганську, Сєверодонецьку, Лисичанську, Кременному та Старобільську є джерела мінеральних вод. На території області нараховується 630 родовищ корисних копалин [2].

Своєрідність геологічної будови зумовлює велику різноманітність ґрунтоутворювальних порід. На території Донбасу, головним чином,

розповсюджені такі ґрунтоутворювальні породи: леси і лесовидні відкладення; сланцеві сірі глини і продукти вивітрювання глинистих сланців у вигляді сірувато-оливкових суглинків і глин; продукти вивітрювання різних кам'яновугільних пісків легкого механічного складу.

Лесові породи, які розповсюджені на більшій частині території Донбасу, являють собою бурувато-палевого кольору важкосуглинкові і глинисті утворення, відкладені в четвертинний період. Леси утворюють ґрунти на вирівняних плато, вододілах і у верхніх частинах схилів. Вони вміщують багато карбонату кальцію, тонкопористі, не розшаровані, порохувато-суглинкового механічного складу.

Лесовидні суглинки – це перевідкладений лес. У порівнянні з лесом вони мають легший механічний склад. Товщина лесових порід досягає 5 –10 м, а місцями на вододілах і на стародавніх річкових терасах – 15 і більше метрів.

Сприятливі водно-фізичні властивості лесових порід сприяють утворенню родючих земель. Але ці породи легко зазнають водної ерозії, утворюючи круті схили і яри.

Глини за походженням відносяться до пермських, тріасових, неогенових і палеогенових відкладень. Вони характеризуються різноманітністю забарвлення, важким механічним складом, високою пластичністю і засоленістю. Зустрічаються, головним чином, на південних схилах Донецького кряжу, сприяючи формуванню засолених ґрунтів.

Елювій кам'яновугільних порід являє собою продукти вивітрювання пісковиків і сланців, утворює ґрунти на схилах Донецького кряжу. Потужність пухкого елювію становить 0,3 – 2 м. Механічний склад продуктів вивітрювання глинистих сланців глинистий, а елювій пісковиків – піщано-легко- або піщано-середньосуглинковий. Ці породи часто засолені і на них утворюються солонцюваті ґрунти, а при наявності мінералізованої верховодки формуються мочалисті і мочарні ґрунти.

Елювій карбонатних порід є продуктом вивітрювання крейдяних відкладень палеогену і неогену. Найбільше розповсюдження має крейда, крейдо-мергельні породи і мергель. Елювій цих порід утворює ґрунти в основному в Задонецькому степу на схилах Донецького кряжу. Потужність елювію карбонатних порід досягає двох метрів, механічний склад його порохувато-легко- і порохувато-середньосуглинковий або важкосуглинковий. Ґрунти на цих породах мають малий запас рухомих форм поживних речовин і легко зазнають ерозії, але стійкість їх вища в порівнянні з ґрунтами, утвореними на лесових породах.

Піщані та супіщані породи зустрічаються повсюди. До них відносяться алювіальні пухкі корінні породи крейдового і третинного періодів. Суглинкові і глинисті алювіальні відкладення розшаровані й часто оглеєні.

Делювіальні відкладення зустрічаються по днищах балок та на нижніх частинах схилів і формуються під впливом процесів змивання.

Таким чином, дуже складний рельєф, що поєднується з не менш складною геоморфологічною будовою місцевості і велика різноманітність ґрунтоутворюючих порід зумовили значну строкатість і еродованість ґрунтів Донбасу. Часто ґрунтоутворюючі породи засолені і в умовах засушливого клімату утворюють солонцюваті ґрунти. Геологічна будова зумовила також утворення великої кількості слабкоструктурних ґрунтів на безкарбонатному елювії щільних порід і пухких корінних піщаних відкладеннях.

Рельєф. Поверхня області – хвиляста рівнина, що простягається від долини Сіверського Донця на північ та південь, де знаходиться Донецький кряж. Найвища точка Донецького кряжу – курган Могила Мечетна, висотою 367 м над рівнем моря, розташована у м. Петровське Луганської області. У цьому місці проходить найвища гряда Донецького кряжу, яка поступово знижується у південно-східному напрямку. Найбільш характерною рисою кряжу є чергування горбкуватих вододільних просторів з річковими долинами (глибокими, з крутими берегами) та сухими балками. У долині

річок Міус та Нагольної висота Донецького кряжу зменшується і південні схили переходять у Приазовську берегову рівнину.

Північно-східна частина області (близько 60 % території) представляє собою рівнину з ярами, зарослими балками і відрогами Середньоруської височини, висота яких досягає 200 м та більше. Ця частина області порізана невеликими долинами лівих приток Сіверського Донця, які течуть у меридіональному напрямку та поділяють територію на ряд вододільних плато, придатних для використання у сільському господарстві. Уздовж лівого берега Сіверського Донця тягнеться порівняно неширока (16-18 км) терасова рівнина, складена головним чином пісками, місцями сформованими в дюни.

Гідрографія. Луганщина вважається найменш забезпеченим водними ресурсами регіоном України. Густота річкової мережі області незначна. У басейні Сіверського Донця, який займає понад 90 % території області, вона складає всього 0,15 км/км². У північно-східній частині області коефіцієнт густоти річкової мережі, враховуючи річки завдовжки менше 10 км, становить 0,12 – 0,19, а в південно-західній частині, в межах Донецького кряжу — 0,20 - 0,32. В області протікає 123 річки, 6 із яких мають довжину більше 100 км. Річки області живляться переважно сніговими, дощовими та підземними водами. Усі річки є типово рівнинними водотоками, протікають у широких терасованих долинах. У цілому режим річок характеризується нерівномірним розподілом стоку впродовж року — короткочасним весняним паводком і тривалим низьким рівнем в літньо-осінній період.

Загальна кількість річок області (разом з тими, які мають довжину менше 10 км), перевищує тисячу, загальна довжина їх становить більше 5000 км. Разом з тим, за винятком Сіверського Донця, всі річки належать до малих, значна більшість з них маловодні і відіграють незначну роль у водному балансі. Всі річки належать до басейну Сіверського Донця та південного узбережжя Азовського моря.

Головна річка Луганщини — Сіверський Донець (притока р. Дон), — четверта за довжиною ріка України. Сіверський Донець протікає по території

України (Харківська, Донецька і Луганська області) та Росії (Белгородська і Ростовська області).

По території Луганщини Сіверський Донець протікає з північного заходу на південний схід і ділить її у фізико-географічному відношенні на дві нерівні частини: північно-східну (більше 60 %) і південно-західну (менше 40 %). Довжина Сіверського Донця в межах області досягає 265 км, ширина – 60-100 м глибина – 1,5–2 м, місцями 6 – 7 м. Береги річки мальовничі, вкриті лісами. Загальна площа лісів, що знаходяться в її заплаві і на піщаних терасах, а також в заплавах її приток, на схилах балок, становить 254 тис. га [6]. На лівобережжі Сіверського Донця знаходиться 80 тис. га пісків (шоста частина пісків країни), які займають другу частину надзаплавних терас.

Інші річки відносяться до малих. Найбільші притоки Сіверського Донця на Луганщині: Айдар, Лутань, Деркул, Червона, Велика Кам'янка та Борова. У басейні річки Айдар (її довжина 264 км) знаходиться більше 60 річок загальною довжиною 805 км, враховуючи навіть річки довжиною менше 10 км.

Річка Лутань довжиною 198 км з притоками Лозною, Сколовою, Картомиш, Санжаровкою, Ломоваткою, Камишевахою, Ореховою, Білою, Вільховою та дев'ятьма іншими річками довжиною більше 10 км, великою кількістю річок менше 10 км, балками і ярами без постійного водотоку мають загальну довжину 1139 км. Всього у басейні річки Лутань нараховується 218 річок.

Річка Деркул довжиною 160 км разом з притоками Білою, Лозною, Бишканью, Чугинною, Повною та іншими річками (разом 188 річок) мають довжину 928 км. Річка Червона довжиною 131 км має у басейні 16 річок, загальна довжина басейну – 295 км. Річка Велика Кам'янка довжиною 110 км із 146 річками її басейну мають загальну довжину 584 км.

У басейні річки Борової, яка має довжину 84 км, нараховується 58 річок загальною довжиною 413 км. Слабо розвинену мережу приток мають річки Камишная (81 км), Євсуг (82 км), Луганчик (83 км). Дуже

невеликими притоками Сіверського Донця є Верхня Біленька (32 км) та Біленька (28 км).

На півдні області тече річка Міус (довжина в межах області 80 км), у басейн якої входять притоки Нагольна, Кріпенька, Міусік, Хрустальна та інші, разом більше 36 річок загальною довжиною 650 км.

У заплаві Сіверського Донця, Айдара та інших річок є близько 60 озер, загальною площею більше 600 га. Найбільші з них: Вовче, Ведмеже, Боровське, розміщені на лівому березі Сіверського Донця. Більшість озер має площу водного дзеркала менше 5 га.

На території області нараховується 760 ставків з площею водного дзеркала понад 2800 га. Є також водосховища на річках. Найбільші з них: Ісаківське на річці Білій (притока Лугані) з площею водного дзеркала 395 га, Єлизаветинське на річці Вільховій (притока Лугані) площею 137 га, Штерівське на річці Міус (111 га), Яневське на річці Міусик (90 га). На річці Вільхова, недалеко від Луганська, побудовано Вільхівське водосховище (34 га). Луганська ГРЕС має три ставки загальною площею 640 га.

Ґрунти та напрямки землекористування. Луганська область розташована на території двох ґрунтових провінцій Донбасу: Донецького північного степу та Задонецького північного степу. До Донецького північного степу належать адміністративні райони Луганської області: Перевальський, Попаснянський, Лутугінський, Свердловський, Антрацитівський, Краснодонський. Ґрунтоутворюючі породи провінції представлені головним чином лесовидними відкладеннями товщиною 5-15 м. На схилах балок та річкових долин ґрунтоутворюють продукти вивітрювання більш древніх відкладень (вапняків, крейди, мергелю, сланців та піщаників) [3].

Ґрунтовий покрив Донецького північного степу [3] представлений чорноземами звичайними на лесовидних породах (табл. 2.1). На вершині Донецького кряжу зустрічаються чорноземи звичайні глибокі, чорноземи потужні та опідзолені на лесовидних породах. На схилах із розвиненим

ерозійно-балочним рельєфом поширені еродовані чорноземи і дернові розвинені та слаборозвинені ґрунти на елювії щільних порід дочетвертичного періоду.

Задонецький північний степ розташований в основному в межах Луганської області. В Задонецький північний степ входять чотири агроґрунтові райони: Рубежансько-Петровський, Ізюмо-Новоайдарський, Троїцько-Старобешевський і Марківсько-Міловський.

Таблиця 2.1 – Основні типи ґрунтів та показники загальної площі кожного типу ґрунту [3]

Тип ґрунту	Загальна площа	
	тис. га	у т.ч. орні
Чорноземи опідзолені на лесових породах	42,4	3,9
Чорноземи глибокі переважно на лесових породах	79,9	38,1
Чорноземи звичайні переважно на лесових породах	2807,8	1007,8
Чорноземи південні на лесах	40,7	37,1
Чорноземи на щільних породах глин	25,8	17,2
Чорноземи переважно щебенюваті на елювії твердих некарбонатних порід	108,9	71,1
Чорноземи переважно щебенюваті на елювії карбонатних порід	100,7	63,6
Чорноземи глинисто-піщані та супіщані ґрунти	35,5	18,4
Чорноземи звичайні залишково-глибокосолонцюваті на лесових породах	3,0	2,1
Чорноземи солонцюваті переважно на лесових породах	83,0	54,9
Лучно-чорноземні ґрунти на лесових породах	67,9	25,9
Лучні ґрунти на делювіальних та алювіальних відкладеннях	78,1	20,8
Лучно-болотні ґрунти на алювіальних та делювіальних відкладеннях	17,3	1,2
Болотні ґрунти на різних породах	7,9	0,3
Солонці і солончаки	7,0	2,0
Дернові ґрунти	362,3	52,9
Всього	2287,8	1415,1

Задонецький північний степ включає західне високе Задонців'я (Троїцький, Новопсковський, Сватовський, Білокуракінський, Старобільський райони), східне високе Задонців'я (Марківський, Біловодський, Міловський райони) та Придонців'я (Кремінський, Новоайдарський, Славяносербський, Станично-Луганський райони). Сюди заходять відроги Середньо-Руського підвищення, яке має загальний нахил на південь. Південна частина провінції складена стародавніми пліоценовими терасами та долиною річки Сіверський Донець.

Основними ґрунтоутворюючими породами є леси та лесовидні суглинки, алювіальні відкладення та елювій карбонатних порід, представлений продуктами вивітрювання та крейдяно-мергельних відкладень. Значна розчленованість рельєфу сприяє інтенсивному розвитку ерозії [3].

Рубежансько-Петровський агроґрунтовий район цієї провінції розташований на низьких терасах річки Сіверський Донець та річок, що впадають в неї, зайнятих древньоалювіальними пісками та іншими відкладеннями. Основний ґрунтовий покрив складають дернові ґрунти легкого механічного складу. На понижених формах рельєфу розповсюджені лугові солонцюваті ґрунти. Легкі за механічним складом ґрунти зазнають вітрової ерозії.

Ізюмсько-Новоайдарський район Задонецького північного степу розташований вздовж річки Сіверський Донець на його лесових терасах. Ґрунтовий покрив — чорноземи малогумусні та середньо-гумусні на лесовидних породах. Зустрічаються чорноземи на алювії карбонатних порід. Долинні ґрунти, поширені в долинах річок, засолені та солонцюваті. Еродованість ґрунтів району знаходиться в межах 45 – 60%.

Троїцько-Старобешевський агроґрунтовий район розташований на дуже розчленованих відрогам Середньо-Руської височини. Тут поширені чорноземи звичайні середньогумусні легкоглинисті на лесі. На схилах

розповсюджені чорноземи на алювії карбонатних ґрунтів. Еродованість досягає 50 – 60 %.

Марківсько-Міловський агроґрунтовий район розташований в північно-східній частині Луганської області. Він характеризується дуже розчленованим рельєфом. Густота розчленованості досягає 1,6 – 1,9 км/км², а глибина – 100–150 м. Основний ґрунтовий покрив складають чорноземи звичайні середньо- та малогумусні на лесових породах та дернових ґрунтах на карбонатних породах, є багато солонцюватих та осолонцюваних ґрунтів. Чорноземи на карбонатних породах часто защебнені. Процент еродованості ґрунтів досягає 70 – 80 %.

