

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний
центр заочної освіти
Кафедра агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

КОМПЛЕКСНИЙ ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

**Агроекологічна оцінка впливу очікуваних кліматичних умов
на продуктивність соняшнику в Східному регіоні України**

СКЛАД:

1. Агроекологічна оцінка впливу очікуваних кліматичних умов на продуктивність соняшнику в Донецькій області

Виконала студентка групи АЕ-VI
Шаріпова Я.М. - староста
Керівник: к.геогр.н., доцент Жигайло О.Л.

2. Агроекологічна оцінка впливу очікуваних кліматичних умов на продуктивність соняшнику в Дніпропетровській області

Виконала студентка групи АЕ- VI
Шамардак Т.В.
Керівник: к.геогр.н., доцент Жигайло О.Л.

3. Агроекологічна оцінка впливу очікуваних кліматичних умов на продуктивність соняшнику в Луганській області

Виконала студентка групи АЕ- VI
Мевша Т.І.
Керівник: к.геогр.н., доцент Жигайло О.Л.

4. Агроекологічна оцінка впливу очікуваних кліматичних умов на продуктивність соняшнику в Харківській області

Виконала студентка групи АЕ- VI
Забродська В.В.
Керівник: к.геогр.н., доцент Жигайло О.Л.

Провідний науковий керівник: к.геогр.н., доцент Жигайло О.Л.
Рецензент: к.геогр.н., доцент Боровська Г.О.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний
центр заочної освіти
Кафедра агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

рівень вищої освіти: спеціаліст

на тему: **Агроекологічна оцінка впливу очікуваних**
кліматичних умов на продуктивність соняшнику в
Луганській області

Виконала студентка групи АЕ-VI
спеціальності 101 «Екологія»,
спеціалізації «Агроекологія»
Мевша Тетяна Іванівна

Керівник канд. геогр. наук, доцент
Жигайло Олена Леонідівна

Рецензент канд. геогр. наук, доцент
Боровська Галина Олександрівна

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-консультаційний центр заочної освіти _____

Кафедра агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів _____

Рівень вищої освіти _____ спеціаліст _____

Спеціальність 101 «Екологія», спеціалізація «Агроекологія» _____

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри агрометеорології та
агрометеорологічних прогнозів

Польовий А.М.

“ 13 ” березня 2017 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТЦІ

Мевші Тетяні Іванівні _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту « Агроекологічна оцінка впливу очікуваних кліматичних умов на продуктивність соняшнику в Луганській області» _____

керівник проекту Жигайло Олена Леонідівна , канд. геогр. наук, доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 10 » березня 2017 року № 59 - «С»

2. Строк подання студентом проекту 1 червня 2017 р. _____

3. Вихідні дані до проекту _____

Агрокліматичні дані за періоди: 1986 – 2005 рр.(фактичні); 2021-2050 (сценарії RCP4.5, RCP8.5). Математична модель формування водно-теплогового режиму та продуктивності соняшнику _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вивчити основні підходи до оцінки змін клімату в світі та в Україні
Вивчити біологічні особливості культури соняшнику. Умови його вирощування в Україні . Сучасні сорти, що районовані в Україні _____

Оцінити агрокліматичні умови вирощування соняшнику на досліджуваній території за періоди 1986 – 2005, 2021-2050 рр. за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5 _____

За допомогою моделі формування продуктивності соняшнику провести чисельні розрахунки фотосинтетичної продуктивності соняшнику за періоди 1986 – 2005, 2021-2050 рр. за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5 у Луганській області _____

Оцінити ризики недобору врожаю насіння соняшнику. _____

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

Графіки динаміки відносної площі листової поверхні соняшнику за періоди 1986 – 2005 і 2021-2050 рр за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5 _____

Графіки динаміки загальної сухої біомаси соняшнику за періоди 1986 – 2005 і 2021-2050 рр за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5 _____

Графіки динаміки фотосинтетичного потенціалу соняшнику за періоди 1986 – 2005 і 2021-2050 рр за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5

Графіки динаміки чистої продуктивності соняшнику за періоди 1986 – 2005 і 2021-2050 рр за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5

Карти ризиків недобору врожаю насіння соняшнику за періоди 1986 – 2005 і 2021-2050 рр за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 13 березня 2017 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання. Огляд літературних джерел. Формування банку даних. Оформлення текстової частини першого розділу	13.03.2017 р.- 26.03.2017 р.	95,0	відмінно
2	Вивчення алгоритму моделі формування продуктивності соняшнику. Розв'язок задач дослідження на ПЕОМ	27.03.2017 р.- 02.04.2017 р.	85,0	добре
	Атестація I	03.04.2017 р.- 08.04.2017 р.	90,0	відмінно
3	Оформлення текстової частини другого розділу. Проведення чисельних експериментів на ПЕОМ.	09.04.2017 р.- 23.04.2017 р.	90,0	відмінно
4	Побудова табличного та графічного матеріалу. Аналіз отриманих розрахунків. Оформлення текстової частини третього розділу	24.04.2017 р.- 02.05.2017 р.	90,0	відмінно
	Атестація II	03.05.2017 р.- 06.05.2017 р.	90,0	відмінно
	Виправлення зауважень, підготовка рукопису дипломного проекту, презентації	07.05.2017 р.- 28.05.2017 р.	90,0	відмінно
	Підготовка доповіді та презентації до публічного захисту	29.05.2017 р.- 01.06.2017 р.	90,0	відмінно
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90,0	

Студентка

_____ (підпис)

Мевша Т.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ (підпис)

Жигайло О.Л.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЛУГАНСЬКОЇ ОБЛАСТІ	8
1.1 Рельєф та гідрографія Луганської області	9
1.2 Ґрунти та напрямки землекористування.....	11
1.3 Кліматичні та агрокліматичні умови.....	14
2 МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ.....	20
2.1 Моделювання змін клімату за сценаріями антропогенного впливу RCP.....	20
2.2 Моделювання водно-теплого режиму та продуктивності соняшнику.....	21
2.2.1 Опис вхідної інформації для виконання розрахунків по моделі.....	22
2.2.2 Динамічна модель водно-теплого режиму та продуктивності соняшнику.....	24
3 ОЦІНКА ВПЛИВУ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ В ЛУГАНСЬКІЙ ОБЛАСТІ	32
3.1 Вирощування соняшника в Україні	32
3.1.1 Господарське значення соняшнику	33
3.1.2 Морфологічні особливості соняшнику.....	34
3.1.3 Біологічні особливості соняшнику.....	37
3.1.4 Сорти і гібриди соняшнику в Україні.....	39
3.1.5 Технологія вирощування соняшнику.....	40
3.2 Оцінка впливу агрокліматичних умов на фотосинтетичну продуктивність соняшнику за сценаріями RCP4.5 і RCP8.5.....	44

3.2.1 Аналіз термінів сівби та фаз розвитку соняшнику	45
3.2.2 Аналіз агрокліматичних умов вирощування соняшнику.....	46
3.2.3 Аналіз показників фотосинтетичної діяльності посівів соняшнику.....	49
3.2.4 Оцінка ризиків недобору врожаю насіння соняшника в 2021-2050 рр. в Луганській області.....	55
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	62
ДОДАТКИ.....	64

ВСТУП

Світова статистика засвідчує, що сьогодні зміна клімату на планеті співпадає з періодом наростання продовольчого дефіциту в світовій спільноті. У зв'язку зі змінами клімату оцінка впливу кліматичних умов на сільське господарство дуже актуальна й слугує основою для продовольчої безпеки країни [8].

Врахуванню кліматично зумовлених природних ресурсів завжди надавалося велике значення в тих галузях економіки, які тісно пов'язані із станом погоди і клімату. Передусім, це агропромисловий комплекс, в якому витрати на виробництво сільськогосподарської продукції визначаються відповідним набором кліматично зумовлених природних ресурсів. Клімат чи не найсуттєвіший чинник, що визначає середній рівень урожайності, а також міжрічну мінливість і просторову структуру останньої [8].

Соняшник – основна олійна культура в Україні. Насіння його районованих сортів і гібридів містить 50-52 % олії, а селекційних – до 60%. Порівняно з іншими олійними культурами соняшник дає найбільший вихід олії з одиниці площі (750 кг/га в середньому по Україні). На соняшникову олію припадає 98 % загального виробництва олії в Україні [17].

Мета дипломного проекту – оцінити формування врожаю насіння соняшнику на сільськогосподарських угіддях Луганської області в кліматичних умовах, які склалися на рубежі 20-го - 21-го століть і очікуються до середини 21 століття. .

Основні задачі:

- Провести порівняльний аналіз строків сівби та фаз розвитку соняшнику в залежності від теплового та водного режимів, що були в кліматичний період 1986-2005 рр та очікуються на території Луганської області в кліматичний період 2021 – 2050 рр .

- За допомогою моделі водно-теплогового режиму та продуктивності соняшнику провести чисельні розрахунки фотосинтетичної продуктивності та врожаю насіння соняшнику в умовах змін клімату;
- Розрахувати та проаналізувати ризики недобору врожаю соняшнику на сільськогосподарських угіддях Луганської області.

Формування врожаю соняшнику досліджувалося на основі динамічної моделі водно-теплогового режиму та продуктивності посівів соняшнику [14]. Оцінка змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату виконувалась за сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* за кліматичний період з 2021 по 2050 роки [18].

Для порівняльного аналізу в роботі використовувались матеріали агрометеорологічних спостережень метеорологічних станцій Луганської області за період 1986 – 2005 рр., що був прийнятий за базовий[1].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ТА АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ЛУГАНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Луганська область розташована у південно-східній частині України - між 47 49' і 50 05' північної широти та 37 52' і 40 13' східної довготи. Протяжність території із заходу на схід становить 170 км, з півночі на південь - 270 км. Загальна площа області - 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.

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) [1].

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

Лесовидні суглинки - це перевідкладений лес. У порівнянні з лесом вони мають легший механічний склад. Товщина лесових порід досягає 5-10, 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 [1].

Елювій кам'яновугільних порід являє собою продукти вивітрювання пісковиків і сланців, ґрунтоутворює 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 мочаристі 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 ґрунтоутворює в основному в Задонецькому степу на схилах Донецького кряжу. Потужність елювію карбонатних порід досягає двох метрів, механічний склад його порохувато-легко- і порохувато-середньосуглинковий, іноді 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 і пухкі корінні породи крейдового і третинного періодів. Суглинкові і глинисті алювіальні відкладення розшаровані і часто оглеєні.

Делювіальні відкладення зустрічаються по днищах балок та на нижніх частинах схилів і формуються під впливом процесів змивання [1].

1.3 Рельєф та гідрографія Луганської області

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, крутими берегами) та сухими балками. У долині річок Міус та Нагольної висота Донецького кряжу зменшується і південні схили переходять у Приазовську берегову рівнину [1].

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, складає на 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/км'. 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 5

000 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 [1]. .

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).

1.2 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).

Ґрунтовий покрив Донецького північного степу представлений чорноземами звичайними на лесовидних породах (табл. 1.1). 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 [1]. .

Задонецький північний степ розташований в основному в межах Луганської області. В Задонецький північний степ входять чотири агроґрунтових райони: Рубежансько-Петровський, Ізюмо-Новоайдарський,

Троїцько-Старобешевський і Марківсько-Міловський (табл. 1.1, рис. 1.1).

Таблиця 1.1 – Експлікація основних типів ґрунтів Луганської області

Типи ґрунтів	Площа	
	тис. га	%
Чорноземи звичайні на лесових породах	42,4	3,9
Чорноземи глибокі переважно н 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 не карбонатних порід	108,9	71,1
Чорноземи переважно щебенюваті на елювії твердих карбонатних порід	100,7	63,6
Чорноземи глинисто-пішані 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
Разом:	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 і лесовидні суглинки, алювіальні відкладення та елювій карбонатних порід, представлений продуктами вивітрювання та крейдяно-мергельних відкладень. Значна розчленованість рельєфу сприяє інтенсивному розвитку ерозії) [1].

Рубежансько-Петровський агрогрунтовий район цієї провінції розташований на низьких терасах річки Сіверський Донець та річок, що

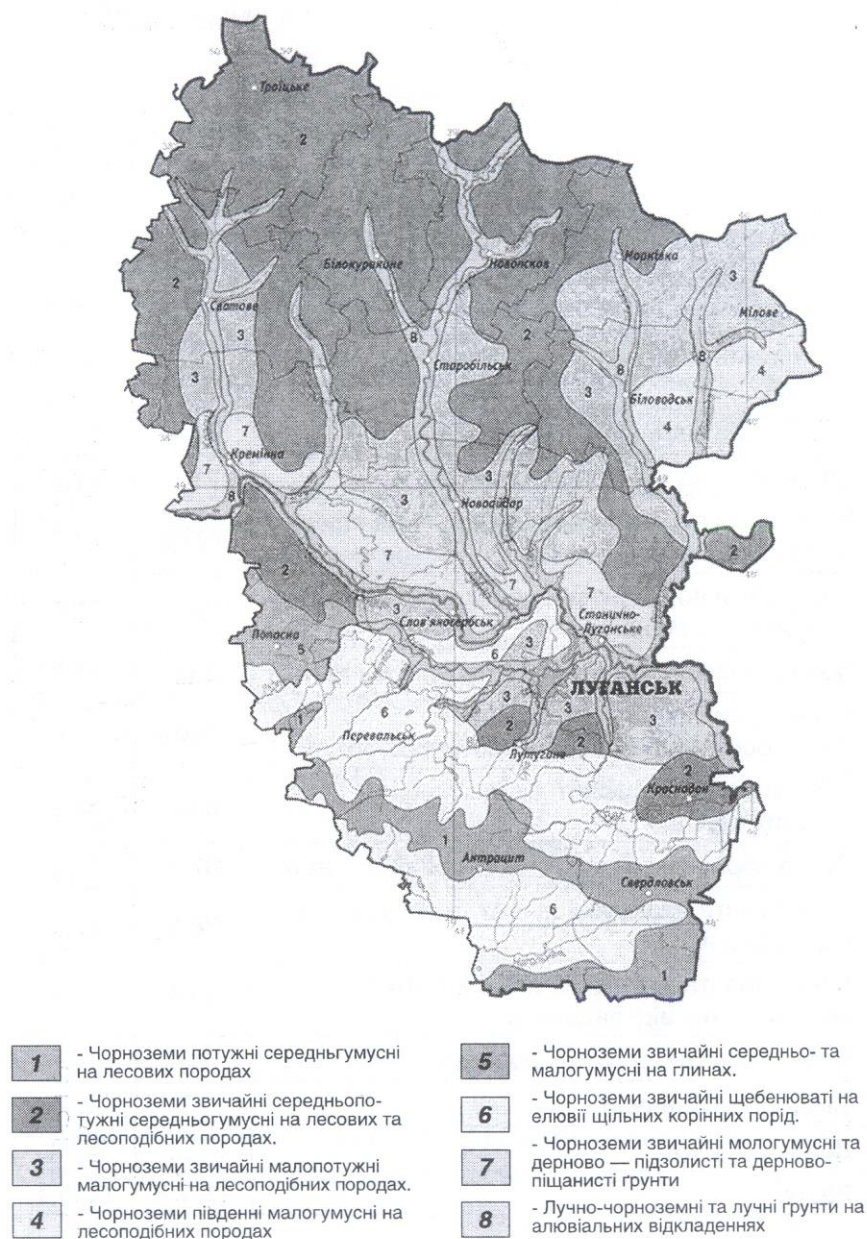


Рисунок 1.1 – Ґрунти Луганської області.

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 фунтів району знаходиться в межах 45-60 %.

Троїцько-Старобешевський агроґрунтовий район розташований на дуже розчленованих відрогах Середньо-Руського підвищення. Тут поширені чорноземи звичайні середньогумусні легкоглинисті на лесі. На схилах розповсюджені чорноземи на алювії карбонатних фунтів. Еродованість досягає 50-60 % [1].

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 фунтів. Чорноземи на карбонатних породах часто защебнені. Процент еродованості ґрунтів досягає 70-80 %.

Лісів на Луганщині мало, близько 7% території області. Вони розміщені вздовж річок, на схилах долин, балок і ярів. Переважають ліси байрачного типу. Вони ростуть у балках і відзначаються значною різноманітністю: серед них нараховується близько 50 порід дерев і кущів. Переважають такі породи - дуб, береза, ясен. Підлісок представлений жовтою акацією, кущами терену, бузини, шипшини [1].

