

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської та
аспірантської підготовки
Кафедра агрометеорології та
агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Продуктивність соняшнику на фоні кліматичних змін:
аналіз і прогноз**

Виконав студент 2 курсу групи МНЗ-2а
спеціальності 103 «Науки про Землю»,

(шифр і назва)

Освітня програма Агрометеорологія

(назва)

Кацмаза Віталій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к. геогр. н., доцент

Жигайло Олена Леонідівна

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

Консультант _____

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

Рецензент к. геогр. н., доцент

Боровська Галина Олександрівна

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

Одеса 2018 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агрометеорології та агроекології
Польовий А.М.
« 29 » жовтня 2018 року

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

Кацмазі Віталію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Продуктивність соняшнику на фоні кліматичних змін: аналіз і прогноз

керівник роботи Жигайло Олена Леонідівна, к. геогр. н, доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 5 » жовтня 2018 року № 271 «С»

2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2018 року

3. Вихідні дані до проекту 1. Агрокліматичні дані по Сумській області за 1986-2005 рр.; 2. Кліматичні сценарії А2 і А1В; 3. Програма динамічної моделі водно-теплового режиму та продуктивності соняшнику.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Вивчити основні підходи до оцінки чутливості кліматичної системи до збурень, вплив змін клімату на сільськогосподарське виробництво; 2) Описати біологічні особливості культури соняшнику, умови його вирощування; 3) Описати динамічну модель водно-теплового режиму та продуктивності соняшнику; 4) Вивчити фізико-географічні умови Волинської області 5) Оцінити зміну агрокліматичних умов вирощування соняшнику у зв'язку зі змінами клімату в Сумській області; 6) Проаналізувати імовірність врожайності соняшнику в залежності від змін клімату; 7) Оцінити перспективи вирощування соняшнику на досліджуваній території.

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

Графіки динаміки відносної площі листової поверхні соняшнику за умовами кліматичних періодів: 1986-2005 рр.; 2011-2030 рр.; 2031-2050 рр.

Графіки динаміки чистої фотосинтетичної продуктивності соняшнику за умовами кліматичних періодів: 1986-2005 рр.; 2011-2030 рр.; 2031-2050 рр.

Графіки динаміки загальної сухої біомаси соняшнику за умовами кліматичних періодів: 1986-2005 рр.; 2011-2030 рр.; 2031-2050 рр.

Графіки забезпеченості ймовірних урожаїв соняшнику за умовами кліматичних періодів: 2011-2030 рр.; 2031-2050 рр.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 29 жовтня 2018 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи | Термін виконання етапів роботи | Оцінка виконання етапу | |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------|
| | | | у % | за 4-х бальною шкалою |
| 1 | Отримання завдання. Огляд літературних джерел. Формування банку даних. Оформлення текстової частини першого розділу магістерської роботи | 29.10.2018 р. - 02.11.2018 р. | 80 | 4(добре) |
| 2 | Вивчення алгоритму моделі формування продуктивності соняшнику. Розв'язок задач дослідження на ПЕОМ | 03.11.2018р. - 10.11.2018р. | 80 | 4(добре) |
| 3 | Проведення чисельних розрахунків на ПЕОМ. Оформлення текстової частини другого та третього розділів магістерської роботи. | 11.11.2018р. - 18.11.2018р. | 80 | 4(добре) |
| 4 | Рубіжна атестація | 19.11.2018 р. - 24.11.2018 р. | 80 | 4(добре) |
| 5 | Побудова табличного та графічного матеріалу. Аналіз отриманих розрахунків. Оформлення текстової частини четвертого розділу магістерської роботи | 25.11.2018р. - 10.12.2018р. | 84 | 4(добре) |
| 6 | Підготовка паперової версії магістерської кваліфікаційної роботи. | 11.12.2018 р. - 13.12.2018 р. | 84 | 4(добре) |
| 7 | Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника. | 14.12.2018 р. | 80% | 4(добре) |
| 8 | Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту | | - | |
| | Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам) | | 82,0 | |

Студент _____ Кацмаза В.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Жигайло О.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кацмаза В.С. «Продуктивність соняшнику на фоні кліматичних змін: аналіз і прогноз»

Кліматичні зміни, що відбуваються нині, істотно змінюють агрокліматичний потенціал території, впливаючи тим на ефективність сільського господарства. Тому АПК України має ефективно адаптуватися до майбутніх змін клімату, адже від цього передусім залежить продовольче забезпечення людства. Процес пристосування до нових умов природного середовища, безумовно, буде найбільш ефективним виключно за прогнозування очікуваного становища, тому особливо актуальним постає передбачення майбутніх наслідків природно-кліматичних перемін на вирощування та продуктивність провідних сільськогосподарських культур.

Мета роботи – оцінити вплив змін клімату на агрокліматичні ресурси та врожай насіння соняшнику в Сумській області.

Основні задачі:

- Виконати розрахунки агрокліматичних показників та скласти аналіз агрокліматичних умов вирощування соняшнику в умовах кліматичних змін ;
- Провести чисельні розрахунки й оцінити в умовах кліматичних змін фотосинтетичну продуктивність соняшнику.

Об'єктом досліджень є формування продуктивності соняшнику в умовах змін клімату. Предмет досліджень – вплив агрокліматичних умов на основні фотосинтетичні показники соняшника: площу листя, чисту продуктивність фотосинтезу, приріст, біомасу.

Для виконання розрахунків та порівняння результатів використовувалась математична модель продукційного процесу соняшнику.

Досліджено формування продуктивності соняшнику, надана оцінка коливання врожайності насіння соняшнику на сільськогосподарських угіддях Сумської області.

Переміна клімату обумовить зміни агрокліматичних умов вегетації соняшнику, що викликає необхідність адаптації до цих змін. Насамперед ретельно підбирати сорти та гібриди соняшнику, які будуть адаптовані до умов Сумської області.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Загальний обсяг роботи 85 сторінок, 8 рисунків, 7 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 21 найменування.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: клімат, температура повітря, опади, теплозабезпеченість, вологозабезпеченість, соняшник, фотосинтетичні показники, продуктивність, урожай.

SUMMARY

Katsmaza V.S. Sunflower Productivity Against Climate Change: Analysis and Forecast - Manuscript.

Climate change is occurring now, significantly changing agro-climatic potential of the territory by influencing the efficiency of agriculture. Because AIC Ukraine has effectively adapted to future climate change, because it depends primarily on food security of mankind. The process of adaptation to the new conditions of the environment will certainly be most effective only at forecasting the expected position, as appears particularly relevant predictions of future consequences of climatic changes on the growth and performance of the leading crops.

The aim is to assess the impact of climate change on agro-climatic resources and harvest of sunflower seeds in the Sumy region.

Main tasks:

- Perform calculations agro-climatic indicators and analysis of agro-climatic conditions make sunflowers growing in terms of climate change;
- Carry out numerical calculations and assess in terms of climate change photosynthetic productivity of sunflower.

The object of the research is to develop the productivity of sunflower in a changing climate. Subject of research - the impact of agro-climatic conditions in the main photosynthetic parameters sunflower leaf area, net photosynthetic productivity, growth, biomass.

To perform calculations and compare the results used mathematical model of the sunflower production process.

Formation of productivity of sunflower, the estimation of yield fluctuations sunflower seeds in farmland Sumy region in a changing climate.

Climate change should cause a change of agro-climatic conditions of vegetation sunflower, which makes it necessary to adapt to these changes. First glean sunflower varieties and hybrids, which are most adapted to conditions in Sumy region.

The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, list of references and attachments. Full work is 85 pages, 8 graphics, 7 tables. The list of used literary sources contains 21 items.

KEY WORDS: climate, air temperature, precipitation, heat provision, moisture provision, sunflower, photosynthetic indicators, productivity, harvest.

ЗМІСТ

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП | 6 |
| 1 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ВИРОБНИЦТВО | 8 |
| 1.1 Вплив господарської діяльності людини на зміни клімату..... | 8 |
| 1.2 Можливі наслідки глобального потепління..... | 12 |
| 1.3 Сценарії можливих змін клімату на території України..... | 16 |
| 2 СОНЯШНИК В СВІТОВІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ | 23 |
| 2.1 Характеристика біологічних особливостей соняшнику (Helianthus annuus L.)..... | 27 |
| 2.2 Вимоги соняшнику до факторів довкілля. Сорти і гібриди. | 30 |
| 3 МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯШНИКУ | 35 |
| 4 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ В СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ | 41 |
| 4.1 Ґрунтово-кліматична характеристика Сумської області..... | 41 |
| 4.1.1 Основні ґрунти Сумської області..... | 41 |
| 4.1.2 Кліматичні умови Сумської області..... | 43 |
| 4.2 Оцінка агрокліматичних умов вирощування соняшнику в зв'язку зі змінами клімату..... | 45 |
| 4.3 Оцінка фотосинтетичної продуктивності соняшнику в зв'язку зі змінами клімату..... | 52 |
| 4.4 Ймовірність урожаїв соняшнику за умов змін клімату..... | 64 |
| ВИСНОВКИ | 68 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 70 |
| ДОДАТКИ | 72 |

ВСТУП

Зміни клімату – одна з основних глобальних проблем. Згідно сучасних уявлень ключові зміни клімату в ХХ ст. пов'язані з антропогенним впливом на Земну кліматичну систему. В рази більші кліматичні зміни прогнозуються в ХХІ ст. за умов зростаючого антропогенного навантаження [6].

При зміні клімату відбувається зміна природних ресурсів. 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 [6].

Сільське господарство в усьому Світі має пристосуватися до нових умов глобального потепління з метою забезпечення продовольчої безпеки людства, що є абсолютно неможливим без прогнозування майбутніх чинників. Тому як ніколи актуальним стає питання визначення впливу очікуваних змін клімату на агрокліматичні умови вирощування, продуктивність та валовий збір урожаю.

Україна займає лідируючі позиції в рейтингу світових виробників і експортерів насіння соняшнику. Питома вага країни у виробництві олійної становить 50%.

В даний час посівні площі під соняшником в Україні вже досягли максимальних розмірів. Тому потенціал збільшення виробництва олійної закладений в інтенсифікації виробництва, тобто в підвищенні рівня агротехнологій, в першу чергу зусилля повинні бути спрямовані на підвищення врожайності олійної [6].

Ціль магістерської роботи – оцінити вплив змін клімату на зміни агрокліматичних ресурсів та продуктивність соняшнику в Сумській області.

Основні задачі:

- Виконати розрахунки агрокліматичних показників та оцінити зміни агрокліматичних умов вирощування соняшнику в зв'язку зі змінами клімату;
- Провести чисельні розрахунки й оцінити фотосинтетичну продуктивність та коливання урожайності соняшнику в зв'язку зі змінами клімату.

Теоретичною основою при виконанні кваліфікаційної роботи є динамічна модель водно-теплогового режиму та продуктивності посівів соняшнику[15].

Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату використані сценарії *A1B* і *A2* змін клімату в Україні. Аналіз тенденції змін клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичними сценаріями та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників для Сумської області за три періоди: 1986 – 2005 рр. (базовий період) [1], 2011 – 2030 рр.; 2031-2050 рр. (за сценаріями).

1 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ВИРОБНИЦТВО

1.1 Вплив господарської діяльності людини на зміни клімату

Господарська діяльність людей завжди мала вплив на навколишнє середовище. На початковій стадії розвитку цивілізації за невеликої чисельності населення і обмеженості технічних засобів ці впливи мали локальний характер. Із зростанням чисельності населення і переходом до великих промислових виробництв почався прогресуючий вплив на природу, включаючи атмосферу а, отже, і на клімат [14].

Безперервна зміна меж рослинного покриву за умов інтенсивного розвитку агропромислового комплексу, вирубки лісів, що особливо інтенсивно почалось з другої половини ХХ ст., призвела до опустелювання великих площ земної поверхні, як це спостерігається в деяких районах Африки, Азії, Південної Америки. До цього слід додати осушення боліт на великих просторах, створення крупних водосховищ. Все це призвело до зміни теплофізичних властивостей і відбиваючої здатності підстильної поверхні, вологовмісту повітря, надходження кисню в атмосферу.

На думку ряду спеціалістів, найбільш потужний вплив на клімат в індустріальну епоху відбувся в результаті змін газового складу атмосфери. В зв'язку з цим для пояснення глобального потепління була прийнята теорія парникового ефекту [14].

Що таке парниковий ефект? Це – властивість атмосфери пропускати сонячну радіацію, але затримувати земне випромінювання і тим самим сприяти акумуляції Землею тепла. Земна атмосфера порівняно добре пропускає короткохвильову сонячну радіацію, яка майже цілком поглинається земною поверхнею, оскільки її альbedo невелике. Нагріваючись за рахунок поглинання сонячної радіації, земна поверхня стає джерелом

земного, в основному довгохвильового теплового випромінювання; прозорість атмосфери для цих хвиль мала, і вони майже цілком поглинаються в атмосфері, переважно водяною парою. Тільки близько 10–20 % земного випромінювання, проникаючи крізь атмосферу, надходить у космічний простір [14].

Таким чином, парниковий або тепличний, ефект атмосфери аналогічний дії стекол теплиці при їх нагріванні сонячними променями. Нагромадження в атмосфері вуглекислого газу, метану, фторхлорвуглеводів, оксиду азоту (II), тропосферного озону, інших газів і аерозолів, які пропускають короткохвильові сонячні промені, перешкоджає, подібно покриттям теплиці, довгохвильовому випромінюванню, в результаті відбувається поступове потеплення клімату.

Основним парниковим газом є CO_2 , динаміка вмісту якого, в часі відносно добре вивчена. За період індустріальної епохи відбувалося спочатку повільне, а потім прискорене зростання вмісту вуглекислого газу в атмосфері. За розрахунками Міждержавної групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК), вміст CO_2 , з 1750 по 2100 рр. підвищиться на 75 – 350 %. Інтенсивність надходження CO_2 в атмосферу в майбутньому буде залежати від розвитку енергетики. З розвитком науково-технічного прогресу в області енергетики можна очікувати зниження викидів CO_2 в повітряне середовище в зв'язку із заміною спалювання органічного палива, процесами отримання енергії з використанням термоядерних реакцій. Поряд з CO_2 антропогенного походження, залишаються природні джерела надходження в атмосферу вуглекислого газу – вулкани, мінералізація рослинних і тваринних решток тощо [14].

Істотною причиною сучасного потепління є також тепло, яке утворюється з різних технологічних процесів, опалювання виробничих і житлових приміщень.

На думку МГЕЗК, основною причиною глобального потепління за останні 50 р. є антропогенний фактор. Проте далеко не всі спеціалісти

притримуються цієї думки. Доводом є те, що в минулому нашої планети були періоди різної тривалості, коли відбувалися похолодання і потепління без участі людської діяльності. Як гадають, однією із причин таких змін клімату була вулканічна діяльність і пов'язане з нею помутніння верхніх шарів атмосфери [14].

За розрахунками МГЕЗК, за період 1990–2100 рр. можна очікувати підвищення глобальної температури на 1,4...5,8 °С. Це буде найбільшим підвищенням температури за 100-річний період протягом останніх 10 тис. років. Найбільше потепління очікується у високих широтах Земної кулі. Передбачається, що на півночі Канади, Гренландії і Азії зимові температури будуть вищі на 40 % в порівнянні з середньою глобальною температурою. При цьому зросте частота й інтенсивність екстремальних явищ.

Протягом багатьох тисячоліть господарська діяльність людей пристосовувалася до природних кліматичних умов. Коли населення Земної кулі було відносно невеликим, а рівень енергетичної і технічної озброєності людей – низьким, вплив усієї господарської діяльності на навколишню природу був незначним. Однак обсяги вилучення природних ресурсів для нестатків швидко зростаючого населення Землі неухильно зростають. В результаті науково-технічного прогресу, створення могутніх технологій і стрімкого зростання промислового виробництва у ХХ ст. гігантські масштаби антропогенного забруднення земель, водних об'єктів і повітря досягли глобальних розмірів. Навіть ще у 1944 році академік В.І. Вернадський писав, що людство, взяте в цілому, стає могутньою геологічною силою. Вплив техніки, створеної людським розумом, стало порівняним з руйнівними силами природи. Усе це веде до порушення процесів саморегулювання і рівноваги, властивих природі [14].

У «Порядку денному на ХХІ століття», прийнятої в 1992 році Конференцією ООН з навколишнього середовища і його розвитку, відзначалося, що повсюдний і неупорядкований ріст масштабів використання

природних ресурсів реально загрожує виникненню їхнього дефіциту в багатьох країнах світу; для сприяння стійкому розвитку необхідні більш детальні знання про потенційний стан екосистеми Землі.

Сумарний антропогенний вплив обумовлений різними формами господарської діяльності [14]:

- розорювання мільйонів гектарів землі під посіви сільськогосподарських культур і поліпшення природних пасовищ викликає зміну альbedo земної поверхні, швидку втрату вологи, підйом пилу в атмосферу;

- знищення лісів, названих «легенями планети», особливо тропічних, на великих площах скорочує відтворення кисню, змінює альbedo, підсилює випаровування з «оголеної» поверхні землі, погіршує водний режим території;

- надмірна чисельність поголів'я худоби, що випасається на одиниці пасовищної площі перетворює степи і савани в пустелі; при цьому відбувається різке зниження кількості й розмаїтості біологічних видів екосистем, погіршуються водно-фізичні властивості ґрунту, розвиваються процеси водної та вітрової ерозії, збільшується альbedo;

- зростання обсягів викопного органічного палива, що спалюється, (вугілля, нафта, газ) підсилює забруднення атмосфери його продуктами;

- значне зростання обсягів промислових і автотранспортних відходів, які викидаються в атмосферу, призводить до зміни складу атмосфери, збільшенню вмісту в ній радіаційно-активних газів і аерозолів, які створюють так званий парниковий ефект, забруднюють водні об'єкти, згубно впливають на стан рослин, організми тварин і здоров'я людини.

1.2 Можливі наслідки глобального потепління

В останні роки ученими розроблена велика кількість моделей зміни клімату – від найпростіших до складних моделей загальної циркуляції атмосфери. Практично всі моделі прогнозують поступовий ріст середньої глобальної температури в основному завдяки збільшенню концентрації газів, пов'язаних з господарською діяльністю людини. Оцінки рівня підвищення температури повітря, отримані за розрахунками різних моделей на різну часову перспективу, варіюють від 1,5 до 5,5 °С. Таке потепління, безумовно, буде впливати на прискорення танення льодовиків планети. Розрахунки показують, що в цих умовах рівень світового океану може підвищитися на 25–165 см, внаслідок чого відбудеться часткове затоплення багатьох прибережних регіонів материків (частини Північної Європи, Індостану, острівних держав та ін.) [14].