Лісів на Луганщині мало, близько 7 % території області [6]. Вони розміщені вздовж річок, на схилах долин, балок і ярів. Серед них нараховується близько 50 порід дерев і кущів. Переважають такі породи – дуб, береза, ясен. Підлісок представлений жовтою акацією, кущами терену, бузини, шипшини.

2.2 Кліматичні та агрокліматичні умови Луганської області

Клімат Луганської області помірно-континентальний, з вираженими посушливо-суховійними явищами [1]. Зима малосніжна, нестійка, літо тепле з нестійким зволоженням та посушливими періодами. На кліматичні особливості районів області має значний вплив рельєф. Північна (лівобережна) частина області, що займає 60 % території області, розташована на хвилястій рівнині. Тут складаються більш однорідні кліматичні умови. Відносна рівномірність рельєфу сприяє посиленню континентальності клімату, особливо вираженої на північному сході. На північному заході на клімат має вплив Краснооскольське водосховище, розташоване на території Донецької області.

На правобережній частині області, де значну частину території займає Донецький кряж, клімат має свої особливості. У низині південної частини

області температурний фон повітря найбільш високий по області, а опадів тут випадає менше. На території Донецького кряжу континентальність клімату дещо послаблена. З підняттям над рівнем моря температура повітря знижується, а кількість опадів, навпаки, зростає.

Середня температура повітря за рік на більшій частині території області становить 7,4 – 8,1 °С, у низині південної частини області – 8,8 °С. Середня температура січня (найхолоднішого місяця) становить мінус 3,5 – 5,3 °С, середня температура липня (найтеплішого місяця) – 20,9–22,4 °С.

Абсолютний мінімум температури повітря по області відмічався у січні 1987 року і становив 37,2 °С морозу (МС Біловодськ). За останніми даними, абсолютний максимум температури повітря становив 41,2 – 42,0 °С у серпні 2010 року (МС Біловодськ та СГС Луганськ).

Зими на Луганщині нестійкі, з частими тривалими відлигами та мінливими температурами. Зимовий період на лівобережній частині області триває в середньому 105 – 110 днів. У низині правобережної частини області зими найкоротші, в середньому тривають 97 днів, на височині Донецького кряжу найбільша тривалість – 113 днів.

Зимовий період починається після стійкого переходу температури повітря через 0 °С у бік зниження, протягом тижня тобто з 19 – 25 листопад, а закінчується у більш розтягнуті строки 2 – 14 березня, коли відбувається стійкий перехід середньої добової температури повітря через 0 °С у бік потепління. Раніше закінчується зима у низині південної частини області, пізніше – на височині Донецького кряжу. У північних районах області зима закінчується у стислі строки 7–10 березня.

У крайніх північних районах та на території Донецького кряжу кількість днів з відлигами за період грудень-лютий в середньому становить 34 – 36 днів, у низині південної частини області – 50 днів, на решті території – 42 – 45 днів. Відлиги, які тривають більше 5 днів поспіль, зумовлюють порушення зимового спокою озимини, що призводить до зниження морозостійкості рослин.

Сніговий покрив утворюється наприкінці першої – початку другої декади грудня, а руйнується на початку березня. Загальна тривалість залягання снігового покриву за зиму складає на території Донецького кряжу та у західних районах 84 – 93 дні, на решті території області – 68–78 днів. Середня висота снігу за зиму становить 2 – 12 см, тоді як максимальна висота в окремі роки сягає 29 – 57 см. В останні десятиріччя досить часто відмічаються роки без сталого снігового покриву.

Після тривалих відлиг за наявності снігового покриву існує велика 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 відмічається у 10 % років (один раз за 10 років).

Середня по області температура повітря самого холодного місяця січня становить мінус 4,6 °С. Максимальна температура повітря у січні становила 13 °С тепла у 1994 році.

Середня із мінімальних температур ґрунту на глибині 3 см по області за зиму, залежно від типу ґрунту, становить мінус 3,5 – 5,4 °С. Найнижча температура ґрунту на глибині 3 см відмічалася у 1996 році і становила мінус 17,1 °С.

Середня глибина промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 27 до 48 см. Максимальне промерзання 127 см відмічалася у 1986 р.

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5 °С і вище) триває 205 – 216 днів, починається в середньому по області 29 березня – 3 квітня і закінчується 25 – 31 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 5 °С за цей період на більшій частині території області змінюється від 3170 до 3300 °С, у низині правобережної частини області накопичується в середньому 3460 °С.

Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10 °С і вище) триває 170 – 182 дні, змінюючись в окремі роки від 148 до 199 днів, починається 14 – 17 квітня і

закінчується 4 – 7 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище 10 °С за цей період змінюється від 2920 до 3150 °С. В окремі роки ця сума коливається від 2500 до 3510 °С.

Літній період (із середніми добовими температурами повітря 15 °С і вище), триває по області 113-126 днів — з 15-20 травня до 9-19 вересня. Сума позитивних температур повітря вище 15 °С за цей період змінюється від 2140 до 2470 °С.

За сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації с.-г. культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Луганської області поділено на три агрокліматичних райони [1]: I – достатнього тепло забезпечення, достатнього та нестійкого зволоження; II – достатнього теплозабезпечення, нестійкого зволоження; III – високого рівня теплозабезпеченості та нестійкого зволоження (рис. 2.1).

Агрокліматичний район	Показники агрокліматичних ресурсів за період активної вегетації с.-г. культур		
	сума позитивних температур повітря вище 10 °С	кількість опадів, мм	гідротермічний коефіцієнт (ГТК)
I. Достатнього теплозабезпечення, достатнього та нестійкого зволоження	2870 — 2900	310 — 315	1,0
II. Достатнього теплозабезпечення, нестійкого зволоження	2900 — 2970	280 — 305	0,9 — 1,0
III. Високого рівня теплозабезпечення, нестійкого зволоження	3000 — 3130	300 — 305	0,8 — 0,9

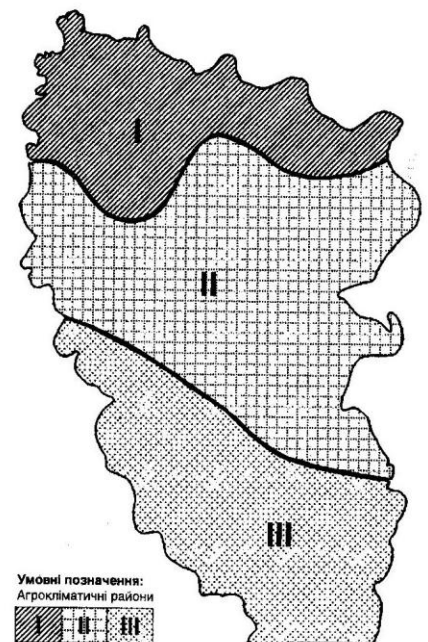


Рисунок 2.1 – Агрокліматичне районування Луганської області [1].

Атмосферна посуха, яка часто поєднується із ґрунтовою в період активної вегетації сільськогосподарських культур (ГТК становить 0,5 – 0,8) і має ймовірність 90 % на більшій частині території області.

Відносна вологість повітря у теплий період року (квітень – жовтень) по області коливається від 60 % весною до 80 % восени, а кількість днів із відносною вологістю повітря 30 % та менше становить 26 – 47 днів.

Характерними особливостями теплого періоду на Луганщині є посухи та суховії, які спостерігаються як влітку, так і весною та восени.

За вегетаційний період середня кількість днів із суховіями різної інтенсивності у крайніх північних районах та на території Донецького кряжу становить 12 – 17 днів, у низині південної частини області – 28 днів, на решті території – 22–23 дні. Найбільша кількість днів із суховіями зареєстрована по області у 1986 році – у низині південної частини області спостерігалось 64 дні із суховіями.

Суховійні явища і бездощові періоди по всій території Луганщини бувають щороку. В середньому за вегетаційний період спостерігається 4 бездощових періоди різної тривалості. Відсутність опадів протягом 11 – 20 днів відмічається впродовж всього вегетаційного періоду.

Найбільш посушливим за 20 років виявився 1986 рік. По області спостерігалось від 5 до 8 бездощових періодів, самий тривалий з них продовжувався 80 днів (Луганськ). У 1986 році посушливі умови почали формуватися у квітні, відсутність опадів у червні обумовила літню засуху, яка поступово перейшла у осінню.

Осінні посухи, що негативно впливають на посіви озимих культур у багатьох районах області, мають повторюваність 40 % (у чотирьох з десяти років).

Середня обласна кількість опадів за рік становить 556 мм, змінюючись по території від 528 до 617 мм. Кількість опадів по роках змінюється від 304 до 873 мм. Близько 60 % від річної кількості опадів випадає у теплий період року.

Карта-схема розташування гідрометеорологічних станцій Луганської області



Перші осінні заморозки у повітрі спостерігаються наприкінці вересня – початку жовтня, останні весняні – наприкінці квітня – початку травня.

Найпізніший весняний заморозок у повітрі та на ґрунті зафіксований 4 червня 2003 року. Найбільш ранній осінній заморозок у повітрі та на ґрунті відмічався 3 вересня 1997 року. Середня тривалість беззаморозкового періоду по області у повітрі становить 135 – 178 днів, на поверхні ґрунту – 130–144 дні.

Серед інших несприятливих для с.-г. культур явищ погоди на території області у вегетаційний період відмічаються град, сильний вітер, дуже сильний дощ та зливи.

З УЗАГАЛЬНЕНА ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ ЛУГАНСЬКОГО РЕГІОНУ В ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНАМИ КЛІМАТУ

3.1 Теплозабезпеченість вегетаційного періоду

Основними кліматичними та агрокліматичними характеристиками температурного режиму вегетаційного періоду були:

- дати стійкого переходу температури повітря через 0, 5, 10, 15 °С навесні та восени;
- тривалість періоду з температурами повітря вище 0, 5, 10, 15 °С;
- суми позитивних температур повітря за період з температурами вище 0, 5, 10, 15 °С;
- середня температура повітря січня, липня та їх амплітуда;
- дати останнього навесні та першого восени заморозку на висоті 2 м та на поверхні ґрунту;
- тривалість беззаморозкового періоду в повітрі на висоті 2 м та на поверхні ґрунту.

За початок весни, зазвичай, приймається дата стійкого переходу температури повітря через 0 °С. Аналіз цих дат показав, що у Луганській області і в першому (2011 – 2030 рр.) і в другому (2031 – 2050 рр.) періодах очікується більш ранній перехід температури повітря через 0 °С, раніше базового періоду (1970 – 2010 рр.) на 7 – 15 днів (табл. 3.1).

Восени у Луганській області перехід температури через 0 °С буде відбуватися пізніше на 13–18 днів (9 – 14 грудня). За рахунок таких зміщень дат очікується суттєве збільшення тривалості періоду з позитивними температурами: в I-й період на 21 день, а в II-й період на 34 дні. Тривалість періоду з позитивними температурами досягатиме 280 і 293 дні відповідно.

Таблиця 3.1 – Дати стійкого переходу середньої добової температури повітря через 0, 5, 10 ,15 °С та тривалість періодів з цими температурами у Луганській області в умовах зміни клімату

Період	Дати переходу температури повітря через межі								Кількість днів з температурою повітря рівною і вище			
	Навесні				Восени							
	0 °C	5 °C	10 °C	15 °C	15 °C	10 °C	5 °C	0 °C	0 °C	5 °C	10 °C	15 °C
1970 – 2010	11.III	28.III	16.IV	10.V	14.IX	2.X	26.X	26.XI	259	212	169	127
2011 – 2030	4.III	31.III	14.IV	10.V	23.IX	19.X	6.XI	9.XII	280	220	188	136
Різниця	–7	+3	–2	0	+9	+17	+10	+13	+21	+8	+19	+9
2031 – 2050	24.II	19.III	11.IV	11.V	28.IX	22.X	13.XI	14.XII	293	239	194	140
Різниця	–15	–9	–5	+1	+14	+20	+17	+18	+34	+27	+25	+13

Таблиця 3.2 – Комплексні характеристики температурного режиму у Луганській області в умовах зміни клімату

Період	Сума активних температур вище				Температура повітря, °С			Дата останнього заморозку весною		Дата першого заморозку восени		Тривалість беззаморозкового періоду	
	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С	Січень	липень	амплітуда	на висоті 2м	на поверхні ґрунту	на висоті 2 м	на поверхні ґрунту	у повітрі	на поверхні ґрунту
1970–2010	3546	3441	3113	2612	–4,6	22,1	26,7	28.IV	9.V	5.X	29.IX	159	143
2011–2030	3766	3618	3382	2635	–3,9	22,0	25,9	18.IV	7.V	16.X	5.X	181	151
Різниця	+220	+177	+269	+23	+0,7	–0,1	–0,8	–10	–2	+11	+6	+22	+8
2031–2050	3966	3816	3494	2872	–1,4	23,0	22,4	10.IV	4.V	17.X	8.X	190	157
Різниця	+320	+375	+381	+260	+3,2	+0,9	–4,3	–18	–5	+12	+9	+31	+14

Початок вегетації у Луганській області (перехід температури через 5 °C) відбуватиметься в I-й період пізніше базового періоду на 3 дні, а в II-й період раніше на 9 днів. Це призведе до того, що в I-й період тривалість вегетаційного періоду вегетації зміниться мало (на 8 днів), а в II-й період – збільшиться на 27 днів і становитиме 239 днів.

Початок активної вегетації сільськогосподарських культур, тобто стійкий перехід температури повітря через 10 °C, майже не зміниться для I-го періоду і наступатиме майже в ті ж самі терміни, що і в базовий період, тобто 14 квітня. У II-й період стійкий перехід температури повітря через 10 °C наступатиме раніше на 5 днів (11 квітня). Восени закінчення активної вегетації (перехід через 10 °C) буде відбуватися на 17 – 20 днів пізніше (19 – 22 жовтня). В зв'язку з цим очікується збільшення вегетаційного періоду до 188–194 днів порівняно з базовим (169 днів).

Терміни переходу температури повітря через 15 °C весною і в I-й і II-й періоди зміняться незначно, а восени в I-й період цей перехід очікується на 9 днів пізніше базового, що відповідно призведе до збільшення цього періоду до 136 днів. Для II-го періоду очікується більш пізній перехід температури через 15 °C восени (28 вересня проти базового терміну – 14 вересня), що відповідно збільшить тривалість періоду з цими температурами до 140 днів.

Основними показниками забезпеченості рослин теплом є суми температур за різні періоди вегетації. За сумами температур вище 0 °C можна оцінювати характер весни, вище 5 °C – теплові ресурси вегетаційного періоду холодостійких культур, вище 10 °C –забезпеченість теплом активної вегетації теплолюбних культур, вище 15 °C – дуже теплолюбних культур.