1.4 Кліматичні та агрокліматичні умови

Клімат Луганської області помірно-континентальний, з вираженими посушливо-суховійними явищами. 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°C, 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 (М Біловодськ), абсолютний максимум - 40,3-40,4 °С тепла відмічався у липні 2001 року (М Сватове, М Біловодськ та СГС Луганськ). Зміни клімату відбувалися і під час підготовки таблиць Довідника (починаючи з 2006 року данні не увійшли до таблиць Довідника). За останніми даними, абсолютний максимум температури повітря становив 41,2-42,0 °С у серпні 2010 року (М 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 [1].

Зимовий період починається після стійкого переходу температури повітря через 0 °С у бік зниження, протягом тижня - з 19-25 листопада. 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, 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) [1].

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 2-12см, тоді як максимальна висота в окремі роки сягає 29-57см. 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 (грунту на глибині 3 см по області за зиму, залежно від типу ґрунту, становить мінус 3,5-5,4 °С, Найнижча

температура ґрунту на глибині 3см відмічалася у 1996 р. і становила мінус 17,1 °С .

Середня глибина промерзання ґрунту по області за зиму коливається від 27 до 48 см. Максимальне промерзання - 127см, відмічалось 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 °С до 3300 °С , у низині правобережної частини області накопичується в середньому 3460 °С [1]..

Період активної вегетації с.-г. 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 °С до 3150 °С. В окремі роки 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 °С 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: достатнього теплозабезпечення та нестійкого зволоження; достатнього теплозабезпечення, нестійкого та недостатнього зволоження; високого рівня теплозабезпечення, недостатнього зволоження (табл.1.2, рис. 1.2).

Атмосферна засуха, яка часто поєднується із ґрунтовою у період активної вегетації с.-г. культур (ГТК становить 0,5-0,8), має ймовірність 90 % на більшій частині території області [1]. .

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 за цей період становить 26-47 днів.

Таблиця 1.2 – Агрокліматичне районування Луганської області

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), від. од.
I Достатнього тепло забезпечення, достатнього та нестійкого зволоження	2870 - 2900	310-315	1,0
II Достатнього тепло забезпечення, нестійкого зволоження	2900 - 2970	280-305	0,9-1,0
III Високого рівня тепло забезпечення, нестійкого зволоження	2970 - 3130	300-305	0,8-0,9

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

Суховійні явища і бездошові періоди по всій території Луганщини бувають щороку. У середньому за вегетаційний період спостерігається 4 бездошових періоди різної тривалості. Відсутність опадів протягом 11-20 днів відмічається впродовж всього вегетаційного періоду.

Осінні засухи, що негативно впливають на посіви озимих культур у багатьох районах області, мають повторюваність 40% (у чотирьох з десяти років) [1].

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.

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

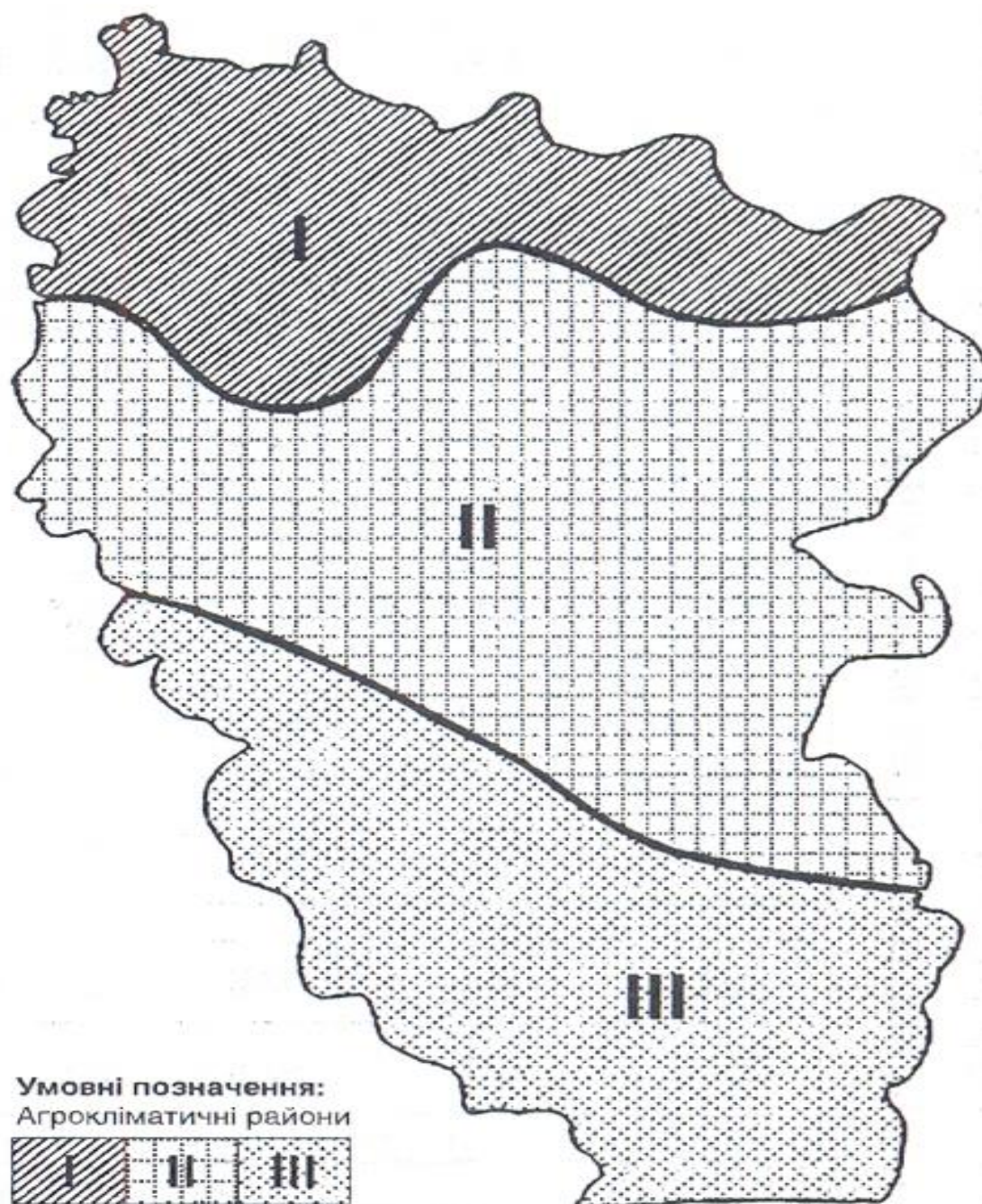


Рисунок 1.2 – Карта агрокліматичного районування Луганської області.

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 [1].

2 МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ

2.1 Моделювання змін клімату за сценаріями антропогенного впливу RCP

Кліматичні зміни є однією з основних глобальних проблем світу. За сучасними уявленнями основний внесок в зміни клімату ХХ в. пов'язаний з антропогенним впливом на земну кліматичну систему [18] при значній ролі природної кліматичної мінливості.

Сучасне покоління глобальних циркуляційних моделей - хороший інструмент для аналізу ймовірних тенденцій зміни клімату майбутнього. З їх допомогою здійснюють розрахунки великого числа гідрометеорологічних параметрів системи океан-атмосфера: тиску, температури повітря і води, вологості, напрямку і швидкість вітру, опадів і ін. Одні з найбільш важливих для практичних цілей - поля приземної температури повітря і опадів. Використання результатів розрахунку спільних моделей океану і клімату є значущим кроком вперед у розвитку методів дослідження клімату. Нещодавно завершився міжнародний проект CMIP5 (Coupled Model Intercomparison Project phase 5) в порівнянні останніх версій національних спільних моделей океан-атмосфера дає кількісну основу для звіту міжнародної групи експертів зі зміни клімату (IPCC). У цій фазі проекту було підвищено просторово-тимчасовий дозвіл моделей, збільшено кількість використовуваних глобальних циркуляційних моделей, змінені сценарії для розрахунку клімату майбутнього [18].

В даний час дані для території Європи з високим просторовим і тимчасовим дозволом надаються консорціумом EURO-CORDEX, який є підпроектом Всесвітньої кліматичної програми ВМО і включає в себе

близько 30 наукових інститутів. Для оцінки майбутніх змін температури повітря і опадів виявилось можливим використання розрахунків за 40 комбінаціям глобальних і регіональних кліматичних моделей з просторовим дозволом 50 км для різних сценаріїв концентрації парникових газів.

Консорціум EURO-CORDEX для своїх розрахунків використовує сценарії концентрацій парникових газів сімейства RCP (Representative Concentration Pathways) на кінець 21 століття (згідно зі звітом Intergovernmental Panel Climate Change), на відміну від попередніх аналогічних проектів, які використовували сценарії, засновані на змісті емісій парникових газів та соціально-економічних показниках (Special Report on Emissions Scenarios).

Для виконання цих розрахунків були прийняті сценарії RCP8.5 (що відповідає концентрації 1370 p.p.m), RCP4.5 (650 p.p.m).

2.2 Моделювання водно-теплого режиму та продуктивності соняшнику

Модель водно-теплого режиму та продуктивності соняшнику є складна сукупність цілого ряду фізіологічних процесів, інтенсивність яких визначається біологічними особливостями рослин, факторами зовнішнього середовища, взаємозв'язком між самими процесами [14].

Для розрахунку по моделі необхідно було отримати суми активних і ефективних температур, які характеризують настання фаз розвитку соняшнику.

Загальна кількість тепла, яка необхідна для проходження окремих міжфазних періодів і вегетації в цілому, оцінюється сумою температур (Σt). Цей показник є комплексним (інтегральним), оскільки вміщує в собі середній рівень температури (\bar{t}) і тривалість її впливу (n).

Відрізняють суми активних і ефективних температур.

Сума активних температур за будь-який період (декада, місяць, рік) може бути визначена з виразу:

$$\sum t_{abh} = \bar{t} \cdot n \quad (2.1)$$

де \bar{t} – середньдекадна активна температура повітря за період, $^{\circ}\text{C}$;

n – кількість днів у періоді.

Сума ефективних температур за цей же період знаходиться з виразу:

$$\sum t_{ef} = (\bar{t} - B) \cdot n, \quad (2.2)$$

де B – біологічний мінімум температури, $^{\circ}\text{C}$.

Суми активних і ефективних температур одержані за вісьмома станціями Луганської області за п'ятьма станціями: Троїцьке, Сватове, Біловодськ, Луганськ, Дар'ївка [1].

2.2.1 Опис вхідної інформації для виконання розрахунків по моделі

Для виконання розрахунків по моделі середня по Дніпропетровської області агрокліматична інформація, яка має три групи:

1. Опис області (станції);
2. Середня багаторічна агрокліматична інформація;
3. Параметри моделі.

Опис області (станції). До складу цієї групи входять:

φ – географічна широта центра області (станції), подається в градусах з десятими;

$W_{\text{нв}}$ – найменша польова вологоємність у 0-100 см шарі ґрунту.

Середня багаторічна агрометеорологічна інформація. В склад даної групи входить:

- $W(0)$ – запаси продуктивної вологи у 0-100 см шарі ґрунту на початок розрахунків;

- Фенологічні дані – дати настання фаз розвитку: сходи, досягання;
- n – кількість розрахункових декад від сходів до досягання;
- np – кількість днів в кожній розрахунковій декаді;
- n_0 – кількість днів від 1 –го січня;
- $N1$ – дата сходів – дата місяця, коли настала фаза;
- $N2$ – місяць сходів: 3 – март, 4 – апрель, 5 – май.

Метеорологічні дані за кожну декаду протягом вегетаційного періоду:

os – сума опадів за декаду, мм;

dww – середній за декаду дефіцит вологи повітря, мб;

ts – середня за декаду температура повітря, °С;

ss – середня за декаду сонячна радіація, Wt/m^2 .

Параметри та змінні моделі $inf(1...29)$. До складу даної групи входять такі характеристики:

$inf(1)$ m_l – початкові значення росту листя, ;

$inf(2)$ m_s - початкові значення росту стебел;

$inf(3)$ m_r - початкові значення росту кореня;

$inf(4)$ m_p - початкові значення росту насіння;

$inf(5)$ l – початкові значення площі листя;

$inf(6)$ $\sum t$ – сума ефективних температур за період сходів - дозрівання

$inf(7)$ W_{HB} – найменша вологоємність у шарі ґрунту 0-100 см

$inf(8)$ $\sum t \alpha_\phi$ – сума температур онтогенетичної кривої фотосинтезу;

$inf(9)$ $\sum t_{\alpha R}$ - сума температур онтогенетичної кривої дихання;

$inf(10)$ $\sum t$ - сума ефективних температур росту листя;

$inf(11)$ $\sum t$ - сума ефективних температур росту стебел;

$inf(12)$ $\sum t$ - сума ефективних температур росту кореня;

$inf(13)$ $\sum t$ - сума ефективних температур росту корзинки;

$inf(14)$ $\sum t$ - сума ефективних температур початку росту корзинки;

$inf(15)$ - α_ϕ – початок онтогенетичної кривої фотосинтезу;

- inf(16) - α_R – початок онтогенетичної кривої дихання;
- inf(17) - C_{o1} – очікувана концентрація CO_2 в атмосфері;
- inf(18) - C_{o2} – поточна концентрація CO_2 в атмосфері;
- inf(19) - дорівнює 2
- inf(20) - УПП – питома поверхнева щільність листя;
- inf(21) - C_L – частка листя в загальній масі рослини;
- inf(22) - C_S – частка стебел в загальній масі рослини;
- inf(23) - C_R – частка коріння в загальній масі рослини;
- inf(24) - C_p – частка насіння в загальній масі рослини;
- inf(25) - $R(\Phi_{max})$ - плато світловий кривої фотосинтезу;
- inf(26) - $b(a_\Phi)$ - початковий нахил світловий кривої фотосинтезу;
- inf(27) – B – температура початку росту та розвитку (біологічний нуль) культури;
- inf(28) – t_{opt} – оптимальна для фотосинтезу температура повітря;
- inf(29) - запаси продуктивної вологи в 0-100 см шарі ґрунту на початок розрахунків.

2.2.2 Динамічна модель водно-теплового режиму та продуктивності соняшнику

Прикладна динамічна модель продуктивності соняшнику призначена для агрометеорологічних розрахунків, описує процеси фотосинтезу, дихання, росту і містить відповідно п'ять блоків (рис. 2.1) : блок вихідної інформації; блок радіаційного і водно-теплового режимів; блок дихання; блок фотосинтезу; блок росту [14].

Блок радіаційного і водно-теплового режимів. Поглинання посівом фотосинтетичної активної радіації розраховується за формулою:

$$I^j = \frac{I_0^j}{1 + C * LAI}, \quad (2.3)$$

I_0^j - поглинання сонячної радіації, кал/(см²/хв.);

$C = 0,5$ – емпірична постійна величина;

LAI – площа листя, м²/м².