При потеплінні клімату покращаться умови для полярної навігації і господарської діяльності людей у полярних областях, знизиться рівень витрат на опалення приміщень і т.п. У районах з відносно холодним і вологим кліматом відбудеться пом'якшення агрокліматичних умов для вирощування сільськогосподарських і плодкових культур, продуктивність яких стане більш високою і стабільною завдяки збільшенню тривалості вегетаційного періоду і збільшенню сум активних температур, в умовах достатньої вологозабезпеченості посівів. Така зміна агрокліматичних умов дозволить значно просунути на північ інтенсивні технології землеробства, зробити зміну сортів сільськогосподарських культур на більш теплолюбні та урожайні. Як буде показано нижче, відбудеться зміна і зсув границь ґрунтово-кліматичних (географічних) зон до півночі.

Поряд з такими позитивними змінами у центральному і північному сільськогосподарських регіонах Європи, у більш південних регіонах, з режимом нестійкого зволоження, в результаті потеплення відбудуться негативні зміни кліматичних умов. Зменшення кількості опадів буде

виявлятися через зниження вологозабезпеченості посівів, почастишають повторюваності посух, посушливих явищ і суховіїв, відбудеться зниження рівня внутрішніх водоймищ і ґрунтових вод, погіршиться загальний баланс прісної води. Усе це буде негативно позначатися на продуктивності не тільки сільськогосподарського виробництва, але й інших галузей економіки. Наприклад, зміняться гідрологічні умови на ріках і водоймищах, від яких залежить можливість і тривалість річкової навігації, робота гідроелектростанцій і т.п. Крім того, в зв'язку з ростом рівня теплозабезпеченості рослин у центральних і південних регіонах стане можливим вирощування теплолюбних сільськогосподарських культур в умовах штучного зрошення. В останні 10–15 років з'явилося багато досліджень, які доводять, що соціальні наслідки потепління клімату будуть значні й неоднозначні для різних регіонів світу і окремих держав [14].

Глобальне потепління може справити різнобічний вплив на різні складові екологічної системи і, отже, мати позитивні і негативні наслідки для людства. Наприклад, підвищення температури на 1,5 °С для Європи забезпечить економію 1,5 млн. т нафти на опалення.

Нижче наводяться деякі міркування МГЕЗК про можливі наслідки глобального потепління. Більш тепле повітря здатне містити більшу кількість вологи. Звідси зростання інтенсивності випаровування, зростання хмарності, що може спричинити прискорення гідрологічного циклу, збільшення кількості опадів і приросту річного стоку. Оскільки приріст температури за глобального потепління підвищується від низьких широт до високих, то слід очікувати в такому ж напрямку зростання опадів і річного стоку. Наприклад, головною причиною підвищення рівня води в Каспійському морі в 1978–1995 рр. було збільшення стоку Волги. При цьому можна очікувати зростання частоти повеней, що вже спостерігаються у Європі й Північній Америці в останні десятиріччя [14].

Підвищене зволоження може супроводжуватися зсувами, лавинами. У тропічних районах, навпаки, уже за нинішнього потепління спостерігається зниження водності річок.

За прогнозом МГЕЗК, на 2100 р. передбачається підвищення рівня світового океану до 88 см за рахунок теплового розширення морської води і притоку води в результаті танення льодовиків і льодяного покриву. Підвищення рівня води призведе до зміни берегової лінії, ерозії берегів, затоплення більшості низин в усьому світі, нанесе збиток прибережним орним землям і витіснить мільйони людей із прибережних районів та з невеликих островів. Вторгнення солоної води на сушу знизить якість і кількість запасів прісної води. Постраждають галузі виробництва морепродуктів [14].

Різко погіршиться ситуація на величезних просторах багаторічної мерзлоти, яка тільки в Росії займає близько 60 % території країни. В останні десятиріччя вже спостерігається деградація мерзлих ґрунтів, відбувається скорочення їх площ і потужності. При потеплінні почнуть руйнуватися будинки, виходити з ладу нафтогазопроводи та інші споруди.

Для одних сільськогосподарських районів зміна клімату буде мати реальну небезпеку, а для інших, можливо, виявиться корисною. Передбачається, що центральні континентальні райони, такі як «зерновий пояс» США, значні райони в середніх широтах Азії, території Африки, розташовані південніше Сахари, і частина Австралії опиняться в більш посушливих і жарких кліматичних умовах [14].

Тим часом, у багатьох регіонах помірних широт з потеплінням збільшення опадів може призвести до підвищення урожайності.

Підвищений рівень вмісту CO₂ в атмосфері в період потепління повинен стимулювати фотосинтез деяких рослин і, отже, сприяти підвищенню продуктивності сільськогосподарських культур.

Потепління матиме вплив на біологічну різноманітність екосистеми. Уже за нинішнього потепління мігруючі птахи стали пізніше відлітати і

раніше прилітати. Відмічається більш раннє настання періоду весняного розмноження багатьох птахів, земноводних і зсув ареалу розповсюдження в бік півночі чутливих до холоду метеликів, жуків, дзиг. Також спостерігається просування лісів на північ: із-за підвищення температури на 1 °С ліси на Алясці просуваються на північ на 100 км. Сибірські ліси добре себе почувають при 35-ти градусних морозах, а з потеплінням на 5 °С почнуть гинути. Умови в пустелях і посушливих степових районах можуть стати більш екстремальними і більш жаркими, що створить небезпеку вимирання організмів, які практично вичерпали резерв теплостійкості [14].

Передбачається, що за потепління клімату високі температури в літній період можуть представляти серйозну небезпеку в першу чергу для людей, які мають захворювання судинної і легеневої систем. З другого боку, більш м'які зими в помірних широтах дозволять скоротити смертність від холоду.

Зменшення запасів прісної води в зв'язку зі зміною клімату може негативно позначитись на санітарному стані населення. Високі температури можуть призвести до зміни географічного розповсюдження переносників захворювань. За більш теплих умов комарі, кліщі та гризуни можуть розширити ареал свого розповсюдження до більш високих широт. Потепління морських вод, наприклад, у випадку Ель-Ніньйо, супроводжується епідеміями малярії і тропічної лихоманки в прибережних районах [14].

Зниження обсягів виробництва продуктів харчування на місцевому рівні призведе донедоїдання і голоду, що буде відбиватися на здоров'ї населення. Почастішання таких екстремальних явищ як повені, урагани і посухи може стати причиною збільшення летальних випадків і каліцтв, спричинити голод, виникнення захворювань і психічних розладів.

1.3 Сценарії можливих змін клімату на території України

Сценарії можливих змін клімату. Проблема зміни глобального клімату настільки складна і значима для людства, що її дослідженням займаються великі наукові колективи в багатьох країнах світу, міжнародні організації і спеціально створені творчі групи. Так, у 1988 р. Всесвітньою Метеорологічною Організацією (ВМО) і Програмою ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) була заснована Міжурядова група експертів зі зміни клімату, одну з робочих груп якої очолює академік Російської Академії Наук Ю.А. Израель [7].

Ученими світу розроблені десятки різних сценаріїв можливих змін клімату Землі під впливом антропогенних факторів – зростаючої господарської діяльності людини, а також військових конфліктів різного масштабу. Як уже відзначалося, клімат геологічних епох Землі неодноразово мінявся під впливом природних причин. При вивченні палеокліматів минулих епох російські науковці М.І. Будико [3], А.А. Величко та ін. показали можливість формування на Землі в доступному для огляду майбутньому кліматичних умов, аналогічних клімату деяких минулих епох. В основу цієї гіпотези покладені оцінки газового стану атмосфери окремих геологічних епох і очікуваних змін концентрації CO₂, метану й інших газів у найближчі 100 років. Сценарії такого підходу стали називати палеокліматичними.

В основі більшості інших сценаріїв теорії клімату лежать розрахунки, виконані за допомогою математичних моделей, які враховують різні допуски тимчасових змін кількості викидів в атмосферу CO₂, метану, інертних газів, фреону та ін., зміни вмісту в тропосфері метану й інших парникових газів. Як приклад наведемо фрагмент очікуваних змін кліматичних умов до 2030 р. (температури повітря і кількості опадів) за трьома сценаріями, два з яких – США (*GEDL*) і Канади (*CCC*) – аридні, а сценарій Росії – гумідний (палеокліматичний сценарій *EMI*) (табл. 1.1) [7].

Таблиця 1.1– Зміна температури ΔT і опадів ΔR за сценаріями *EMI*, *CCC* і *GFDL* для центральних районів Європейської частини Росії (О.Д. Сиротенко, О.В. Абашина, 1994)

| Місяць | $\Delta T, ^\circ\text{C}$ | | | $\Delta R, \%$ | | |
|--------|----------------------------|------------|-------------|----------------|------------|-------------|
| | <i>EMI</i> | <i>CCC</i> | <i>GFDL</i> | <i>EMI</i> | <i>CCC</i> | <i>GFDL</i> |
| Січень | 9,8 | 4,3 | 2,1 | 16 | 15 | 10 |
| Липень | 0,2 | 1,8 | 2,2 | 16 | 0 | 5 |

Як свідчать дані наведені в табл. 1.1, загальним для названих сценаріїв еволюції майбутнього клімату є його потепління, однак рівні потепління і зміни кількості опадів різні.

Найбільш вірогідно зміни клімату оцінюються за даними масової мережі інструментальних метеорологічних спостережень. В результаті наукового узагальнення даних за останні 150 років ученими МГЕІК було встановлено реальне потепління середнього глобального клімату; протягом ХХ ст. середня глобальна температура поверхні Землі збільшилася на $0,6 \pm 0,2$ °С. Таке підвищення температури у ХХ ст. виявилось найбільшим за останнє тисячоліття. В період з 1950 по 1993 рік. нічні мінімальні температури повітря над сушею за десятиліття підвищувалися на 0,2 °С, а денні максимальні температури – на 0,1 °С. Це призвело до збільшення тривалості беззаморозкового періоду. За даними знімків, отриманих за допомогою супутників, з кінця 1960-х років площа снігового покриву Землі зменшилася на 10 %, спостерігалось скорочення площі гірських льодовиків у неполярних районах [7].

Протягом ХХ ст. середній рівень світового океану підвищився на 10–20 см в результаті теплового розширення води і танення материкового льоду. У ХХ ст. кількість атмосферних опадів зростало за десятиліття в середньому на 0,5 – 1 %, в основному у високих і середніх широтах Північної півкулі. Повторюваність сильних посух або періодів перезволоження варіювало в окремі десятиліття, але в окремих районах Азії й Африки повторюваність і інтенсивність посух помітно зростає. У Північній півкулі зменшилася

повторюваність екстремально-низьких температур і трохи збільшилася повторюваність екстремально-високих. В той же час у деяких районах Південної півкулі й в Антарктиді потепління клімату не відзначено [7].

Усі ці кліматичні зміни учені пов'язують з антропогенною зміною концентрації парникових газів. Так, за даними досліджень Ю.А. Ізраеля, Ю.А. Груза та ін., із третього звіту МГЕЗК концентрація CO_2 в атмосфері з 1750 по 2000 рік збільшилася на 31 %. Такого високого рівня вона не досягала за останні 420 тис. років. За останні 20 років близько $\frac{3}{4}$ надходження в атмосферу антропогенного CO_2 пов'язують зі спалюванням величезної кількості органічного палива (нафти, газу, вугілля), інша частина приходить на зміни в системах землекористування, скорочення площі лісів. Тільки в 90-х роках ХХ ст. концентрація CO_2 збільшувалася щорічно на 0,2 – 0,8 %. Концентрація метану (CH_4) в атмосфері, починаючи з 1750 р. збільшилася до нашого часу на 151 % і продовжує зростати. Основними джерелами збільшення концентрації метану в атмосфері є спалювання органічного палива і сміття, збільшення відходів тваринницьких господарств та ін. За останні десятиліття в атмосфері значно зростає концентрація оксиду азоту (II), що пов'язано із сільськогосподарською обробкою ґрунту і розвитком хімічної промисловості, а також надходженням ряду так званих малих домішок газів (хлористі, сірчані та ін.). Усі ці гази, що безупинно надходять в атмосферу, утворюють антропогенний аерозоль, який змінює радіаційні умови. Так, починаючи з 1750 року надходження сонячної радіації збільшилося приблизно на $0,3 \text{ Вт/м}^2$, причому велика частина цих змін відбулася в першій половині ХХ ст. [7].

Як відзначалося раніше, сценарії зміни клімату розробляються на основі математичних моделей, які враховують основні фізичні закони природи. Найбільш складні – глобальні кліматичні моделі – включають як основні компоненти взаємодії одна з одною моделей атмосфери, океану, верхніх шарів суші, кріо- і біосфери. Розрахунки за такими моделями виконуються за допомогою могутньої сучасної обчислювальної техніки у

вузлах регулярної координатної сітки для різних регіонів у заданому масштабі. У глобальному або субконтинентальному масштабах такі моделі дозволяють задовільно відтворювати середні річні значення, які спостерігаються, і сезонний хід основних гідрометеорологічних величин. В останні роки ученим удалося реально відтворити деякі стани кліматичної системи за останні 20 тис. років, у тому числі і явище Ель-Ніньйо – південне коливання. Однак для розрахунків по регіонах і областях необхідно залучення значної кількості додаткових параметрів і тривалих однорідних рядів спостережень [7].

У 2000 р. названа вище робоча група МГЕЗК під керівництвом академіка Ю.А. Ізраеля представила спеціальну доповідь про очікуваний глобальний стан природного середовища і клімату, додавши розрахунки за соціально-економічними показниками (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Очікуваний стан природного середовища й клімату та соціально-економічні показники на період 1990 – 2100 рр.

| Рік | Населення Землі, млрд. чол. | Глобальний національний продукт, 10^{12} \$/рік | Приземна концентрація, ум. од. | Концентрація CO_2 , ум. од. | Зміна глобальної температури, °C |
|------|-----------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1990 | 5,3 | 21 | – | 354 | 0 |
| 2000 | 6,1...6,2 | 25...28 | 40 | 367 | 0,2 |
| 2050 | 8,4...11,3 | 59...187 | *60 | 463...623 | 0,8...2,6 |
| 2100 | 7,0...15,1 | 197...550 | >70 | 478...1099 | 1,4...5,8 |

Таким чином, сільськогосподарська діяльність у ХХІ ст. буде проходити в умовах досить швидкої зміни природного середовища і клімату. А це, в свою чергу, вимагає розробки нових підходів і методів агрокліматичного районування і розрахунку показників теплозабезпеченості та вологозабезпеченості сільськогосподарських культур та загального біологічного потенціалу [7].

Сценарії можливих змін клімату на території України. Щоб визначити причини змін клімату, які мають місце, а також оцінити майбутні зміни, було реалізовано безпрецедентний за своїми масштабами та кількістю учасників модельний проект – дослідниками з 11 країн було виконано чисельні інтегрування з 23 складними фізико-математичними моделями загальної циркуляції атмосфери і океану. Під час експерименту розраховувався клімат ХХ століття при заданих, відповідних до спостережень, концентраціях парникових газів, а також клімат для різних сценаріїв, які наведені у Спеціальній доповіді зі сценаріїв викидів (СДСВ). Все це дозволило просунути в уточненні та підвищенні достовірності оцінок майбутніх змін клімату, а також оцінити ймовірності розподіли характеристик клімату для кожного зі сценаріїв (рис. 1.1) [9].

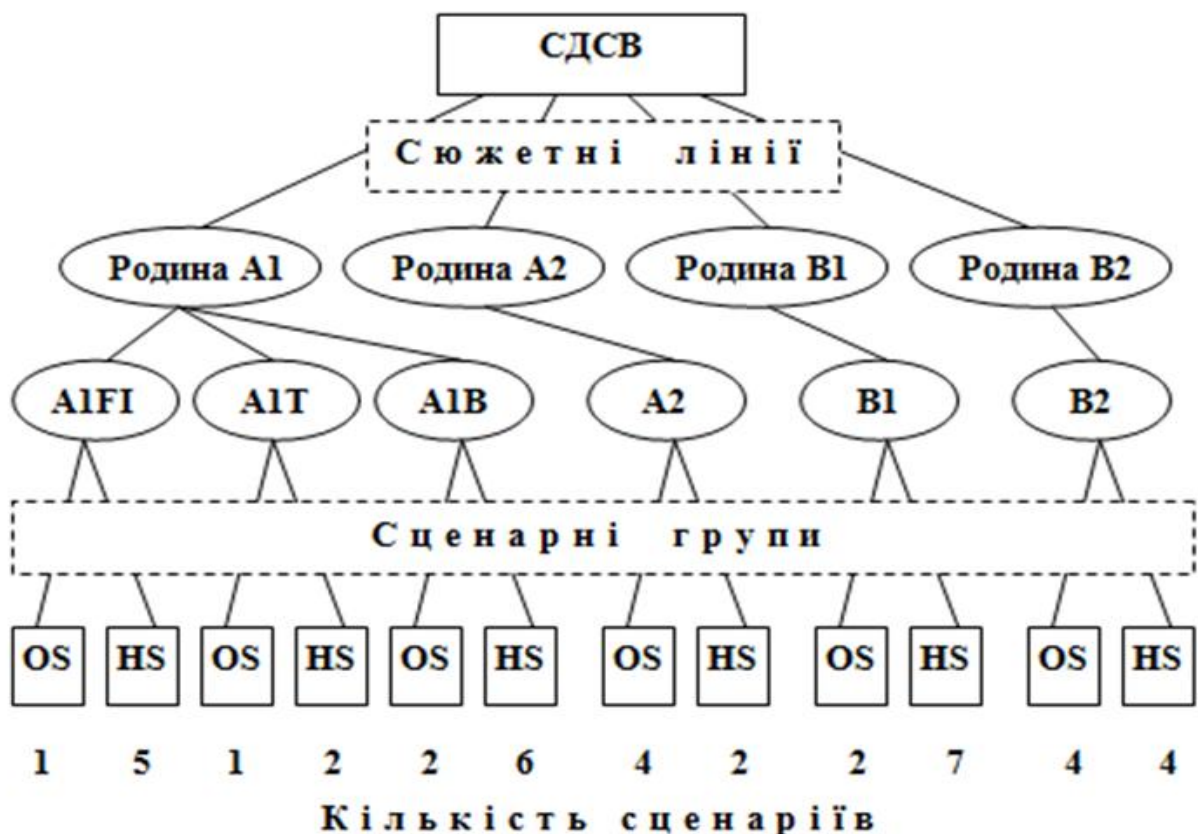


Рисунок 1.1 – Схематична ілюстрація сценаріїв СДСВ[9].