Сума температур за відповідні періоди залежить від тривалості відповідного періоду і термічного режиму в ці періоди. Так, і в I і II періодах очікуються збільшення сум температур за відповідні періоди, але особливо значним це збільшення буде для II-го періоду (табл. 3.2).

У Луганській області для I-го періоду суми температур вище 5 °С збільшаться на 177 °С і значно більшим воно буде для сум температур вище 10 °С. Для II-го періоду суми температур вище 5, 10 °С збільшаться на 375 – 380 °С, що відкриває можливості для вирощування більш урожайних теплолюбних культур та пізньостиглих сортів і гібридів кукурудзи. Також у II-й період значно зросте сума температур вище 15 °С.

За кліматичним сценарієм у Луганській області в I-й період середня температура січня підвищиться на 0,7 °С, а середня температура липня майже не зміниться. У II-й період відбудеться суттєве підвищення температури січня (на 3,2 °С) і значно менше підвищиться температура липня – лише на 0,9 °С. Зменшення річної амплітуди у II періоді до 22,4 °С (від 26,7 °С у базовий період) значно зменшить континентальність клімату.

Потепління клімату змінить режим настання весняних та осінніх заморозків. Дата останнього заморозку у Луганській області навесні на висоті 2 м буде спостерігатись на 10 днів (у I-й період) і на 18 днів (у II-й період) раніше в порівнянні з базовим. Меншим буде зміна термінів настання останнього заморозку на поверхні ґрунту. Вони будуть спостерігатись на 2 – 5 днів раніше. Відбудеться також зміщення дати першого заморозку восени, відповідно на 10 – 12 днів на висоті 2 м та на 6 – 9 днів на поверхні ґрунту.

Відповідно зі зміщенням дат настання останнього весняного та першого осіннього заморозків значно зміниться тривалість беззаморозкового періоду у повітрі на висоті 2 м для I-го періоду на 22 дні, для II-го періоду – на 31 день. Також на 8 – 14 днів збільшиться тривалість беззаморозкового періоду на поверхні ґрунту.

3.2 Вологозабезпеченість вегетаційного періоду

Опади є основним джерелом зволоження земної поверхні і з цієї точки зору вони визначають стан багатьох природних ресурсів. Тому поняття

просторово-часової мінливості структури поля опадів сучасності та їхні майбутні зміни відіграють важливу роль в прогнозах кліматично-зумовлених природних ресурсів (табл. 3.3).

Для характеристики умов зволоження аналізувались такі ж періоди як і для теплозабезпеченості: базовий 1970 – 2010 рр. та розрахункові за кліматичним сценарієм 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр.

При цьому розглядались такі показники:

- сума опадів за періоди: зима, весна, літо, осінь, рік;
- сума опадів за періоди з температурами повітря вище 5 і 10 °С;
- сумарне випаровування, випаровуваність, дефіцит випаровування;
- коефіцієнт зволоження – гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова за період травень – серпень.

Таблиця 3.3 – Режим зволоження Луганського регіону в умовах зміни клімату

Період	Кількість опадів за періоди, мм						Сумар- не ви- парову- вання, мм	Випа- рову- ваність, мм	Дефі- цит випа- рову- вання	
	З температу- рою повітря вище		Зима	Весна	Літо	Осінь				Рік
	5 °C	10 °C								
1970 – 2010	320	276	110	110	166	114	500	572	927	355
2011 – 2030	342	300	161	123	172	131	587	602	928	326
Зміна,%	+7	+9	+46	+12	+3	+14	+17	+5	0	–8
2031 – 2050	346	294	166	142	152	109	569	612	955	343
Зміна,%	+8	+6	+50	+30	–9	–5	+14	+7	+3	–3

У відповідності до кліматичного сценарію у Луганській області у режимі опадів відбудуться суттєві зміни. Річна кількість опадів збільшиться в І-й період на 17 % (до 587 мм), а в II-й період – на 14 % (до 569 мм) порівняно з кількістю опадів базового періоду (500 мм). Але це збільшення нерівномірно розподілиться за порами року. Майже у 1,5 раз зросте кількість опадів у зимовий період. В І-й період на 46 %, у II-й – на 50 %. Дещо менше

але також суттєво очікується збільшення опадів навесні: в І-й період на 12 %, а в ІІ-й період на 30 %. Влітку в І-й період очікується незначне (до 3 %) збільшення опадів і зменшення кількості опадів на 9 % у ІІ-й період. Восени кількість опадів у І-й період збільшиться на 14 %, а в ІІ період – зменшиться (на 5 %).

За рахунок такого часового перерозподілу опадів за період з температурою вище 5 °С у Луганській області кількість опадів для І-го та ІІ-го періодів збільшиться до 342 – 346 мм порівняно з 320 мм в базовий період, тобто зросте на 7 – 8 %. В період активної вегетації (період з температурами повітря вище 10 °С) кількість опадів для І-го та ІІ-го періодів також зросте до 294 – 300 мм порівняно з базовим періодом. Відбудеться деяке зростання сумарного випаровування за рік.

Випаровуваність у Луганській області майже не зміниться для І-го і ІІ-го періодів. Збільшення сумарного випаровування становитиме 5 – 7 %, а за рахунок цього зменшиться річний дефіцит випаровування до 326 мм в І-й період і до 343 мм у ІІ-й період порівняно з базовим 355 мм. Це зменшення становитиме відповідно для періодів 8 і 3 % від базового періоду.

Характеристику посушливості вегетаційного періоду, надає гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК). У Луганській області значення ГТК в І-й період у травні дещо збільшиться з 0,90 до 0,94, в червні збільшиться до 1,20, і суттєво зменшиться в липні та серпні до 0,74 – 0,75. За величиною ГТК липень та серпень місяці можна віднести до періодів з помірною посухою. Для ІІ-го періоду характерним буде досить високий рівень ГТК у травні (1,25), деяке зменшення його у червні (1,15). Період липень – серпень зі значеннями ГТК 0,59 – 0,61 оцінюється як період з суворою посухою.

4 БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

В Україні перше місце за площею посіву і валових зборах зерна займає озима пшениця. Значну частку займають основні зернофуражні культури – ярий ячмінь і кукурудза.

Основними зонами виробництва зерна в Україні є Степ і Лісостеп, на частку яких у середньому припадає відповідно 46 і 40 % валових зборів зерна. Основними зерновими культурами є озима пшениця, ярий ячмінь і кукурудза, у Поліссі – озима пшениця, ярий ячмінь і озиме жито [3, 12].

Потенціал продуктивності сучасних сортів зернових культур перевищує 70 – 80 ц/га, а озимої пшениці – 100 ц/га, але рівень реалізації його в умовах виробництва значно нижчий. Часто ріст урожайності відстає від затрат на виробництво зерна і ефективність затрачених засобів нижче від запланованої.

Найвищої урожайності зернових в середньому досягнуто у Лісостепу – 34 ц/га, в тому числі: озимої пшениці – 41,8 ц/га, ярого ячменю – 31,7 ц/га, кукурудзи – 39,5 ц/га, вівса – 27,1 ц/га.

Озима пшениця (*Triticum*). Основною зерновою культурою в Україні є озима пшениця. У Степу, особливо в південних і центральних його районах, немає культури, рівною їй за продуктивністю. У Лісостепу озима пшениця за продуктивністю не має безумовної переваги порівняно з іншими культурами, зокрема у північних і західних районах. У Поліссі озиму пшеницю розміщують на родючіших ґрунтах [3, 5].

Насіння озимої пшениці починає проростати при температурі 1 – 2 °С, але для дружного проростання і появи сходів оптимальною вважається температура 15 – 20 °С. За такої температури і достатньої вологості орного шару ґрунту масові сходи звичайно з'являються через 7 – 9 днів після сівби. Температура вище 28 °С несприятлива для проростання насіння. При запасах

продуктивної вологи в орному шарі ґрунту менш 5 мм сходи не з'являються [12, 19].

Є.С. Улановою [19] встановлено, що найменша тривалість періоду посів – сходи (5 – 7 днів) спостерігається при запасах продуктивної вологи в орному шарі ґрунту від 30 до 60 мм і температурі повітря вище 14 °С. При зменшенні запасів вологи до 15 мм сходи з'являються через 12 днів, а при зменшенні запасів вологи до 6 – 7 мм сходи з'являються через 20 – 25 днів. При зниженні температури повітря до 10 °С сходи з'являються через 10 – 12 днів, а при зниженні до 7 – 8 °С – через 17 – 20 днів. При достатньому зволоженні ґрунту сходи озимої пшениці з'являються при нагромадженні від посіву суми ефективних температур повітря 67 °С (вище 5 °С).

Швидкість настання фази початку кущіння озимої пшениці, також знаходиться в тісній залежності від температури повітря і зволоження ґрунту. Якщо зволоження орного шару ґрунту достатнє (більше 30 мм продуктивної вологи), кущіння озимої пшениці починається при нагромадженні від фази сходів суми ефективних температур (вище 5 °С), також рівній 67 °С.

Найменша тривалість періоду сходи – кущіння (8 – 10 днів) спостерігається при запасах вологи 30 – 50 мм у шарі ґрунту 0 – 20 см і температурі повітря 13 – 18 °С. При такій же температурі, але при зменшенні запасів вологи до 15 мм, період від сходів до кущіння збільшується до 16 – 18 днів, а при зменшенні запасів вологи до 6 – 8 мм кущіння настає тільки через 25–30 днів [19].

Найбільш сприятлива для кущіння озимої пшениці температура повітря 9 – 12 °С, а при температурі 1 – 3 °С кущіння припиняється. При запасах продуктивної вологи більш 20 мм в орному шарі ґрунту кущіння йде найбільше інтенсивно.

Активна вегетація озимої пшениці припиняється після переходу температури повітря восени через 5 °С (в сторону зниження). Однак у південних районах країни перехід від осені до зими відбувається повільно і

кущіння пшениці продовжується в період від дати переходу температури повітря через 5 °С до дати переходу її через 3 °С. Під час тривалих і інтенсивних відлиг також можливе продовження періоду кущіння рослин. За сприятливих умов озима пшениця оптимальних термінів сівби формує до кінця осені 3 – 6 пагонів на одній рослині [7, 19].

Після весняного відновлення вегетації озима пшениця продовжує кущитися при температурах від 3 – 5 °С до 12 – 15 °С. Висока температура у весняний період і нестача вологи у ґрунті погіршують весняне кущіння пшениці.

Після закінчення кущіння кількість пагонів у посіві, так само як і кількість квіток і колосків у конусі наростання (колосі), зменшується за рахунок редукції асинхронно розвинутих колосків, квіток і пагонів. Це явище цілком закономірне, але ступінь редукції залежить як від біології сорту, так і від умов використання факторів життя рослин, які складаються в агрофітоценозі. Це призводить до того, що частка пагонів різних порядків у посіві змінюється; рівень продуктивності агрофітоценозу є інтегруючим показником співвідношення різноякісного продуктивного колосся [19].

Оптимальна кількість стеблин, яка забезпечує продуктивність агрофітоценозу озимої пшениці на рівні 70 – 80 ц/га, за даними досліджень становить 470 – 600 шт./м² посіву. Так, в умовах 1987 р. сорт озимої пшениці Поліська 87 сформував урожай 113 ц/га при 610 шт. продуктивних пагонів на 1 м² посіву; а урожайність 102 – 105 ц/га Миронівська 61 забезпечила при наявності 700 колосків на 1 м² посіву, Донська напівкарликова – при 610 шт./м², а Одеська 51 – при 533 шт./м². В той же час урожайність на рівні 66 – 75 ц/га була одержана при такій же (690 – 530 шт./га) кількості продуктивних пагонів.

В умовах, також високоурожайного, 1993 року одержано урожай на рівні 90– 100 ц/га при інтенсивній технології вирощування, коли

кількість продуктивних пагонів залежно від сорту варіювала від 750 шт./м² у сорту Скіф'янка до 550 шт./м² у Мирлебена.

Але при густоті 500 – 600 шт/м² продуктивного колосся в гірших моделях технології одержано тільки 42 – 58 ц/га. При цьому у високопродуктивних агрофітоценозах за період з VI по XI етап органогенезу редукція пагонів становила 790 – 940 шт./м².

У чорноземних районах, де тепла буває достатньо, запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту навесні визначають майбутні умови формування урожаю. За даними Є.С. Уланової [19], хорошими весняними запасами продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту є 150 – 200 мм, задовільними – 120–150 мм, недостатніми – 100–120 мм і поганими – менше 100 мм (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Показники оцінки запасів продуктивної вологи метрового шару ґрунту в основні періоди весняно-літньої вегетації озимої пшениці в чорноземних районах [19]

Період	Запаси продуктивної вологи, мм			
	хороші	задовільні	недостатні	погані
Відновлення вегетації	150 – 200	120 – 150	100 – 120	< 100
Вихід в трубку	140 – 180	100 – 140	80 – 100	< 80
Колосіння	80 – 140	60 – 80	40 – 60	< 40
Налив зерна	80 – 100	40 – 80	30 – 40	< 25

В період від виходу в трубку до колосіння в озимої пшениці виявляється найбільша потреба у вологозапасах внаслідок інтенсивного росту (рис. 4.1). Найбільш високі урожаї озимої пшениці спостерігаються в роки, коли в цей період запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту складають 100 – 125 мм. При невеликих запасах продуктивної вологи в ґрунті навесні урожайність озимої пшениці в значній мірі залежить від опадів. Кількість опадів у травні від 40 до 80 мм забезпечує при цьому

хороші умови для формування урожаю озимої пшениці. Сприятливою для формування великого колосся з багатоквітковими колосками є температура повітря від 15 до 20 °С.

В період цвітіння і дозрівання збільшуються вимоги рослин до тепла. Однак при високій температурі (вище 40 °С) в період цвітіння різко знижується життєздатність пилка, що призводить до зниження урожаю. Мінімальною температурою для цвітіння вважається 6 – 7 °С. При зниженні відносної вологості повітря до 30 % і нижче, підвищенні температури до 25 °С і вище та швидкості вітру 5 м/с і більше (при недостатчі вологи у ґрунті) відзначається пожовтіння, скручування і підсихання листя, щуплість зерна і череззерниця. За даними С.А. Веріго [4], запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту 40 мм і більше в середньому за період цвітіння – початок воскової стиглості сприяють формуванню добре виповненого зерна, а при вологозапасах менше 10 мм налив зерна припиняється і воно починає підсихати.