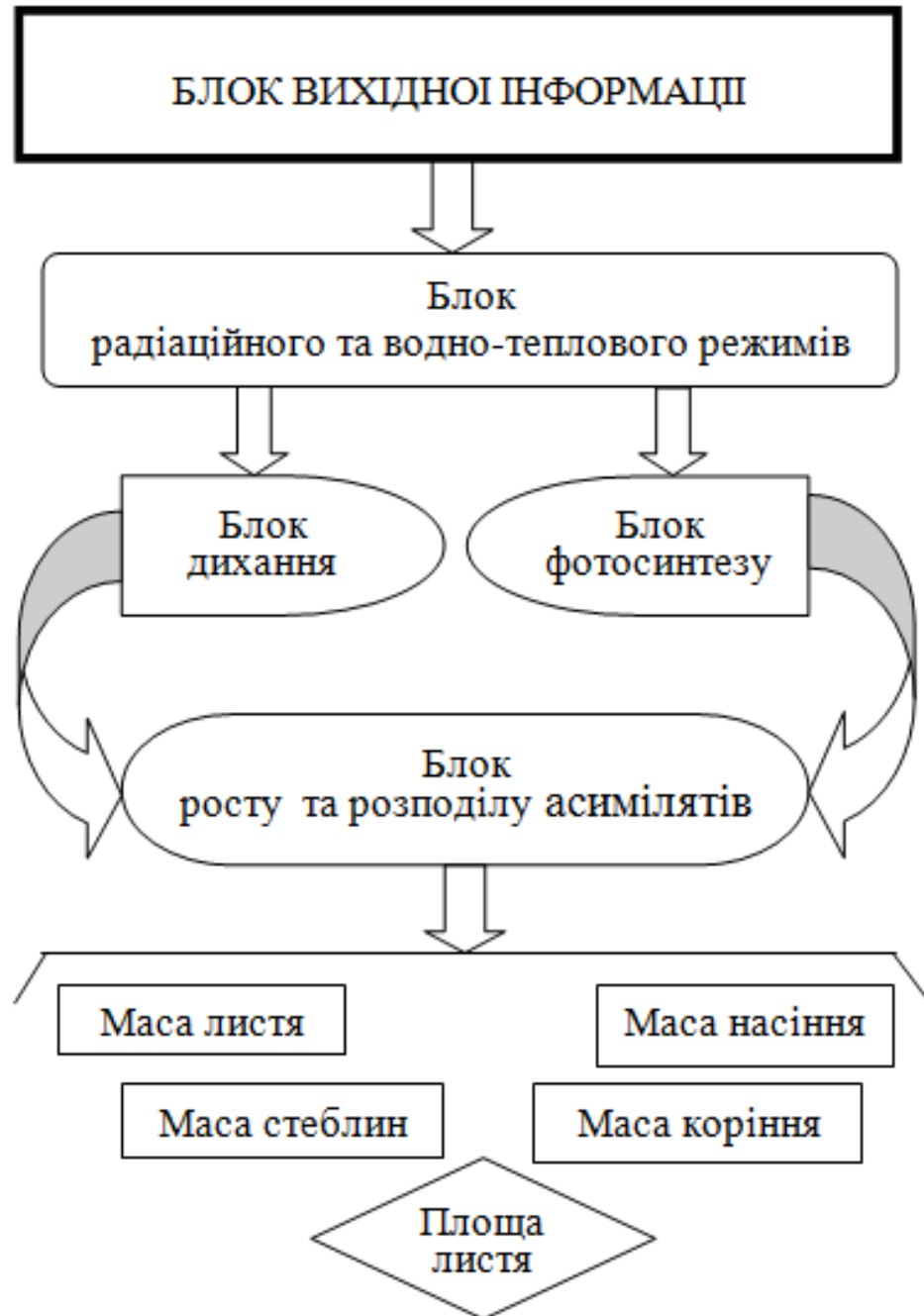


Рисунок 2.1 – Блок-схема математичної моделі водно-теплого режиму та продуктивності соняшнику.

Потік ФАР на верхню межу посіву визначається за формулою:

$$I_0^j = \frac{0.5Q^j}{60\tau_g}, \quad (2.4)$$

де Q – сумарна сонячна радіація, кал/(см/добу).

Сумарна сонячна радіація розраховується за формулою Сівкова:

$$Q^j = 12.66(S^j)^{1.31} + 315(\sinh_0^j)^{2.1} \quad (2.5)$$

де S – тривалість сонячного сяйва, год.;

h_0 – полуденна висота Сонця.

Функція впливу температури повітря на інтенсивність фотосинтезу та звана «температурна крива фотосинтезу» визначається як [14]

$$\Psi_\phi = \begin{cases} 13.7 \sin(0.0774x_2 \dots n_{pu} \dots t < t_{opt1}^\phi \\ 1 \dots n_{pu} \dots t_{opt1}^\phi < t_n < t_{opt2}^\phi \\ 1.1323 \cos(1.5705x_3) - 0.1323 \dots n_{pu} \dots t > t_{opt2}^\phi \end{cases} \quad (2.6)$$

де Ψ_ϕ - температурна крива фотосинтезу;

t_n – температура повітря, $С^0$;

t_o^ϕ – початкова межа оптимальної температури;

t_{opt1}^ϕ – верхня межа оптимальної температури;

t_{opt2}^ϕ – нижня межа оптимальної температури;

t_{max}^ϕ - максимальна температура процесу фотосинтезу.

Зміни запасів вологи в ґрунті W по декадах визначається за рівнянням водного балансу:

$$W^{j+1} = W^j + Q^j + X^j + V_w^j - E^j - U_w^j, \quad (2.7)$$

де Q – сума опадів за декаду, мм;

X – норма вегетаційного поливу, мм;

V_w - витрати ґрунтових вод в зону аерації, мм;

E – сумарне випаровування, мм;

U_w - інфільтрація атмосферних опадів, мм;

Випарність визначається за допомогою середнього за декаду дефіциту вологості повітря d_w [14]

$$E_0^j = 0.65 d_w^j n^j, \quad (2.8)$$

де n – число днів у розрахунковій декаді.

Сумарне випаровування визначається за формулою:

$$E^j = \frac{2W^j + Q^j + X^j + V_w^j}{1 + 2(W_{H.B.} - W_{B.3}) / \eta E^j}, \quad (2.9)$$

де $W_{H.B.}$ - найменша вологоємність, мм;

$W_{B.3}$ - волога в'янення, мм;

η - безрозмірний параметр, що залежить від виду та фази розвитку рослин.

Блок фотосинтезу. Сумарний фотосинтез посіву на одиницю площі посіву за світлий час доби визначається за формулою:

$$\Phi^j = \varepsilon \Phi_\tau^j L^j \tau_d^j, \quad (2.10)$$

де Φ^j - сумарний фотосинтез посіву, г м⁻² доб⁻¹ ;

ε - коефіцієнт для перерахунку в одиниці сухої маси, г мг⁻¹CO₂;

Φ_{τ}^j - інтенсивність фотосинтезу одиниці площі листя в реальних умовах середі, мгCO₂ дм⁻², яка знаходиться з виразу [14].

$$\Phi_{\tau}^j = \alpha_{\phi}^j \Phi_o^j \frac{E^j}{E_o^j} \psi_{\phi}^j, \quad (2.11)$$

де α_{ϕ} - онтогенетична крива фотосинтезу;

ψ_{ϕ} - температурна крива фотосинтезу;

$\frac{E^j}{E_o^j}$ - вологозабезпеченість, %;

Φ_o - інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- та вологозабезпеченості та реальних умовах освітленості, мгCO₂ дм⁻² г⁻¹.

Онтогенетична крива фотосинтезу – це одновершинна крива, що описується виразом:

$$\alpha_{\phi}^j = 1 - a \left(\frac{TS_2 - \sum t_i^i}{10} \right) \quad (2.12)$$

де параметр a вираховується за формулою:

$$a = \frac{-100l_n \cdot \alpha_{\phi}^j}{\sum t_l^1} \quad (2.13)$$

де TS_2 – сума ефективних температур наростаючим додаванням; $\sum t_l^1$ - сума ефективних температур, при якій спостерігається максимальна інтенсивність фотосинтезу листя; $\alpha_{\phi}^j=0,5$ – початкова інтенсивність фотосинтезу по відношенню до максимально можливого значення на початок вегетації при $TS_2=2$. Функції $\alpha_{\phi}^j, \psi_{\phi}^j$ нормовані й змінюються від 0 до 1.

Інтенсивність фотосинтезу листя описується формулою:

$$\Phi_o^j = \frac{\Phi_{\max} a_{\phi} I^j}{\Phi_{\max} + a_{\phi} I^j}, \quad (2.14)$$

де Φ_{\max} - інтенсивність фотосинтезу листя при світловому насиченні та нормальній концентрації CO_2 в атмосфері, $\text{мгCO}_2 \text{ дм}^{-2} \text{ г}^{-1}$;

a_ϕ - початковий нахил світлової кривої фотосинтезу, $\text{мгCO}_2 \text{ дм}^{-2} \text{ г}^{-1} / (\text{Вт})$.

Для кількісного опису залежності фотосинтезу не тільки від щільності потоку ФАР, але і від вмісту CO_2 в атмосфері розглядають величину Φ_{\max} як функцію концентрації CO_2 [14].

$$\Phi_{\max} = \tau_C \cdot C_o, \quad (2.15)$$

де τ_C - початковий нахил вуглецевої кривої фотосинтезу;

C_o - концентрація CO_2 в атмосфері.

Блок дихання. Витрати на дихання поділяються на дихання, пов'язане з підтриманням структури тканин і на дихання, пов'язане із зростанням:

$$R^j = \alpha_R^j (C_1 M^j \varphi_R^j + C_2 \Phi^j), \quad (2.16)$$

де R - інтенсивність дихання, $\text{г м}^{-2} \text{ доб}^{-1}$;

C_1 - коефіцієнт дихання підтримання, $\text{г г}^{-1} \text{ сут}^{-1}$;

C_2 - коефіцієнт, що характеризує витрати, які пов'язані з ростом, безрозмірний;

α_R - онтогенетична крива дихання.

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

$$\Delta M^j = \phi^g - R^j \quad (2.17)$$

Ріст окремих органів рослин протягом вегетаційного періоду описується системою рівнянь [14]

$$\begin{cases} m_i^{j+1} = m_i^j + (\beta_i^j \frac{\Delta M}{\Delta t} - \vartheta_i^j m_i^j) n^j \\ m_p^{j+1} = m_p^j + (\beta_p^j \frac{\Delta M}{\Delta t} + \sum_i^{lsr} \vartheta_i^j m_i^j) n^j \end{cases}, \quad (2.18)$$

де m_i - суха біомаса i -го органу рослин, г/м²;

β_i - ростова функція вегетаційного періоду, що характеризує розподіл «свіжих» асимілятів, безрозмірна ($\beta_i \geq 0, \sum \beta_i = 0$);

ϑ_i - ростова функція репродукційного періоду, що визначає перетікання «старих», раніше запасених асимілятів при старінні рослини з вегетативних органів у репродуктивні, безрозмірна;

l - листя, s - стеблини, r - коріння, p - насіння.

Динаміка площі асимілюючої поверхні визначається з рівнянь:

$$L^{j+1} = L^j + \left(\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l} \right) n^j, \quad \text{при } \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} > 0, \quad (2.19)$$

$$L^{j+1} = L^j + \left(\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l} \frac{1}{k_h} \right) n^j, \quad \text{при } \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} < 0, \quad (2.20)$$

де σ_l - питома поверхнева площа листя, г/м²;

k_h - параметр, що характеризує частку життєдіяльних структур в загальній біомасі листя, безрозмірний.

Для розрахунку за моделлю були отримані параметри та підібрані змінні для культури соняшника (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Параметри та змінні моделі для культури соняшника

Параметр	Кількість	Розмірність	Змінна	Кількість	Розмірність
$\sum t$	1389	°C	W_{HB}	107...200	мм
$\sum t \alpha_{\phi}$	458	°C	C_{o1}	380	ppm
$\sum t_{\alpha R}$	347	°C	C_{o2}	470	ppm
$\sum t_i$	278	°C	C_{o3}	520	ppm
$\sum t_s$	348	°C	B	8	°C
$\sum t_r$	348	°C	t_{opt}	25	°C
$\sum t_p$	861	°C	$W_{пр.в}$	126...151	мм
$\sum t_{np}$	349	°C			
α_{ϕ}	0,6	від. од.			
α_R	0,5	від. од.			

З ОЦІНКА ВПЛИВУ АГРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ НА ФОТОСИНТЕТИЧНУ ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ В ЛУГАНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

3.1 Вирощування соняшника в Україні

Соняшник – основна олійна культура в Україні. Насіння його районованих сортів і гібридів містить 50-52 % олії, а селекційних – до 60%. Порівняно з іншими олійними культурами соняшник дає найбільший вихід олії з одиниці площі (750 кг/га в середньому по Україні). На соняшникову олію припадає 98 % загального виробництва олії в Україні [17].

Олійний соняшник поширений на всіх континентах земної кулі. За даними ФАО, світова площа його посівів становить понад 14,5 млн га. На великих площах його висівають в Україні, Аргентині, США, Китаї, Іспанії, Туреччині, Румунії, Франції та багатьох інших державах.

Посіви соняшнику в Україні займають понад 5,3 млн га, що становить 96% площі всіх олійних культур. Найбільші посівні площі соняшнику в Дніпропетровській, Донецькій, Запорізькій, Кіровоградській, Луганській, Миколаївській, Одеській, Херсонській і Полтавській областях.

Середня врожайність соняшнику в Україні в останні роки становила 16 - 18 ц/га. Найвища вона в господарствах, де соняшник вирощують за прогресивною технологією, – до 30 ц/га і більше, а в умовах зрошення – 38,7 - 40 ц/га [17].

3.1.1 Господарське значення соняшнику

Соняшникову олію широко використовують як продукт харчування в натуральному вигляді. Харчова цінність її зумовлена високим вмістом поліненасиченої жирної лінолевої кислоти (55 - 60 %), яка має значну біологічну активність і прискорює метаболізування ефірів холестерину в організмі, що позитивно впливає на стан здоров'я. До складу соняшnikової олії входять і такі дуже цінні для організму людини компоненти, як фосфатиди, стерини, вітаміни (А, D, Е, К). Соняшникову олію використовують в кулінарії, хлібopеченні, для виготовлення різних кондитерських виробів і консервів. Вона є основним компонентом при виробництві маргарину. Соняшникову олію використовують також при виготовленні лаків, фарб, стеарину, лінолеуму, електроарматури, клейонки, водонепроникних тканин тощо [17].

Побічні продукти переробки насіння соняшнику - макуха при пресуванні і шрот при екстрагуванні (близько 35 % від маси насіння) є цінним концентрованим кормом для худоби. Стандартна макуха містить 38 - 42 % перетравного протеїну, 20 - 22 % безазотистих екстрактивних речовин, 6 - 7 % жиру, 14 % клітковини, 6,8 % золи, багато мінеральних солей. За поживністю 100 кг макухи відповідають 109 корм. од. Шрот містить близько 33 - 34 % перетравного протеїну, 3 % жиру, 100 кг його відповідають 102 корм. од.

Лузга (вихід 16 - 22 % від маси насіння) є сировиною для виробництва гексозного й пентозного цукру. Із гексозного цукру виробляють етиловий спирт і кормові дріжджі, із пентозного – фурфурол, який використовують при виготовленні пластмас, штучного волокна та іншої продукції.

Кошки соняшнику (вихід 56 - 60 % від маси насіння) є цінним кормом для тварин. Їх добре поїдають вівці і велика рогата худоба. В них міститься 6,2 - 9,9 % протеїну, 3,5 - 6,9 % жиру, 43,9 - 54,7 % безазотистих

екстрактивних речовин та 13,0 - 17,7 % клітковини. За поживністю борошно з кошиків прирівнюється до пшеничних висівок, 1 ц його відповідає 80 - 90 кг вівса, 70 - 80 кг ячменю. З кошиків виробляють харчовий пектин, який використовується в кондитерській промисловості [17].

Соняшник вирощують і як кормову культуру. Він може дати до 600 ц/га і більше зеленої маси, яку в чистому вигляді чи в сумішах з іншими кормовими культурами використовують при силосуванні. Силос із соняшнику добре поїдається худобою і за поживністю не поступається силосу з кукурудзи. В 1 кг його міститься 0,13 - 0,16 корм. од., 10- 15 г протеїну, 0,4 г кальцію, 0,28 г фосфору і 25,8 мг каротину (провітаміну А).

Стебла соняшнику можна використовувати для виготовлення паперу, а попіл – як добриво. Жовті пелюстки язичкових квіток соняшнику використовують як ліки у фітотерапії [17].

Соняшник – чудова медоносна рослина. З 1 га його посівів під час цвітіння бджоли збирають до 40 кг меду. При цьому значно поліпшується запилення квіток, що підвищує врожай насіння. Сіють соняшник також для створення куліс на парових полях. Як просапна культура він сприяє очищенню полів від бур'янів.

3.1.2 Морфологічні особливості соняшнику

Соняшник належить до родини айстрових (Asteraceae) роду *Helianthus*. Розрізняють два види соняшнику – культурний (*Helianthus cultus* Wenzl) і дикорослий (*Helianthus ruderalis* Wenzl). У культурного соняшнику виділяють два підвиди – посівний (subsp. *sativus*) і декоративний (subsp. *ornamentalis*). Культурний соняшник посівний (польовий) – однорічна рослина. Корінь у нього стрижневий, проникає в ґрунт на глибину 2 - 4 м і розгалужується в сторони на 100 - 120 см. Стебло прямостояче, грубе, виповнене всередині губчастою серцевиною, вкрите жорсткими волосинками, має висоту 0,7 - 2,5

м (у силосних форм – 3 - 4 м і більше), є карликові форми з висотою стебла 50 — 70 см. Листя черешкове, велике, густо опушене. Пластинки звичайно овально-серцеподібні із зазубреними пилчастими краями. Нижні листки супротивні – 1 - 2 пари після сім'ядоль, решта – почергові. На одній рослині розвивається у скоростиглих сортів і гібридів 15 - 25, у пізньостиглих – 30 - 35 і більше листків [13,17].

Суцвіття – кошик у вигляді опуклого чи плоского диска діаметром до 20 см і більше, обгорненого кількома рядами недорозвинених листочків. Крайні квітки – язичкові, великі, розміщені попарно в один ряд по колу кошика. Вони звичайно безплідні (безстатеві, іноді з недорозвиненою приймочкою), оранжево-жовтого кольору. Язичкові квітки приваблюють комах, що важливо для запилення [13,17].