Сценарії являють собою альтернативні прогнози можливого розвитку подій у майбутньому, вони також є слушним засобом для аналізу того, яким чином визначальні фактори можуть впливати на показники майбутніх викидів, а також для оцінки пов'язаних з ними невизначеностей. Вони сприяють аналізу змін клімату, включаючи моделювання клімату та оцінку наслідків [9].

Кожен сценарій являє собою конкретне кількісне тлумачення однієї з чотирьох сюжетних ліній. Усі сценарії, що ґрунтуються на одній сюжетній лінії, являють собою сценарну «родину».

Для кожної сюжетної лінії було розроблено декілька різних сценаріїв з використанням різних концепцій моделювання з метою розглядання низки результатів, пов'язаних з моделями, що використовують аналогічні припущення стосовно визначальних факторів.

Отже є шість сценарних груп, які слід вважати у рівній мірі обґрунтованими і які охоплюють широке коло невизначеностей. Вони містять чотири комбінації демографічних змін, соціально-економічного розвитку та технологічних подій, які відповідають чотирьом родинам (A1, A2, B1, B2), кожна з яких має ілюстративний сценарій. У цілому, кожна сюжетна лінія передбачає зовсім інший напрямок майбутніх подій, у результаті чого чотири сюжетні лінії відрізняються все більш незворотним чином. Разом вони надають опис різноманітних варіантів майбутнього, які охоплюють значну частку основних невизначеностей у чотирьох визначальних факторах [9].

У сюжетній лінії A2 надається опис дуже неоднорідного світу. Першорядною темою буде самозабезпечення та збереження місцевої самобутності. Показники народжуваності у різних регіонах дуже повільно зближатимуться, внаслідок чого спостерігатиметься стале зростання загальної кількості населення.

Економічний розвиток буде мати головним чином регіональну спрямованість, а економічне зростання у розрахунку на душу населення і

технологічні зміни будуть більш фрагментарними та повільними у порівнянні з іншими сюжетними лініями [9].

Результатами інтегрування моделі є чисельні тривимірні масиви гідрометеорологічних даних. Серед цих масивів було вибрано два – середньомісячна температура повітря поблизу підстильної поверхні та місячна кількість опадів – для періодів 1986 – 2005 рр. і 2011-2025 рр.

2 СОНЯШНИК В СВІТОВІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ

Провідне місце серед технічних культур в агропромисловому виробництві України займає соняшник - основна олійна культура. Насіння його районованих сортів і гібридів містить 50-52% олії. 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 [6].

В Україні сільське господарство традиційно відіграє важливу роль в економіці. В агропромисловому комплексі країни задіяне 90-95% сільськогосподарських угідь, 50% водних і 30% трудових ресурсів. Але попри те, що на території України знаходиться четверта частина світових запасів чорноземів, і природні умови є сприятливими для аграрного виробництва, показники розвитку сільського господарства гірші, ніж в інших країнах, середня урожайність зернових і технічних культур нижча порівняно з розвинутими країнами [6].

Батьківщиною соняшнику є західна частина Північної Америки. В культурі його почали вирощувати у XVIII ст., що набагато пізніше у порівнянні з багатьма іншими олійними культурами. Чорноземні регіони виявилися сприятливими для вирощування соняшнику й забезпечили активне розповсюдження на цих територіях. Так, 1883 року у Російській імперії, до складу якої входила і Україна, соняшнику вирощувалося вже 150 тис. га. В 2010 році під посівами соняшнику в Україні було зайнято понад 4,5 млн. га, що становить 14,6% ріллі. Найбільші площі вирощування соняшнику знаходяться у Російській Федерації - 5,8 млн. га (табл. 2.1) [19].

Український потенціал. Швидкі темпи росту споживання та потреби в рослинних жирах призвели до того, що протягом 90-х років минулого століття та першого десятиліття нового тисячоліття в аграрному секторі України відбувся різкий перерозподіл посівних площ на користь групи

олійних культур, де основну роль відіграє соняшник - одна з найбільш прибуткових та високоліквідних культур. Так, до 1990 року посівні площі соняшнику становили близько 1,6 млн га, а останніми роками значно збільшились і сягнули 4,1-4,5 млн га.

Таблиця 2.1 – Світове виробництво й експорт насіння та олії соняшнику

| Країни | Товарненасіння, млн т* | | | Олія, млн т* | | |
|--------------------|------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 2008-2009 | 2009-2010 | 2010-2011 | 2008-2009 | 2009-2010 | 2010-2011 |
| Виробництво | | | | | | |
| Світ | 33,274 | 30,453 | 30,652 | 11,986 | 11,626 | 11,327 |
| <i>Україна</i> | <i>7,000</i> | <i>6,350</i> | <i>6,750</i> | <i>2,632</i> | <i>2,545</i> | <i>2,667</i> |
| Аргентина | 2,440 | 2,300 | 2,800 | 1,345 | 1,115 | 1,118 |
| Росія | 7,350 | 6,425 | 5,500 | 2,565 | 2,505 | 2,082 |
| Туреччина | 0,830 | 0,800 | 0,875 | 0,515 | 0,626 | 0,596 |
| ЄС-27 | 7,130 | 6,940 | 6,950 | 2,460 | 2,591 | 2,536 |
| Інші | 8,524 | 7,638 | 7,777 | 2,469 | 2,244 | 2,266 |
| % України у Світі | 21,0 | 20,9 | 22,0 | 22,0 | 21,9 | 23,5 |
| Експорт | | | | | | |
| Світ | 2,142 | 1,565 | 1,527 | 4,568 | 4,651 | 4,331 |
| <i>Україна</i> | <i>0,767</i> | <i>0,354</i> | <i>0,400</i> | <i>2,098</i> | <i>2,645</i> | <i>2,500</i> |
| Аргентина | 0,074 | 0,067 | 0,050 | 0,850 | 0,690 | 0,975 |
| Росія | 0,160 | 0,020 | 0,010 | 0,802 | 0,504 | 0,170 |
| Туреччина | 0,013 | 0,020 | 0,010 | 0,131 | 0,068 | 0,060 |
| ЄС-27 | 0,449 | 0,543 | 0,450 | 0,120 | 0,150 | 0,130 |
| Інші | 0,679 | 0,561 | 0,607 | 0,567 | 0,594 | 0,519 |
| % України у Світі | 35,8 | 22,6 | 26,2 | 45,9 | 56,9 | 57,7 |

* за даними *Foreign Agricultural Service/USDA/Office of Global Analysis* станом на 1 березня 2011 року

Активний розвиток олійно-жирової промисловості вимагає відповідного рівня забезпеченості олійною сировиною. При цьому лідерами виробництва та основними виробниками насіння соняшнику є Росія, Україна, країни ЄС-27 та Аргентина, де він використовується для виготовлення харчової олії та маргарину, також застосовується у тваринництві соняшникова макуха та шрот, які багаті на білок та інтенсивно використовуються на кормові цілі.

Зростання площ посіву під соняшником (рис. 2.1) та стабільна урожайність (табл. 2.2) забезпечили Україні високі валові збори. Серед світових виробників Україна посідає провідне місце за валовим збором насіння цієї культури. Упродовж останніх трьох років у країні виробляється 6,36-6,77 млн т насіння. Зростання світового попиту на олію постійно нарощує і стимулює виробництво олійних культур, зокрема соняшнику. Так, в Україні за період 2005-2010 років виробництво соняшнику зросло на 42,5%. За питомою вагою виробництва у світі Україна поступається лише Росії та ЄС-27. Значно зросли й переробні потужності олійних культур у нашій країні. За даними «Укроліяпром», потужності переробки соняшнику підвищилися до 10 млн т, при цьому понад 65% загального виробництва олії припадає на 10 олійно-жирових комбінатів. В Україні торік вироблено більш ніж 2,6 млн т соняшникової олії, що вшестеро більше за потребу країни. Тому, на сьогодні Україна є найбільшим експортером соняшникової олії у світі [19].

Соняшник як високоенергетична продовольча культура відіграє провідну роль у виробництві продуктів харчування та кормів. Проте, як відомо, для прибуткового ведення господарювання необхідна стабільна та обґрунтована цінова політика на продукцію сільськогосподарського виробництва. Інтенсивне виробництво насіння соняшнику дає змогу Україні виступати повноправним гравцем на ринку цієї продукції у світі, оскільки за останні десятиріччя частка виробництва соняшнику в Україні відносно до світового зростала від 11,3% (1990 рік) до 22,2% (2010 рік).

Україна є не лише одним із лідерів виробництва товарного насіння соняшнику, а й займає провідне місце серед експортерів олії цієї культури. За останні маркетингові роки сільськогосподарськими підприємствами України вирощувалося від 6,3 до 6,7 млн т товарного насіння, що становило 21,0-22,2% від світового валового виробництва. Близький за кількістю до українського валовий збір насіння отримували аграрії Росії та країн ЄС-27,



Рисунок 2.1 – Посівні площі соняшнику в Україні у 2017 році.

дещо більше - інші разом взяті країни. Проте олії найбільше виробляла саме Україна, тобто її олійно-екстракційні комбінати - 21,9-23,5% світового виробництва [19].

Серед значних гравців на ринку соняшникової олії найбільшими імпортерами є країни ЄС-27, а також Туреччина [16]. Найбільшим експортером соняшникового насіння у 2008 році була Україна, проте розвиток потужностей з переробки насіння забезпечив зменшення вивозу сировини з 0,767 млн т (2008 рік) до 0,400 млн т (2010 рік), а найбільшими експортерами насіння стали країни ЄС-27. Зростання потужностей переробки насіння соняшнику в Україні забезпечили лідерство з експорту олії саме нашій державі, відсоток участі якої в світовому ринку соняшникової олії у 2008 році становив 45,9%, а у 2009-2010 роках підвищився до 56,9-57,7% (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Урожайність соняшнику у різних країнах світу (т/га)

| Країни | 1990 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| світ | 1,34 | 1,30 | 1,26 | 1,24 | 1,41 | 1,37 | 1,32 |
| Україна | 1,66 | 1,28 | 1,36 | 1,24 | 1,53 | 1,52 | 1,50 |
| Росія | 1,23 | 1,19 | 1,14 | 1,23 | 1,23 | 1,15 | 0,95 |
| США | 1,38 | 1,73 | 1,36 | 1,60 | 1,60 | 1,74 | 1,64 |
| Аргентина | 1,45 | 1,73 | 1,46 | 1,47 | 1,35 | 1,55 | 1,70 |
| Франція | 2,12 | 2,35 | 2,16 | 2,62 | 2,51 | 2,52 | 2,39 |

2.1 Характеристика біологічних особливостей соняшнику (*Helianthus annuus* L.)

Соняшникову олію широко використовують як продукт харчування у 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 соняшникової

олії входять і такі дуже цінні для організму людини компоненти, як фосфатиди, стеарини, вітаміни (А, D, Е, К). Соняшникову олію використовують у кулінарії, хлібопеченні, для виготовлення різних кондитерських виробів і консервів. Вона є основним компонентом при виробництві маргарину. Соняшникову олію застосовують також при виготовленні лаків, фарб, стеарину, лінолеуму, електроарматури, клейонки, водонепроникних тканин тощо [17,19].

Соняшник – рослина, яка відноситься до олійних культур [17].

Встановлений Ліннеєм вид соняшнику (*Helianthus annuus* L.) сімейства складноцвіти (*Compositae*) розглядається в даний час як збірний, що складається з двох самотійних видів: *Helianthus cultus* Wenzl. — соняшник культурний и *Helianthus ruderalis* Wenzl. – соняшник дикорослий.

Перший вид включає всі форми і сорти соняшнику, оброблювані у нас в польовій культурі, другий - дикорослі форми, що виростають за межами СНД [17,19].

Культурний соняшник — однорічна рослина.

Коріння соняшнику стрижневе, що проникає в ґрунт на глибину 3-4 м і розповсюджується в сторони до 120 см. Така сильно розвинена коренева система дає соняшнику можливість добре зростати в степових посушливих районах [17,19].

С т е б л и н а Прямостояча, дерев'яниста, нерозгалужена, заповнена пухкою серцевиною, висотою від 0,6 до 2,5 м (у силосних сортів 3-4 м і більше).

Л и с т я на довгих черешках, велике, овально-серцевидної форми, з загостреним кінцем і кільчатими краями, щільно опушене. Листків на одній рослині у скоростиглих сортів 15-25, у пізньостиглих - 30-35 [17,19].

С у ц в і т т я – корзинка у вигляді плоского диску діаметром від 10 до 20 см у олійних і до 40 см і більше у гризових сортів. Кошик оточений

обгорткою з декількох рядів листочків. Основу кошику становить квітколоже, на якому розташовані по краях язичкові, а всередині трубчасті квітки. Язичкові квітки великі, помаранчево-жовті, безплідні, іноді з недорозвиненою маточкою. Вони приваблюють комах, що важливо під час запилення. Трубчасті квітки двостатеві, займають майже все квітколоже. В одному кошику їх від 600 до 1200 і більше. Кожна квітка має маточку з одногніздовою нижньою зав'яззю і стовпчиком, а також зрощений пелюстковий віночок з п'ятьма зубчиками. Забарвлення віночка від світло-жовтого до темно-помаранчевого. Тичинок п'ять з вільними нитками, але зрощеними пильовиками [17,19].

Соняшник – перехреснозапилювана рослина. У природних умовах частина квіток залишається не запиленими, що викликає пустозерності. Її можна знизити, якщо на посіви соняшнику вивозити вулики з бджолами [17,19].

П л і д (р и с . 2 . 2) – сім'янка стиснуто-яйцевидної форми, з чотирма нерівно вираженими гранями. Вона складається із насінини – ядра з тонкою сім'яною оболонкою та шкірястого щільного навколоплідника (шкірки), що не зростається з ядром. У панцирних сортів навколоплідник має епідерміс, під яким розташовується пробкова тканина, під нею - чорний панцерний шар, що містить до 76 % вуглецю, а ще глибше – склеренхіма, що

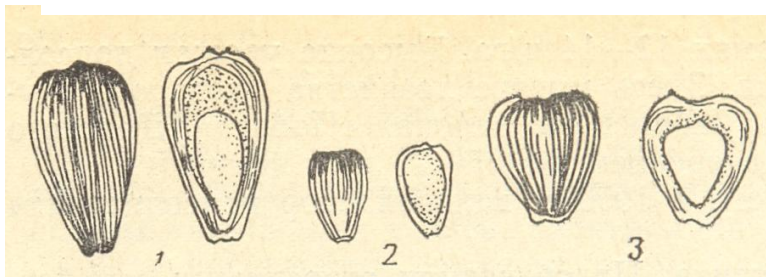


Рисунок 2.2 – Насіння соняшника: 1 – грозового; 2- олійного; межеумка (зліва - ціле, справа – в розрізі)

складається з товстостінних клітин. Сім'янки з панцирних шарів не уражаються соняшниковою міллю. Забарвлення шкірки сім'янок біле, сіре, чорне, смугасте або безсмугне; лузжистість (вага

лузги до ваги насіння) коливається від 22 до 46%. Найбільш цінні сорти з низькою лузжистістю. Вага 1000 сім'янок від 40 до 125 г.

2.2 Вимоги соняшнику до факторів довкілля. Сорти і гібриди

Посушливі умови завжди були проблемою для ефективного землеробства України, більша частина території якої належить до зони нестійкого та недостатнього зволоження. У середньому в Україні кількість бездощових періодів може сягати 50-90 днів. У більшості випадків вони супроводжуються підвищеною температурою повітря, що призводить до атмосферної та ґрунтової посухи [17,19].

Отже, при розміщенні посівів сільськогосподарських культур слід враховувати їх біологічні особливості. Для нормального росту і розвитку соняшник потребує відповідного температурного режиму і вологозабезпеченості. Температурні умови в зоні Лісостепу і Степу України є сприятливими для вирощування соняшнику, дещо ризикованими в цьому відношенні є північні лісостепові райони. Несприятливою для вирощування соняшнику є зона Полісся Соняшник, завдяки підвищеній стійкості до ґрунтової і повітряної посухи, вважається посухостійкою культурою. В цьому відношенні зони Лісостепу і Степу України відповідають біологічним потребам культури. Виключенням є посушливі райони південного Степу України, які вважаються менш задовільними для вирощування, а урожайність взагалі знаходиться на межі збитковості [17,19].

Але саме у таких регіонах концентруються значні площі вирощування соняшнику. У південних областях завдяки соняшнику, який забезпечував в останні роки найбільшу рентабельність, та озимим зерновим культурам утримувалося прибуткове ведення господарювання. Площі стрімко збільшувалися, і це нестримне розширення сприяло знищенню агрономічно-обґрунтованої структури посівних площ. Північні регіони, спостерігаючи за аграріями з півдня та отримуючи стабільні врожаї насіння соняшнику, який приносив їм суттєві прибутки, почали розширювати площі, і соняшник (південну культуру) стали культивувати на півночі України - в Чернігівській області (торік - 39 тис./га), Київській області (66,2 тис./га), де, до речі,

урожайність цієї культури становить 1,57 т/га та 1,83 т/га, що вище, ніж у лідерів його виробництва [17,19].

Вимоги соняшника до світла. Соняшник - світлолюбна культура. Затінення його іншими рослинами особливо в ранньому віці, а також тривала похмура погода послаблюють його ріст і розвиток. Соняшник – рослина короткого дня. При просуванні на північ його вегетаційний період подовжується [17,19].

Вимоги соняшника до тепла. До умов вирощування соняшник пред'являє досить високі вимоги [17,19].

Насіння у вологому ґрунті починають проростати при 4 ... 6⁰С тепла. При температурі 8 ... 10⁰С насіння проростає швидше і сходи з'являються через 15-20 днів після посіву. При 15 ... 16⁰С сходи відзначаються вже через 9-10 днів, а при 20⁰С на 6 - 8 -й день. Сходи соняшнику легко переносять короточасні заморозки до 5 ... 6⁰С. Вимоги рослин до тепла зростають від появи сходів до цвітіння. У фазі цвітіння і в наступний час для росту і розвитку соняшнику найбільш сприятлива температура 25...27⁰С. Але температура понад 30⁰С спричиняє на соняшник гальмівну дію. У фазі цвітіння соняшник чутливий до низьких температур. Заморозки -1 ... -2⁰С викликають в цей час сильні пошкодження, а потім і повну загибель квіток.