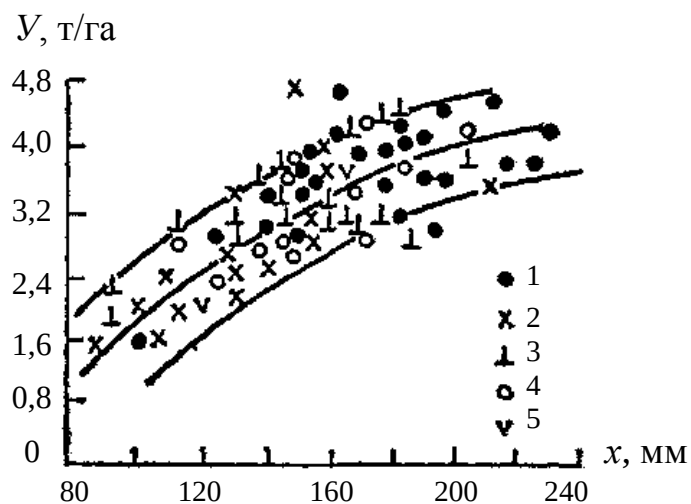


Рисунок 4.1 – Залежність урожайності озимої пшениці від весняних запасів вологи у метровому шарі ґрунту весною [19]:

Кількість пагонів на 1 м² восени більше 1000: попередники: 1 – чорний пар, 2 – кукурудза, 3 – озима пшениця, 4 – горох, 5 – соняшник.

Вимоги до світла змінюються в залежності від фази розвитку рослин. В цілому тривалість вегетаційного періоду скорочується в умовах довгого дня. Загальна тривалість вегетаційного періоду озимої пшениці, включаючи зимовий період, в залежності від сорту й агрометеорологічних умов коливається від 275 до 330 днів.

Озима пшениця добре використовує осінню і весняну вологу і урожайність її в значно меншому ступені, ніж ярих зернових культур, залежить від весняно-літніх опадів. У неї розвивається могутня коренева система, яка глибоко проникає у ґрунт, в зв'язку з чим вона менше страждає від посух і суховіїв. Посів восени і більш раннє (на 7 – 10 днів) збирання озимої пшениці в порівнянні з ярицею дозволяє повніше і більш рівномірно використовувати працю і засоби виробництва.

5 ОЦІНКА ЗМІНИ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ У ЛУГАНСЬКІЙ ОБЛАСТІ В ЗВ'ЯЗКУ ЗІ ЗМІНАМИ КЛІМАТУ

Для оцінки зміни агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці в зв'язку зі зміною клімату у Луганській області була використана динамічна модель проф. А. М. Польового.

5.1 Динамічна модель формування урожаю сільськогосподарських культур

Продукційний процес рослин це сукупність окремих взаємопов'язаних процесів, з яких фундаментальними є фотосинтез, дихання і ріст, в ході яких відбувається формування урожаю. Продукційний процес рослин залежить від умов навколишнього середовища і сам перетворює довкілля, в основному через архітектоніку, газообмін та транспірацію фітоценозу.

Процес формування урожаю представляє собою складну сукупність цілого ряду фізіологічних процесів, інтенсивність яких визначається біологічними особливостями рослин, чинниками навколишнього середовища, взаємозв'язком між самими процесами [9, 13].

Прикладні динамічні моделі продуктивності сільськогосподарських культур, які призначені для агрометеорологічних розрахунків, описують процеси фотосинтезу, дихання, росту і містять відповідно три біологічних блоки: *фотосинтезу, дихання, росту*, а також блок перетворення вихідної агрометеорологічної інформації – *агрометеорологічний* [13, 15].

Принципова схема прикладної динамічної моделі формування урожаю сільськогосподарських культур представлена на рис. 5.1.

Розглянемо більш детально кожний блок моделі.

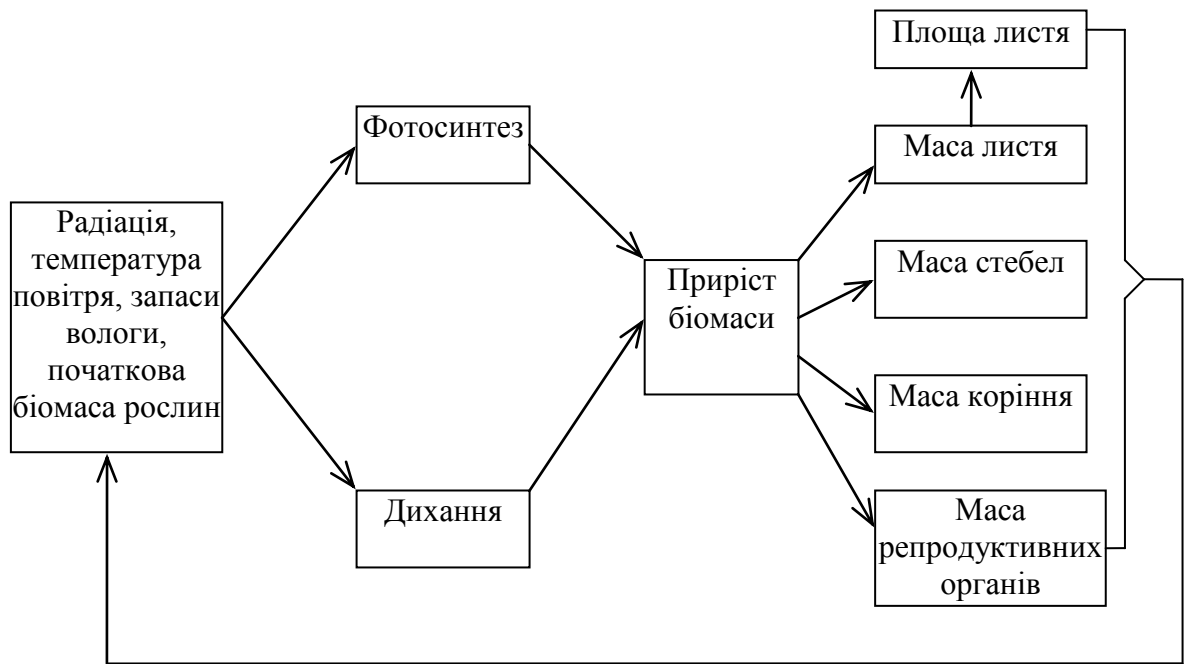


Рисунок 5.1 – Блок-схема прикладної динамічної моделі формування урожаю сільськогосподарських культур [15].

Блок фотосинтезу. Фотосинтез визначається за формулою

$$\hat{O}_t^j = \frac{k \cdot b \cdot {}^2 j}{k + b \cdot {}^2 j}, \quad (5.1)$$

де $\hat{O}_t^j$ – інтенсивність фотосинтезу за оптимальних умов тепло- і

вологозабезпеченості в реальних умовах освітлення,

мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$;

k – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні та

нормальній концентрації CO_2 , мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$;

b – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу,

мг $\text{CO}_2 / (\text{дм}^2 \cdot \text{год.})/(\text{кал}/\text{см}^2 \cdot \text{хв})$;

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

j – номер кроку розрахункового періоду.

Для розрахунку фотосинтезу в онтогенезі за реальних умов навколишнього середовища, які відрізняються від біологічно оптимальних, використовується вираз

$$\hat{O}_T^j = \hat{O}_I^j \cdot \alpha_O^j \cdot \psi_O^j \cdot \gamma_O^j, \quad (5.2)$$

де $\hat{O}_T^j$ – інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах навколишнього середовища, мг $\text{CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$;

α_O^j – онтогенетична крива фотосинтезу;

ψ_O^j, γ_O^j – функції впливу факторів навколишнього середовища, які представляють собою одновершинні криві і розраховуються так:

$$\psi_O^j = \left(\frac{x + 0,0001}{2} \right)^{0,774(x-1)} \left(\frac{1,4 - x}{0,4} \right)^{3,8(x-1)}, \quad (5.3)$$

в якому $x = T_g / T_{opt}$,

де T_g – середня за світлий час доби температура повітря;

T_{opt} – оптимальна для фотосинтезу температура повітря.

$$\gamma_O^j = d_0 + d_1 \left(\frac{W^j}{W_{HB}} \right)^2 + d_2 \frac{W^j}{W_{HB}}, \quad (5.4)$$

де W – запаси продуктивної води у шарі ґрунту 0 – 50 см;

W_{HB} – найменша вологомісткість у шарі ґрунту 0 – 50 см;

константи: $d_0 = 6,3 \cdot 10^{-2}$; $d_1 = -159,8 \cdot 10^{-2}$; $d_2 = 246,2 \cdot 10^{-2}$.

Функції $\alpha_O^j, \psi_O^j, \gamma_O^j$ – нормовані та змінюються від 0 до 1.

Сумарний фотосинтез посіву за світлу пору доби розраховується за формулою

$$\hat{O}^j = \varepsilon \hat{O}^j L^j \tau_g^j, \quad (5.5)$$

де Φ – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, г/(м²·день);

ε – коефіцієнт ефективності фотосинтезу, який дорівнює 0,68;

L – площа листя м²/м²;

τ – тривалість дня, год.

Блок дихання. На відміну від процесу фотосинтезу, здатність до дихального газообміну мають всі органи рослини [18]. Витрати на дихання, яке пов'язано з підтримкою структурної організації тканин і на дихання, що пов'язано з переміщенням речовин, фотосинтезом та створенням нових структурних одиниць, визначаються за таким рівнянням

$$R^j = \alpha_R^j (c_1 M^j + c_2 \hat{O}^j), \quad (5.6)$$

де R – витрати на дихання, г/м² ;

α_R – онтогенетична крива дихання;

c_1 – коефіцієнт, який характеризує витрати на підтримку структури;

M – суха біомаса посіву, г/м²;

c_2 – коефіцієнт, який характеризує витрати, пов'язані з переміщенням

речовин, фотосинтезом і створенням нових структурних одиниць;

j – порядковий номер декади розрахунку.

Блок росту. Приріст біомаси посіву визначається залишком між сумарним фотосинтезом посіву та витратами на дихання

$$\Delta M^j = \hat{O}^j - R^j. \quad (5.7)$$

Для опису росту окремих органів рослин використовується система ростових рівнянь у модифікованому вигляді, запропонованих Ю.Россом [16]:

$$\begin{cases} m_i^{j+1} = m_i^j + (\beta_i^j \Delta M^j - v_i^j m_i^j) \\ m_p^{j+1} = m_p^j + \left(\beta_i^j \Delta M^j + \sum_i^{l,s,r} v_i^j m_i^j \right), \end{cases} \quad (5.8)$$

де m_i – загальна суха біомаса окремих органів $i \in l, s, r, p$ (l – листя, s – стебла, r – коріння, p – репродуктивні органи), г/м²;

β_l – функція перерозподілу свіжих «асимілятів»;

v_i – функція перерозподілу «старих» асимілятів.

Ріст площі листя посіву визначається при позитивному прирості біомаси листя за формулою

$$L^{j+1} = L^j + \Delta m_l \frac{1}{z}, \quad (5.9)$$

де z – питома поверхнева площа листя, г/м².

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

$$L^{j+1} = L^j - \Delta m_l \frac{1}{z} \cdot \frac{1}{k_c}, \quad (5.10)$$

де k_c – параметр, що характеризує критичну величину зменшення живої біомаси листя, при якій починається її відмирання і дорівнює 0,3

Агрометеорологічний блок. Поглинена посівом ФАР розраховується за формулою

$$I^j = I_o^j / (1 + CL), \quad (5.11)$$

де I_o^j – поглинена сонячна радіація, кал/(см²/хв);

C – емпірична стала величина, яка дорівнює 0,5;

L – площа листя, м²/м².

Потік ФАР на верхню межу посіву визначається за формулою

$$I_o^j = 0,5Q^j / 60\tau_g, \quad (5.12)$$

де Q – сумарна сонячна радіація, кал/ (см²/д).

Сумарна сонячна радіація розраховується з формули С.І. Сівкова [17]:

$$Q^j = 12,66(S^j)^{1,31} + 315(\sin h_o^j)^{2,1}, \quad (5.13)$$

де S – тривалість сонячного сяйва, год.;

h_o – полуденна висота Сонця.

Середня за світлу пору доби температура повітря розраховується за формулою

$$T_g = a_1 T_{\max} + a_i, \quad (5.14)$$

де T_g , $T_{\max}$ – середня за день та максимальна температура повітря;

a_o , a_1 – емпіричні коефіцієнти.

Інтенсивність випаровування визначається за методом С.І. Харченко [20].

5.1.1 Визначення параметрів моделей сільськогосподарських культур стосовно конкретних ґрунтово-кліматичних зон

У відповідності з описаною структурою моделі її параметри поділені на чотири групи [9, 15]:

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. Цю групу складають параметри світлової кривої фотосинтезу k , b та ψ_{δ} , γ_{δ} – функції впливу температури повітря і вологості ґрунту на інтенсивність фотосинтезу.

Загальний вигляд світлової кривої фотосинтезу наведено на рис. 5.2.

Параметр k характеризує плато світлової кривої, а параметр b – нахил світлової кривої фотосинтезу при незначних інтенсивностях ФАР і знаходиться 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 $k = 25 \text{ мг CO}_2/(\text{дм}^2 \cdot \text{год.})$;

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

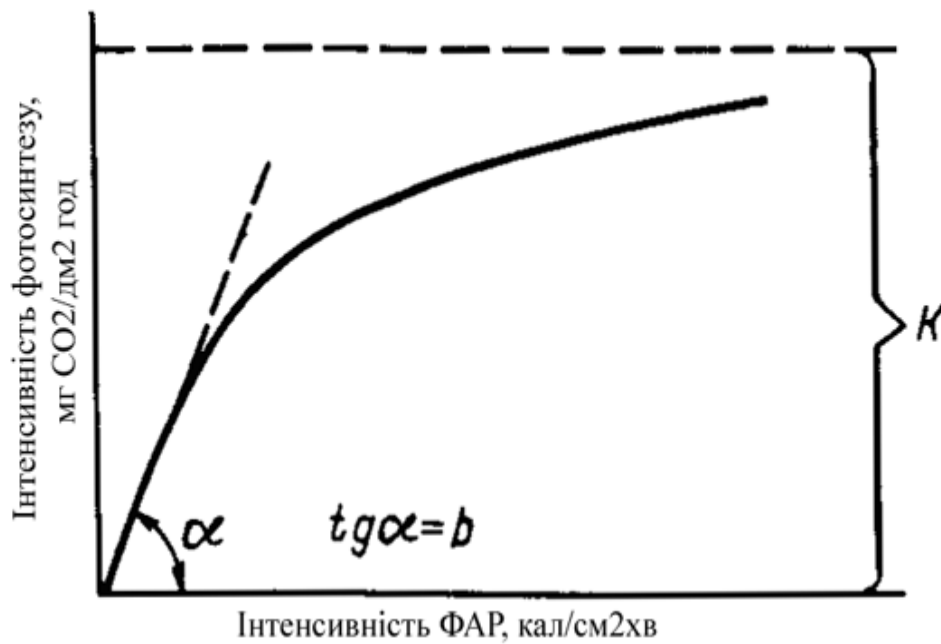


Рисунок 5.2 – Параметри світлової кривої фотосинтезу [12 ,15].