На квітколожі кошика розміщені колами трубчасті двостатеві квітки з півчастими прицвітниками, які закінчуються (при досяганні) жорсткими зубцями. Кожна квітка має маточку з одногнізду нижньою зав'язю. Віночок п'ятизубчастий від світло-жовтого до темно-оранжевого кольору. Тичинок п'ять. Їх нитки вільні, а пиляки зрослися і утворюють кільце. Приймочка маточки дволопатева. За сприятливих умов в одному кошику закладається 1000 - 1200 квіток. Кількість їх різко зменшується при запізненні з прорідженням загущених посівів до утворення 3-5 пар справжніх листочків у середньоранніх і 5 - 7 – у середньопізніх сортів. Саме в цей період у соняшнику відбувається диференціація точки росту на квітковій бугорки, тобто закладається основа майбутнього врожаю. Тому в цей період (2 - 3 тижні після появи сходів) потрібен особливо добрий догляд за рослинами.

Трубчасті квітки розкриваються в певній послідовності – від периферії до центра кошика. Цвітіння одного кошика триває 8-10 днів.

Соняшник – рослина виключно перехресного запилення. Пиляки його дозрівають раніше, ніж приймочки, що сприяє перехресному запиленню. В польових умовах частина квіток залишається незаплідненою, що призводить

до пустозерності та зниження врожаю насіння. Якщо пустозерні сім'янки зосереджені в центрі кошика, це свідчить про нестачу в ґрунті води, коли в різних місцях кошика – про неповне запилення квіток через недостатнє використання бджіл. Пустозерність можна значно знизити, якщо на посіви соняшнику вивозити вулики [17].

Плід соняшнику – сім'янка з дерев'янистою плодовою оболонкою (оплоднем), яка не зростається з насіниною. Насінина (ядро) вкрита тонкою прозорою оболонкою. Оболонка плода (лузга) вкрита зверху епідермісом, забарвлення якого буває білого, чорного, сірого, чорно-фіолетового, коричневого кольору та ін.

Для сортів і гібридів олійного соняшнику, поширених тепер у виробництві, дуже важливим є наявність в оболонці сім'янки особливого темнозабарвленого панцирного шару, що утворюється кількома шарами здерев'янілих клітин склеренхіми. До складу панцирного шару входить речовина фітомелан, що містить до 76 % вуглецю, не розчиняється у воді, кислотах та лугах і надійно захищає насіння від пошкодження соняшниковою міллю.

За морфологічними ознаками розрізняють три типи культурного соняшнику [17].

Лузальний – має товсте, високе стебло (до 4 м), велике листя і кошики діаметром від 17 до 46 см. Сім'янки великі з товстою лузгою. Ядро (насінина) лише наполовину заповнює сім'янку. Маса 1000 сім'янок 100 — 200 г. Процент плодових оболонок (лузжистість) 46 - 56, олійність незначна.

Олійний – з порівняно тонким стеблом 1,5 -2 м заввишки. Сім'янки дрібніші, ніж у лузального. Лузга тонка, ядро заповнює всю внутрішню порожнину сім'янки. Маса 1000 сім'янок 50 — 100 г, лузжистість 22 - 30 %. Вміст олії в насінні кращих сортів і гібридів 48 - 50 %.

Межеумок – рослина проміжної групи, яка за окремими ознаками нагадує лузальний або олійний соняшник. За висотою і товщиною стебла,

розмірами листя і кошиків межунок подібний до лузального, а за виповненістю сім'янок – до олійного соняшнику [17].

3.1.3 Біологічні особливості соняшнику

Культурні форми олійного соняшнику формувались в умовах степових районів європейської частини колишнього СРСР, для яких характерними є високі температури та низька відносна вологість повітря влітку. Однак для нього властива висока екологічна пластичність [13,17].

Насіння соняшнику проростає при температурі 3 - 5 °С. Оптимальна температура проростання 20 °С. При цій температурі сходи з'являються на 7 - 8-й день. Сума активних температур від сівби до сходів становить 140 - 160 °С, а ефективних за вегетацію – від 1600 до 1800 °С для ранньостиглих і від 2000 до 2300 °С – для пізньостиглих сортів [13,17].

У фазі цвітіння і в наступний період найсприятливіша температура 25 - 27 °С. Підвищення температури до 30 °С і вище негативно впливає на рослини, а при 40 °С припиняється фотосинтез. Весняні заморозки до мінус 5 - 6 °С не завдають істотної шкоди рослинам, проте затримують і послаблюють їх ріст, а осінні до мінус 3 °С спричинюють загибель рослин.

Соняшник – посухостійка рослина. Коефіцієнт водоспоживання його значно вищий, ніж у багатьох інших рослин, і становить 450 — 570, може підвищуватись до 700. Соняшник задовольняє потребу у воді завдяки розвиненій кореневій системі, яка глибоко проникає в ґрунт. Проте це призводить до сильного висушування ґрунту і нестачі вологи в ньому для наступної культури сівозміни. За період вегетації соняшник використовує від 3000 до 6000 т води з 1 га. Вирішальне значення для формування повноцінного врожаю має вологозабезпеченість соняшнику у фазі цвітіння і наливання насіння (критичний період). Високі врожаї соняшнику можливі

лише в районах, де за осінньо-зимовий період в кореневмісному шарі (0 - 200 см) є достатні запаси вологи. При нестачі води в цей період різко знижується його врожайність внаслідок збільшення пустозерності, поганої виповненості насіння та зменшення озерненості кошика. Це явище типове при вирощуванні соняшнику в посушливих районах. Тому зрошення у другий період вегетації підвищує олійність насіння і більш як удвічі — врожайність соняшнику [13,17].

Соняшник добре росте на родючих аерованих ґрунтах. Найбільш придатними для нього є чорноземи супіщані і суглинкові з нейтральною (рН 6,7 - 7,2) або слабколужною реакцією ґрунтового розчину. На цих ґрунтах, а в лісостепових районах – і на сірих лісових розміщують основні площі посівів соняшнику в Україні. На важких безструктурних ґрунтах соняшник росте дуже повільно, особливо в перший (ювенільний) період. Тут потрібні додаткові агротехнічні заходи. Малопродатні для соняшнику також легкі піщані, солонцюваті й дуже кислі ґрунти [13,17].

Соняшник – світлолюбна рослина. Затінення молодих рослин і хмарна погода затримують їх ріст і розвиток, зумовлюють формування на них дрібного листя і малих кошиків, що знижує врожайність. Соняшник належить до рослин короткого дня. В міру просування на північ вегетаційний період його подовжується.

У розвитку соняшнику від сівби до повного досягання розрізняють такі фази: сходів, першої пари справжніх листків, утворення кошика, цвітіння, досягання. Тривалість міжфазних періодів у найпоширенішої середньостиглої групи сортів (гібридів) соняшнику становить: від сівби до сходів 14-16 днів, від сходів до початку утворення кошика 37 - 43, від початку утворення кошика до цвітіння 27 - 30, а від цвітіння до досягання 44 - 50 днів. У ранньостиглих форм міжфазні періоди скорочуються, в середньопізніх – подовжуються [10,17].

Період вегетації сортів і гібридів соняшнику (від сівби до досягання насіння), які вирощуються в Україні, триває від 80 до 130 днів [17].

У перший період розвитку (до утворення 2-3 пар листків) соняшник росте порівняно повільно. В цей час головний корінь, що утворюється із зародкового корінця, інтенсивно росте углиб, випереджаючи ріст стебла в 2,7 - 2,9 рази. Потім приріст стебла збільшується, досягаючи максимуму (3 - 5 см за добу) в період від утворення кошика до цвітіння. У фазі цвітіння ріст у висоту сповільнюється і в кінці цвітіння припиняється.

Початок утворення кошика відмічається у скоростиглих сортів (гібридів) соняшнику у фазі двох пар, в середньостиглих – 3 - 5 пар листків. Цвітіння одного кошика триває 8.-10 днів, а ріст – до його пожовтіння. Найінтенсивніше він росте протягом 8-10 днів після закінчення цвітіння. Наливання сім'янок триває 32 - 42 дні після запліднення [13,17].

3.1.4 Сорти і гібриди соняшнику в Україні

В Україні поширені високоврожайні селекційні сорти й гібриди соняшнику із значним вмістом олії в насінні, низькою лузжистістю (22 - 27 %) та високою стійкістю проти найбільш відомих рас вовчка, шкідників і хвороб [7].

За тривалістю вегетаційного періоду сорти (гібриди) соняшнику поділяють на середньостиглі (вегетаційний період 120 - 140 днів), середньоранні (110-130), ранньостиглі (100-120) і скоростиглі (80 - 100 днів). В Україні районовано понад 70 сортів і гібридів соняшнику.

Майже всі площі його засівають сортами й гібридами олійної групи. До районуваних сортів і гібридів соняшнику, поширених у Степу, Лісостепу України, належать: середньостиглі — Запорізький кондитерський, Краснодарський 885, СПК, Харківський 3 та ін.; середньоранні – Оригігатор (Трилінійний гібрид), Славутич F1, Захоплення F1, Казіо, Одеський 123, Одеський 504, Оріон, Харківський 58 та ін.; ранньостиглі – Українське

сонечко (Трилінійний гібрид), Одеський 122, Одеський 249, та ін.; скоростиглі – Одеський 149 та Харківський 49 [7].

Скоростиглі сорти й гібриди поступаються ранньостиглим і середньостиглим за урожайністю та олійністю насіння. Проте короткий вегетаційний період скоростиглих типів дає змогу вирощувати їх на півдні України в повторних посівах при зрошенні. Високою врожайністю з високим вмістом олії в насінні відзначаються середньостиглі й середньоранні сорти та гібриди соняшнику.

У господарствах слід вирощувати не один, а два-три сорти чи гібриди соняшнику. Це дає змогу ефективніше використовувати екологічний потенціал регіону та збиральну техніку і транспортні засоби [7].

3.1.5 Технологія вирощування соняшнику

Сучасна екологічно безпечна, ресурсо- та енергозберігаюча технологія вирощування соняшнику передбачає комплексне й поточне проведення належних механізованих операцій в установлені строки для створення оптимальних умов розвитку й росту рослин протягом вегетації.

Місце в сівозміні. Чергування культур у сівозміні спрямоване на підвищення родючості ґрунту, знищення бур'янів, шкідників і хвороб без використання хімічних засобів і одержання високих урожаїв. Установлено, що при розміщенні посівів соняшнику на тому самому полі через 8-10 років можливість ураження хворобами і шкідниками майже повністю зникає, а через 4 - 5 років – призводить до значного ураження рослин шкідниками і хворобами (вовчок, гниль біла й сіра, несправжня борошниста роса та ін.), що зменшує врожайність і погіршує якість насіння. Через 8-10 років насіння вовчка втрачає схожість, а зачатки інфекції у ґрунті гинуть і рослини соняшнику наступного посіву не уражуються [4].

Кращі попередники для соняшнику ті, після яких у ґрунті залишається більше води і поживних речовин. У Степу найефективніші ланки сівозміни, де соняшник висівають після кукурудзи чи озимої пшениці, в Лісостепу – де опадів буває більше і в сівозміні вносять достатньо добрив, високі врожаї одержують при розміщенні соняшнику не тільки після озимої пшениці, а й після ячменю. Недоцільно висівати соняшник після суданської трави, цукрових буряків, а в Степу також після ячменю та вівса.

Удобрення. Наявність елементів мінерального живлення в ґрунті в оптимальних співвідношеннях сприяє підвищенню продуктивності рослин, поліпшенню якості насіння [4].

Соняшник дуже вибагливий до поживного режиму ґрунтів порівняно з іншими польовими культурами. Особливо багато він вбирає з ґрунту калію.

Для формування 1 ц врожаю насіння соняшник виносить з ґрунту 6,5 кг азоту, 2,7 фосфору і 15,5 кг калію. Проте незважаючи на високий винос калію з ґрунту, соняшник на чорноземних ґрунтах більшою мірою потребує азотних і фосфорних добрив.

У південному Степу найбільший ефект дає внесення фосфорних добрив разом з азотними (N30-45P60), які забезпечують приріст урожаю насіння до 6 ц/га. У східних районах північного Степу внесення фосфорних добрив під соняшник високоефективне лише при поєднанні з азотними чи азотно-калійними добривами (N60-90P60-90K60).

Враховуючи, що значна частина фосфору, внесеного в ґрунт з добривами, стає недоступною для рослин, а частину елементів живлення, особливо калію, рослини поглинають безпосередньо з ґрунту, норму добрив і співвідношення елементів для кожного поля уточнюють. Залежно від забезпеченості рослин поживними речовинами ґрунту [4].

Сівба. При вирощуванні сортів соняшнику використовують кондиційне насіння (рН 1 – 3), схожість якого не менша 87 %, чистота 98 % (із вмістом облущеного насіння – не більше 2 %); гібридів (F1) – відповідно 85 та 98 % (із вмістом облущеного насіння не більше 3 %). Проти хвороб (іржі,

несправжньої борошнистої роси, гнилей, фомозу та ін.) насіння протруюють, використовуючи поширений протруювач ТМТД (3 кг препарату на 1 т насіння). Високоолій-ні сорти соняшнику в усіх зонах України висівати дуже рано не слід. У південному і північному Степу, а також у східній частині Лісостепу при сівбі в середні строки, коли ґрунт на глибині 10 см прогрівається до 8 - 12 °С, одержують найбільші врожаї насіння.

У північному Лісостепу перевагу віддають раннім строкам сівби (одночасно з ранніми ярими культурами). При цьому одержують більші урожаї насіння і вихід олії [4].

У районах Степу та східному Лісостепу середні строки сівби рекомендується диференціювати залежно від засміченості поля. На відносно чистих від бур'янів полях кращими є строки сівби соняшнику при прогріванні ґрунту на глибині загорання насіння до 8-10 °С. Закінчують висівання при температурі не вище за 12 - 14 °С. На дуже засмічених полях висівати соняшник слід трохи пізніше, при прогріванні ґрунту до 10 - 12 °С, і знищувати основну масу бур'янів, які проросли, передпосівною культивуацією [4].

Глибина загорання насіння соняшнику становить 6 - 8 см.

Умовою одержання високого врожаю насіння є дотримання рекомендованої густоти посіву і рівномірне розміщення рослин на площі. При інтенсивній технології, коли густоту рослин регулюють не прориванням, а нормою висіву, треба висівати тільки висококондиційне насіння.

Догляд за посівами. Післясходове боронування соняшнику проводять у фазі 2 - 3 пар справжніх листків. Якщо боронують посіви у фазі сім'ядоль, то пошкоджується і загортається землею близько 17,5, а у фазі утворення 2 - 3 пар листків - 11 % рослин. Боронувати поле після появи сходів треба в день, коли зменшується відносна вологість повітря і молоді рослини стають не такими ламкими. Боронувати посіви соняшнику доцільно широкозахватними агрегатами при спілому ґрунті, щоб не допустити зайвого його ущільнення та руйнування структури. Глибоке розпушування (12 - 14 см) призводить до

деякого зменшення врожаю. Тому на відносно чистих посівах доцільно проводити неглибокі обробітки, а на засмічених - починати культивуацію міжрядь на більшій глибині, поступово зменшуючи її. На полях, де бур'яни знищували восени за системою поліпшеного зябу, достатньо одного-двох розпушувань міжрядь [4].

Десикація. У посівах соняшнику рослини досягають нерівномірно. Через 20 - 25 днів після цвітіння вміст олії в насінні досягає максимуму, але накопичення масла триває у міру збільшення маси насіння, яке закінчується на 35 - 40-й день після цвітіння (фаза фізіологічної стиглості). Далі відбувається фізичне випаровування води із сім'янки і настає фаза повної (господарської) стиглості. Для прискорення збирання і одержання сухого насіння посіви обробляють десикантами при середній вологості насіння на пні не більше 30 %. Обприскування рослин десикантами при більш високій вологості насіння погіршує його якості – зменшується маса ядра і врожаю в цілому внаслідок гальмування фізіологічних процесів [4].

Десикацію проводять через 35 – 40 днів після повного цвітіння хлоратом магнію (20 кг/га) або реглоном (2 л/га). У вологу осінь, а також у роки епіфітотійного розвитку кошикових форм гнилі збільшують норми хлорату магнію до 25 - 30 кг/га, або реглону – до 2,5-3 л/га.