Вимоги соняшника до вологи. Соняшник споживає досить багато води, хоча і вважається посухостійкою рослиною [17,19].

Протягом вегетації соняшник споживає вологу нерівномірно. Найбільш інтенсивно вона надходить в рослину в період від утворення кошиків до кінця цвітіння - 60 % всієї необхідної йому вологи. Нестача її в цей час – одна з причин появи пустозерності в центральній частині кошиків. Транспіраційний коефіцієнт соняшнику 470-570 .

Посухостійкість соняшнику пов'язана з глибоко проникаючою кореневою системою – більше трьох метрів. Він здатний використовувати воду з глибоких шарів, недоступну для багатьох інших однорічних рослин.

Соняшник витрачає вологу (% від загальної витрати за вегетацію) нерівномірно [17,19]: за період сходи - утворення кошиків – 23%, утворення кошиків – цвітіння – 60 % і цвітіння – дозрівання – 17 % від загальних витрат води за вегетацію. На початку вегетації соняшник використовує вологу з верхніх шарів ґрунту, а після утворення кошиків переважно з глибини більше 50 см.

За сильної посухи на початку цвітіння велике число закладених квіток соняшнику, особливо в центральній частині кошиків, що не розквітає. Одночасно відбувається значне зниження маси окремого насіння і загальної маси насіння з однієї рослини, що негативно позначається на врожаї соняшнику. Тому при вирощуванні соняшнику в посушливих районах велике значення має накопичення в ґрунті води шляхом затримання снігу і талих вод, зрошення та інших прийомів, що поліпшують водний режим [17,19].

Вимоги соняшника до ґрунтів та поживних речовин. Майже всі посіви соняшнику розміщені в нашій країні на вилужених, потужних і звичайних південних чорноземах, а також на каштанових ґрунтах. Сприятливий для росту рослин інтервал рН 6,0-6,8. Соняшник не вдається вирощувати на важких глинистих, піщаних, а також на кислих і сильно засолених ґрунтах [17,19].

Найкращими для соняшнику вважаються чорноземи і каштанові ґрунти. Малоприсадатні для нього піщані, заболочені і солонцюваті ґрунти.

На утворення 1 ц насіння соняшник споживає значно більше поживних речовин, ніж зернові культури: в середньому, за численними дослідними даними, азоту – 6кг, фосфору – 2 кг і калію – 10кг. Співвідношення N:P₂O₅:K₂O як 3:1:5. Кількість споживаних соняшником поживних речовин визначається умовами його вирощування і рівнем врожаю.

Надходження поживних речовин у рослини соняшнику проходить нерівномірно. Найбільша кількість азоту споживається від початку

утворення кошиків до кінця цвітіння, фосфору – від сходів до цвітіння і калію – від утворення кошиків до дозрівання. Початковий період розвитку соняшнику є критичним у споживанні фосфору [17,19].

Характеристика росту та розвитку соняшнику протягом вегетації. У розвитку соняшнику відзначають за морфологічними ознаками наступні основні фази: сходи, початок утворення суцвіть (корзинок), цвітіння і дозрівання [11].

Також в разі необхідності визначають за морфологічними ознаками такі фази розвитку: сходи ; листяутворення (від сходів до 4-5 пар справжніх листків); диференціація (від 4-5 пар до 9-10 пар листків); активне зростання (від 9-10 пар листків до цвітіння); цвітіння(початок – закінчення); формування і налив насіння; дозрівання.

Тривалість міжфазних періодів для найбільш розповсюджених середньостиглої групи сортів соняшнику становить: від посіву до сходів 14-16 днів, від сходів до початку утворення кошиків 37-43, від початку утворення кошиків до цвітіння 27-30, а від цвітіння до дозрівання 44-50 днів. Загальна тривалість періоду вегетації у цієї групи сортів 120-140 днів .

У перший період розвитку (2-3 пари листя) соняшник росте порівняно повільно. У цей час його легко можуть заглушити бур'яни. Але потім приріст збільшується і досягає максимуму (3-5 см на добу) в період від утворення кошиків до цвітіння. У фазу цвітіння зростання у висоту йде повільно і до кінця цвітіння знижується [19].

Початок утворення кошиків відзначається у скоростиглих сортів соняшнику (на південному сході) при 2 парах , а у середньостиглих – при 3-5 парах листя. Закладання кошиків у середньостиглого соняшника починається (в Краснодарському краї) при 5-ти парах листя.

Цвітіння одного кошика триває 8-10 днів , а зростання – до його пожовтіння. Найбільш інтенсивно він росте протягом 8-10 днів після закінчення цвітіння. Налив сім'янок відбувається протягом 32-42 днів з часу запліднення.

Одночасно із зростанням соняшнику у висоту і формуванням його кошиків в рослині йде накопичення сухих речовин. У цей період воно йде повільно, і до початку освіти кошики соняшник накопичує їх близько 15 %. До початку цвітіння кількість сухої речовини в рослині досягає вже 50 %, і вона продовжує інтенсивно зростати до початку наливу, але витрачається вже головним чином на формування кошики [19].

Сорти і гібриди. 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 [8].

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 районоване понад 70 сортів і гібридів соняшнику.

Майже всі площі його засівають сортами й гібридами олійної групи. До районованих сортів і гібридів соняшнику, поширених у Степу, Лісостепу України, належать: середньостиглі – Запорізький кондитерський, Краснодарський 885, СПК, Харківський 3 та ін.; середньоранні – Казіо, Одеський 123, Одеський 504, Оріон, Харківський 58 та ін.; ранньостиглі – Одеський 122, Одеський 249, та ін.; скоростиглі – Одеський 149 та Харківський 49.

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.

3 МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО 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 [6].

Прикладна динамічна модель продуктивності соняшнику призначена для агрометеорологічних розрахунків, описує процеси фотосинтезу, дихання, росту і містить відповідно п'ять блоків (рис. 3.1) : блок вихідної інформації; блок радіаційного і водно-теплого режимів; блок дихання; блок фотосинтезу; блок росту.

Блок радіаційного і водно-теплого режимів. Поглинання посівом фотосинтетичної активної радіації розраховується за формулою [15]

$$I^j = \frac{I_0^j}{1 + C * LAI}, \quad (3.1)$$

де I_0^j - поглинання сонячної радіації, кал/(см²/хв.); $C=0,5$ – емпірична постійна величина; LAI – площа листя, м²/м².

Потік ФАР на верхню межу посіву визначається за формулою:

$$I_0^j = \frac{0.5Q^j}{60\tau_g}, \quad (3.2)$$

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

Сумарна сонячна радіація розраховується за формулою Сівкова [15]

$$Q^j = 12.66(S^j)^{1.31} + 315(\sinh_0^j)^{2.1} \quad (3.3)$$

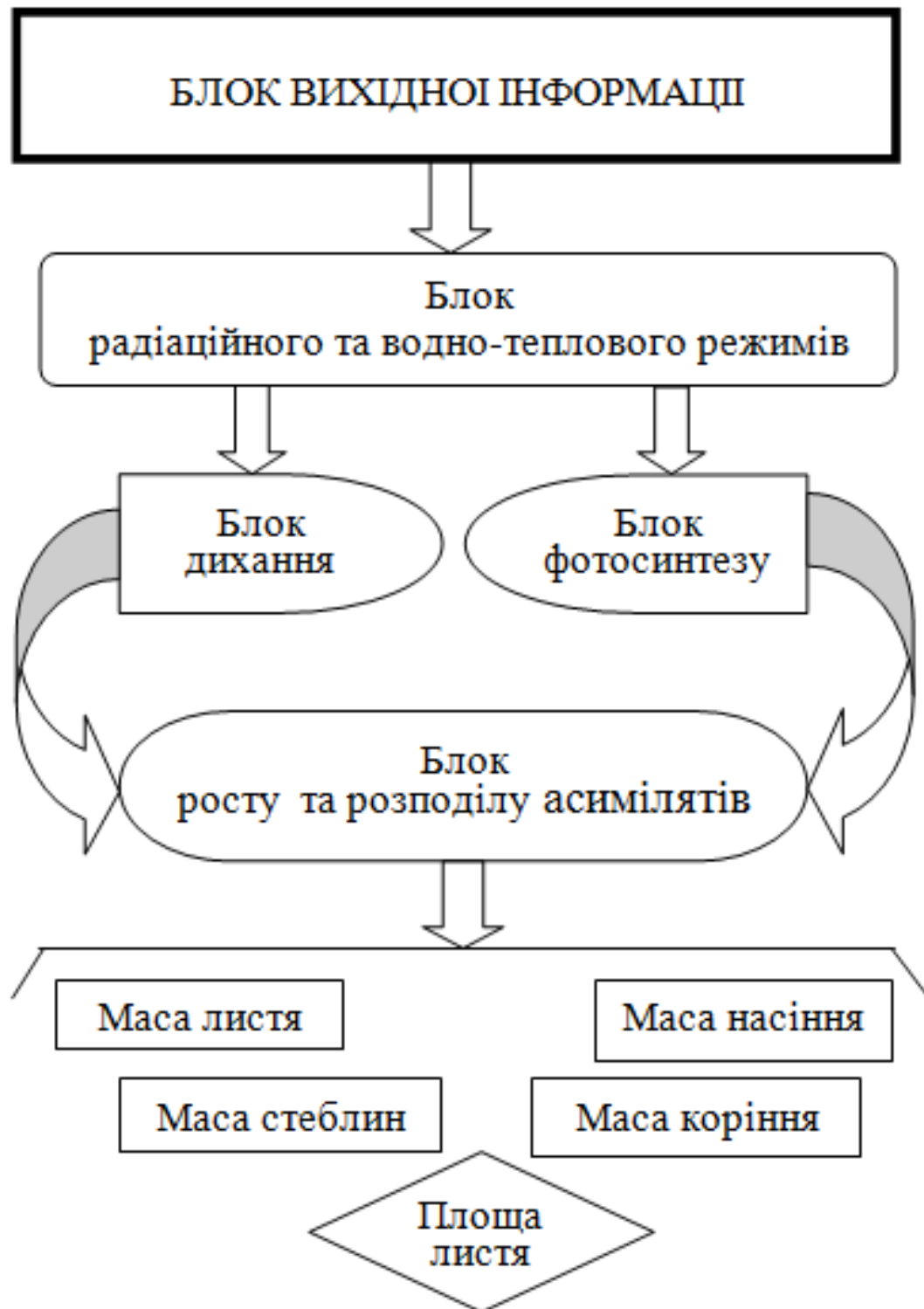


Рисунок 3.1 – Блок-схема математичної моделі водно-теплого режиму та продуктивності соняшнику [6]

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 [15]

$$\Psi_{\phi} = \begin{cases} 13.7 \sin(0.0774 x_2 \dots n_{\text{пу}} \dots t < t_{\text{opt1}}^{\phi} \\ 1 \dots n_{\text{пу}} \dots t_{\text{opt1}}^{\phi} < t_n < t_{\text{opt2}}^{\phi} \\ 1.1323 \cos(1.5705 x_3) - 0.1323 \dots n_{\text{пу}} \dots t > t_{\text{opt2}}^{\phi} \end{cases} \quad (3.4)$$

де Ψ_{ϕ} - температурна крива фотосинтезу; t_n – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$t_0^{\phi}, t_{\text{opt1}}^{\phi}, t_{\text{opt2}}^{\phi}, t_{\text{max}}^{\phi}$ - Відповідно початкова, нижня і верхня межа оптимальної температури і максимальна температура процесу фотосинтезу.

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

$$W^{j+1} = W^j + Q^j + X^j + V_w^j - E^j - U_w^j, \quad (3.5)$$

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 :

$$E_0^j = 0.65 d_w^j n^j, \quad (3.6)$$

де n – число днів у розрахунковій декаді.

Сумарне випаровування визначається за формулою [15]

$$E^j = \frac{2W^j + Q^j + X^j + V_w^j}{1 + 2(W_{H.B.} - W_{B.3}) / \eta E^j}, \quad (3.7)$$

де $W_{H.B.}$ - найменша вологоємність, мм; $W_{B.З.}$ - 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 [15]

$$\Phi^j = \varepsilon \Phi_\tau^j L^j \tau_d^j, \quad (3.8)$$

де Φ^j - сумарний фотосинтез посіву, $\text{г м}^{-2} \text{доб}^{-1}$; ε - коефіцієнт для перерахунку в одиниці сухої маси, $\text{г м}^{-1} \text{CO}_2$; Φ_τ^j - інтенсивність фотосинтезу одиниці площі листя в реальних умовах середи, $\text{мгCO}_2 \text{дм}^{-2}$, яка знаходиться з виразу [15]

$$\Phi_\tau^j = \alpha_\phi^j \Phi_o^j \frac{E^j}{E_o^j} \psi_\phi^j, \quad (3.9)$$

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- й вологозабезпеченості та реальних умовах освітленості, $\text{мгCO}_2 \text{дм}^{-2} \text{г}^{-1}$.

Інтенсивність фотосинтезу листя описується формулою [15]

$$\Phi_o^j = \frac{\Phi_{\max} a_\phi I^j}{\Phi_{\max} + a_\phi I^j}, \quad (3.10)$$

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 :

$$\Phi_{\text{max}} = \tau_C \cdot C_o, \quad (3.11)$$

де τ_C – початковий нахил вуглецевої кривої фотосинтезу; C_o – концентрація CO_2 в атмосфері.

Онтогенетична крива фотосинтезу – це одновершинна крива, що описується виразом [15]

$$\alpha_{\phi}^j = 1 - a \left(\frac{TS_2 - \sum t_l^i}{10} \right) \quad (3.11)$$

де параметр a вираховується за формулою

$$a = \frac{-100 l_n \cdot \alpha_{\phi}^j}{\sum t_l^1} \quad (3.12)$$

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.

Блок дихання. Витрати на дихання поділяються на дихання, пов'язане з підтриманням структури тканин і на дихання, пов'язане із зростанням [15]

$$R^j = \alpha_R^j (C_1 M^j \varphi_R^j + C_2 \Phi^j), \quad (3.13)$$

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:

$$\Delta M^j = \phi^g - R^j \quad (3.14)$$

Ріст окремих органів рослин протягом вегетаційного періоду описується системою рівнянь [15]

$$\begin{cases} m_i^{j+1} = m_i^j + (\beta_i^j \frac{\Delta M}{\Delta t} - \vartheta_i^j m_i^j) n^j \\ m_p^{j+1} = m_p^j + (\beta_p^j \frac{\Delta M}{\Delta t} + \sum_i^{lsr} \vartheta_i^j m_i^j) n^j \end{cases}, \quad (3.15)$$

де m_i - суха біомаса i -го органу рослин, г м^{-2} ; 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, доб^{-1} : - листя, - стеблини, - коріння, - насіння.

Динаміка площі асимілюючої поверхні визначається з рівнянь [15]

$$L^{j+1} = L^j + \left(\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l} \right) n^j, \quad \text{при } \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} > 0, \quad (3.16)$$

$$L^{j+1} = L^j + \left(\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \frac{1}{\sigma_l k_h} \right) n^j, \quad \text{при } \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} < 0, \quad (3.17)$$

де σ_l - питома поверхнева площа листя, г м^{-2} ; k_h - параметр, що характеризує частку життєдіяльних структур в загальній біомасі листя, безрозмірний.

4 ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ СОНЯШНИКУ В СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ

4.1 Ґрунтово-кліматична характеристика Сумської області

4.1.1 Основні ґрунти Сумської області

Сумська область розташована в північно-східній частині України в межах двох фізико-географічних зон мішаних лісів та лісостепу, що обумовлює характер поширення ґрунтів, рослинності, тваринного світу й ландшафтів. Зона мішаних лісів характеризується значним розвитком хвойних лісів, під якими сформувалися дерново-підзолисті ґрунти, лісостепова – сірих лісових ґрунтів, які сформувалися під дібровами, та чорноземів, характерних для степових угруповань. Усі ці ґрунти нині практично повністю розорані й зайняті сільськогосподарськими угіддями.

Повсюдно в області по заплавах річок розвинуті дернові, лучні, лучно-болотні і болотні ґрунти. Болотні ґрунти зустрічаються в районах зниження місцевості і на поза заплавних просторах Полісся. На перших надзаплавних терасах під сосняками (борами) сформувалися дерново-підзолисті ґрунти легкого механічного складу (піщані та супіщані). Внаслідок розвитку ерозійних процесів ці ґрунти на схилах часто бувають певною мірою змиті. У нижніх частинах схилів зустрічаються потужні намиті різновиди ґрунтів [1].

Дерново-підзолисті та сірі лісові. Найбільша північна частина області (Середино-Будський, Шосткінський, Ямпільський райони), що входить до складу Лівобережного Полісся, характеризується розвитком комплексу дерново-слабо- і середньо-підзолистих ґрунтів, серед яких зустрічаються відносно невеликі масиви дерново-підзолистих оглеєних ґрунтів, болотних та сірих лісових.

Дещо південніше (територія Глухівського, південь та південний схід Кролевецького, північ Путивльського району) аж до р. Сейм під дібровою рослинністю переважно на лесоподібних суглинках сформувалися сірі лісові ґрунти. Серед них зустрічаються досить великі масиви опідзолених чорноземів (наприклад, між селами Нова Слобода і Веселе), а також на значній площі — дерново-підзолисті ґрунти. Сірі лісові ґрунти цього району представлені переважно світло-сірими та сірими лісовим ґрунтами [1].

У ґрунтовому відношенні схожі масиви ґрунтів тут стрічаються й південніше від Сейму: північніше та західніше від м. Ромни, Тростянець та в районі с. В. Чернетчина.

Сірі лісові ґрунти утворюються під пологом дібров. У дібровах із рясним підліском у ґрунтах активно відбуваються процесигумусонакопичення. Водночас високий вміст кальцію у деревному опалі дібровних лісів, а також першопочаткове багатство лесоподібних порід карбонатами різко гальмує розвиток під пологом цих лісів процесів підзолоутворення. Внаслідок цього зазначені ґрунти є так би мовити перехідним типом від дерново-підзолистих ґрунтів до чорноземів [1].

Підтипи сірих лісових ґрунтів у межах області характерні для різних елементів рельєфу. Так, світло-сірі лісові, ґрунти частіше зустрічаються на добре дренованих підвищеннях. На підвищеннях середнього рівня, а також на схилах переважають сірі лісові ґрунти. Темно-сірі лісові ґрунти займають відносно знижені плато та нижні третини пологих схилів. У разі залягання всіх цих ґрунтів на полях вони часто певною мірою є еродованими.