Врахування впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу проводиться через температурну криву фотосинтезу ψ_{ϕ} , яка будувалась по відношенню температури поточної доби до температури світлої пори доби, коли здійснюється фотосинтез (рис. 5.3).

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 γ_{ϕ} визначені окремо для супіщаних та суглинистих ґрунтів (рис. 5.4).

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

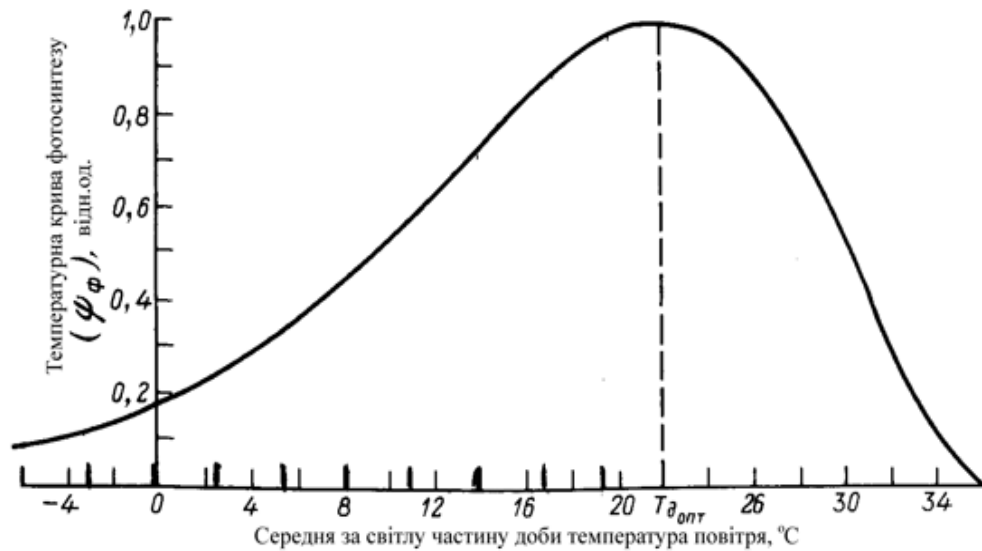


Рисунок 5.3 – Температурна крива озимої пшениці [15]: $T_{д\text{ опт}}$ -оптимальна середня за світлий час доби температура повітря для фотосинтезу озимої пшениці.

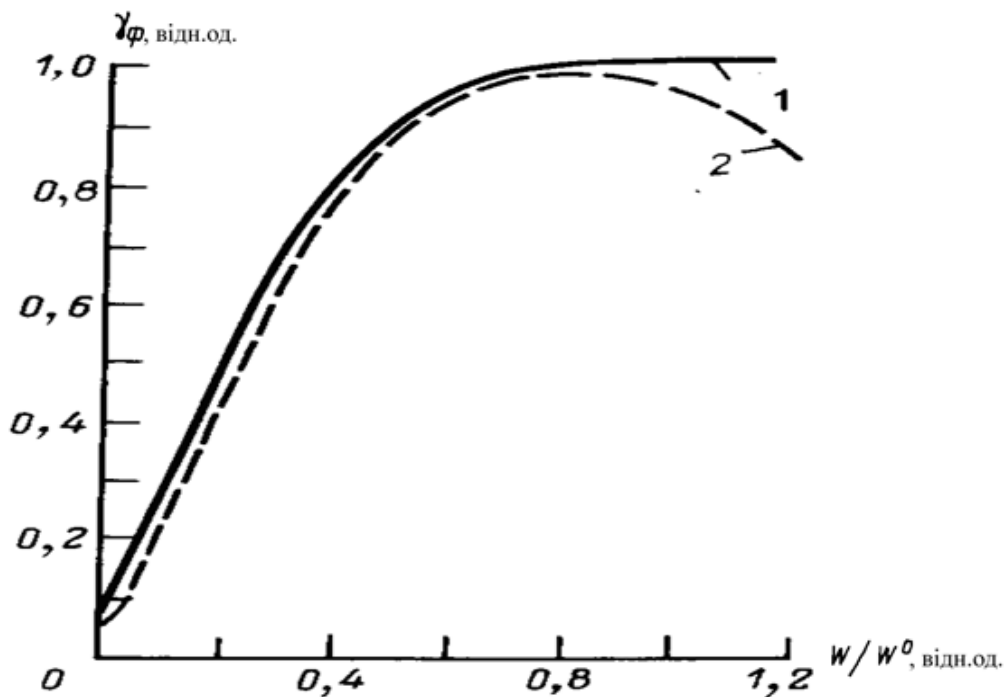


Рисунок 5.4 – Функція впливу вологості ґрунту на фотосинтез [15]:

1 – супіщаний ґрунт; 2 – суглинковий ґрунт; W – запаси (мм) продуктивної вологи в шарі ґрунту 0 – 50 см; W^0 – найменша вологосміність 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 – це одновершинна крива, яка наведена на рис. 5.5 і описується за виразом

$$\alpha_{\phi}^j = l - a \left(\frac{TS_2 - \sum t_l^1}{10} \right)^2, \quad (5.15)$$

де TS_2 – сума ефективних температур наростаючим підсумком;

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

a – параметр, який визначається за допомогою формули

$$a = \frac{-100l_n \cdot \alpha_{\phi}^j}{\sum t_l^1}, \quad (5.16)$$

де $\alpha_{\phi}^j = 0,5$ – 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, 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 °C за цей період $\sum t_4$. Четверта частина цієї суми буде значенням $\sum t_l^1$.

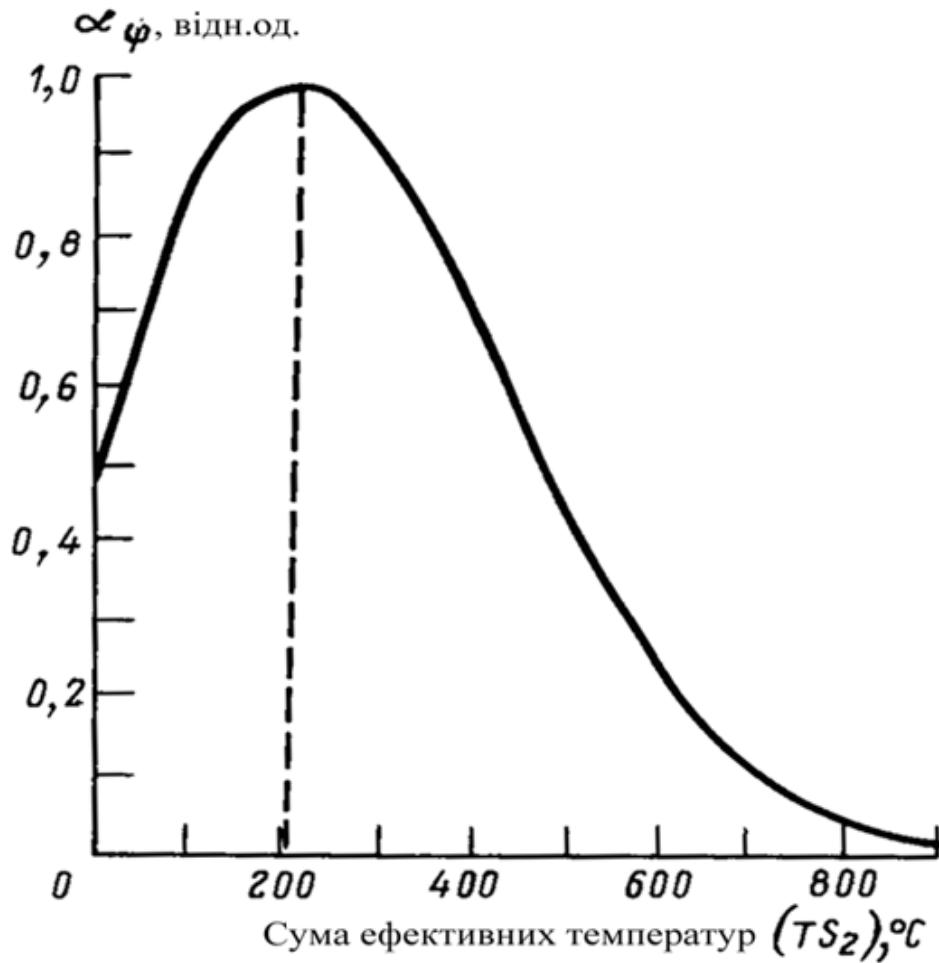


Рисунок 5.5 – Онтогенетична крива фотосинтезу [9, 15].

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* α_R , положення максимуму якої визначається темпами розвитку рослин на конкретній території.

Для визначення положення максимуму онтогенетичної кривої дихання, тобто суми температур, яка визначає це положення ($\sum t_l^3$), необхідно використати суму 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. Параметри цього блоку визначаються окремо по кожній культурі для конкретної території. Ця група параметрів об'єднує функції періоду вегетативного росту β_i та функції періоду репродуктивного росту v_i .

У відповідності з роботами Х.Г. Тоомінга [18] ці функції періоду вегетативного росту визначаються як

$$\beta_i = \frac{\Delta m_i}{\sum_{l,s,r,p} \Delta M_i}, \quad i \in l, s, r \quad (5.17)$$

та показують частку сумарного приросту всієї рослини, який приходить на i -й орган; а інші функції періоду репродуктивного росту показують відтік (перерозподіл) асимілятів із кожного вегетативного органа після закінчення його росту в репродуктивні органи

$$v_i = \frac{\Delta m_i}{m_i}, \quad i \in l, s, r. \quad (5.18)$$

Розрахунок функцій вегетативного і репродуктивного періодів у прикладних моделях формування урожаїв полягає в тому, що динаміка біомаси із кожного органа у відносних одиницях наводиться у вигляді сім'ї кривих (рис. 5.6).

Точки перегину яких $\sum t_i^2$, $i \in l, s, r, p$ відповідають сумах ефективних температур, які дорівнюють половині всієї суми, необхідної для завершення росту кожного органа.

Наведена на осі абсцис сума Σt_p представляє собою суму температур, з якої починається ріст репродуктивних органів.



Рисунок 5.6 – Динаміка накопичення біомаси окремих органів рослини [15]: Σt_l^2 , Σt_s^2 , Σt_r^2 , Σt_p^2 – суми температур, які дорівнюють половині суми температур, що необхідна для завершення росту відповідного органу рослини: l – листя; s – стебел; r – коренів; p – колосся; Σt_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 отримаємо такий вираз для визначення функцій періоду вегетативного росту

$$\beta = \frac{\Delta \theta_i}{\sum_i \Delta \theta_i}, \quad (5.19)$$

в якому

$$\Delta \theta_i^j = \frac{d_1}{d_2} c_i, \quad (5.20)$$

де параметри d_1 і d_2 визначаються так:

$$d_1 = 4,6052 \cdot 10^{\frac{2(\sum t_i^2 - TS_2^i)}{\sum t_i^2}}, \quad (5.21)$$

$$d_2 = \sum t_i^2 \left(1 + 10^{\frac{2(\sum t_i^2 - TS_2^i)^2}{\sum t_i^2}} \right), \quad (5.22)$$

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

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 наведено на рис. 5.7

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

$$v_i^j = \frac{0,3TS_1^j}{(2\sum t_p^2 - \sum t_p) - 2\sum t_i^2}, \quad (5.23)$$

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

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

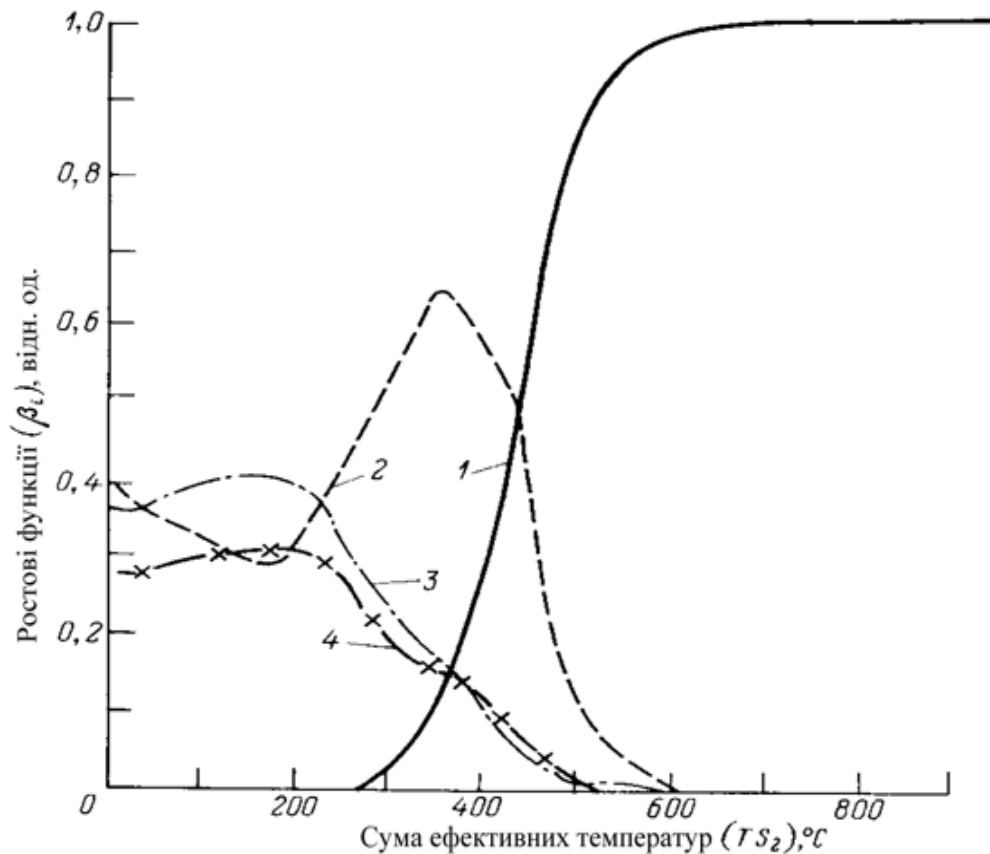


Рисунок 5.7 – Ростові функції періоду вегетативного росту озимої пшениці [15]: 1 – репродуктивні органи (β_p); 2 – стебла (β_s); 3 – листя (β_l); 4 – корені (β_r).