Збирання врожаю. Урожайність соняшнику залежить від строку збирання, який визначають за ступенем стиглості та вологістю насіння. Залежно від погодних умов урожай починають збирати через 7-10 днів після обробки посівів хлоратом магнію і через 5 - 6 днів – реглоном. За цей час на оброблених полях вологість насіння знижується до 12 - 15 %. Збирають соняшник у фазі господарської стиглості, коли рослин з жовтими і жовто-бурими кошиками в посівах 12 - 16 %, а з бурими й сухими – 85 - 88 %. У Степу починають збирати соняшник при середній вологості насіння 12 - 14 %, у Лісостепу – 16 - 18 % [4].

Гібриди досягають дружно, особливо після обробки рослин десикантами. Тому збирання їх починають при вологості насіння 17 - 19 %, а у вологу осінь — 20 - 22 %.

За 2 - 3 дні до початку збиральних робіт поле обкошують і розбивають на загінки, прокладають транспортні й розвантажувальні магістралі [4].

3.2 Оцінка впливу агрокліматичних умов на фотосинтетичну продуктивність соняшнику за сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5*

За допомогою моделі, яка описана в розділі 2.3., були проведені розрахунки фотосинтетичної продуктивності соняшнику, з урахуванням його потреб до екологічних факторів.

Для виконання розрахунків використовується агрокліматична інформація за 1986 – 2005 рр. Луганської області за п'ятьма станціями: Троїцьке, Сватове, Біловодськ, Луганськ, Дар`ївка [1].

Для оцінки впливу на ріст, розвиток и формування врожаю соняшнику можливих змін клімату були використані сценарії змін клімату в Україні *RCP4.5* і *RCP8.5*. В сценаріях *RCP4.5* і *RCP8.5* розглядається кліматичний період з 2021 до 2050 рр.

Інформація складається з таких показників:

- Географічна широта станції, град.;
- Дати посіву та фаз розвитку соняшнику: сходи, утворення суцвіть, цвітіння, досягання, дні;
- Середня декадна температура повітря, °С;
- Декадний дефіцит вологості повітря, мб;
- Сума опадів за декаду, мм;
- Найменша вологоємність в ґрунті, мм;
- Запаси продуктивної вологи на початок посіву, мм;
- Тривалість вегетаційного періоду, дні;

- Сума ефективних температур за вегетаційний період сходи – досягання, °С;
- Поточна концентрація CO₂ в повітрі, ppm.

3.2.1 Аналіз термінів сівби та фаз розвитку соняшнику

Розглянемо як під впливом змін клімату будуть змінюватись термін сівби та дати настання фаз розвитку соняшнику.

Із табл. 3.1 видно, що середні багаторічні термін сівби соняшнику спостерігався в середньому по області в кінці першої декади травня (08.05).

За умов реалізації сценаріїв змін клімату *RCP4.5* і *RCP8.5*, терміни сівби соняшнику мало відрізнятимуться за сценаріями і змістяться на більш ранні строки в порівнянні з середніми багаторічними на 8 і 10 днів відповідно.

Таблиця 3.1 – Фази розвитку соняшнику за середніми багаторічними даними та сценаріями змін клімату *RCP4.5* і *RCP8.5*. Луганська область

Кліматичний період	Сівба	Фази розвитку			Тривалість періоду сівба-збиральна стиглість, дні
		Сходи	Цвітіння	Збиральна стиглість	
1	2	3	4	5	6
Базовий період					
1986-2005	08.05	21.05	25.07	11.10	157
Сценарій RCP4.5					
2021-2050	30.04	16.05	23.07	13.09	136
Різниця	-8	-5	-2	-28	-21
Сценарій RCP8.5					
2021-2050	28.04	13.05	21.07	10.09	135
Різниця	-10	-8	-4	-31	-22

Відповідно змістяться і строки появи сходів. Сходи соняшнику за середніми багаторічними даними базового періоду в сучасному спостерігалися 21 травня. За сценаріями зміни клімату *RCP4.5* і *RCP8.5* відхилення термінів сходів очікуються за обома сценаріями і наставатимуть раніше середніх багаторічних на 5 і 8 днів відповідно.

Наступна за сходами фаза цвітіння, що характеризує закінчення періоду листяутворення та утворення суцвіть, за сценарієм *RCP4.5* наставатимуть раніше середніх багаторічних на 2 днів, а за сценарієм *RCP8.5* на 4 дні (табл. 3.1)

Збиральна стиглість насіння соняшнику за середніми багаторічними даними базового періоду спостерігалась 11 вересня.

За сценаріями зміни клімату *RCP4.5* і *RCP8.5* відхилення термінів сходів очікуються за обома сценаріями і наставатимуть набагато раніше середніх багаторічних (на 28 і 31 дні відповідно).

В наслідок зміщення термінів настання фаз розвитку соняшнику в бік більш ранніх за обома сценаріями тривалість періоду його вегетації в середньому по області буде наставати раніше середньої багаторічної відповідно на 21 і 22 дні (табл. 3.1).

3.2.2 Аналіз агрокліматичних умов вирощування соняшнику

Зміни клімату впливатимуть на агрокліматичні умови вирощування соняшнику (табл. 3.2)

В період від сходів до цвітіння середня температура повітря за середніми багаторічними даними становила 20,0°C (табл.3.2).

За сценарієм зміни клімату *RCP4.5* в цей період середня температура очікується нижче за базову на -1,0°C (19,0 °C).

Середня температура повітря за сценарієм зміни клімату *RCP8.5* в період сходи - цвітіння становитиме 19,1°C, що на -0,9°C нижче базовій.

Сума опадів в період від сходів до цвітіння за середніми багаторічними даними становила 198 мм.

За обома сценаріями зміни клімату *RCP4.5* і *RCP8.5* кількість опадів від сходів до цвітіння зменшиться в середньому по області на 43 і 34 %.

Сумарне випаровування за сценарієм змін клімату *RCP4.5* за цей період вегетації зменшиться на 5 %. За сценарієм зміни клімату *RCP8.5* зменшення очікується на 2% .

За результатами розрахунків за сценарієм *RCP4.5* в період від сходів до цвітіння випаровуваність в порівнянні з базовим збільшиться на 7 %.

За сценарієм *RCP8.5* за цей період випаровуваність збільшиться на 4 % в порівнянні з базовим (табл.3.2).

За середніми багаторічними значеннями вологозабезпеченість посівів соняшнику від сходів до цвітіння становила 0,50 відн. од. За умов реалізації сценарію *RCP4.5* вологозабезпеченість посівів соняшнику зменшиться в районі станції Біловодськ на 10 %.

Вологозабезпеченість від сходів до цвітіння за сценарієм *RCP8.5* очікуватиметься зменшення на 6% (табл.3.2).

В період від цвітіння до збиральної стиглості середня температура повітря за середніми багаторічними значеннями становила 16,6°C.

У кліматичний період з 2021 до 2050 рр. за сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* від цвітіння до збиральної стиглості середня температура повітря в порівнянні з середніми багаторічними значеннями зростатиме і буде вищою на 3,3 і 4,1°C відповідно.

В період від цвітіння до збиральної стиглості (табл. 3.2) кількість опадів за середніми багаторічними значеннями дорівнює 114 мм.

За обома сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* сума опадів в період від цвітіння до збиральної стиглості по відношенню до середньо багаторічних значень дуже значно зменшиться на 66 % і 70 %.

Сумарне випарування в період від цвітіння до збиральної стиглості за середніми багаторічними значеннями було 128 мм.

Таблиця 3.2 – Агрокліматичні умови вирощування соняшнику за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценаріями зміни клімату *RCP4.5* і *RCP8.5*. Луганська область

Кліматичний період	Міжфазний період										Вегетаційний період	
	Сходи - цвітіння					Цвітіння - збиральна стиглість					сума опадів, мм	вологозабезпеченість, від. од
	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	випаровуваність, мм	Вологозабезпеченість, від. од	середня температура, °С	сума опадів, мм	сумарне випаровування, мм	випаровуваність, мм	Вологозабезпеченість, від. од		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Базовий період												
1986 – 2005	20,0	132	198	397	0,50	16,6	114	128	388	0,33	246	0,42
Сценарій RCP4.5												
2021-2050	19,0	78	189	425	0,45	19,9	39	71	452	0,16	117	0,30
Різниця	-1,0	-43%	-5%	+7%	-10%	+3,3	-66%	-45%	+16%	-52%	-52%	-29%
Сценарій RCP8.5												
2021-2050	19,1	87	195	412	0,47	20,7	34	74	450	0,16	121	0,31
Різниця	-0,9	-34%	-2%	+4%	-6%	+4,1	-70%	-42%	+12%	-52%	-51%	-26%

За сценарієм змін клімату *RCP4.5* сумарне випарування зменшиться на 45 %.

Сумарне випарування за сценарієм змін клімату *RCP8.5* зменшиться в порівнянні зі середніми багаторічними значеннями на 42 % і становитиме 74 мм.

За результатами розрахунків від цвітіння до збиральної стиглості випаровуваність за сценарієм зміни клімату *RCP4.5* збільшиться на 16%, (табл. 3.2).

Випаровуваність в період від цвітіння до збиральної стиглості за сценарієм *RCP8.5* зросте на 12% в порівнянні з базовим значенням.

Вологозабезпеченість посівів соняшнику від цвітіння до збиральної стиглості за середніми багаторічними дорівнювала 0,33 відн.од.

За умов реалізації сценарію *RCP4.5* за період 2021 – 2050 рр. вологозабезпеченість зменшиться до 0,16 відн. од.

За сценарієм *RCP8.5* вологозабезпеченість зменшиться на 52 % від середньо багаторічного значення.

За період вегетації від сходів до збиральної стиглості кількість опадів за умов реалізації сценарію зміни клімату *RCP4.5* зменшиться на 52 %.

За умов реалізації сценарію *RCP8.5* сума опадів за період вегетації від сходів до збиральної стиглості зменшиться на 51 %.

За результатами розрахунків вологозабезпеченість за умов реалізації сценарію *RCP4.5* за період вегетації від сходів до збиральної стиглості зменшиться на 29% (табл. 3.2).

За умов реалізації сценарію *RCP8.5* вологозабезпеченість зменшиться на 26 %.

3.2.3 Аналіз показників фотосинтетичної діяльності посівів соняшнику

Агрокліматичні умови, що змінюються під впливом змін клімату спричинять зміну показників фотосинтетичної діяльності посівів соняшнику, що обумовить рівень його урожайності. Такими показниками є розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, кількісні показники приростів рослинної біомаси на одиницю площі, чиста продуктивність фотосинтезу (ефективність процесу фотосинтезу на одиницю площі листової поверхні), урожай загальної біомаси посівів та урожай біомаси насіння [5].

Розподіл цих показників в середньому по області при зміні кліматичних умов за сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* розглянемо в порівнянні з показниками фотосинтетичної продуктивності соняшнику, які розраховані за середніми багаторічними даними (табл.3.3).

Для соняшнику на фоні зміни кліматичних умов за розрахунковий період з 2021 по 2050 рр. нами розглядалися такі варіанти:

- базовий період (1986 – 2005 рр.);
- кліматичні умови розрахункового періоду за сценарієм *RCP4.5* за період 2021 – 2050 рр.;
- кліматичні умови періоду 2021 – 2050рр.за сценарієм *RCP4.5* (кліматична норма + CO₂);
- кліматичні умови розрахункового періоду за сценарієм *RCP8.5* за період 2021 – 2050 рр.;
- кліматичні умови періоду 2015–2050 рр. за сценарієм *RCP8.5* при збільшенні CO₂ в атмосфері .

За результатами розрахунків площа листя (табл. 3.3 та рис. 3.1) в період максимального розвитку в середньому за базовий період дорівнювала 1,4 м²/м².

У варіанті «клімат» за сценарієм *RCP4.5* видно, що площа листя зменшуватися до $1,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Розрахунки за варіантом «клімат + CO_2 » вказують, що площа листя дорівнює середнім багаторічним значенням.

За реалізації сценарію *RCP8.5* у варіантах «клімат» і «клімат + CO_2 » розрахунки показують, що в середньому по області значення площі листя дорівнюватиме значенням першого сценарію ($1,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$ і $1,4 \text{ м}^2/\text{м}^2$).

Таблиця 3.3 – Порівняння показників фотосинтетичної продуктивності соняшнику за середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценаріями зміни клімату *RCP4.5* і *RCP8.5*. Луганська область

Кліматичний період	Варіант	Показники фотосинтетичної продуктивності в період максимального розвитку			Суша біомаса, $\text{г}/\text{м}^2$	Фотосинтетичний потенціал, $\text{м}^2/\text{м}^2$
		Площа листя, $\text{м}^2/\text{м}^2$	*ЧПФ, $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{дек}$	Приріст маси, $\text{г}/\text{м}^2 \cdot \text{дек}$		
1	2	3	4	5	6	7
Базовий період						
1986-2005	Базовий	1,4	70	92	438	109
Сценарій <i>RCP4.5</i>						
2021-2050	Клімат	1,3	41	52	246	106
	Клімат + CO_2	1,4	42	58	271	113
Сценарій <i>RCP8.5</i>						
2021-2050	Клімат	1,3	43	54	252	105
	Клімат + CO_2	1,4	45	64	293	116

*ЧПФ – Чиста продуктивність фотосинтезу

Фотосинтетичну діяльність посівів також добре характеризує суша біомаса рослин. Середні багаторічні величини сухої маси і розрахунки

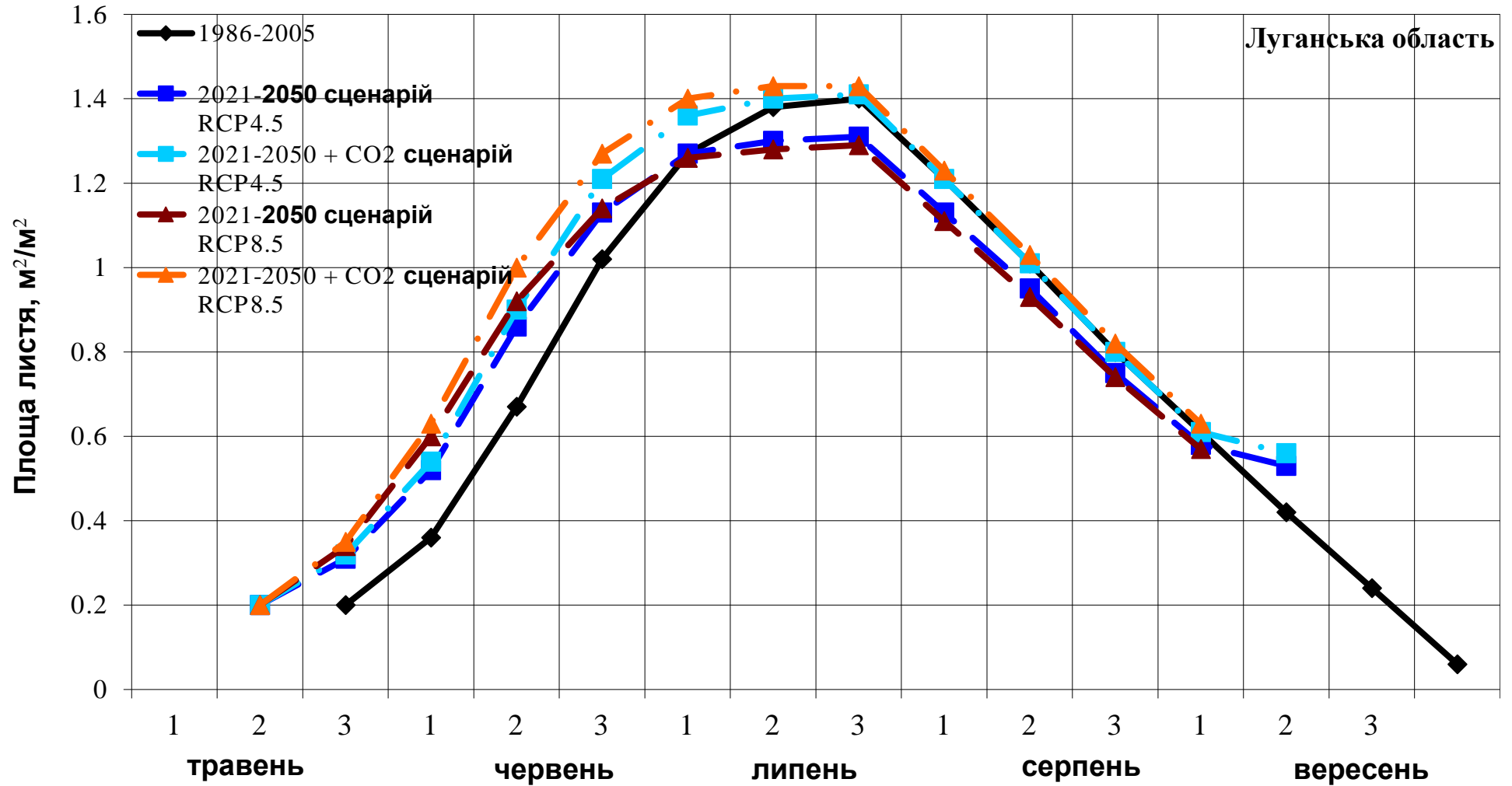


Рисунок 3.1 – Динаміка площі листя соняшнику за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями змін клімату *RCP4.5* і *RCP8.5*. . Луганська область.