Сірі лісові ґрунти є досить родючими і відіграють суттєву роль у сільськогосподарському виробництві [1].

Чорноземи. На південь від р. Сейм Сумська область розташовується в межах типового лівобережного лісостепу зі значним розвитком переважно потужних та вилугованих середньо- і мало гумусних типових чорноземів. У межах цих районів процеси ґрунтоутворення відбувалися в умовах добре

дренованої полого хвилястої рівнини, складеної карбонатними лесовидними суглинками. На них під степовою рослинністю й утворюються чорноземи.

На ділянках, які відносно слабо зволожуються з поверхні, залягають потужні карбонатні чорноземи. У цьому ґрунті карбонати знаходяться або на поверхні, або на глибині лише 2 - 30 см.

Вилуговані чорноземи сформувалися в умовах дещо більш інтенсивного зволоження з поверхні, аніж потужні чорноземи. Тому в них карбонати вимиті (вилуговані) у більш глибокі горизонти і залягають зазвичай на глибині 80—90 см. Потужність цих ґрунтів також менша і становить 80—90 см. Механічний склад та хімічні властивості цих ґрунтів близькі до властивостей потужних чорноземів [1].

На ділянках, які зазнавали впливу лісової рослинності (переважно дібрової), утворилися опідзолені чорноземи. Карбонати в них залягають на глибині 100 см і більше. Вміст гумусу в цих ґрунтах коливається близько 4 % у верхньому горизонті.

4.1.2 Кліматичні умови Сумської області

Клімат в області м'який, помірно-континентальний. Зима прохолодна, літо помірно жарке. Середня температура повітря в січні від -7,9 на півночі області, до -7,1 – на південному заході, в липні - від +18,4 на півночі, до +19,9 – на південному сході. Період з температурою понад +10 становить 150-160 днів. Абсолютний мінімум температури повітря -36, абсолютний максимум +38 [1,2].

Річна кількість опадів 527 – 600 мм на півночі, на решті території – 460-520 мм. Найбільша кількість опадів припадає на липень. На крайньому Сході інколи випадає град. Взимку бувають заметілі. У цілому кліматичні умови можна охарактеризувати як помірно комфортні для розвитку рекреаційної діяльності в регіоні [1,2].

В цілому, територія області характеризується помірно континентальним кліматом з посиленням континентальності в східному напрямку. За основними метеорологічними показниками (сума активних і ефективних температур, кількості опадів, гідротермічного коефіцієнта та ін.) всю територію області можна розділити на два райони.

I агрокліматичний район (Глухівський, Кролевецький, С-Будський, Шосткинський, Ямпільський район) - клімат помірно-теплий, вологий, характеризується показниками: сумами активних температур вище 10°C - 2300-2500 $^{\circ}\text{C}$, кількістю опадів за цей час 310-320 мм і гідротермічним коефіцієнтом 1,2-1,3. Тривалість періоду з стійким сніговим покривом становить 110-115 днів, тривалість періоду з середньодобовою температурою повітря вище 0°C - 230-235 днів, з температурою вище 5°C - 190 днів, з температурою вище 10°C - 145-150 днів, з температурою вище 15°C - 100-110 днів. Середня тривалість безморозного періоду становить 145-160 днів. Середня дата припинення весняних заморозків припадає на 28-30 квітня, а настання осінніх заморозків - з 3-4 жовтня [1].

II агрокліматичний район (Охтирський, Білопільський, Велико-Писаревський, Буринський, Конотопський, Краснопільський, Лебединський, Л-Долинський, Недригайлівський, Путивльський, Роменський, Сумський, Тростянецький) - клімат помірно-теплий, середньовологий, характеризується такими показниками: сумами активних температур вище 10°C - 2500-2650 $^{\circ}\text{C}$, кількістю опадів, що випадають за цей час 280-310 мм, гідротермічний коефіцієнт дорівнює 1,1-1,2. Тривалість періоду з стійким сніговим покривом становить 95-105 днів, тривалість періоду з середньодобовою температурою вище 0°C становить 235-240 днів, з температурою вище 5°C - 195-200, з температурою вище 10°C - 155-160, і з температурою вище 15°C - 110-115 днів. Середня тривалість безморозного періоду - 150-170 днів. Середня дата припинення весняних заморозків - 23-30 квітня, а настання осінніх заморозків - зі 2-8 жовтня [1].

4.2 Оцінка агрокліматичних умов вирощування соняшнику в зв'язку зі змінами клімату

Тенденції зміни агрокліматичних умов формування продуктивності соняшнику розглядались за різні проміжки часу. Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату було використано сценарій зміни клімату в Україні – сценарій *A2*, регіональна кліматична модель MPI-M-REMO, глобальна модель –ECHAM5-r3 [13] як найбільш вірогідний на період до 2050 року.

Аналіз тенденції змін клімату в Вінницькій області виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за три періоди: 1986 – 2005 рр. (базовий період), 2011 – 2030 рр. (I-й сценарний період), 2031 – 2050 рр. (II-й сценарний період).

Таким чином, в порівнянні були розглянуті три часових періоди. За базовий період для оцінки зміни агрокліматичних ресурсів, умов росту, розвитку та формування продуктивності соняшнику на період до 2050 року були прийняті кліматичні та агрокліматичні показники за 1986 – 2005 роки.

Розрахунки проводились з використанням гідрометеорологічної інформації з шістьох станцій: Дружба, Глухів, Конотоп, Суми, Ромни, Лебедин.

В середньому по Сумській області тривалість вегетаційного періоду соняшнику становить 101 дні (табл. 4.1), сівба починається в кінці третьої декади квітня, сходи з'являються в середині травня (15.05), через 64 дні починається цвітіння (17.07), досягання настає у третій декаді серпня (24.08).

За умов реалізації сценарію *A2* в умовах першого кліматичного періоду (табл. 4.1) тривалість вегетаційного періоду соняшнику збільшуватиметься на 15 днів, а за умов другого кліматичного періоду на 10 днів.

Строки посіву змістяться згідно з сценарієм на 15 – 18 днів раніше базових термінів посіву. Відповідно змістяться і строки появи сходів на 5 і 4 днів. Зміщення термінів цвітіння буде не таким істотним, так за першим сценарним періодом цвітіння настанена два дні пізніше, а за другим в ті самі строки, що й в базовий період. Достигання в період 2011-2030рр. буде пізніше на 9 днів. В період 2031-2050 рр. на 5 днів.

Таблиця 4.1 – Фази розвитку соняшнику. Сумська область. Сценарій А2

| Період | Сходи | Цвітіння | Достигання | Тривалість вегетаційного періоду, дні |
|-------------|-------|----------|------------|---------------------------------------|
| 1986 – 2005 | 15.05 | 18.07 | 24.08 | 101 |
| 2011 – 2030 | 10.05 | 20.07 | 03.09 | 116 |
| Різниця | - 5 | +2 | +9 | +15 |
| 2031 – 2050 | 11.05 | 18.07 | 29.08 | 111 |
| Різниця | -4 | 0 | +5 | +10 |

За сценарієм А1В (табл. 4.2) тривалість вегетаційного періоду на 6 днів зменшиться у першому випадку, у другому залишиться без змін. За даним сценарієм цвітіння буде спостерігатися раніше на 7 днів в порівнянні з базовими строками. Раніше за базовий період буде наставати й досягання. За умовами першого кліматичного періоду на 14 днів раніше базового. За умовами другого кліматичного періоду досягання буде на 12 днів раніше базового.

Агрокліматичні умови вирощування соняшнику базового періоду в Сумській області складаються таким чином. Середня температура повітря в цілому за вегетацію становить 18,0 °С, в період сходів цвітіння вона є нижчою на 0,5°С, в період цвітіння – досягання на 0,9°С вищою за температуру всього вегетаційного періоду.

Таблиця 4.2– Фази розвитку соняшнику. Сумська область. Сценарій А1В

| Період | Сходи | Цвітіння | Достигання | Тривалість вегетаційно го періоду, дні |
|-------------|-------|----------|------------|-------------------------------------------------|
| 1986 – 2005 | 15.05 | 18.07 | 24.08 | 101 |
| 2011 – 2030 | 11.05 | 10.07 | 13.08 | 95 |
| Різниця | -4 | -7 | -14 | -6 |
| 2031 – 2050 | 07.05 | 11.07 | 12.08 | 101 |
| Різниця | -8 | -7 | -12 | 0 |

Порівняння динаміки середньої за декаду температури повітря при зміні кліматичних умов за сценарієм *A2* та базового періоду за період вегетації соняшнику показує, що зміщення строків посіву в сторону більш ранніх термінів призведе до того, що за весь період вегетації соняшника ріст і розвиток будуть проходити у першому кліматичному періоді на фоні підвищених температур, у другому кліматичному періоді на фоні знижених температур (табл.4.3).

Кількість опадів у період сходи – цвітіння в першому кліматичному періоді практично не зміниться (буде меншою на 3%), у період цвітіння – достигання зросте на 12%. Тому за кількістю опадів в цілому за вегетацію змін спостерігатися не буде. В другому кліматичному періоді кількість опадів значно зросте. В період сходи – цвітіння на 22%, в період сходи – достигання на 64 %, а в цілому за вегетацію на 36%.

Умови волого-теплого режиму першого кліматичного періоду не приведуть до зміни сумарного випаровування в цілому за вегетацію. В перший вегетаційний період сумарне випаровування зменшиться лише на 4%, а в другий на 10% зросте. Агрокліматичні умови другого кліматичного періоду сприятимуть зростанню сумарного випаровування, як по періодам вегетації (на 10% і 29%), так і в цілому за вегетаційний період (15%).

Вологозабезпеченість у першому кліматичному періоді в цілому за вегетацію і по періодах практично не зміниться.

Зростає вологозабезпеченість у другому кліматичному періоді: в період сходи – цвітіння незначно (на 4%), а в період цвітіння – досягання на 25% . В цілому за вегетацію зростання вологозабезпеченості очікується на 12 % більшою за базову.

Таким чином, вологозабезпеченість всього періоду від сходів до досягання соняшнику збільшуватиметься в порівнянні з базовим періодом (табл.4.3). Це пояснюється збільшенням періоду вегетації, посів припадає на більш ранні терміни, коли після зимових опадів у ґрунті знаходиться достатня кількість вологи, а вегетація проходить при пониженому температурному режимі, а також із збільшенням кількості опадів за період вегетації, та зменшенням дефіциту вологи. Тому вологозабезпеченість посівів соняшнику при зміні клімату буде краща в порівнянні з базовим періодом.

Порівняння динаміки середньої за декаду температури повітря при зміні кліматичних умов за сценарієм *A1B* та базового періоду за період вегетації соняшнику показує(табл. 4.4), що зміщення строків посіву в сторону більш ранніх термінів призведе до того, що період сходи – цвітіння буде проходити у першому кліматичному періоді на фоні підвищених температур, у другому кліматичному періоді на фоні знижених температур, а період цвітіння – досягання на фоні значно підвищених температур (на 1,4⁰С і 2,0⁰С). В цілому за вегетацію температурній режим у першому періоді буде вище на 0,9 ⁰С, а в другому періоді на 0,3⁰С.

Кількість опадів у період сходи – цвітіння буде розподілятися так: у першому кліматичному періоді в період сходи – цвітіння незначно зменшиться, у другому зросте на 16%; у період цвітіння – досягання за обома кліматичними періодами кількість опадів зросте на 12% і 34% відповідно. В цілому за вегетацію режим зволоження у першому

Таблиця 4.3– Агрокліматичні умови вирощування соняшнику за сценарієм А2. Сумська область

| Період | І період сходи – цвітіння | | | | | ІІ період цвітіння – досягання | | | | | Вегетаційний період | | | | |
|-------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| | середня температура, °С | сума опадів, мм | сумарне випаровування, мм | сумарна випаровуваність, мм | вологозабезпеченість, відн.од | середня температура, °С | сума опадів, мм | сумарне випаровування, мм | сумарна випаровуваність, мм | вологозабезпеченість, відн.од | середня температура, °С | сума опадів, мм | сумарне випаровування, мм | сумарна випаровуваність, мм | вологозабезпеченість, відн.од |
| 1986 – 2005 | 17,5 | 158 | 172 | 315 | 0,54 | 18,9 | 76 | 80 | 165 | 0,48 | 18,0 | 234 | 252 | 480 | 0,52 |
| 2011 – 2030 | 18,0 | 154 | 163 | 296 | 0,55 | 20,3 | 85 | 88 | 174 | 0,50 | 18,9 | 239 | 251 | 471 | 0,53 |
| Різниця | +0,8 | -3% | -4% | -6% | +2% | +1,4 | +12% | +10% | +5% | +4% | +0,9 | +2% | 0% | -8% | +2% |
| 2031 – 2050 | 17,0 | 193 | 190 | 338 | 0,56 | 18,0 | 125 | 100 | 167 | 0,60 | 17,4 | 318 | 290 | 504 | 0,58 |
| Різниця | -0,5 | +22% | +10% | +7% | +4% | -0,9 | +64% | +29% | +1% | +25% | -0,6 | +36% | +15% | +5% | +12% |

Таблиця 4.4– Агрокліматичні умови вирощування соняшнику за сценарієм *A1B*. Сумська область

| Період | I період сходи – цвітіння | | | | | II період цвітіння – досягання | | | | | Вегетаційний період | | | | |
|-------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| | середня температура, °С | сума опадів, мм | сумарне випаровування, мм | сумарна випаровуваність, мм | вологозабезпеченість, відн.од | середня температура, °С | сума опадів, мм | сумарне випаровування, мм | сумарна випаровуваність, мм | вологозабезпеченість, відн.од | середня температура, °С | сума опадів, мм | сумарне випаровування, мм | сумарна випаровуваність, мм | вологозабезпеченість, відн.од |
| 1986 – 2005 | 17,5 | 158 | 172 | 315 | 0,54 | 189 | 76 | 80 | 165 | 0,48 | 18,0 | 234 | 252 | 480 | 0,52 |
| 2011 – 2030 | 18,0 | 154 | 163 | 296 | 0,55 | 20,3 | 85 | 88 | 176 | 0,50 | 18,9 | 239 | 251 | 472 | 0,53 |
| Різниця | +0,5 | -3% | -5% | -6% | +2% | +1,4 | +12% | +10% | +7% | +4% | +0,9 | +2% | -0,5% | -2% | +2% |
| 2031 – 2050 | 16,8 | 184 | 184 | 329 | 0,56 | 20,9 | 102 | 90 | 168 | 0,54 | 18,3 | 286 | 274 | 497 | 0,55 |
| Різниця | -0,7 | +16% | +7% | +4% | +4% | +2,0 | +34% | +13% | +2% | +13% | +0,3 | +22% | +9% | +4% | +6% |

кліматичному періоді очікується практично схожий на базовий, а у другому періоді кількість опадів буде на 22 % більшою за базовий.

Сумарне випаровування по періодам розвитку змінюється так: для періоду сходи – цвітіння в першому випадку зменшується на 5%, у другому спостерігається зростання на 7%. Для періоду цвітіння – досягання збільшення на 10% і 13 %. В цілому за вегетацію спостерігається у першому кліматичному періоді незначне зменшення (0,5%), а в другому зростання сумарного випаровування 9 %.

Вологозабезпеченість у порівнянні з базовим періодом як по періодам, так і в цілому за вегетацію незначно, але ж зростає: у першому кліматичному періоді по періодам на 2% і 4%, в цілому за вегетацію на 2%; у другому кліматичному періоді в період сходи – цвітіння на 4 %, в період цвітіння – досягання вологозабезпеченість збільшуватиметься на 13 %.

Отже вологозабезпеченість всього періоду (табл.4.4) від сходів до досягання соняшнику незначно збільшуватиметься (на 2 ...6 %). Це пояснюється збільшенням температурного режиму в період цвітіння – досягання та незначним зростанням кількості опадів. Тому вологозабезпеченість посівів соняшнику при зміні клімату буде залишатися на рівні базового.

Таким чином, у першому кліматичному періоді і за сценарієм *A2* і за сценарієм *A1B*, за вегетаційний період температурний режим буде вище (на $0,9^{\circ}\text{C}$), вологозабезпеченість незначно (на 2%), але також очікується вище за базову.

У другому кліматичному періоді за сценарієм *A2* за вегетацію температурний режим буде нижче на $0,6^{\circ}\text{C}$, вологозабезпеченість вище на 12%, тобто за даним кліматичним сценарієм умови для соняшника будуть складатися більш сприятливими за базові. За сценарієм *A1B* температурний режим і вологозабезпеченість буде вище за базову, тому і за даним сценарієм

умови другого кліматичного періоду очікуються сприятливими для росту та розвитку соняшнику.

4.3 Оцінка фотосинтетичної продуктивності соняшнику в зв'язку зі змінами клімату

Під впливом змін агрокліматичних умов вирощування соняшнику відбувається і зміна показників фотосинтетичної діяльності посівів соняшнику, що обумовлюють рівень його врожайності. Згідно теорії фотосинтетичної продуктивності посівів [13] такими показниками є розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтезуючий 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 врожай біомаси господарсько-цінної частини врожаю культури (зерна, насіння, коренеплодів, качанів, бульбоплодів), коефіцієнт господарської ефективності, якій показує долю врожаю господарсько-цінної частини врожаю у загальному урожаї біомаси посівів. За допомогою динамічної моделі (розділ 3) були розраховані показники фотосинтетичної продуктивності посівів соняшнику в умовах змін клімату за сценаріями *A2* (табл. 4.5) і *A1B* (табл. 4.6).

В умовах кліматичного так званого базового періоду (1986-2005 рр.) динаміка відносної площі листя йде таким чином: з другої декади травня по першу декаду липня спостерігається інтенсивне наростання приростів, максимум дорівнює $2,20\text{м}^2/\text{м}^2$, з цього моменту настає зниження приростів до кінця вегетації (третья декада серпня).