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 колосу, 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 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ за періоди:

- відновлення вегетації (сходи) – вихід у трубку Σt_1 ;
- відновлення вегетації (сходи) – колосіння Σt_2 ;
- відновлення вегетації (сходи) – цвітіння Σt_3 .

Тоді сума температур, яка визначає положення ростової функції будь-якого органу, 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 органу – колосу. 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

$$\sum t_p = \frac{\sum t_1 + \sum t_2}{2} \quad (5.24)$$

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

$$\sum t_p^2 = \frac{\sum t_4 - \sum t_p}{2} + \sum t_p. \quad (5.25)$$

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. 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

$$T_g = a_1 T_{\max} + a_o. \quad (5.24)$$

Параметри цього виразу a_o і a_1 окремо для кожного місяця вегетації визначені і наводяться нижче:

Параметр	Місяць вегетації					
	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень
a_o	-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 вибирати дві-три станції, дані спостережень яких надруковані у Метеорологічному щомісячнику. Для одержання 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_o 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_o – як відрізок, що відсікається на осі ординат T_g , a_1 – як тангенс кута нахилу прямої зв'язку T_g з $T_{\max}$

5.1.2. Підготовка вхідної агрометеорологічної інформації для оцінки середніх по області умов формування урожаю

Оцінка середніх по області умов росту сільськогосподарських культур здійснюється двічі [15]: для озимих культур – 26 травня – 2 червня і 23–30 червня; для ранніх ярих культур – 23–30 червня і 24–31 липня.

Для оцінки впливу агрометеорологічних умов вегетаційного періоду на формування урожаю сільськогосподарської культури необхідно:

1. Провести розрахунок динаміки формування середньообласного урожаю сухої біомаси сільськогосподарської культури при середніх багаторічних агрометеорологічних умовах відповідно до запропонованої моделі.

2. Провести розрахунок динаміки формування середньообласного урожаю сухої біомаси сільськогосподарської культури в поточному році: від відновлення вегетації (сходів) до моменту проведення розрахунків (відповідно до зазначених вище термінів) беруться фактичні дані, а за решту вегетаційного періоду (до воскової стиглості) беруться середньобагаторічні значення.

3. Порівняти розрахований з врахуванням фактичних даних розглянутого періоду середньообласний урожай з урожаєм, розрахованим по середньобагаторічним даним.

Для виконання оцінки умов по моделі необхідно мати наступні середньообласні дані:

- 1) φ – географічна широта центру області (як правило, він співпадає з географічною широтою обласного центру), у градусах із десятими;

- 2) середньобагаторічна дата відновлення вегетації (сходів) сільськогосподарської культури, за допомогою якої встановлюється кількість днів у першій розрахунковій декаді і кількість днів від 20 березня до дня відновлення вегетації (появи сходів);

3) середньобагаторічна дата воскової стиглості культури, по якій встановлюється кількість днів в останній розрахунковій декаді вегетаційного періоду;

4) інформація за встановлений середньобагаторічний вегетаційний період по кількості розрахункових декад:

n – кількість днів у розрахункових декадах;

TS_1 – середньодобова температура повітря в розрахункових декадах, °C;

$T_{\max}$ – середня максимальна температура повітря в розрахункових декадах, °C;

S – середня кількість годин сонячного сяйва в розрахункових декадах, г;

W – середньобагаторічні запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту в розрахункових декадах, мм;

5) d – густина стояння рослин на 1 м^2 , необхідна для визначення початкових біомас окремих органів (г/м^2) і площі листя ($\text{м}^2/\text{м}^2$) культури на декаду відновлення вегетації (сходів).

Таблиця 5.1 – Коефіцієнти для визначення початкових біомас окремих органів сільськогосподарських культур [15]

Вага початкової біомаси	Озима пшениця	Озиме жито	Ярий ячмінь	Овес
Маса листя (m_l^o)	0,030d	0,032d	0,009d	0,031d
Маса стебел (m_s^o)	0,020d	0,014d	0,050d	0,020d
Маса коріння (m_r^o)	0,030d	0,010d	0,022d	0,022d
Маса листової поверхні (L^o)	0,00054d	0,000820d	0,00063d	0,00050d

6) інформація поточного року, аналогічна указаній середньобагаторічній у пунктах 2, 4, 5. Інформація поточного року береться відповідно до термінів оцінки: для озимих культур від часу відновлення вегетації до 26 травня – 2 червня і 23–30 червня; а для ранніх ярих культур – від часу сходів до 23–30 червня і 24–31 липня.

Середня по області оцінка агрометеорологічних умов розвитку культури і відповідно прогнозування середньої обласної урожайності здійснюється за умови, що інформація агро- і гідрометеорологічних станцій про умови зволоження культури характеризує не менше 70 % загальної посівної площі, зайнятої даною культурою. Як правило, обмежений обсяг саме цієї інформації дуже утруднює прогнозування урожайності сільськогосподарських культур на великих територіях.

Середні по області вологозапаси розраховуються як середньозважені з заліком відсотка площ p_i , зайнятих кожною окремою культурою в кожному сільськогосподарському мікрорайоні області (стосовно загальної посівної площі культури в області).

Для отримання середньозважених по області вологозапасів $\bar{W}$ необхідно: а) для кожного сільськогосподарського мікрорайону області (угруповання однорідних у ґрунтово-кліматичному відношенні адміністративних районів області) обчислити шляхом простого осереднення даних усіх агро- і гідрометеорологічних станцій середні вологозапаси по мікрорайону $\bar{W}_i, i=1,2,\dots,n$; б) середні вологозапаси по кожному мікрорайону помножити на процент площі P_i , зайнятої даною культурою в цьому сільськогосподарському мікрорайоні.

Тоді середньозважені вологозапаси по області отримаємо в результаті розподілу суми отриманих добутоків на суму відсотків площ, зайнятих культурою

$$\bar{W} = \bar{W}_i P_i / \sum_{i=1}^n P_i. \quad (5.25)$$

Розрахунок середньообласних значень дат настання фаз розвитку, густоти стояння рослин, середньодобової і середньої максимальної за декаду температур повітря, кількості годин сонячного сяйва проводиться шляхом простого осереднення даних спостережень усіх агро- і гідрометеорологічних станцій.

5.2 Агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці у Луганській області в умовах зміни клімату

Осіньна вегетація озимої пшениці в умовах зміни клімату буде відбуватися у Луганській області в дещо пізніші терміни (табл. 5.2). Так, посів буде проходити у третій декаді вересня, що порівняно з базовим пізніше на 11 днів у I-й період і на 13 днів у II-й період. Відповідно змістяться і терміни появи сходів. Припинення вегетації (при стійкому переході температури повітря через 3 °C також буде відбуватися пізніше відповідно на 14 і 16 днів, відповідно 22 та 24 листопаду.

При таких термінах сівби у Луганській області осіння вегетація озимої пшениці буде відбуватися в I-й період при дещо зниженому (на 0,4 °C) температурному режимі порівняно з базовим періодом, а в II-й період температура повітря буде знаходитись практично на рівні базового.

Таблиця 5.2 – Фази розвитку озимої пшениці у Луганській області в порівнянні середніх багаторічних та в умовах зміни клімату

Період	Посів	Сходи	Припинення вегетації	Відновлення вегетації	Коло- сіння	Воскова стиглість	Тривалість вегетаційного періоду, дні	
							осінь	Весна -літо
1970–2010	9.IX	21.IX	8.XI	23.III	27.V	2.VII	60	101
2011–2030	20.IX	3.X	22.XI	19.III	26.V	1.VII	63	104
Різниця	+11	+12	+14	–4	–1	–1	+3	+3
2031–2050	22.IX	4.X	24.XI	10.III	22.V	28.VI	60	110
Різниця	+13	+13	+16	–13	–5	–4	0	+9

Сума активних температур вище 3 °C за ці періоди буде складати 603 і 607 °C, що дозволить сформувати оптимальну кущистість (3 – 6 пагонів на одну рослину).

Важливою особливістю початкового періоду вегетації озимої пшениці являється правильний вибір оптимальних строків сівби. Їх відхилення від

оптимальних призводить до суттєвих недоборів урожаю зерна. Однією з таких причин є різна зимостійкість різнорозвинених рослин.

Слід вказати, що наведені в табл. 5.2 терміни сівби у Луганській області для I і II періодів – оптимальні, які обумовлюють умови оптимального розвитку озимої пшениці в осінній період.

Розрахунки показують, що при збереженні у Луганській області традиційних термінів сівби на рівні базових (9 вересня) і не врахуванні змін температурного режиму восени суми температур за період сівба – припинення вегетації становитимуть у I-й період 788 °С, а в II-й період – 840 °С, що призведе до формування перерослих посівів. Перерослі рослини озимої пшениці будуть мати висоту більше 25 см, більше 5 – 6 бокових пагонів, більшу довжину конусу наростання. Зимостійкість таких посівів озимої пшениці буде знижуватись внаслідок інтенсивного росту рослин восени і як наслідок цього приведе до зниження урожаю на 15–20 %.

В умовах зміни клімату у Луганській області кількість опадів за період осінньої вегетації збільшиться і складатиме 75 – 90 мм (табл. 5.3). У зимовий період сума від’ємних температур як характеристика ступеня суворості зими значно зменшиться порівняно з базовим періодом: до –241 °С в I-й період і до –88 °С у II-й період, що відповідно на 101 та 254 °С менше базового (–342 °С). Середня температура найбільш холодної декади підвищиться у I-й період на 0,9 °С, а у II-й період на 3,3 °С.

Мінімальна температура на глибині залягання вузла кушіння у Луганській області значно підвищиться: до –2,7 °С в I-й період і до –0,7 °С в II-й період.

При відсутності інших причин пошкодження, зимівля озимих культур буде проходити добре. Середній процент загибелі рослин озимої пшениці у Луганській області буде становити не більше 3–6 %. Кількість опадів за період перезимівлі в I-й період збільшиться на 24 %, у II-й період – на 16 %.

Таблиця 5.3 – Агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці у Луганській області в осінньо-зимовий період в умовах зміни клімату

Період	Період посів – припинення вегетації				Період перезимівлі			
	сума температур від 9.IX, °C	сума температур від дати посіву, °C	середня температура, °C	Сума опадів, мм	сума від'ємних температур, °C	середня температура найхолоднішої декади	мін тем-ра ґрунту на глибині вузла кушіння	сума опадів, мм
1970-2010	600	600	10,0	70	-342	-5,2	-3,9	166
2011-2030	788	603	9,6	90	-241,0	-4,3	-2,7	205
Різниця	+188	+3	-0,4	+29%	+101	+0,9	+1,2	+24%
2031-2050	840	607	10,1	75	-88,0	-1,9	-0,7	192
Різниця	+240	+7	+0,1	+7%	+254	+3,3	+3,2	+16%

У Луганській області початок відновлення вегетації озимої пшениці зміститься на більш ранні строки (табл. 5.4). У весняно-літній період вегетації озима пшениця в міжфазний період відновлення вегетації – колосіння проходитиме на фоні понижених температур повітря (на 0,4 – 1,3 °C).

Таблиця 5.4 – Агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці у Луганській області в весняно-літній період в умовах зміни клімату

Період	Період відновлення вегетації – колосіння			Період колосіння – воскова стиглість			Період відновлення вегетації – воскова стиглість		
	Середня температура, °C	сума температур, °C	сума опадів, мм	Середня температура, °C	Сума температур, °C	сума опадів, мм	середня температура, °C	сума температур, °C	Сума опадів, мм
1970-2010	11,3	734	80	19,7	708	80	14,3	1442	160
2011-2030	10,9	740	88	19,8	711	80	14,0	1451	168
Різниця	-0,4	+6	+10 %	+0,1	+3	0	-0,3	+9	+5 %
2031-2050	10,0	732	112	19,1	708	80	13,1	1440	192
Різниця	-1,3	-2	+40 %	-0,6	0	0	-1,2	-2	+20 %

Для міжфазного періоду колосіння – воскова стиглість температурний режим у Луганській області в I-й період практично не зміниться, а в II-й період температура повітря знизиться на 0,6 °C.

В період відновлення вегетації – колосіння у Луганській області кількість опадів в І-й період збільшиться на 10 % в порівнянні з базовим періодом. Для II-го періоду буде характерним суттєве збільшення кількості опадів за період відновлення вегетації – колосіння. В період колосіння – воскова стиглість для обох періодів кількість опадів залишиться практично на тому ж самому рівні.

Випаровуваність у Луганській області за весняно-літній період вегетації майже не збільшиться від 389 мм у базовий період до 384 мм, в І-й період і до 390 мм у II-й період (табл. 5.5). Трохи зросте величина сумарного випарування.

Таблиця 5.5 – Характеристика водного режиму вегетаційного періоду озимої пшениці у Луганській області в умовах зміни клімату

Період	Сумарна за вегетацію, мм					Середній ГТК	Вологозабезпеченість за період, %		
	випаровуваність	випаровування	транспірація	випаровування з поверхні ґрунту	дефіцит випаровування		відновлення вегетації колосіння	колосіння - воскова стиглість	Весь період
1970 – 2010	389	269	113	157	120	0,96	72,7	66,6	70,2
2011 – 2030	384	284	149	135	100	1,04	79,4	71,0	76,5
Різниця	-1 %	+6 %	+32%	-14%	-17%	+0,8	+6,7	+4,4	+6,3
2031 – 2050	390	290	145	144	100	1,19	79,0	73,2	76,4
Різниця	0	+8 %	+28%	-8%	-17%	+0,13	+6,3	+6,6	+6,2

У Луганській області збільшаться витрати вологи на транспірацію: в базовий період вони склали 113 мм, а очікуватимуться в І-й період – 149 мм, у II-й – 145 мм. Очікується і зростання вологозабезпеченості міжфазних періодів: відновлення вегетації – колосіння на 6,7 і 6,3 % та колосіння – воскова стиглість на 4,4 і 6,3 % відповідно.

Показник зволоження ГТК у Луганській області збільшиться від 0,96 базового періоду до 1,04 в І-й період і 1,19 у II-й період.

5.3 Оцінка за допомогою моделей продукційного процесу рослин фотосинтетичної продуктивності та коливання урожайності озимої пшениці в зв'язку зі зміною клімату

Зміна агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці у Луганській області призвела до зміни показників фотосинтетичної продуктивності і як наслідок урожаю зерна.