посівів соняшнику за сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* за варіантами наводяться в табл. 3.3, а її динаміка впродовж періоду вегетації на рис. 3.2.

Середні багаторічні значення сухої маси соняшнику в базовий період були 438 г/м².

Розрахунки сухої маси за сценаріями *RCP4.5* і *RCP8.5* показують, що в середньому по області слід очікувати зменшення в усіх варіантах.

Так, в разі реалізації сценарію *RCP4.5* у варіанті «клімат» зменшення буде на 44%. У розрахунках за цим же сценарієм (рис. 3.2) у варіанті «клімат + CO₂» зменшення сухої біомаси становитиме 38%.

За реалізації сценарію *RCP8.5* розрахунки за варіантом «клімат» теж показують зменшення сухої маси рослин у порівнянні із середніми багаторічними на 42%. У розрахунках за цим же сценарієм (рис. 3.2) у варіанті «клімат + CO₂» зменшення сухої біомаси очікується на 31 % від середньої багаторічної.

Із змінами площі листя, сухої маси рослин відповідно змінюватиметься і значення фотосинтетичного потенціалу соняшнику (табл. 3.3 і рис. 3.3).

За базовий період значення фотосинтетичного потенціалу в середньому по області були 109 м²/м².

Розрахунки за обома сценаріями і по всіх варіантах показали, що в період з 2021 по 2050 рр. інтенсивність фотосинтетичного потенціалу за різними сценаріями і за варіантами буде такими:

- Значення фотосинтетичного потенціалу за сценарієм *RCP4.5* незначно але знижується у варіанті «клімат» і зростатимуть і становитиме у варіанті «клімат + CO₂» 113 м²/м², або на 4 % більше, ніж середній багаторічний (табл. 3.3, рис. 3.3).

- Розрахунки фотосинтетичного потенціалу за сценарієм *RCP8.5* показали (табл. 3.3, рис. 3.3), що в порівнянні із середніми багаторічними значеннями очікується незначне зменшення фотосинтетичного потенціалу

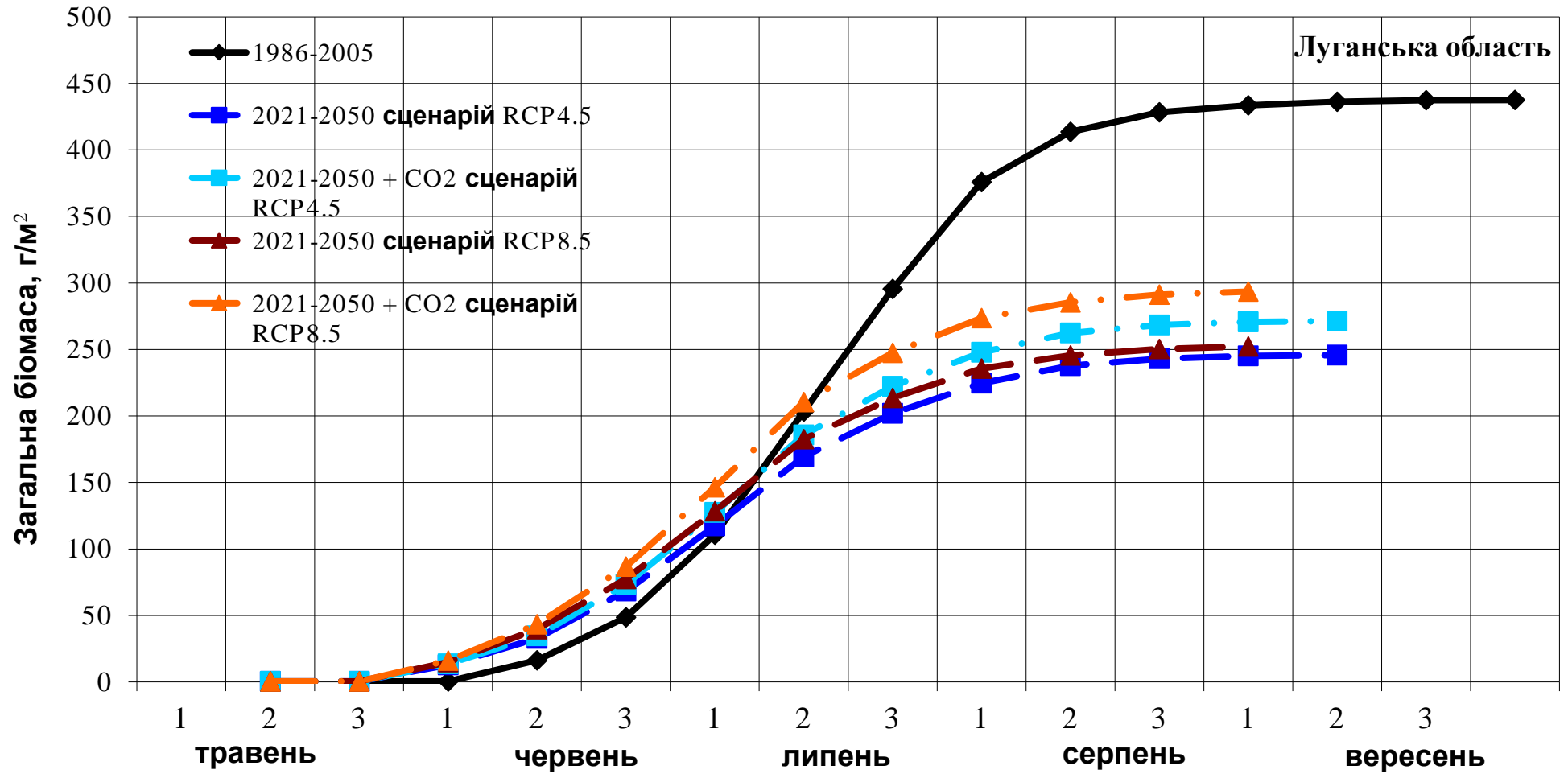


Рисунок 3.2 – Динаміка сухої маси соняшнику за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями змін клімату *RCP4.5* і *RCP8.5*. Луганська область.

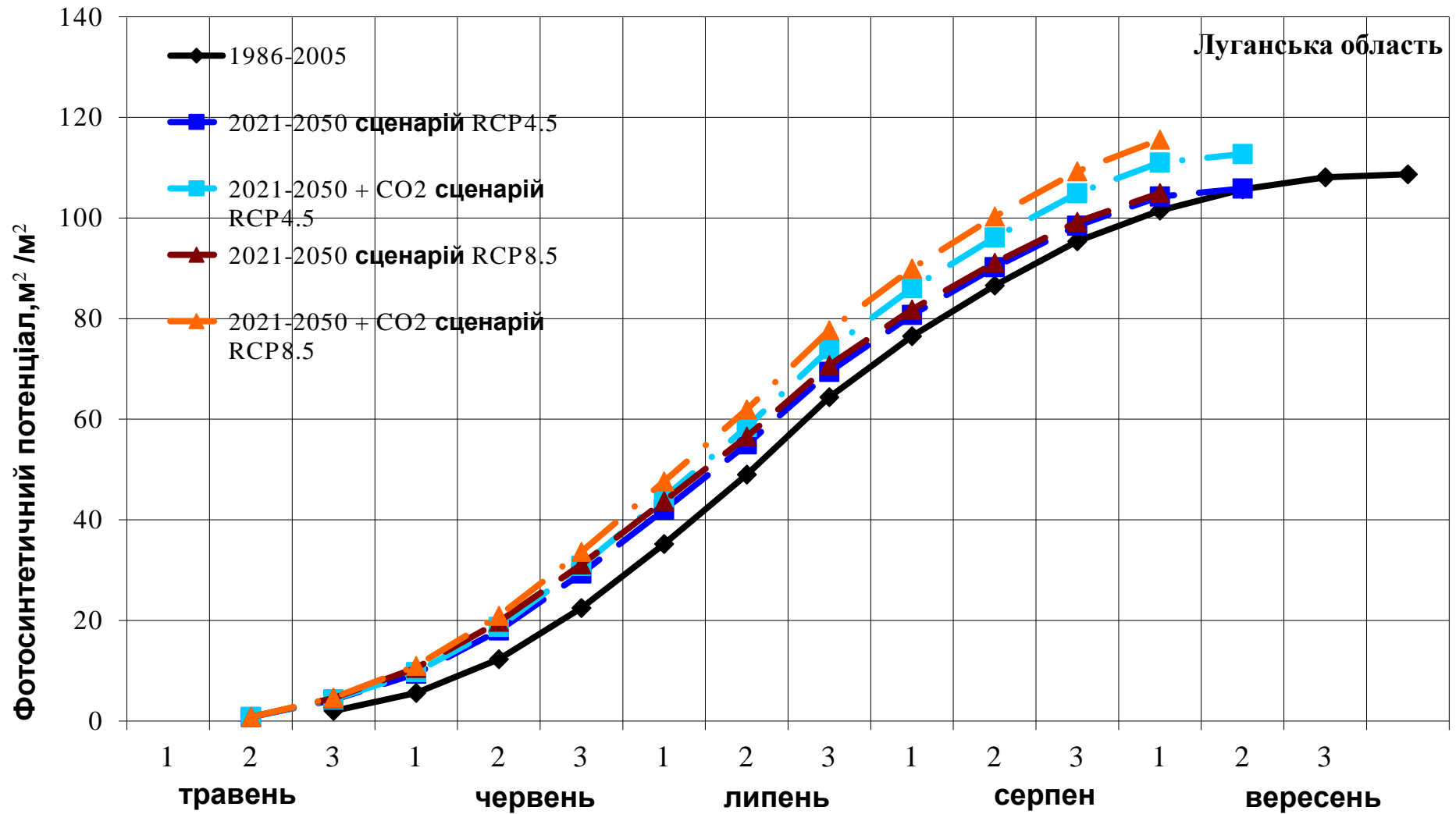


Рисунок 3.3 – Фотосинтетичний потенціал соняшнику за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями змін клімату *RCP4.5* і *RCP8.5*. Луганська область.

у варіанті «клімат» до $105 \text{ м}^2/\text{м}^2$, а у варіанті «клімат + CO_2 » очікуватиметься збільшення фотосинтетичного потенціалу на 5 %.

Ще одним показником фотосинтетичної діяльності рослин є чиста продуктивність фотосинтезу. Значення чистої продуктивності фотосинтезу на досліджуваній території за середніми багаторічними даними становили $70 \text{ г}/\text{м}^2$. (табл.3.3, рис. 3.4).

В разі реалізації сценарію *RCP4.5* чиста продуктивність фотосинтезу у варіантах «клімат» та «клімат + CO_2 » зменшиться на 29 і 28 $\text{ г}/\text{м}^2$ відповідно, якщо реалізується сценарій *RCP8.5*, то спостерігатиметься зменшення чистої продуктивності фотосинтезу в обох варіантах до 43 і 45 $\text{ г}/\text{м}^2$ відповідно.

Таким чином, за обома сценаріями очікується значна зміна агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності соняшнику. Оцінка коливань його урожайності показала, що при зміні клімату за сценаріями *RCP4.5* та *RCP8.5* будуть складуватися взагалі не дуже сприятливі умови для вирощування соняшнику.

3.2.4 Оцінка ризиків недобору врожаю насіння соняшника в 2021-2050 рр. в Луганській області

Розрахунки показали, що в період з 2021 по 2050 рр. очікуються окремі роки, коли погодні умови сприятимуть одержанню врожаю насіння соняшнику до 40-50 ц/га, і навпаки можливі дуже несприятливі умови, які будуть викликати зниження продуктивності посівів соняшнику, як слід тому врожай насіння може знижуватися до 5-10 ц/га.

Для оцінки ступеню вразливості території та кліматичного ризику великих неврожаїв соняшнику в Луганській області були виконані

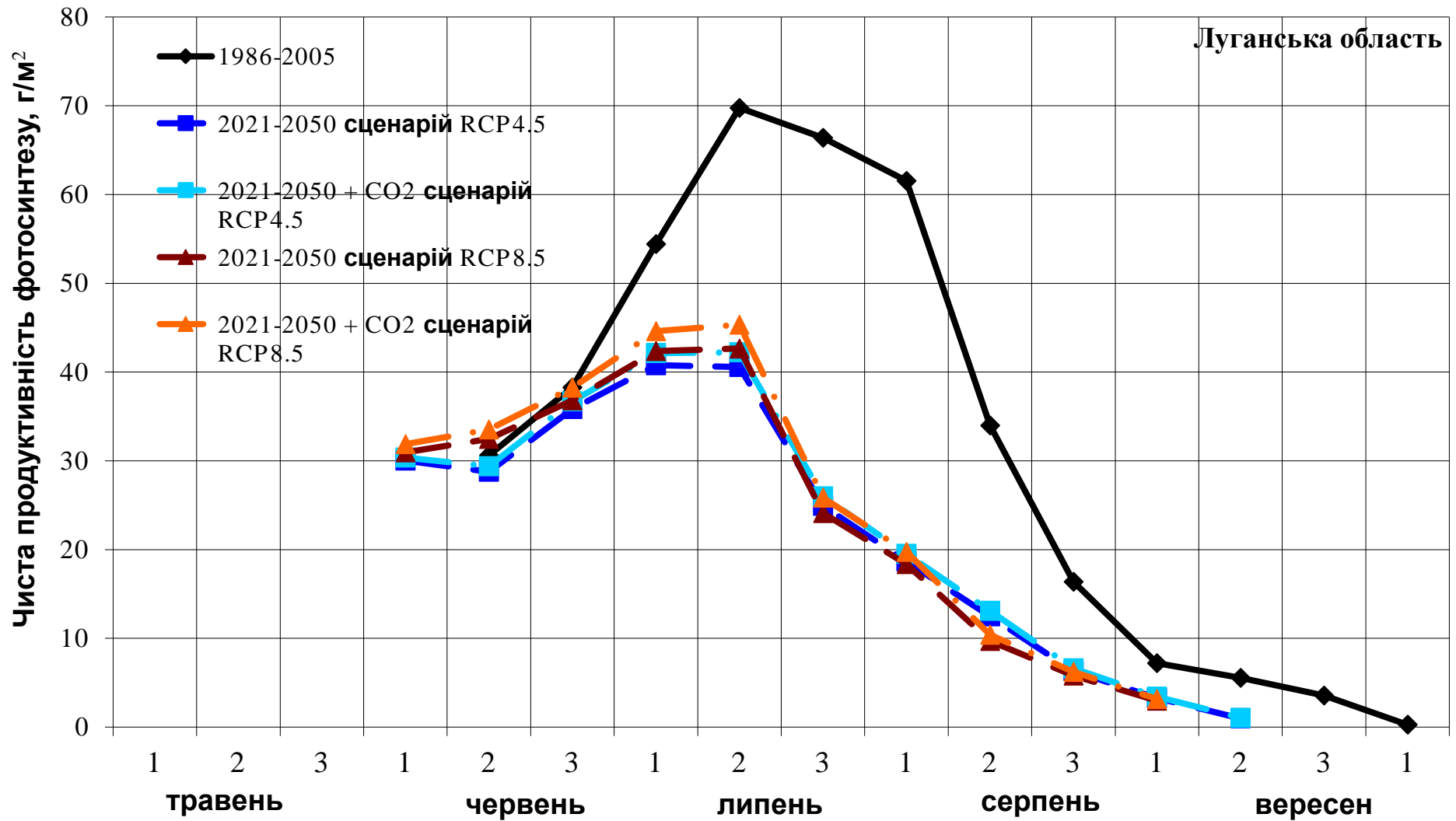


Рисунок 3.4 – Чиста продуктивність фотосинтезу соняшнику за середньо багаторічними даними (1986-2005 рр.) та за сценаріями зміни клімату *RCP4.5* і *RCP8.5*. Луганська область.

розрахунки очікуваних ризиків недобору врожаю насіння соняшника за сценаріями змін клімату *RCP4.5* та *RCP8.5* (рис. 3.5 і 3.6).