В умовах зміни клімату за сценарієм *A2* показники площі листової поверхні соняшнику (рис.4.1А і Б) мають в порівнянні з базовим періодом у I-у періоді значно більші значення, у II-у періоді менші, але все ж такі більші

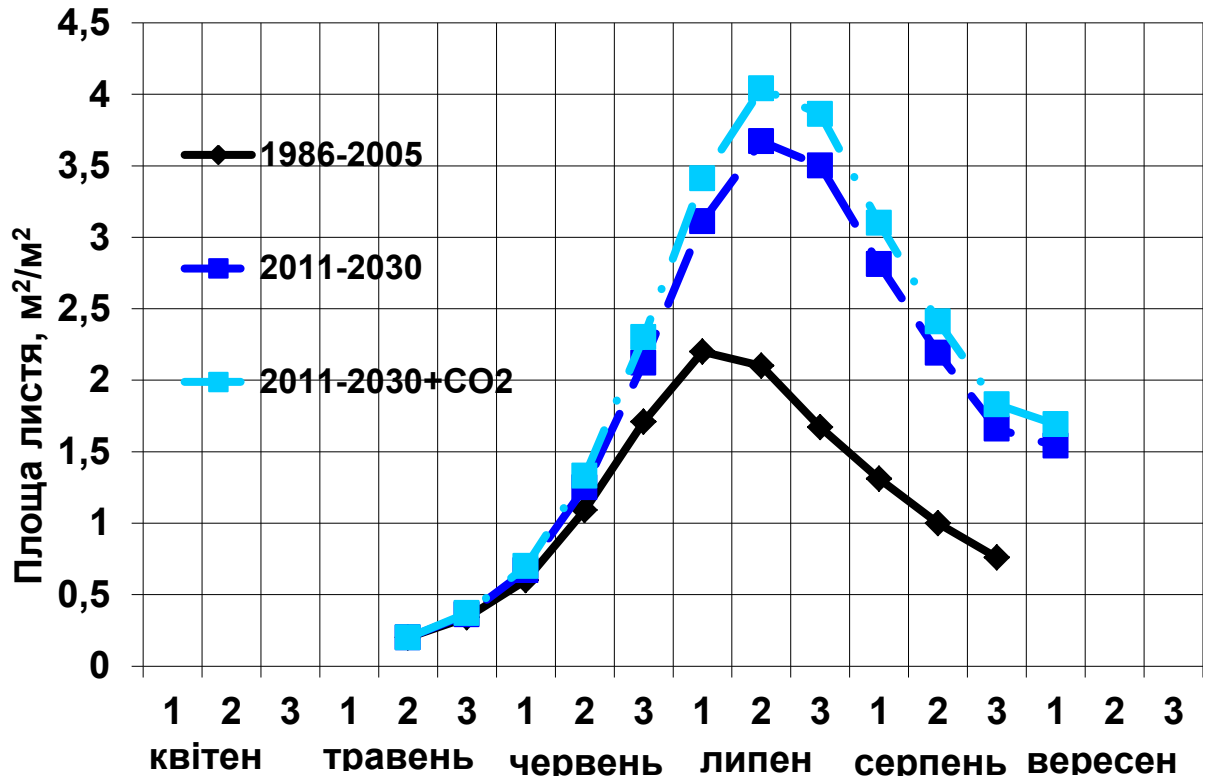
Таблиця 4.5– Фотосинтетична продуктивність соняшнику в Сумській області. Сценарій А2

| Період | Варіант | Період максимального росту | | | Загальна біомаса на момент дозрівання, г/м ² | Фотосинтетичний потенціал посівів м ² /доб. за вегетаційний період | Урожай, ц/га |
|-----------|--------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| | | площа листкової поверхні, м ² /м ² | чиста продуктивність фотосинтезу г/м ² | приріст загальної сухої біомаси, г/м ² за день | | | |
| 1986–2005 | Базовий | 2,20 | 78 | 104,1 | 414,5 | 128 | 15,2 |
| 2011–2030 | Клімат | 3,67 | 80 | 159,3 | 703,3 | 218 | 20,3 |
| | Клімат + CO ₂ | 4,04 | 84 | 178,7 | 782,1 | 238 | 22,6 |
| 2031–2050 | Клімат | 3,19 | 77 | 135,8 | 604,5 | 178 | 17,7 |
| | Клімат + CO ₂ | 3,70 | 81 | 162,1 | 711,3 | 204 | 21,1 |

Таблиця 4.6 – Фотосинтетична продуктивність соняшнику в Сумській області. Сценарій А1В

| Період | Варіант | Період максимального росту | | | Загальна біомаса на момент дозрівання, г/м ² | Фотосинтетичний потенціал посівів м ² /доб. За вегетаційний період | Урожай, ц/га |
|-----------|--------------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| | | площа листкової поверхні, м ² /м ² | чиста продуктивність фотосинтезу г/м ² | приріст загальної сухої біомаси, г/м ² за день | | | |
| 1986–2005 | Базовий | 2,20 | 78 | 104,1 | 414,5 | 128 | 15,2 |
| 2011–2030 | Клімат | 2,37 | 79 | 110,9 | 440,6 | 118 | 12,9 |
| | Клімат + CO ₂ | 2,58 | 78 | 123,5 | 487,7 | 127 | 14,4 |
| 2031–2050 | Клімат | 3,42 | 79 | 150,3 | 640,5 | 168 | 18,5 |
| | Клімат + CO ₂ | 3,98 | 82 | 180,1 | 755,6 | 193 | 21,9 |

А) Сценарій А2



Б) Сценарій А2

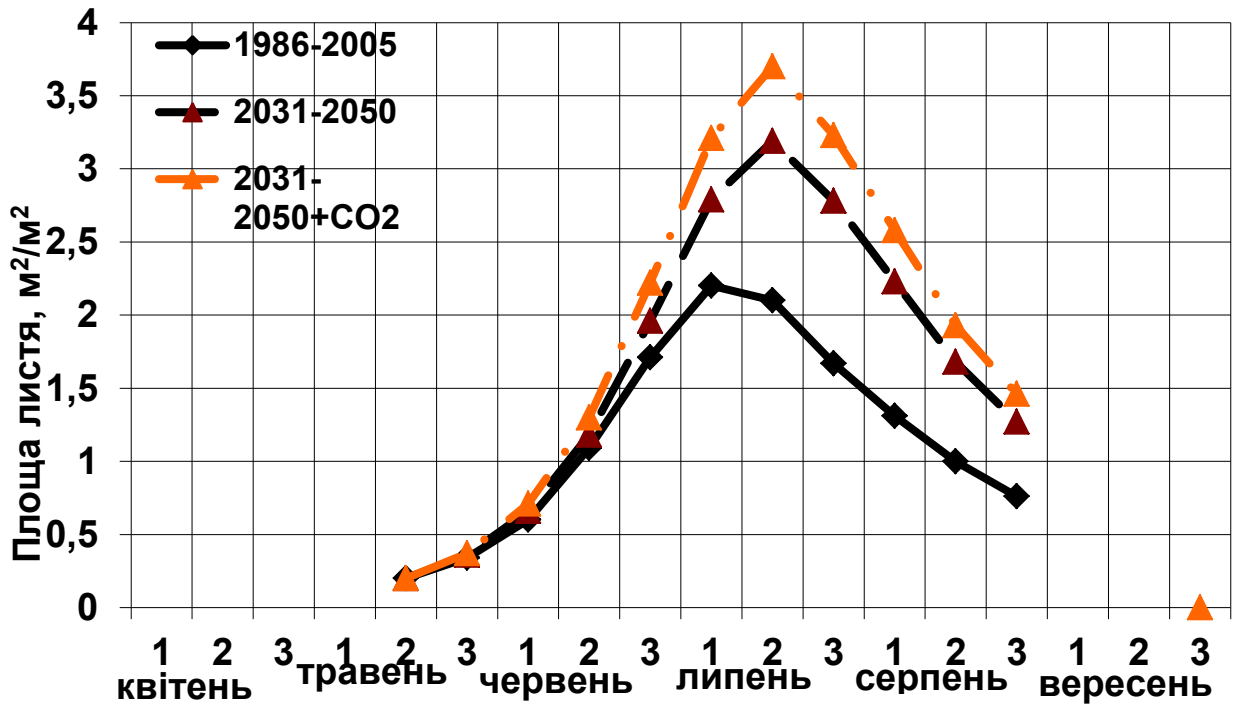


Рисунок 4.1– Динаміка відносної площі листкової поверхні соняшнику в умовах: А) I-го кліматичного періоду; Б) II-го кліматичного періоду в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Сумська область.

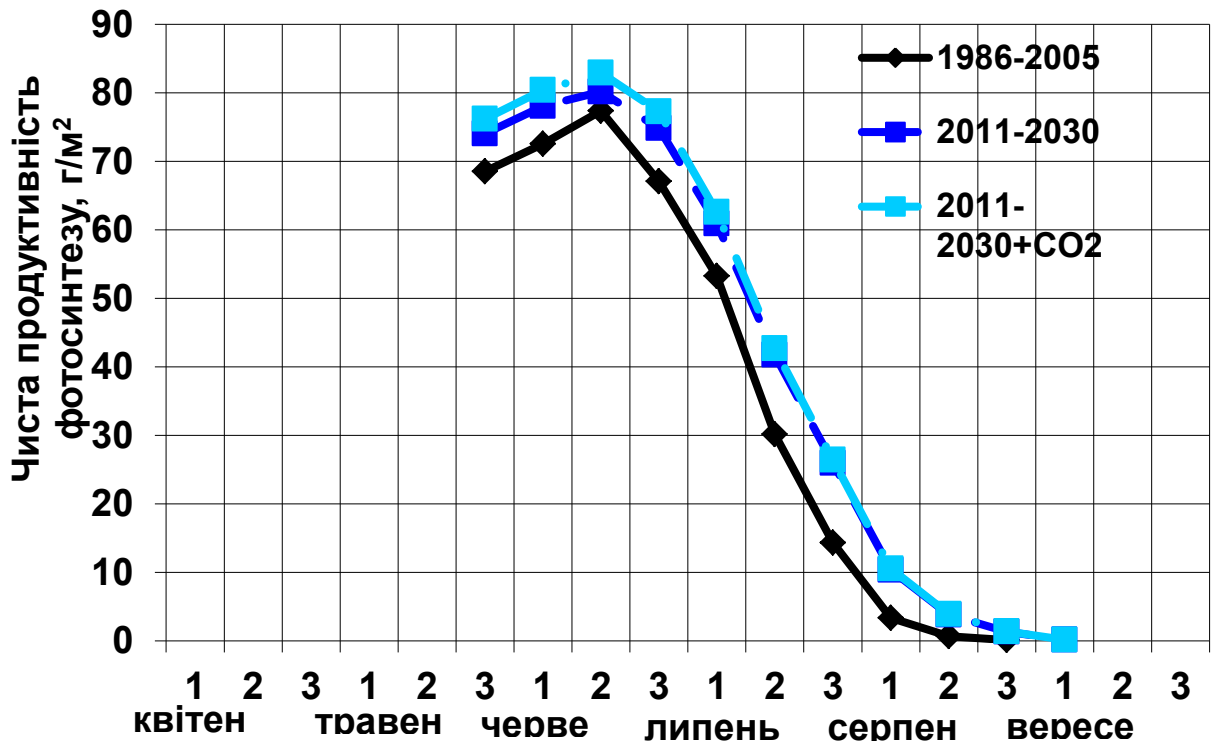
за базову. Максимальна площа листової поверхні (рис. 4.1А) зростає в умовах першого періоду з $2,20 \text{ м}^2/\text{м}^2$ до $3,67 \text{ м}^2/\text{м}^2$, у другому до $3,19 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

При підвищенні вмісту CO_2 максимальна площа листкової поверхні зростає, відповідно до $4,04 \text{ м}^2/\text{м}^2$ і $3,70 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Одним з основних показників фотосинтетичної продуктивності є чиста продуктивність фотосинтезу [4]. Чиста продуктивність фотосинтезу, показник, який характеризує кількість загальної сухої біомаси, утвореної рослинами протягом доби в розрахунку на 1 м^2 листя. Середню продуктивність роботи листя за весь період вегетації визначають шляхом ділення маси загального біологічного врожаю на показник фотосинтетичного потенціалу посадки. Ця величина є важливим показником формування врожаю і протягом вегетації може варіювати від нуля, і навіть негативний значень, до $15\text{-}18 \text{ г}/\text{м}^2$ на добу. Показники ЧПФ визначаються в окремі проміжки часу шляхом ділення середньодобового приросту біомаси врожаю за проміжок часу (зазвичай $5\text{-}10$ днів) на середню площу листя. Вони залежать насамперед від кількості засвоєного в процесі фотосинтезу вуглекислого газу (CO_2) вдень ($\text{г}/\text{м}^2$). Значення величин денного засвоєння CO_2 і добових приростів біомаси може бути найрізноманітнішим. Воно показує, яка кількість сухої біомаси синтезується рослиною протягом дня в розрахунку на 1 кг асимільованого CO_2 .

Чиста продуктивність фотосинтезу соняшнику на досліджуваній території за період $1986\text{-}2005$ рр. (рис. 4.2А і Б) характеризується одновершинною кривою з максимумом $78 \text{ г}/\text{м}^2$ у період утворення суцвіть, в подальшому йде зниження і в фазу цвітіння чиста продуктивність фотосинтезу рослин становить $30 \text{ г}/\text{м}^2$. На період дозрівання процес фотосинтетичної діяльності рослин завершується, прирости біомаси мають незначний характер, листя сохнуть, чиста продуктивність зводиться до нуля. Чиста продуктивність фотосинтезу в I-й період зростає до $80 \text{ г}/\text{м}^2$ (рис. 4.2А), в II-й період практично співпадає з базовим періодом (рис. 4.2Б), підвищення вмісту CO_2 збільшує значення ЧПФ (табл.4.5) до $84 \text{ г}/\text{м}^2$ і $81 \text{ г}/\text{м}^2$ відповідно.

А) Сценарій А2



Б) Сценарій А2

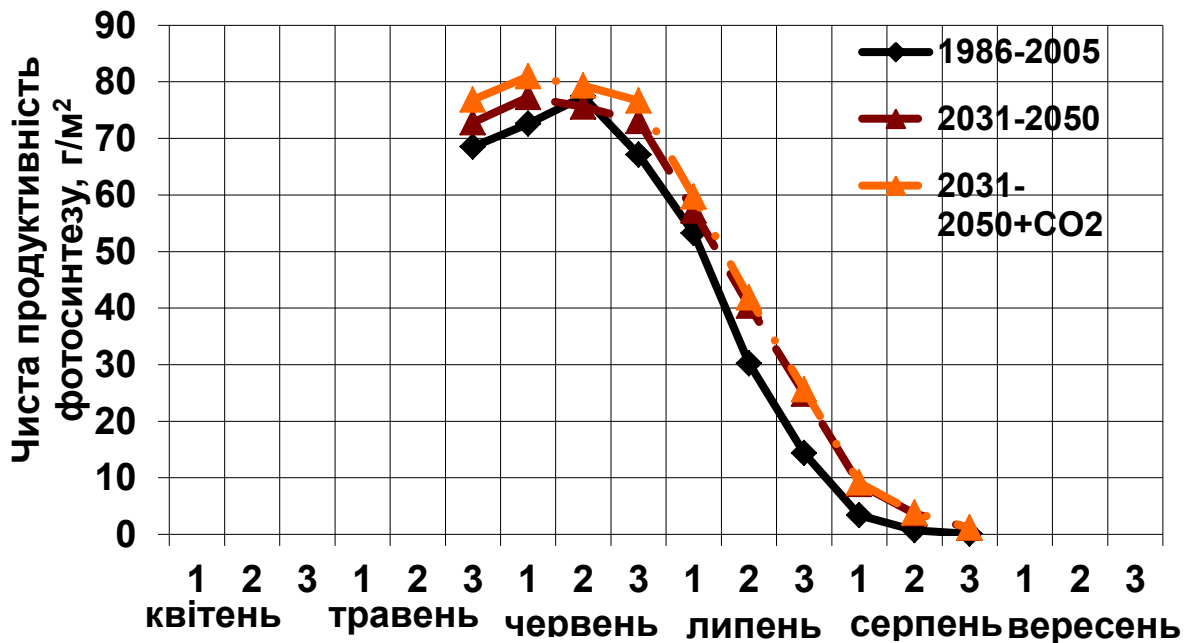


Рисунок 4.2– Динаміка чистої фотосинтетичної продуктивності соняшнику в умовах: А) I-го кліматичного періоду; Б) II-го кліматичного періоду в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Сценарій А2. Сумська область.

Кліматичні зміни призведуть до зростання фотосинтетичного потенціалу посівів соняшнику(табл.4.5). В перший період він зростає з 128 до 218 м²/доб., в другий з 128 до 178 м²/доб. Ще більш зростає фотосинтетичний потенціал при підвищенні CO₂ в атмосфері.

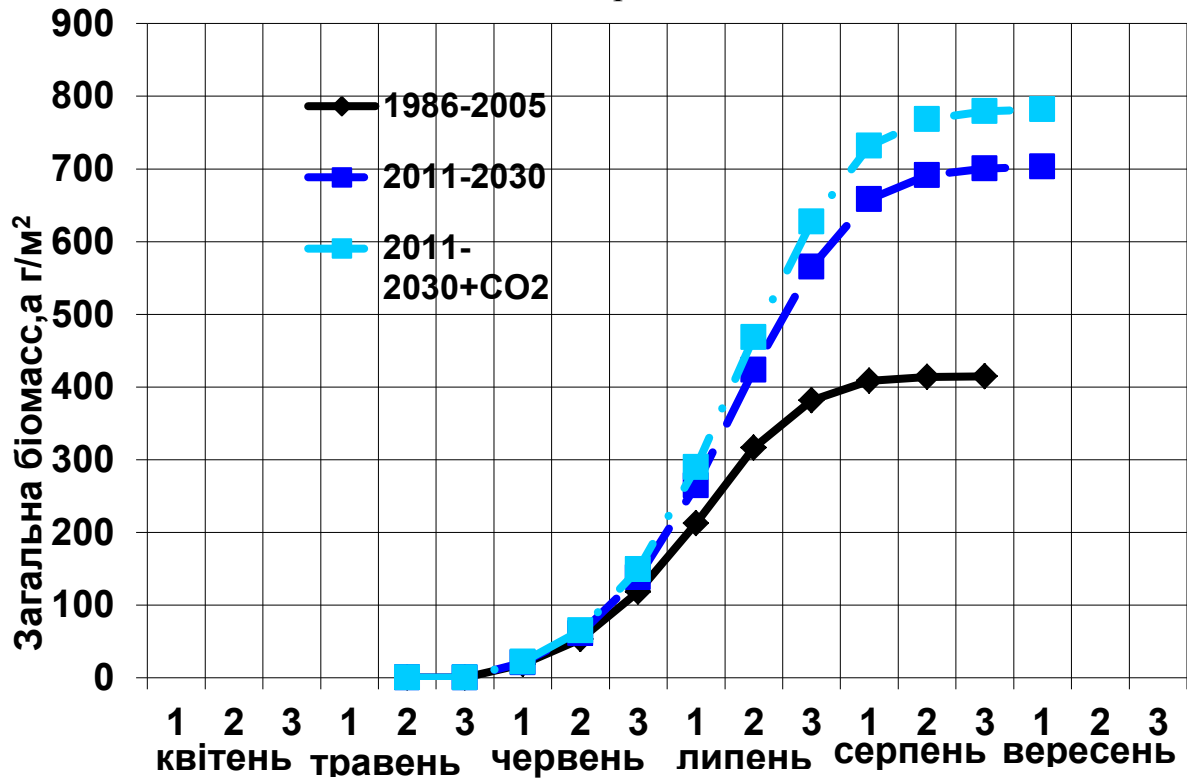
Показник, що також характеризує фотосинтетичну продуктивність рослин є загальна біомаса. Хід кривої загальної біомаси має сігмоїдальний характер (рис. 4.3А і Б). Найбільш інтенсивний ріст спостерігається з другої декади червня до другої декади липня. В подальшому процеси росту стають менш інтенсивними, у першу декаду серпня ріст зупиняється. За базовим періодом загальна біомаса становить 414,5 г/м².