На фоні зміни кліматичних умов у I та II періоди нами розглядались такі варіанти:

- кліматичні умови періоду;
- кліматичні умови періоду + збільшення CO_2 в атмосфері (для I-го періоду з 380 до 470 ppm, для II періоду з 380 до 520 ppm);
- кліматичні умови періоду + збільшення CO_2 + внесення добрив N_{75} ;
- кліматичні умови періоду + збільшення CO_2 + внесення добрив N_{125} .

Слід зазначити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності озимої пшениці розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів культури.

Площа листкової поверхні озимої пшениці у Луганській області наростала від початку вегетації до 6 – 7-ої декад – настання фенологічних фаз колосіння – цвітіння (рис. 5.8).

В I-й період найбільш інтенсивне зростання площі асимілюючої поверхні (рис. 5.8a) у Луганській області відбуватиметься в 3 – 5-у декади, коли збільшення за рахунок тільки зміни кліматичних умов складало до 0,7 – 0,8 m^2/m^2 за декаду

При збільшенні вмісту CO_2 в атмосфері від 380 до 470 ppm наростання площі листкової поверхні у Луганській області йтиме більшими темпами, а внесення азотних добрив в дозі 75 кг (д.р.)/га призведе до збільшення темпу наростання площі листя до 1,7 – 1,9 m^2/m^2 за декаду в період максимального росту.

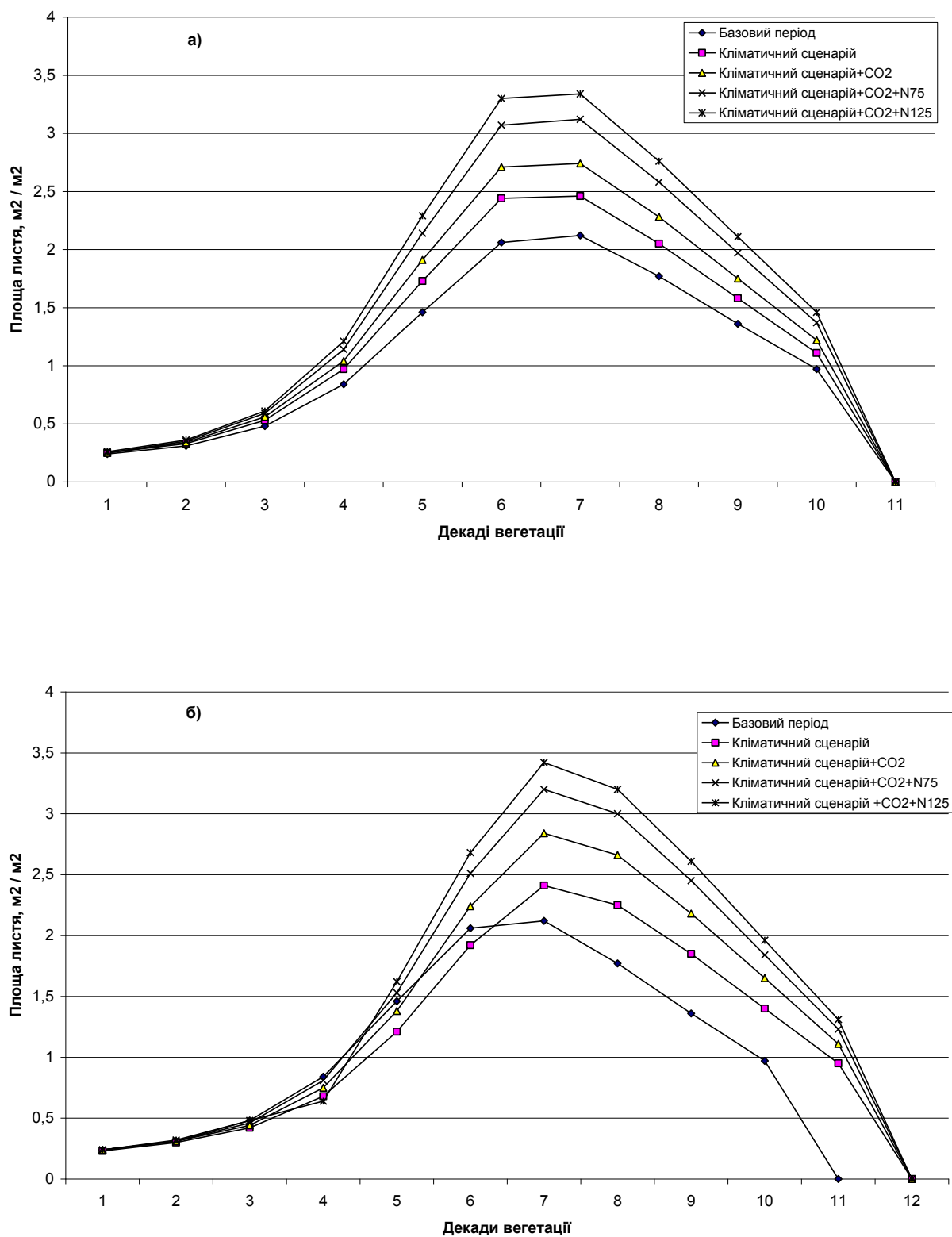


Рисунок 5.8 – Динаміка відносної площі листової поверхні озимої пшениці у Луганській області в умовах зміни клімату в порівнянні з базовим періодом за сценаріями на 2011 – 2030 рр. (а) і на 2031 – 2050 рр. (б)

При внесенні азотних добрив в дозі 125 кг (д.р.)/га максимальна площа листя досягатиме $3,34 \text{ м}^2/\text{м}^2$. Фотосинтетичний потенціал посівів збільшиться при внесенні добрив на 37 – 46 % в порівнянні з базовим періодом.

Для II-го періоду також у Луганській області буде характерним швидке формування асимілюючої поверхні посівів (рис. 5.8б), але в порівнянні з базовим періодом, воно буде відбуватись з деяким запізненням.

Підвищення вмісту CO_2 в атмосфері до 520 ppm особливо при внесенні азотних добрив призведе до стрімкого наростання площі листя, яке в період максимальних значень досягне $3,42 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

У Луганській області збільшення фотосинтетичного потенціалу при внесенні добрив становитиме 45 – 54 % в порівнянні з базовим періодом (табл. 5.6). Інтенсивність фотосинтезу буде підвищуватись з початку вегетації до 5 – 6-ої декад, потім поступово буде знижуватись (рис. 5.9).

Таблиця 5.6 – Фотосинтетична продуктивність озимої пшениці у Луганській області в умовах зміни клімату

Період	Варіант	Період максимального росту		Фотосинтетичний потенціал посівів $\text{м}^2/\text{м}^2$ за вегетаційний період	Урожай, ц/га
		площа листової поверхні, $\text{м}^2/\text{м}^2$	приріст загальної сухої біомаси, $\text{г}/\text{м}^2$ за день		
1970-2010	Базовий	2,12	13,7	123,66	27,5
2011-2030	Клімат	2,46	15,8	137,21	29,9
	Клімат + CO_2	2,74	18,0	151,0	34,1
	Клімат + CO_2 + N_{75}	3,11	20,7	169,06	39,2
	Клімат + CO_2 + N_{125}	3,34	22,2	180,6	42,2
2031–2050	Клімат	2,41	13,9	138,75	30,2
	Клімат + CO_2	2,84	17,0	160,97	36,9
	Клімат + CO_2 + N_{75}	3,20	19,4	179,11	42,1
	Клімат + CO_2 + N_{125}	3,42	20,9	190,32	45,2

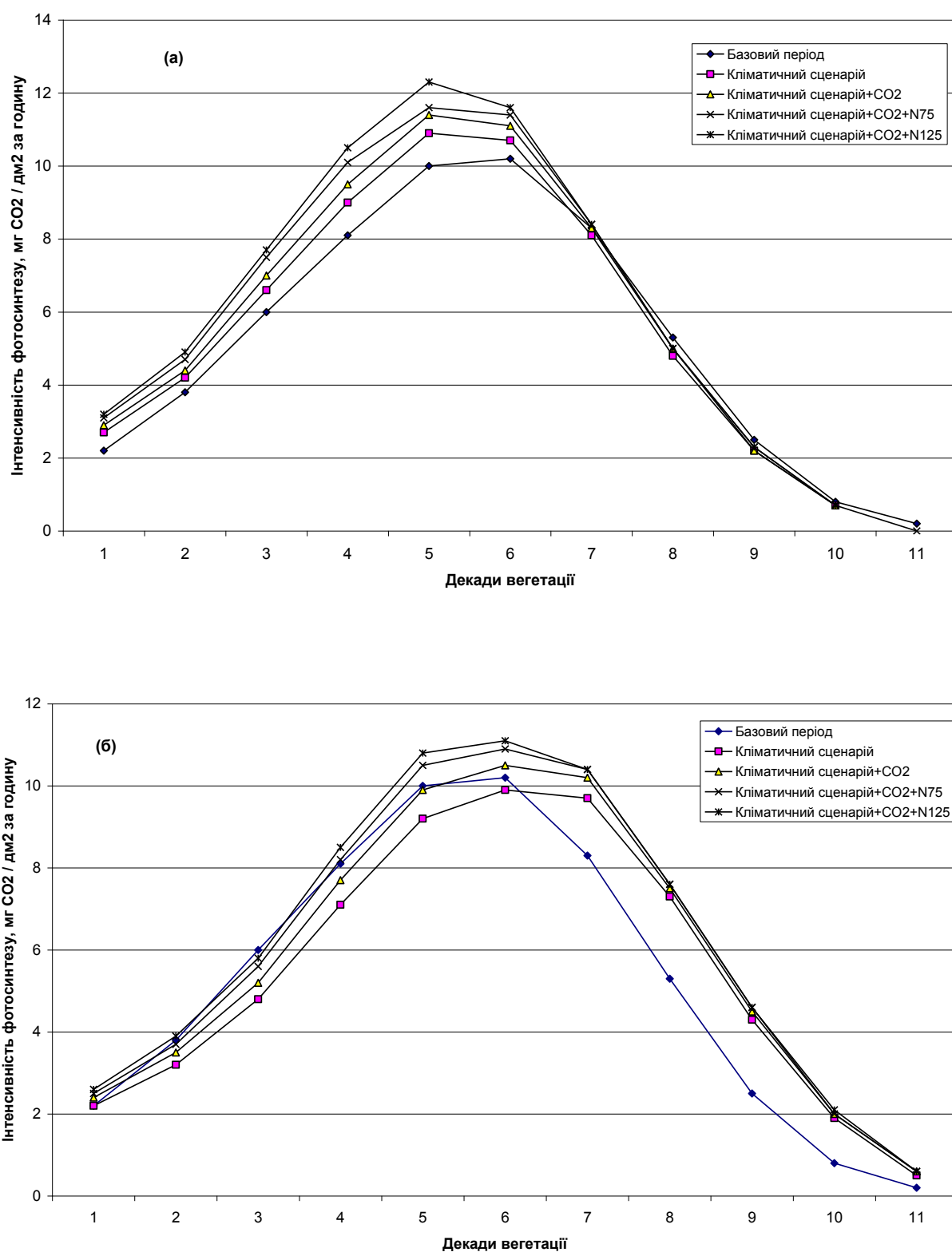


Рисунок 5.9 – Динаміка інтенсивності фотосинтезу озимої пшениці у Луганській області в умовах зміни клімату в порівнянні з базовим періодом за сценаріями: на 2011 – 2030 pp. (а); на 2031– 2050 pp. (б)

В І-й період за рахунок зміни кліматичних умов у Луганській області відбудеться підвищення фотосинтезу озимої пшениці на $0,4 - 0,9 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{год.}$ (рис. 5.9а). За умов збільшення CO_2 різниця в інтенсивності фотосинтезу збільшиться до $0,7 - 1,4 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{год.}$, а внесення добрив підвищить рівень інтенсивності фотосинтезу посівів на $1,0 - 2,4 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{год.}$ Як видно з даних табл. 5.6 зміна кліматичних умов, збільшення вмісту CO_2 та внесення добрив призведе до підвищення інтенсивності фотосинтезу посівів в декаду з його максимальними значеннями з $10,2$ до $12,3 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{год.}$ Запізнення формування площі листової поверхні озимої пшениці у Луганській області в II-й період призведе до більш низьких рівнів інтенсивності фотосинтезу від початку вегетації до колосіння – цвітіння (рис. 5.9б) порівняно з базовим періодом.

За умови збільшення вмісту CO_2 в атмосфері з 380 до 470 ppm , підвищиться рівень інтенсивності фотосинтезу посівів в декаду з його максимальними значеннями з $10,2$ до $10,5 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{год.}$, а при внесенні добрив – до $10,9 - 11,1 \text{ мг CO}_2/\text{дм}^2\cdot\text{год.}$

Такий хід площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу озимої пшениці у Луганській області обумовив і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів озимої пшениці (рис. 5.10).

При очікуваних кліматичних умовах I-го періоду накопичення загальної біомаси озимої пшениці у Луганській області йтиме досить швидкими темпами (рис. 5.10а). Найбільш високі прирости загальної біомаси будуть спостерігатися в $7 - 8$ декадах вегетації. За рахунок змін кліматичних умов максимальний приріст збільшиться від $13,7$ до $15,8 \text{ г/м}^2$ за день (тобто на 15%). З врахуванням зміни вмісту CO_2 в атмосфері до 470 ppm це зростання буде ще більшим – на 31% .

Внесення добрив у Луганській області збільшить максимальні прирости біомаси озимої пшениці до $20,7 - 22,2 \text{ г/м}^2$ за день (табл. 5.6). Вони сягатимуть $151 - 162 \%$ в порівнянні з базовим періодом.