Як показують розрахунки за сценарієм зміни клімату *RCP4.5* (рис. 3.5) в Луганській області слід очікувати високі ризики недобору врожаю до 17,2 %.

В разі реалізації сценарію *RCP8.5* (рис. 3.6) повсюдно недобір врожаю очікується 18,0 %, що відповідає також високим ризикам недобору врожаю насіння соняшнику.



Рисунок 3.5 – Очікувані ризики недобору врожаю насіння соняшнику. Луганська область.
Сценарій RCP4.5. 2021 – 2050 рр.



Рисунок 3.6 – Очікувані ризики недобору врожаю насіння соняшнику. Луганська область.
Сценарій RCP8.5. 2021 – 2050 рр.

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті вивчені теоретичні питання щодо екологічних і агротехнічних умов вирощування соняшнику на сільськогосподарських угіддях Луганської області в кліматичних умовах, які склалися на рубежі 20-го - 21-го століть і очікуються до середини 21 століття, що дозволило вирішити ряд завдань інженерного характеру, а саме:

За допомогою наукової літератури підібрано змінні щодо культури соняшника для розрахунку по моделі: біологічний мінімум культури дорівнює 8 °С, оптимальна для фотосинтезу температура повітря становить 25 °С, найменша вологоємність у шарі ґрунту 0-100 см знаходиться в межах 107...200 мм, а запаси продуктивної вологи у цьому шарі ґрунту на початок розрахунків змінюються в залежності від механічного складу ґрунту від 126 до 151 мм, поточна концентрація CO₂ в атмосфері складає 380 ppm, очікувана приймається за сценарієм RCP4.5 470 ppm, а за сценарієм RCP8.5 - 520 ppm.

2. Вивчено модель водно-теплого режиму та формування продуктивності соняшнику. Отримані параметри формування врожаю соняшнику на основі даних спостережень гідрометеорологічних та агрометеорологічних станцій і постів Луганської області.

3. Встановлено, що сума ефективних температур за період сходи – збиральна стиглість дорівнює 1389 °С, а суми температур онтогенетичної кривої фотосинтезу та дихання відповідно 458 °С і 347 °С. Суми ефективних температур росту листя, стебел, кореня та корзинки становлять 278 °С 348 °С 348°С 861°С, відповідно, а сума ефективних температур початку росту корзинки – 349 °С.

4. Виконано розрахунки та аналіз настання дат сівби та основних фаз розвитку соняшнику. В період з 1986 по 2005 рр. сівбу проводили на початку травня, в період з 2021 по 2050 сівба буде раніше на 8...10 днів раніше, тому

й фази розвитку наставатимуть раніше. Очікується скорочення тривалості вегетації на 21...22 дні.

5. За результатами розрахунків проведено аналіз теплового режиму та теплозабезпеченості соняшнику. Очікувані погодні умови за обома кліматичними сценаріями через зростання дефіциту вологи і внаслідок значного підвищення температури повітря в період дозрівання будуть несприятливими для вирощування соняшнику на сільськогосподарських угіддях Луганської області.

6. Визначено основні показники фотосинтетичної діяльності посівів соняшнику за агрокліматичних умов Луганської області. Встановлено, що за обома сценаріями продуктивність посівів соняшнику очікуватиметься приблизно в два рази меншою за базову.

7. Дана оцінка очікуваних ризиків недобору врожаю насіння соняшника в Луганській області. Встановлено, що за обома сценаріями очікуватимуться високі ризики недобору врожаю: за сценарієм змін клімату RCP4.5 - 17 %, за сценарієм RCP8.5 - 18 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Агрокліматичний довідник по Луганській області / Гол. ред. Ю.М. Власов – Луганськ: ТОВ «Віртуальна реальність», 2011. – 216 с.
2. Агрокліматичний довідник по території України. / За ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенко. – Кам'янець - Подільськ, 2011. – 107 с.
3. Божко Л.Ю., Жигайло О.Л. Біологічні основи формування кількості та якості врожаю. Конспект лекцій. – Одеса, 2013. – 154 С.
4. Вирощування соняшнику в умовах посухи / Марія Ярошко, Німецький аграрний центр, за матеріалами семінару «Вирощування соняшнику» Йозефа Штангела // Агроном, 2012, №4, с. 86 – 90.
5. Жигайло О.Л., Жигайло Т.С. Оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування соняшнику в Україні // Український гідрометеорологічний журнал. – 2016, №17, С. 86–92
6. Гриднев Е.К., Фролова В.Ф. Интенсивная технология производства подсолнечника. – М.: Росагропромиздат, 1992. – 220 с.
7. Каталог сортів та гібридів зернових, зернобобових, олійних, кормових культур Селекційно-генетичного інституту. Вип. 1: Озима м'яка пшениця. Озима тверда пшениця. Ярий та озимий ячмінь. Кукурудза. Соняшник. Горох. / Укр. академія аграрних наук. - Одеса, 2010. – 121с.
8. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України. / За ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. – Одеса: Вид. «ТЕС», 2015– 520 с.
9. Ляшенко Г.В. Агрокліматическое районирование Украины по условиям увлажнения // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2005. – Вип. 49. – С. 274 – 284.
10. Мельник Ю.С. Климат и произрастание подсолнечника. – Л.: Гидрометеоздат, 1972. – 143с.

11. Мищенко З.А., Кирнасовская Н.В. Агроклиматическое районирование ресурсов влаги в почве под подсолнечником на территории Украины // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2005. - Вип. 49. - с. 305 -315.
12. Миусский П.Е., Наумов М.М., Русакова Т.И. О математической модели продукционного процесса подсолнечника // Межвед. научн. сб. Украины. – Метеорология и гидрология. – 1989. – Вып. 24. – с. 132-137.
13. Подсолнечник / Научные труды ВАСХНИЛ Под общей редакцией академика В.С. Пустовойта - М.: Колос, 1975. - 591 с.
14. Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. – Одеса: «Екологія», 2013. – 430 с.
15. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія. – Одеса: «ТЕС». – 2012. – 630 с.
16. Польовий А. М. Вплив антропогенних змін клімату на сільське господарство: конспект лекцій /А. М. Польовий. – Одеса : 2013. – 107 с.
17. Дьяков А.Б. Физиология подсолнечника [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
<http://vniimk.ru/files/text/Books/29035b60e9ffa1ab388890e5407a9ac3.PDF> -
Назва з екрана.
18. IS-ENES climate4impact portal. URL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://climate4impact.eu> - Назва з екрана.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

БАЗОВАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ
ПРОДУКТИВНОСТИ ПОДСОЛНЕЧНИКА

```

*****
с БАЗОВАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ
ПОДСОЛНЕЧНИКА
common
dww(15), os(15), ss(15), dv(15), inf(
50), ts(15)
common n, t0, n2, n1, fi
Character*4 a1, a2, a3, a4
real inf
integer t0, dv
kb=1
open
(unit=5, file='ModPod.dat', status=
'old', form='formatted')
Open
(UNIT=6, FILE='ModPod.res')
read(5, 100) kb
do 30 i=1, kb
read(*, 116) a1, a2, a3, a4
read(*, 1141)
read(*, 1141)
read(*, 100) n, t0, n1, n2, fi
read(*, 1141)
read(*, 102) (ts(j), j=1, n)
read(*, 1141)
read(*, 102) (dww(j), j=1, n)
read(*, 1141)
read(*, 102) (os(j), j=1, n)
read(*, 1141)
read(*, 101) (ss(j), j=1, n)
read(*, 1141)
read(*, 115) (dv(j), j=1, n)
read(*, 1141)
read(*, 101) (inf(j), j=1, 29)
read(*, 1141)
read(*, 1141)
read(*, 1141)

118 format(1x, 72('-'))
write(*, 118)
print *, 'Informazionniy
massiv, parametri modeli:'
write(*, 101) (inf(j), j=1, 29)
write(*, 119)
119 format(1x, 72('='))
write(*, 120)
120 format(1x, 'РЕЗУЛЬТАТЫ
РАСЧЕТОВ')
write(*, 119)
call dmpp
100 format(4i3, f6.2)
101 format(10f8.3)
102 format(14f5.1)
115 format(24i3)
116 format(4a4)
1141 format(4a20)
30 continue
stop
end
subroutine dmpp
dimension
11m(15), qm(15), ts1m(15), ts2m(15)
common
dww(15), ts(15), ss(15), dv(15), inf(
50), os(15)
dimension
j1m(15), gim(15), flm(15), ksi(15), g
amfm(15), blm(15),

read(*, 1141)
read(*, 1141)
read(*, 1141)
write(*, 119)
WRITE(6, 234)
WRITE(6, 236)
234 FORMAT(10X, ' БАЗОВАЯ
ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ')
236 FORMAT(10X, ' ФОРМИРОВАНИЯ
ПРОДУКТИВНОСТИ ПОДСОЛНЕЧНИКА)
write(*, 119)
write(6, 117)
117 format(10x, 'ВХОДНАЯ
ИНФОРМАЦИЯ')
write(6, 118)
write(*, 116) a1, a2, a3, a4
print *, 'Chislo dekad;
chislo dney ot 1-go janvarj; data
vsxodov'
print *, 'mesjz vsxodov;
schirota punkta:'
write(*, 100) n, t0, n1, n2, fi
print *, ' Summa osadkov za
dekadu (mm):'
write(*, 102) (ts(j), j=1, n)
print *, ' Sredn. za dekadu
defizit wlagnosti vozduxa (mb):'
write(*, 102) (dww(j), j=1, n)
print *, ' Sredn. za dekadu
tempstratura vozduxa (grad. C):'
write(*, 102) (os(j), j=1, n)
print *, ' Sredn. za dekadu
colnechn. radiazij, Wt/m2'
write(*, 101) (ss(j), j=1, n)
print *, ' Chislo dney v
rashetnoy deкаде:'
write(*, 115) (dv(j), j=1, n)

1
bsm(15), brm(15), bpm(15), aflm(15),
arlm(15), tss(150), ts11(15),
1
W0(15), x12(15), ab32(15), FCO(15), E
akt(15), E0(15), rd3(15),
1 rad(15)
real
ksi, llm, betxr, exr, eakxr, defwl, qxr
real*8 ksifl, top, td
integer t0, dv, gi, g2, gim
common n, t0, n1, n2, fi
real
m, ml, ms, mr, mp, ll, ls, lp, mu, ksifp, i
nf, j0, jj, mz, mg

drost(ts2, topt, cc)=(2.3026*(2./to
pt)*10.** (2.-(2./topt)*ts2)*
* 1000.*cc)/(1.+10.** (2.-
(2./topt)*ts2))**2

ff01(bk, b, jj)=bk*b*jj/(bk+b*jj)
j1=1
gi=0
ml=inf(1)
ms=inf(2)
mr=inf(3)
mp=inf(4)
sss=inf(25)
sss1=inf(26)
ll=inf(5)
ts2=0

```

```

      j2=0
c      write(*,331)ml,ms,mr,mp
331 format(1x,4f7.3)
      write(*,121)
121 format(' ')
      write(*,122)

      122 format(10x,'СУХАЯ БИОМАССА
ОПТЯНОВ,Г/М2')
      write(*,120)
      109
format(4x,'i''dek',1x,'i','cyt',2
x,'i',3x,'ml',3x,'i',3x,'ms',3x,
do 300 j=1,n

```

```

nn=dv(j)
do 310 i=1,nn
  ts1=ts(j)-inf(27)
  if(ts1.lt.0)ts1=0
  ts2=ts2+ts1
  tss(i+j2)=ts2
310 continue
  j2=j2+dv(j)
  ts11(j)=ts1
300 continue
do 99 j=1,n
  s1=0
  s2=0
  s3=0
  s4=0
  s5=0
  s6=0
  s7=0
  s8=0
  s9=0
  s10=0
  s11=0
  ts1=ts11(j)
  m=ml+ms+mr+mp
  fm=ml+ms
c      write(*,334)m
334 format(1x,f10.2)
  nn=dv(j)
do 400 i=1,nn
444 format(1x,i5,2x,f7.3)

```

```

c      nn=dv(j)
c      do 400 i=1,nn
c      444 format(1x,i5,2x,f7.3)
c      ts2=tss(gi+1)
cc      write(*,444)gi,tss(gi)
      DELTA=(-
23.4*cos(2*3.1428*((t0+gi)+10)/36
5))*0.017453
a=sin(0.017453*fi)*sin(delta)
b=cos(0.017453*fi)*cos(delta)
c      tz=12+3.8197*acos(-
a/b)
c      delta=0.017453*(0.473*(t0+gi)-
0.196e-2*(t0+gi)**2-0.407e-5*
c      *(t0+gi)**3-0.616)
c      a=sin(0.017453*fi)*sin(delta)
c      b=cos(0.017453*fi)*cos(delta)
      tz=12+3.8197*acos(-a/b)
      tv=24-tz
      s1=s1-delta
      s2=s2+a
      s3=s3+b
      s4=s4+tz
      s5=s5+tv
c      write(6,335)tv,delta
335 format(1x,2f8.2)
      al=-
100.*alog(inf(15))/(inf(8)**2)

```

```

Продовження додатку /
1'i',3x,'mr',3x,'i',4x,'mp',2x,'
',3x,'m',4x,'i',3x,'mg',4x,'i'
write(*,109)
print *,' mg - urogay pri
14% wladnosti semjнок, z/ga'
120 format(4x,70('-'))
write(*,120)

```

```

      ts2=tss(gi+1)
c+++++
c      do 300 j=1,n
c      nn=dv(j)
c      do 310 i=1,nn
c      ts1=ts(j)-inf(27)
c      if(ts1.lt.0)ts1=0
c      ts2=ts2+ts1
c      tss(i+j2)=ts2
c      310 continue
c      j2=j2+dv(j)
c      ts11(j)=ts1
c      300 continue
c      do 99 j=1,n
c      s1=0
c      s2=0
c      s3=0
c      s4=0
c      s5=0
c      s6=0
c      s7=0
c      s8=0
c      s9=0
c      s10=0
c      s11=0
c      ts1=ts11(j)
c      m=ml+ms+mr+mp
c      fm=ml+ms
cc      write(*,334)m
c      334 format(1x,f10.2)

```

```

      alf=exp(-al*((ts2-
inf(8))/10)**2)
      al=-
100.*alog(inf(16))/(inf(9)**2)
      arl=exp(-al*((ts2-
inf(9))/10)**2)
dml=drost(ts2,inf(10),inf(21))
dms=drost(ts2,inf(11),inf(22))
dmr=drost(ts2,inf(12),inf(23))
r1=ts2-inf(14)
if(r1.lt.0) goto 62
dmp=drost(r1,inf(13)-
inf(14),inf(24))
goto 63
62 dmp=0.0
63 s6=s6+alf
s7=s7+arl
s8=s8+dml
s9=s9+dms
s10=s10+dmr
s11=s11+dmp
gi=gi+1
400 continue
delta=s1/dv(j)
a=s2/dv(j)
b=s3/dv(j)
tz=s4/dv(j)
tv=s5/dv(j)
taud=tz-tv
afl=s6/dv(j)

```

```

    arl=s7/dv(j)
    dml=s8/dv(j)
    dms=s9/dv(j)
    dmr=s10/dv(j)
    dmp=s11/dv(j)
    dm=dml+dms+dmr+dmp

br=dmr/dm
bp=dmp/dm
c      if( n2.eq.1 ) goto 1
c      if( n2.eq.2 ) goto 2
c      if( n2.eq.3 ) goto 3
c      nn1=30-n1+1
c      if (gi.le.nn1) goto 7
c      if (gi.le.nn1+31) goto 8
c      td=0.873*tmax(j)-0.686
c      goto 9
c 1     nn1=31-n1+1
c      if (gi.le.nn1) goto 4
c      if (gi.le.nn1+30) goto 5
c      if (gi.le.nn1+61) goto 6
c      if (gi.le.nn1+91) goto 7
c      if (gi.le.nn1+122) goto 8
c      td=0.873*tmax(j)-0.686
c      goto 9
c 2     nn1=30-n1+1
c      if (gi.le.nn1 ) goto 5
c      if (gi.le.nn1+30) goto 6
c      if (gi.le.nn1+61) goto 7
c      if (gi.le.nn1+92) goto 8
c      td=0.873*tmax(j)-0.686
c      goto 9
c 3     nn1=31-n1+1
c      if (gi.le.nn1 ) goto 6
c      if (gi.le.nn1+30) goto 7
c      if (gi.le.nn1+61) goto 8
c      td=0.873*tmax(j)-0.686
c      goto 9
c 4     td=tmax(j)-3.

qxr=((j0*(taud*60))/0.52)*dv(j)*0
.001
c      if(qxr.lt.60) qxr=60
cccccc RBxar=((0.72*qxr)-
(dv(j)*50*0.001))/dv(j)
C+++++
q=12.66*ss(j)**1.31+315.0*(a+b)**
2.1
q=25*((1/taud)+ss(j))**1.11)*exp
(-0.4*ss(j)/taud)+(413*(1
cccccccccc 4-exp(-
(ss(j)+0.606)))*(exp(-0.4(1-
ss(j)/taud)*(a+b)**1.4)))
ccc 9
q=((srad(j)/0.71)/697)*(taud*60)
c      if(ss(j).lt.30)ss(j)=30

C 9
q=((ss(j))/697)*(taud*60)

C      j0=0.52*q/(taud*60)

c      9
q=((ss(j))/697)*(taud*60)

c      j0=0.52*q/(taud*60)
C      rad(j)=(q/(taud*60))*697
cccccccccc
qwt(j)=q/(taud*60)
c      j0=0.52*q/(taud*60)
c      qwt(j)=q/(taud*60)

cccccccccc XFAR(j)=j0