Найбільш інтенсивний ріст біомаси соняшнику буде спостерігатися в перший період, чому сприятимуть підвищення температурного режиму, загальна біомаса на кінець вегетації збільшиться з 414,5 до 703,3, у другому періоді інтенсивність росту біомаси буде меншою за перший період, але більшою за базовий (табл.4.5). При підвищенні рівня CO₂ прирости біомаси зростуть, а розміри загальної біомаси зростуть за умов першого кліматичного періоду на 84 %, другого кліматичного періоду на 71% (табл.4.5).

За сценарієм А1В (рис. 4.4А і Б) кліматичні умови І-го періоду будуть сприяти більш інтенсивному приросту площі листя та скороченню періоду росту та розвитку. Максимальні значення площі листя (рис. 4.4 А) будуть збільшуватися з 2,20 до 2,37 м²/м², кліматичні умови другого періоду (рис. 4.4Б) призведуть до ще більшого збільшення площі (3,42 м²/м²). Підвищення концентрації CO₂ призведе к ще більшому зростанню площі в першому випадку до 2,58м²/м², у другому до 3,98 м²/м².

Динаміка чистої фотосинтетичної продуктивності за сценарієм повторює динаміку базової (рис. 4.5А і Б), але за рахунок більш раннього настання сходів и більш низьких температур чиста продуктивність формується більш повільно. Максимум чистої продуктивності по сценарію

А) Сценарій А2



Б) Сценарій А2

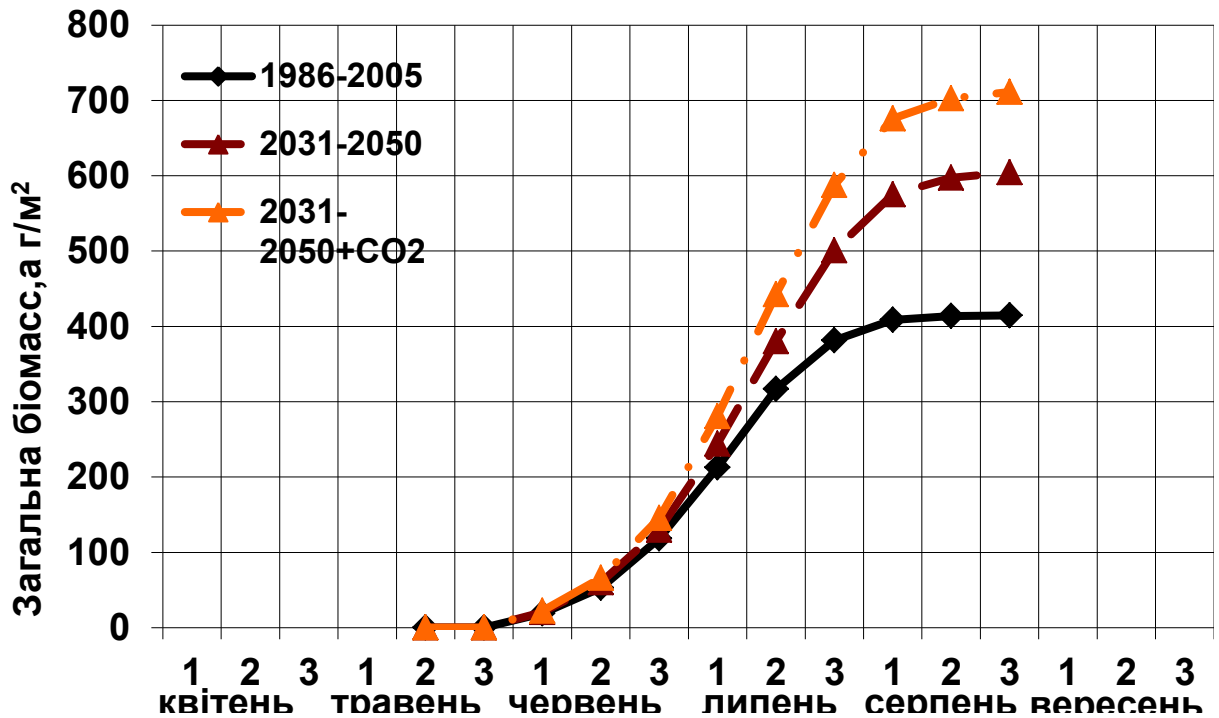
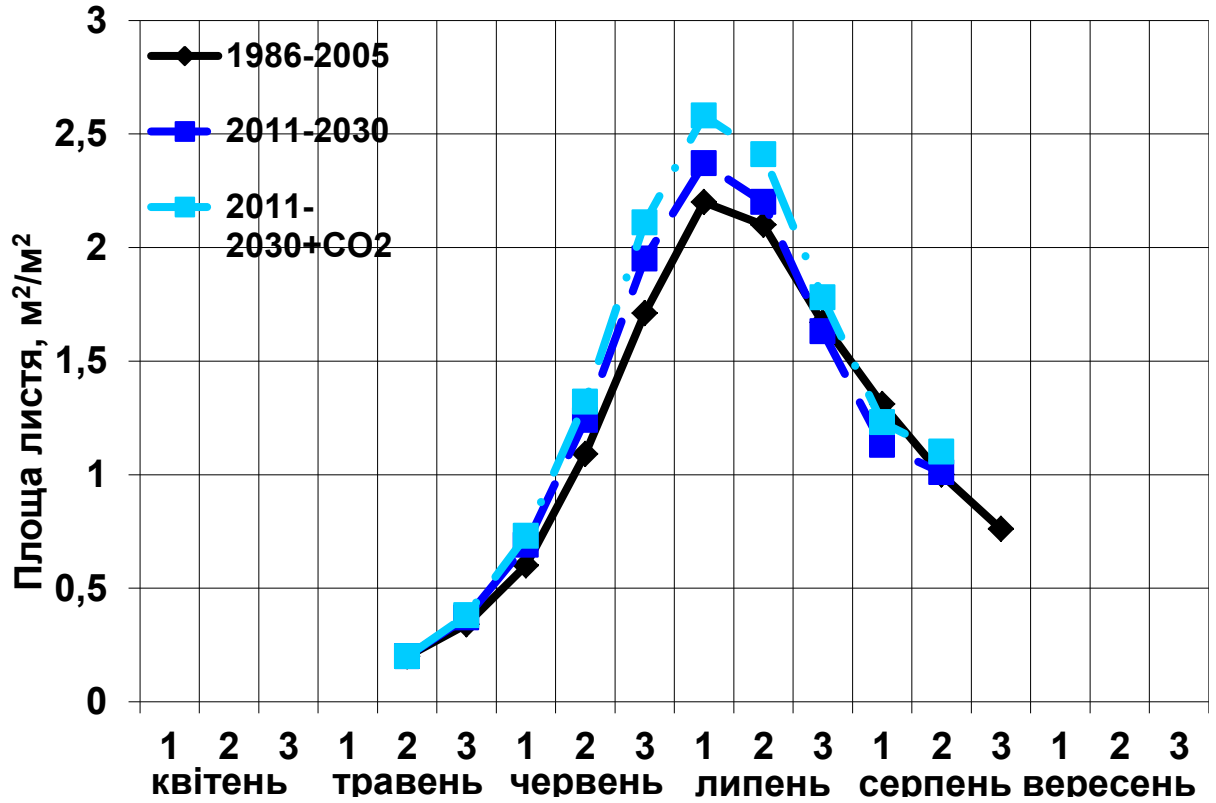


Рисунок 4.3– Динаміка загальної сухої біомаси соняшнику в умовах: А) I-го кліматичного періоду; Б) II-го кліматичного періоду в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Сумська область.

А) Сценарій АІВ



Б) Сценарій АІВ

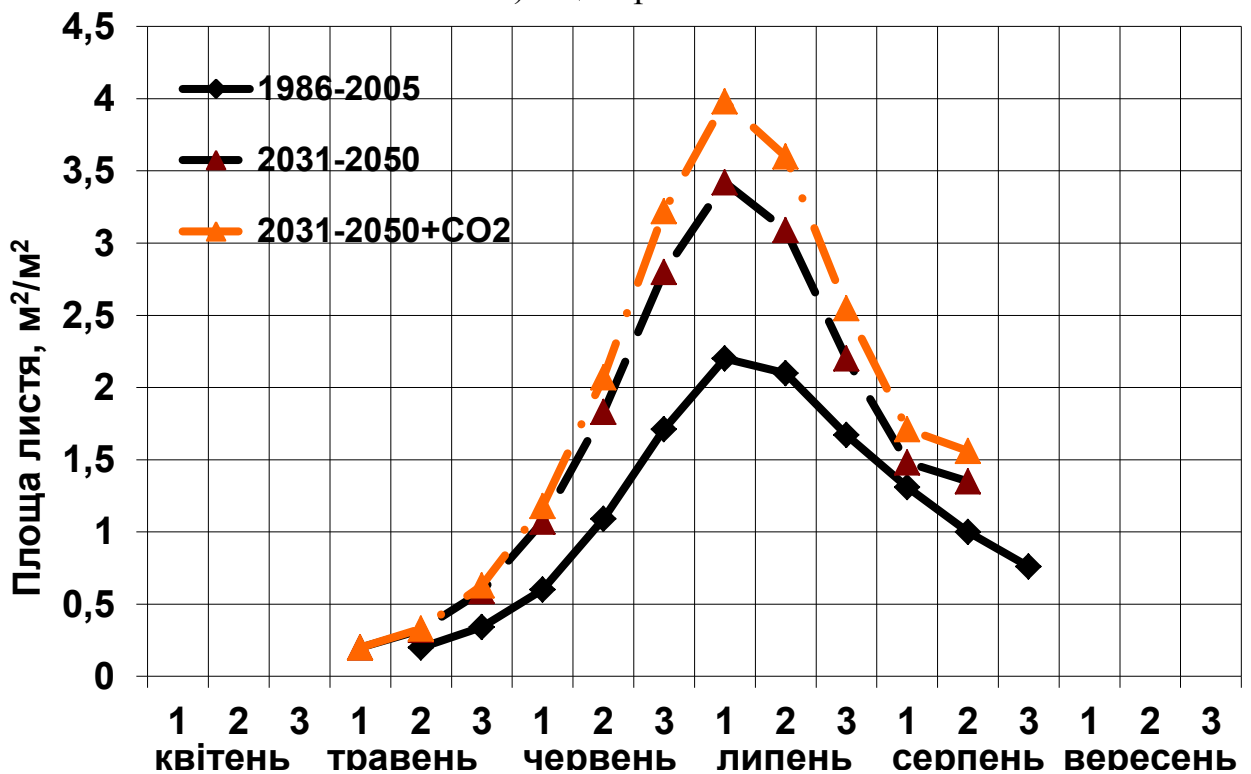
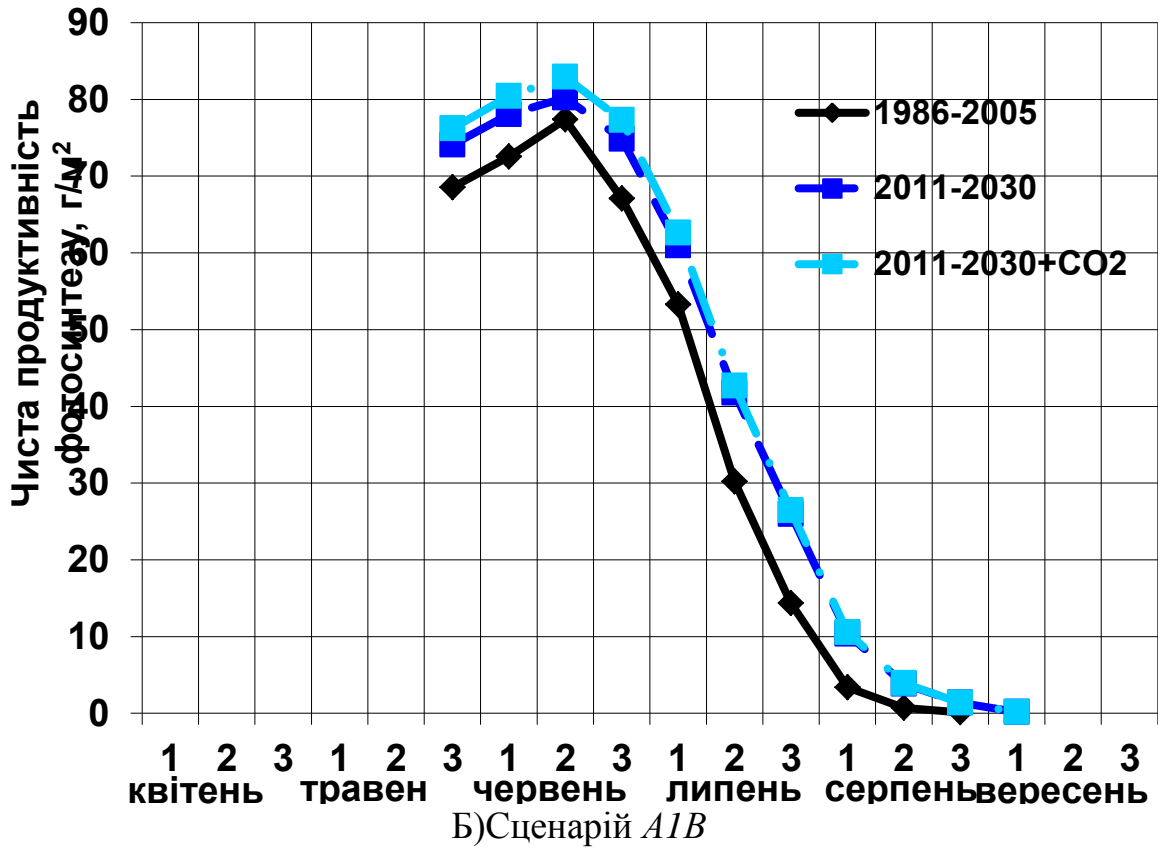


Рисунок 4.4– Динаміка відносної площі листкової поверхні соняшнику в умовах: А) I-го кліматичного періоду; Б) II-го кліматичного періоду в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Сумська область.

А) Сценарій A1B



Б) Сценарій A1B

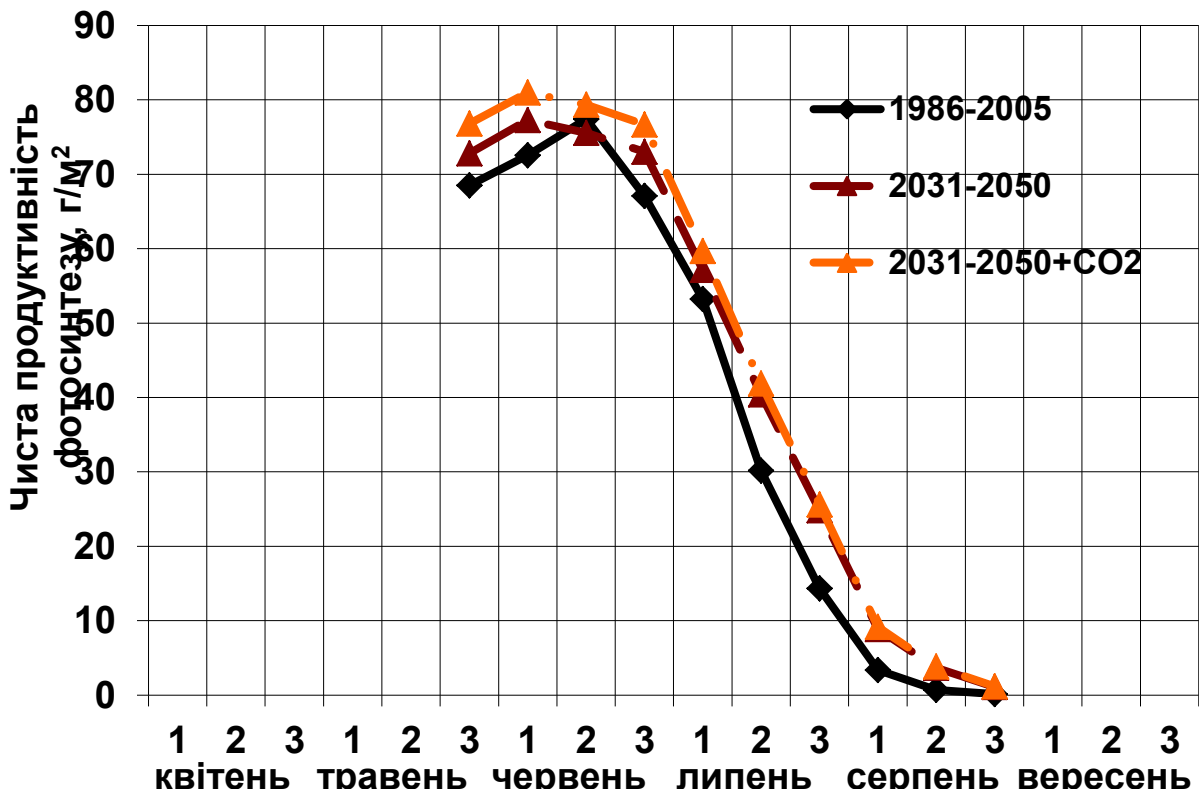


Рисунок 4.5– Динаміка чистої фотосинтетичної продуктивності соняшнику в умовах: А) I-го кліматичного періоду; Б) II-го кліматичного періоду в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Сумська область.