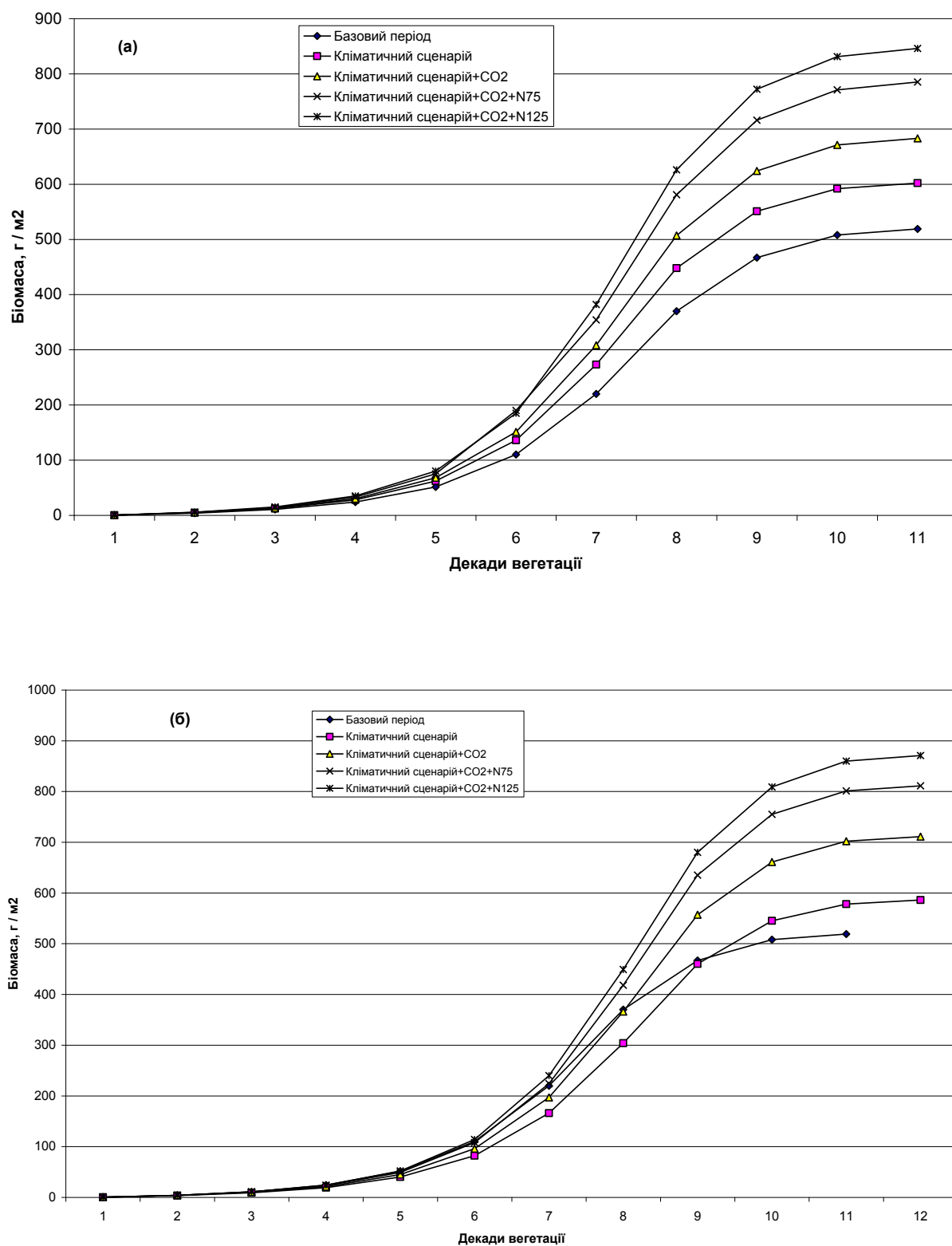


Рисунок 5.10 – Динаміка загальної сухої біомаси озимої пшениці у Луганській області в умовах зміни клімату в порівнянні з базовим періодом за сценаріями: на 2011 – 2030 pp. (а); на 2031– 2050 pp. (б)

Зміна кліматичних умов у II-й період у Луганській області суттєво не позначиться на збільшенні приростів біомаси озимої пшениці порівняно з базовим періодом (рис. 5.10б). Підвищення вмісту CO_2 в атмосфері до 520 ppm збільшить рівень приростів загальної біомаси особливо в декади перед колосінням-цвітінням. Прирости збільшаться з 13,7 до 17,0 г/м² за день (на 24 %). При внесенні добрив максимальний приріст загальної біомаси досягатиме 19,4 – 20,9 г/м² за день (на 42 – 53 %).

Зростання рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів озимої пшениці у Луганській області в умовах зміни клімату обумовить і збільшення урожаю зерна (табл. 5.6, рис. 5.11), особливо при внесенні добрив.

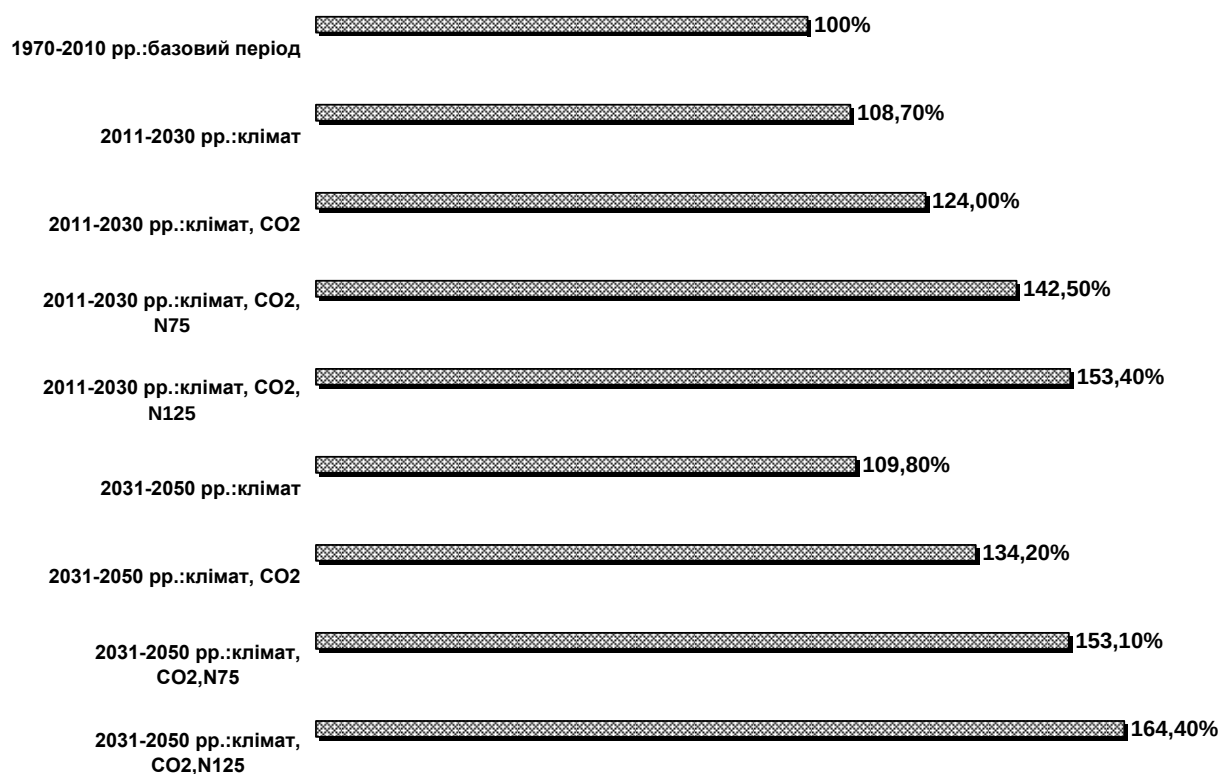


Рисунок 5.11 – Зміна урожайності озимої пшениці у Луганській області в умовах зміни клімату в порівнянні з базовим періодом за сценаріями на 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр.

У Луганській області у сценарний I-й період урожай зерна зросте з 27,5 до 29,9 ц/га (на 8,7 %). Підвищення концентрації CO₂ в атмосфері обумовить зростання рівня урожаю зерна на 24 %. Внесення добрив в дозі N₇₅ (75 кг (д.р.)/га) підвищить цей ефект зростання урожаю на 42 %, а внесення дози N₁₂₅ (125 кг(д.р.)/га) дозволить отримати урожай зерна на 53 % вищий в порівнянні з базовим періодом.

Для II-го періоду у Луганській області за рахунок тільки зміни кліматичних умов буде також характерним збільшення урожаю зерна до 30,2 ц/га (на 10 %).

При збільшенні вмісту CO₂ в атмосфері від 380 до 520 ppm у Луганській області відбудеться збільшення урожаю зерна до 36,9 ц/га тобто на 34 %. У цей періоді внесення добрив на фоні зміни кліматичних умов та суттєвого збільшення вмісту CO₂ в атмосфері дасть ще більший ефект, ніж у I-у періоді. В залежності від дози внесених добрив (N₇₅ і N₁₂₅) урожай зерна складатиме при внесенні добрив в дозі N₇₅ – 42,1 ц/га, а при дозі N₁₂₅ досягатиме 45,2 ц/га, що відповідно на 42 та 45 % вище в порівнянні з базовим періодом.

5.4 Рекомендації щодо адаптації технологій вирощування озимої пшениці у Луганській області до змін клімату

Виробництво зерна озимих зернових в Луганському регіоні спирається на сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, високоврожайні сорти та сучасну технологію вирощування культури. Агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці загалом є досить сприятливими, але зміна клімату обумовить зміни агрокліматичних умов їх вегетації, що викликає необхідність адаптації до цих змін.

1. Для озимої пшениці агрометеорологічні умови осіннього періоду мають визначальне значення для їх перезимівлі і в подальшому – в весняно-літню вегетацію. На підставі оцінки агрокліматичних умов осінньої вегетації

озимої пшениці при реалізації сценарію зміни клімату встановлено, що зміна температурного режиму восени обумовлює необхідність перегляду оптимальних за агрокліматичними умовами термінів сівби цієї культури у Луганській області. Вони повинні здвинутись на 10 – 15 днів на більш пізні строки (20 – 25 IX).

При збереженні більш ранніх термінів сівби буде характерним надлишок тепла, що обумовить формування перерослих посівів. Її висота буде становити близько 25 см, сформується більше 5 – 6 пагонів кущіння. Шкодочинність переростання полягає в тому, що на другому етапі органогенезу більш витягується і диференціюється конус наростання, ніж у рослин, посіяних в оптимальні строки, тому перерослі рослини більше залежать від перепадів температур у період перезимівлі. Таким чином, внаслідок інтенсивного росту восени зимостійкість таких посівів озимої пшениці буде знижуватись і як наслідок це обумовить зниження урожаю на 15 – 20 %.

Оптимальні умови розвитку озимої пшениці в осінній період будуть складатися, якщо її сівба буде проводитись в терміни, що забезпечують рослини в подальшому достатньою кількістю тепла. Необхідно, щоб сума активних температур вище 3 °С, яка накопиться від терміну сівби до припинення вегетації становила 500 – 600 °С, що дозволить створити 3 – 6 пагонів кущіння на рослину.

2. Оцінка агрокліматичних умов перезимівлі озимої пшениці у Луганській області показала, що значні зміни умов перезимівлі, які відбудуться при умовах реалізації кліматичних сценаріїв, вимагають суттєвого перегляду складу вирощуваних сортів озимої пшениці. Очікуються умови, при яких буде спостерігатися часткова або повна відсутність снігового покриву, глибокі довготривалі відлиги, значне скорочення періоду зимівлі.

Такі умови перезимівлі потребують впровадження або створення нових сортів озимої пшениці, які характеризуються меншим (на 50–70 днів)

спокоєм при зимівлі, здатні продовжувати вегетацію при знижених температурах та, маючи більш низьку стійкість проти негативних температур, витримувати різкі але раптові зниження температури ґрунту на глибині вузла кушіння до $-4...-6^{\circ}\text{C}$.

3. Оцінка агрокліматичних умов темпів розвитку та настання стиглості озимої пшениці у Луганській області при реалізації сценарію зміни клімату дозволила встановити строки настання фази воскової стиглості при реалізації сценарію зміни клімату, що дещо корегують прийняті строки збирання урожаю. Строки стиглості зерна визначають способи та строки початку збирання урожаю озимої пшениці.

Врахування строків збирання урожаю, якщо реалізуються кліматичні сценарії, дозволить завчасно підготувати збиральну техніку в нових кліматичних умовах, щоб уникнути недобору урожаю за рахунок осипання, стікання та щуплості зерна, підготувати хлібоприймальні підприємства та елеватори для приймання, зберігання та переробки зерна.

ВИСНОВКИ

В результаті виконаної роботи

- Вивчені фізико-географічні, кліматичні та агрокліматичні Луганської області.
- Надано узагальнену оцінку зміни агрокліматичних ресурсів Луганського регіону в зв'язку зі змінами клімату. Проведено оцінку теплозабезпеченості та вологозабезпеченості вегетаційного періоду.
- Виконано оцінку зміни агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці у Луганській області в зв'язку зі зміною клімату.
- Вивчено біологічні особливості культури озимої пшениці.
- Вивчена динамічна модель формування урожайності сільськогосподарських культур, засоби визначення її параметрів та підготовки вхідної інформації для виконання розрахунків.
- Для умов Луганської області проведено за допомогою моделей продукційного процесу рослин оцінку фотосинтетичної продуктивності та коливання урожайності озимої пшениці в зв'язку зі зміною клімату.
- Запропоновано рекомендації щодо адаптації технологій вирощування озимої пшениці у Луганській області до змін клімату

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по Луганській області (1986-2005 рр.). Луганськ: 2011. 206 с.
2. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель /За ред. В.П. Патики, О.Г. Тараріко. К.: Фітосоціоцентр, 2002. 296 с.
3. Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур /Под ред. В.В. Медведєва. К.: «Аграрная наука», 1997. 160с.
4. Вериго С.А., Разумова Л.А. Почвенная влага. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 327 с.
5. Дмитренко В.П. Погода, клімат і урожай польових культур. К.: Ніка-Центр, 2010. 618 с.
6. Довідник з географії природно-ресурсного потенціалу України. К.: Вища школа, 1992. 180 с.
7. Моисейчик В.А. Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 295 с.
8. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: монографія / Під ред. С.М.Степаненко, А.М. Польового. – Одеса: Екологія, 2011. 694 с.
9. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 175 с.
- 10.Польовий А.М. Моделювання продуктивності агроєкосистем //Вісник ОДЕКУ, 2005. Вип. 1. С. 79-86.

11. Польовий А.М. Моделювання впливу підвищення концентрації CO₂ в атмосфері на фотосинтез зеленого листка //Український гідрометеорологічний журнал. 2009. № 4. С. 46-56.
12. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія: підручник – Одеса: «ТЕС», 2012. 630 с.
13. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. Одеса: «Екологія», 2013. 432 с.
14. Польовий А.М. Вплив антропогенних змін клімату на сільське господарство: конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2013. 108 с.
15. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Ситов В.М., Ярмольська О.Є. Практикум з сільськогосподарської метеорології. Одеса: ТЕС, 2002. 400 с.
16. Росс Ю.К. Радиационный режим и архитектура растительного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 341 с.
17. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации. Л.: Гидрометеиздат, 1968. 232 с.
18. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 264 с.
19. Уланова Е.С. Агрометеорологические условия и урожайность озимой пшеницы. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 302 с.
20. Харченко С.И. Гидрология орошаемых земель. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 373 с.
21. Naki#263;enovi#263;, N., and R. Swart (eds.), 2000: Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599 pp.