```

```

Продовження додатку А
c
write(6,336)dml,dms,dmp,dmr,dm
336 format(1x,5f10.3)
      bl=dml/dm
      bs=dms/dm

c      goto 9
c 5      td=0.835*tmax(j)-1.365
c      goto 9
c 6      td=0.856*tmax(j)-1.008
c      goto 9
c 7      td=0.891*tmax(j)-1.081
c      goto 9
c 8      td=0.823*tmax(j)+0.559
C*****
*****
C=====
c      Raschet intensivnosti
colnechnoy radiazii i FAR

q=25*((1/taud)+ss(j))**1.11)*exp
(-0.4*ss(j)/taud)+(413*(1
cccccccccc 4-exp(-
(ss(j)+0.606)))*(exp(-0.4(1-
ss(j)/taud)*(a+b)**1.4)))
ccc 9
q=((srad(j)/0.71)/697)*(taud*60)
C
if(ss(j).lt.30)ss(j)=30
9      q=((ss(j))/697)*(taud*60)

      j0=0.52*q/(taud*60)
cccccccccc
qwt(j)=q/(taud*60)
c      j0=0.52*q/(taud*60)
c      qwt(j)=q/(taud*60)

cccccccccc XFAR(j)=j0
cccccccccccc FAR(j)=0.52*q

```

```

Продовження додатку А
cccccccccccc FAR(j)=0.52*q
C
qxr=((j0*(taud*60))/0.52)*dv(j)*0
.001
c      if(qxr.lt.60) qxr=60
cccccc RBxar=((0.72*qxr)-
(dv(j)*50*0.001))/dv(j)
C+++++
q=12.66*ss(j)**1.31+315.0*(a+b)**
2.1
q=25*((1/taud)+ss(j))**1.11)*exp
(-0.4*ss(j)/taud)+(413*(1
cccccccccc 4-exp(-
(ss(j)+0.606)))*(exp(-0.4(1-
ss(j)/taud)*(a+b)**1.4)))
ccc 9
q=((srad(j)/0.71)/697)*(taud*60)
c      if(ss(j).lt.30)ss(j)=30

C 9
q=((ss(j))/697)*(taud*60)

C      j0=0.52*q/(taud*60)

c      9
q=((ss(j))/697)*(taud*60)

c      j0=0.52*q/(taud*60)
C      rad(j)=(q/(taud*60))*697
cccccccccc
qwt(j)=q/(taud*60)
c      j0=0.52*q/(taud*60)
c      qwt(j)=q/(taud*60)

cccccccccc XFAR(j)=j0

```

Продовження додатку А

```

exr=16.7*((0.74*qxr)-
(dv(j)*20*0.001))
eakxr=(2*inf(29)+(os(j)))/
1(1+(2*(inf(7)-
0)))/(betxr*exr)
IF(EAKXR.GT.exr)EAKXR=exr

w0(j)=inf(7)+os(j)-eakxr
defwl=os(j)-exr+inf(7)
if(defwl.gt.0)defwl=0
cccccccc dWPO(j)=(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-
0.25*inf(11)+7.4)
cccccccc
WPO(j)=inf(11)+(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-
0.25*inf(11)+7.4)
cccccccc if(WPO(j).lt.0)
WPO(j)=0
c=====
go to 2002
2001 continue
c
epot(j)=(0.65*dww(j)*dv(j)*0.75)
cc x12(j)=(ts2/inf(3))
ccc betxr=0.89554-
1.2546*x12(j)+20.303*(x12(j))**2-
60.042*(x12(j))
ccc 2**3+65.887*(x12(j))**4-
24.840*(x12(j))**5
betxr=0.6
cccc exr=16.7*((0.74*qxr)-
(dv(j)*60*0.001))
exr=16.7*((0.74*qxr)-
(dv(j)*20*0.001))
ccc exr=16.7*((0.74*qxr)-
(0.75*dv(j)*60*0.001))
eakxr=(2*w0(j)-
1)+(os(j)))/
1(1+(2*(inf(7)-
0)))/(betxr*exr)
IF(EAKXR.GT.EXR)EAKXR=EXR

if(eakxr.lt.(0.2*exr))eakxr=0.2*exr

cc filt(j)=w0(j-1)+os(j)-
inf(1)-eakxr
cc
if(filt(j).lt.0.)filt(j)=0
w0(j)=w0(j-1)+os(j)-eakxr
c dWPO(j)=(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-0.25*WPO(j-
1)+7.4)
cccc WPO(j)=WPO(j-1)+(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-0.25*WPO(j-
1)+9.4)
cccc if(WPO(j).lt.0) WPO(j)=0
defwl=os(j)-exr+W0(j-1)

c f0l=ff0l(sss,sss1,jj)

f0l=(inf(25)*inf(26)*jj)*FCO(j)/(
inf(25)+inf(26)*jj)
ftl=af1*f0l*ksifl*gamf
fl=0.68*ftl*ll*taud*0.1
dmm=fl-
arl*(0.015*m+0.20*fl)
ab32(j)=dmm*dv(j)
v1=0.3*ml*ts1/(tss(j2)-
2.*inf(10))

```

```

if(eakxr.lt.(0.2*exr))eakxr=0.2*exr
xr
ccc Eakxr=Eakt(j)
ccc exr=E0(j)
cccccccc
filt(j)=inf(7)+os(j)-inf(1)-eakxr
cccccccc
if(filt(j).lt.0.)filt(j)=0

if(defwl.gt.0)defwl=0
top=inf(28)

ksifl=((ts(j)+10)/32)**(0.11174*(
ts(j)-top)/10)*
6 ((36-
ts(j))/14)**(0.9041*(ts(j)-
top)/10)
c ****uvcvjic
if(ksifl.gt.1)ksifl=1
if(ksifl.lt.0.1)
ksifl=0.1
c+++++
cc RASCHET FUNKZIY VLIJNIJ
UVLAGJNENIJ PO RASCHITANNOY
VLAGJNOSTI POCHVI
c2002 x11(j)=(ts2/inf(6))
c if(x11(j).lt.0.1)
Wtp=0.65
c
if(x11(j).gt.0.1.and.x11(j).lt.0.
75)Wtp=0.75
c if(x11(j).gt.0.75)
Wtp=0.65
c wtopt2=inf(7)
c xw1=W0(j)/(wtp*inf(7))
c xw2=W0(j)/Wtopt2
c if(xw2.gt.1.1)xw2=1.1
c if(W0(j).gt.Wtopt2)gamf=-
0.654+3.824*xw2-
2.633*(xw2**2)+0.467*
c 7(xw2**3)
c
if(W0(j).lt.(wtp*inf(7)))gamf=-
1.163*(xw1**2)+2.187*(xw1)
c
if(W0(j).gt.(wtp*inf(7)).and.W0(j)
).lt.Wtopt2)gamf=1.0
c if(gamf.gt.1)gamf=1
c if(gamf.lt.0.1)gamf=0.1
c+++++
2002 w1=w0(j)/inf(7)

if(inf(7).le.85)gamf=2.899*exp(-
0.9117*w1)-3.64*exp(-2.73*w1)

if(inf(7).gt.85)gamf=4.200*exp(-
0.703*w1)-5.48*exp(-1.648*w1)
if(gamf.gt.1)gamf=1
if(gamf.lt.0.1)
gamf=0.1
jj=j0/(1.+0.5*11)

v2=0.3*ms*ts1/(tss(j2)-
2.*inf(11))
v3=0.3*mr*ts1/(tss(j2)-
2.*inf(12))
if(ts2.lt.2*inf(10))v1=0
if(ts2.lt.2*inf(11))v2=0
if(ts2.lt.2*inf(12))v3=0
ml=ml+(bl*dmm-v1)*dv(j)
ms=ms+(bs*dmm-v2)*dv(j)
mr=mr+(br*dmm-v3)*dv(j)

mp=mp+(bp*dmm+v1+v2+v3)*dv(j)

```

Продовження додатку А

```

c      rd3(j)=mp*0.75*1.14*0.1
      mg=mp*0.65*1.14*0.1
c      write(6,337)ml,ms,mp,mr
      337 format(1x,4f10.3)
      if((bl*dmm-v1)*dv(j).ge.0)
ll=ll+(bl*dmm-v1)*dv(j)/inf(20)
      if((bl*dmm-v1)*dv(j).lt.0)
ll=ll+(bl*dmm-
vl)*dv(j)/(inf(20)*0.3)
      if(ll.lt.0) ll=0.001
      jlm(j)=j
      gim(j)=gi
      flm(j)=fl
      ksi(j)=ksifl
      gamf(j)=gamf
      blm(j)=bl
      bsm(j)=bs
      brm(j)=br
      bpm(j)=bp
      aflm(j)=afl
      arlm(j)=arl
      llm(j)=ll
      qm(j)=q
      rd3(j)=mg
      tslm(j)=tsl
      ts2m(j)=ts2
cccc      Eakxr=Eakt(j)
cccccccc      Eakt(j)=Eakxr
cccccccc      exr=E0(j)

write(6,151)jlm(ji),gim(ji),llm(j
i),qm(ji),ab32(ji),ts2m(ji)
      1,flm(ji),ksi(ji),gamf(ji)
      154 continue
      151
format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,
'i',f5.2,
1'i',f8.3,'i',f7.3,3x,'i',f8.3,'i
',f6.3,'i',f7.3,'i',1x,f5.2,'i')
      write(*,121)
      write(*,140)
      write(*,153)
      153 format(15x,'Ростовые
функции, онтоген кривая фотосинт
и дыхания')
      write(*,140)
      write(*,149)
      write(*,140)
      149
format(4x,'i','DEK',1x,'i',1x,
'CYT',1x,'i',3x,'bl',3x,'i',
13x,'bs',3x,'i',3x,'br',3x,'i',3x
,'bp',3x,'i',2x,'afl',2x,'i',3x,
1'arl',3x,'i',2x,'W0
',2x,'i')
      do 141 i5=1,j1

write(6,150)jlm(i5),gim(i5),blm(i
5),
      1
bsm(i5),brm(i5),bpm(i5),aflm(i5),
arlm(i5),W0(i5)
      141 continue
      write(*,140)
      150
format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,
'i',2x,
1f5.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',2x,f5
.3,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',
11x,f5.3,1x,'i',1x,f5.3,3x,'i',1x
,f5.1,3x,'i')
      140 format(4x,70('-'))
c=====
      write(*,140)
      write(*,253)

```

```

E0(j)=exr
write(*,139)j,gi,ml,ms,mr,mp,m,mg
      139
format(4x,'i',i5,'i',i3,2x,'i',f7
.3,1x,'i',1x,f7.3,'i',1x,f7.3,
1'i',f8.3,'i',f8.3,'i',f8.3,'i')
      j1=j1+1
      99 continue
      write(*,120)
      j1=j-1
      write(*,121)
      write(*,170)
      170 format(10x,'Площадь
листьев, радиация, суммы т-
р, функции влияния')
      write(*,140)
      write(*,143)
      143
format(4x,'i','dek',1x,'i','cyt',
2x,'i',2x,'LL',1x,'i',3x,'q',4x,
1'i',2x,'DM(g/m2)',i',3x,'ts2',2
x,'i',2x,'fl',2x,'i',1x,'ksifl',1
x
1,'i','gamf','i')
      write(*,140)
      do 154 ji=1,j1

```

Продовження додатку А

```

      253
format(15x,'влагопотребление, влаго
потребность, влагообеспеченность')
      write(*,140)
      write(*,249)
      write(*,140)
      249
format(4x,'i','DEK',1x,'i',1x,
'CYT',1x,'i',3x,'Os',3x,'i',
13x,'Eakt',3x,'i',3x,'E0r',3x,'i',
3x,'bp',3x,'i',2x,'afl',2x,'i',3
x,
1'arl',3x,'i',2x,'rad
',2x,'i')
      do 241 i5=1,j1

write(6,250)jlm(i5),gim(i5),Os(i5
),
      1
Eakt(i5),E0(i5),bpm(i5),aflm(i5),
arlm(i5),rad(i5)
      241 continue
      write(*,140)
      250
format(4x,'i',i3,1x,'i',1x,i3,1x,
'i',2x,
1f5.1,1x,'i',2x,f5.1,1x,'i',2x,f5
.1,1x,'i',2x,f5.3,1x,'i',
11x,f5.3,1x,'i',1x,f5.3,3x,'i',1x
,f5.1,3x,'i')
c 140 format(4x,70('-'))

c=====
C      CLOZE (UNIT=6)
      return
      end

```

ДОДАТОК Б

 =====
 БАЗОВАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ
 ПОДСОЛНЕЧНИКА
 =====

Lyganck sr 2005

Число декад; число дней от 1-го января; дата всходов
 месяц всходов; широта пункта
 14142 21 5 49.03
 Summa osadkov za dekadu (mm):'
 24.0 16.0 18.0 23.0 25.0 13.0 25.0 15.0 10.0 13.0 20.0 19.0 14.0 11.0
 Sredn. za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb):'
 08.0 09.0 10.0 08.0 10.0 11.0 10.0 11.0 10.0 09.0 07.0 06.0 05.0 04.0
 Sredn. za dekadu tempratura vozduxa (grad. C):'
 16.2 17.9 19.7 19.8 20.9 21.2 21.7 21.3 19.6 18.2 15.8 14.0 12.0 10.1
 Sredn. za dekadu chislo chasov solnechnogo sijnij (chasi):'
 10.0 09.0 09.0 09.0 10.0 11.0 11.0 10.0 10.0 09.0 07.0 07.0 06.0 06.0
 Korrektir. koefitsient wlaooobespechennosti (otn.ed.):'
 000.610 000.530 000.450 000.870 000.760 000.570 000.720 000.470 000.400
 000.170
 000.500 000.800 000.200 000.200
 Chislo dnei v raschetnoy deкаде: '
 10 10 10 10 10 10 11 10 10 11 10 10 10 10
 Informazionniy massiv, parametri modeli (inf):'
 00.14 00.10 0.16 0.00 0.20 1389.00 0150.00 458.00 347.00
 278.00
 348.00 348.00 861.00 349.00 0.50 0.50 380.00 380.00 2.00
 35.00
 0.21 0.41 0.26 0.08 20.00 195.00 08.00 25.00 147.00
 0.10
 inf(1)-Inf(4) начальные массы листьев, стеблей, корней,
 колосьев; inf(5)-начальная площадь листьев; inf(6) сумма
 температур за период всходы (воз.вегет.) - воск спелость
 inf(7)- Наим. влагоемкость в слое 0-100 см; inf(8)-Сумма т-р
 для альфа Ф; inf(9) - сумма т-р для альфа Р; inf(10) -inf(13) -
 суммы т-р для ростовых функций листьев, стеблей,
 корней, колосьев; inf(14)-сумма т-р для начала роста колоса;
 inf(15)-начало кривой альфа Ф; inf(16)-начало кривой альфа Р;
 inf(17)- ожидаемая концентрация CO2;
 inf(18) - текущая концентрация CO2; inf(19) равно 2; inf(20)-
 удельн. поверхностная плотность листьев; inf(21)-inf(24)- доля
 листьев, стеблей, корней, колосьев при созревании; inf(25)-
 плато световой кривой фотосинтеза;
 inf(26)- наклон световой кривой фотосинтеза; inf(27) -
 биологический нуль культуры; inf(28) -оптимальная для
 фотосинтеза температура воздуха;
 inf(29)- запасы влаги в почве на начало расчета в слое 0-100
 см; inf(30) - величина, которая характеризует количество (долю)
 продуктов распада при старении листьев