буде спостерігатися на дві декади раніше, в обох періодах він дорівнює 79 г/м^2 (табл. 4.6). При підвищенні рівня CO_2 чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ) дорівнює відповідно 78 і 82 г/м^2 .

Фотосинтетичний потенціал в умовах першого кліматичного періоду незначно але зменшиться ($118 \text{ м}^2/\text{доб.}$), в другий буде спостерігатися зростання ФП з $128 \text{ м}^2/\text{доб.}$ до $168 \text{ м}^2/\text{доб.}$ При підвищенні CO_2 фотосинтетичний потенціал ще більш зростає (табл. 4.6).

Аналіз динаміки загальної сухої біомаси за умов базового періоду за сценарієм A1B показав (рис. 4.6А і Б), що до третій декади липня іде інтенсивне наростання біомаси, в подальшому до третій декади серпня прирости практично не змінюються.

Наростання біомаси за умов першого кліматичного періоду (рис. 4.6А) буде інтенсивніше ніж за умов базового, на момент дозрівання зростає з $414,5$ до $440,6 \text{ г/м}^2$, за умов другого кліматичного періоду наростання біомаси буде ще більш інтенсивніше (рис. 4.6Б) і на момент дозрівання зростає до $640,5 \text{ г/м}^2$. Підвищення рівня CO_2 призведе до росту загальної біомаси, порівняно з базовим періодом у першому випадку біомаса збільшиться на 18% , у другому на 82% (табл.4.6).

Дані таблиць 4.5 і 4.6 показують, що, за умов всіх кліматичних періодів, крім першого за сценарієм A1B, буде спостерігатись збільшення рівня урожайності за рахунок зміни кліматичних умов.

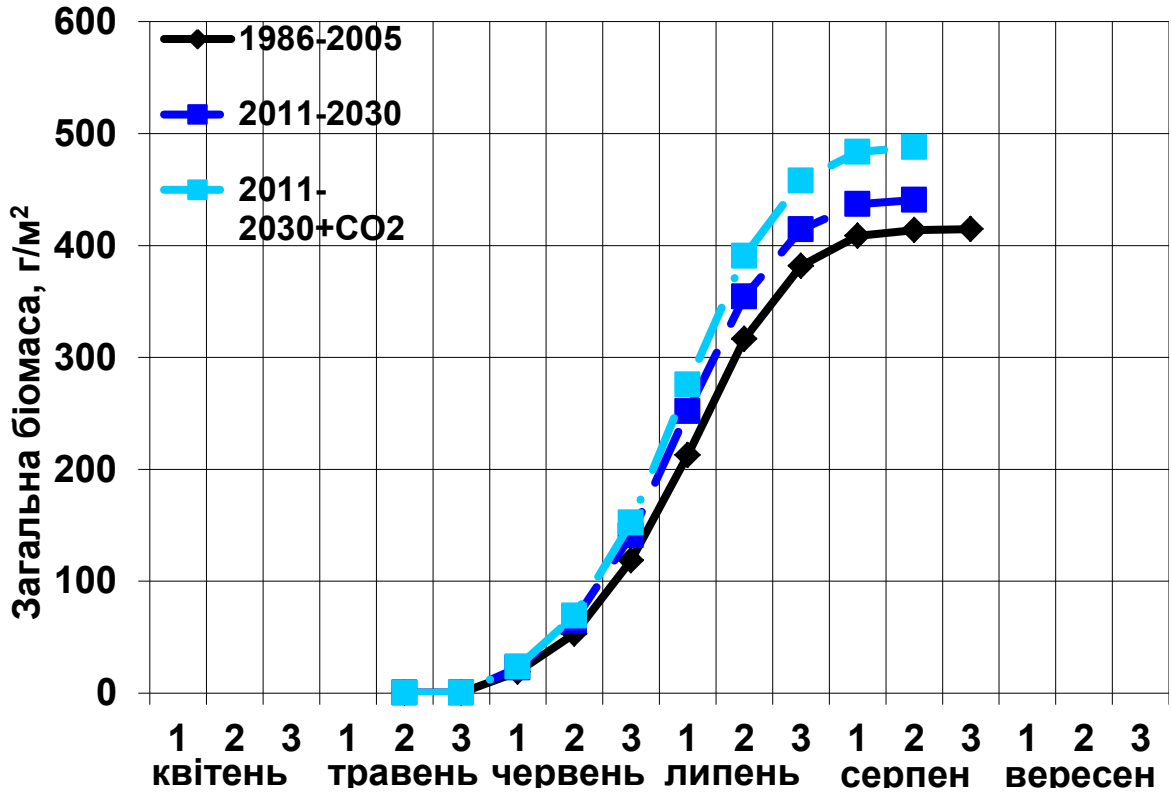
За сценарієм A2: у I-й період на 30% , у II-й на 16% .

Зростання вмісту CO_2 в атмосфері призведе до підвищення урожайності відповідно на 49 та 39%

За сценарієм A1B буде спостерігатися збільшення у II-й період на 44% і зменшення у I-й період на 16% .

Зростання вмісту CO_2 в атмосфері призведе до підвищення урожайності у II-й період 44% , у I-му періоді залишиться нижче базової на 6% .

А) Сценарій А1В



Б) Сценарій А1В

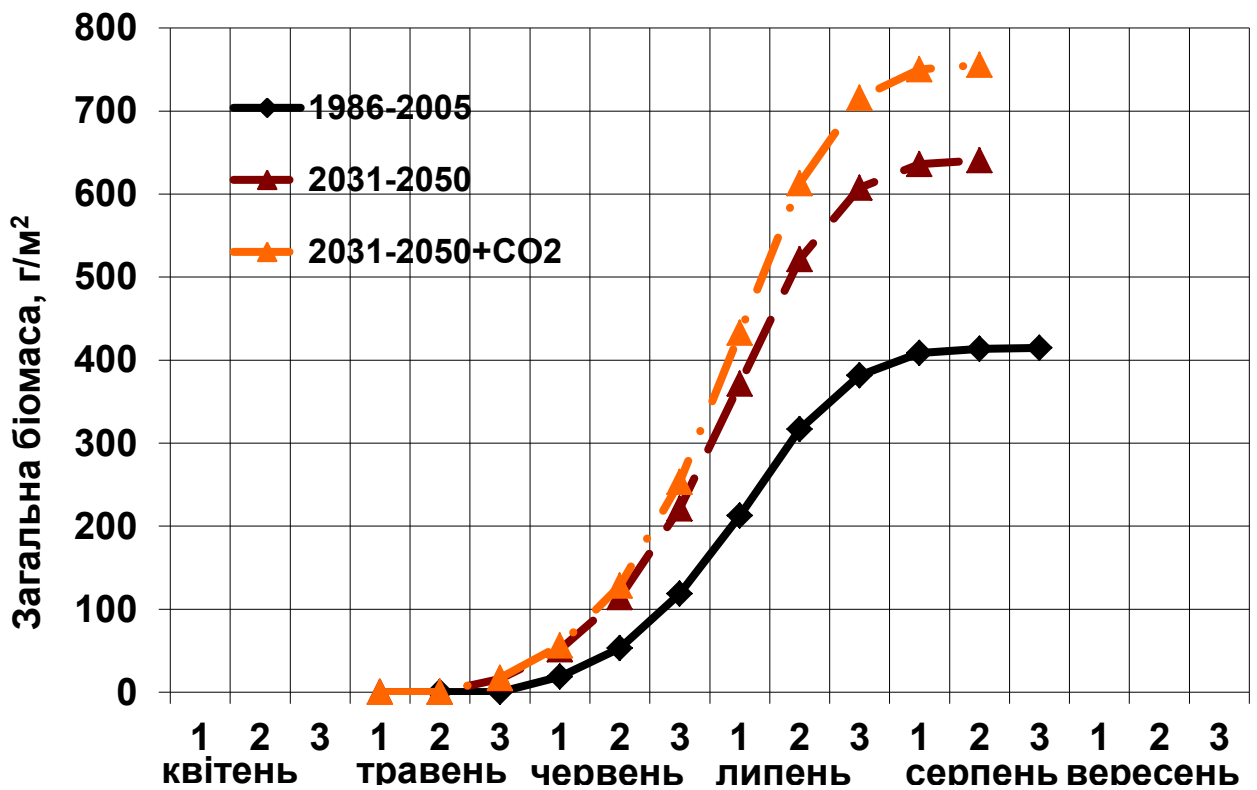


Рисунок 4.6– Динаміка загальної сухої біомаси соняшнику в умовах: А) I-го кліматичного періоду; Б) II-го кліматичного періоду в порівнянні з періодом 1986-2005 рр. (базовий період). Сумська область.

4.4 Ймовірність урожаїв соняшнику за умов змін клімату

Значний інтерес представляють не тільки середні характеристики врожаїв, а й тез яких значень вони отримані, яка міра відстані їх значень щодо середньої, яка частота повторюваності.

Для цього частіше застосовується метод побудови кривих ймовірностей досліджуваних величин, для яких використовується графоаналітичний метод Т.А. Алексєєва. Виходячи з теоретичних і практичних міркувань він запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної ймовірності формулу виду:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0,25}{n + 0,50} \cdot 100\% , \quad (4.1)$$

де $P_{(x_m)}$ - забезпеченість у відсотках, значення якої поступово збільшуються;

$m = 1, 2, \dots, n$ – порядковий номер членів статистичного ряду, розташованих в спадному порядку;

n – кількість років або спостережень в ряду.

За допомогою цієї формули проводять розрахунки сумарної ймовірності для елементів клімату як з нормальним, так і асиметричним розподілом.

Криві забезпеченості врожаїв соняшнику в умовах зміни клімату побудовані за сценаріями зміни клімату *A2* і *A1B* для двох кліматичних періодів: I-й період з 2011 по 2030 рр.; II-й період з 2031 по 2050 рр. для Сумської області (рис. 3.7 і 3.8).

Забезпеченість урожаїв соняшнику на досліджуваній території (табл. 4.7) в десяти роках з двадцяти буде дорівнювати за сценарієм *A2* в умовах першого кліматичного періоду 20,4 ц/га, другого періоду 19,4ц/га. За кліматичними умовами I-го періоду один раз на 20 років ймовірність

отримання високих врожаїв до 27,4 ц/га, у вісімнадцяти випадках з двадцяти до 11,3 ц/га (рис. 4.7А), за другим кліматичним періодом один раз з 20-ти років можливо одержувати врожай 31,2 ц/га, кожен рік можливо одержувати урожай 8,9 ц/га (рис. 4.7Б).

За сценарієм А1В забезпеченість урожаїв соняшнику на досліджуваній території (табл. 4.7) в десяти роках з двадцяти буде дорівнювати в умовах першого кліматичного періоду 13,3 ц/га, другого періоду 18,2ц/га. За кліматичними умовами I-го періоду один раз на 20 років ймовірність отримання високих врожаїв до 20,8 ц/га, у вісімнадцяти випадках з двадцяти до 6,7 ц/га (рис. 4.8А), за другим кліматичним періодом один раз з 20-ти років можливо одержувати врожай 24,1 ц/га, кожен рік можливо одержувати урожай 9,0 ц/га (рис. 4.8Б).

Отже, аналізуючи отримані за моделлю рахунки можна зробити висновок, що агрокліматичні умови що очікуються за сценарієм А2 будуть більш сприятливими для росту, розвитку та формування врожаю соняшнику ніж агрокліматичні умови за сценарієм А1В.

Таблиця 4.7– Забезпеченість ймовірних урожаїв насіння соняшнику.

Сумська область

| Період | Забезпеченість, % | | | | | | | | | |
|--------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 95 |
| Сценарій А2 | | | | | | | | | | |
| 2011-2030 | 27,4 | 25,7 | 24,0 | 23,2 | 20,4 | 20,2 | 18,4 | 15,5 | 11,3 | 10,3 |
| 2031-2050 | 31,2 | 23,2 | 22,4 | 21,4 | 19,4 | 17,4 | 16,8 | 15,4 | 11,5 | 8,9 |
| Сценарій А1В | | | | | | | | | | |
| 2011-2030 | 20,8 | 18,2 | 15,6 | 13,9 | 13,3 | 12,8 | 10,9 | 10,2 | 9,4 | 6,7 |
| 2031-2050 | 24,1 | 20,9 | 20,1 | 19,3 | 18,2 | 15,1 | 13,6 | 10,0 | 9,2 | 9,0 |

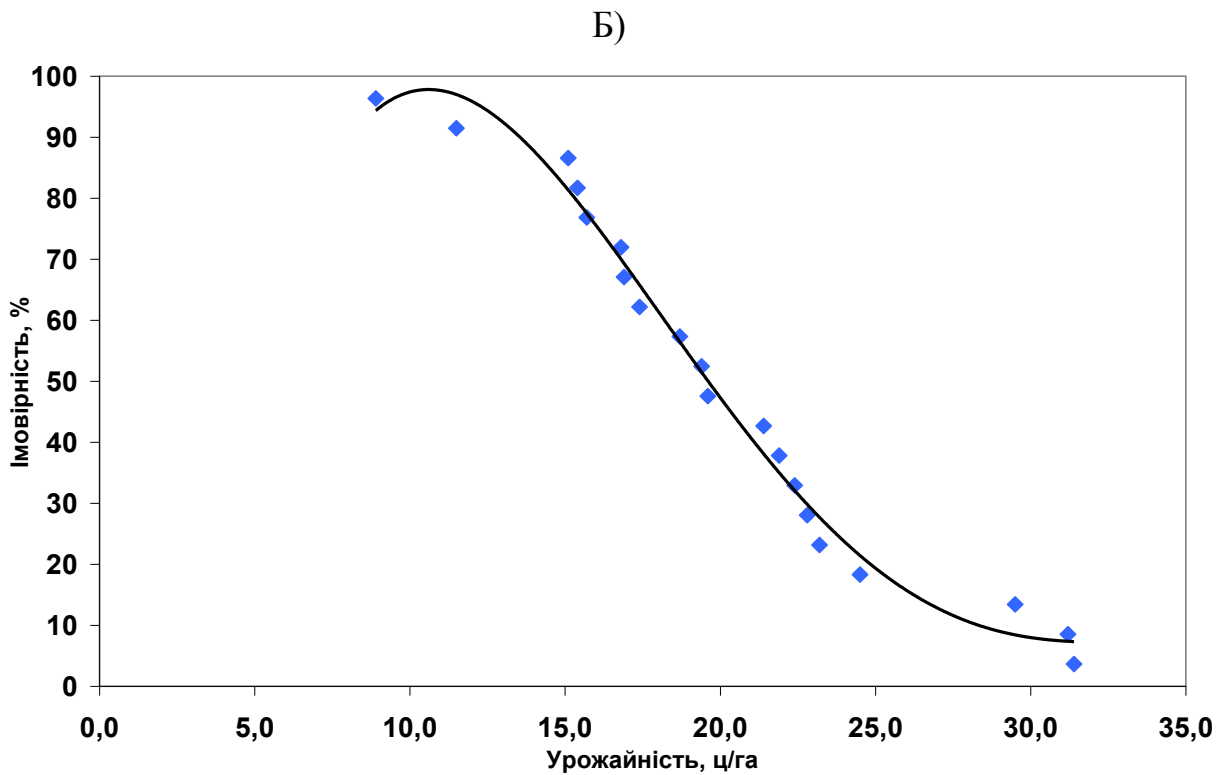
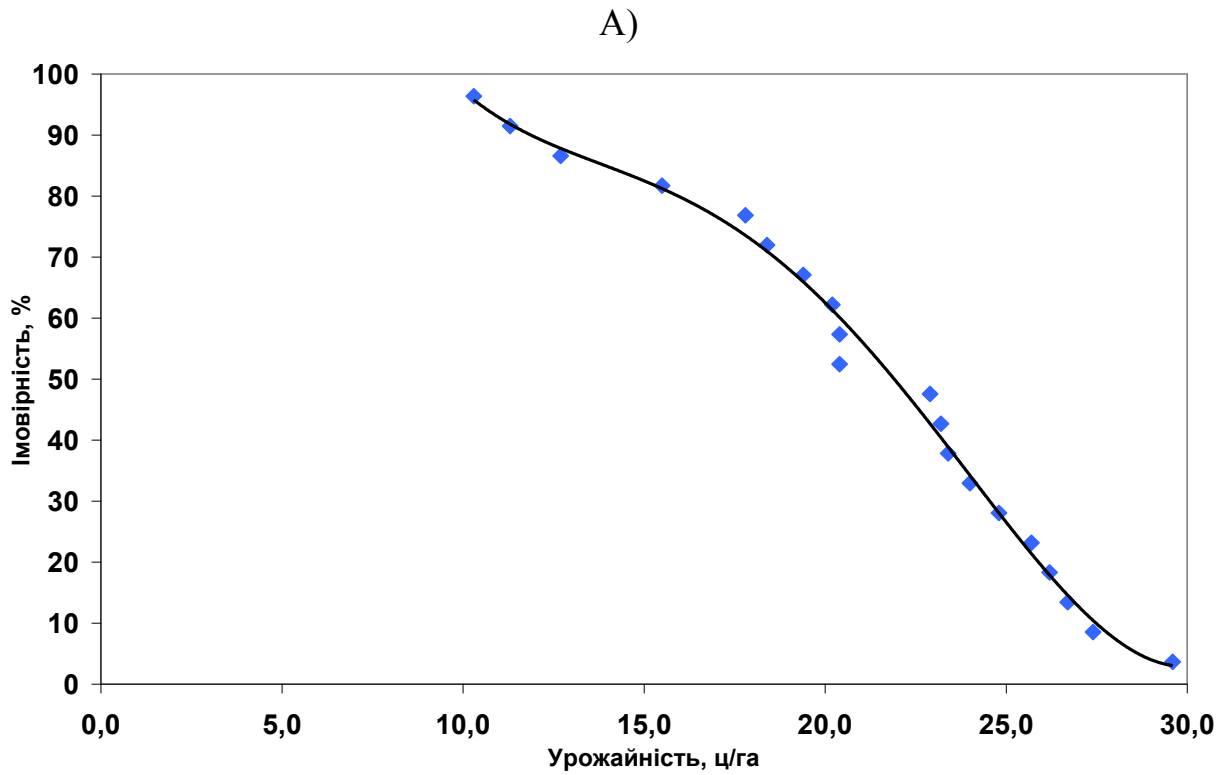


Рисунок 4.7 – Забезпеченість ймовірних урожаїв соняшнику за сценарієм А2: А) кліматичний період 2011-2030 рр.; Б) кліматичний період 2031-2050 рр. Сумська область.

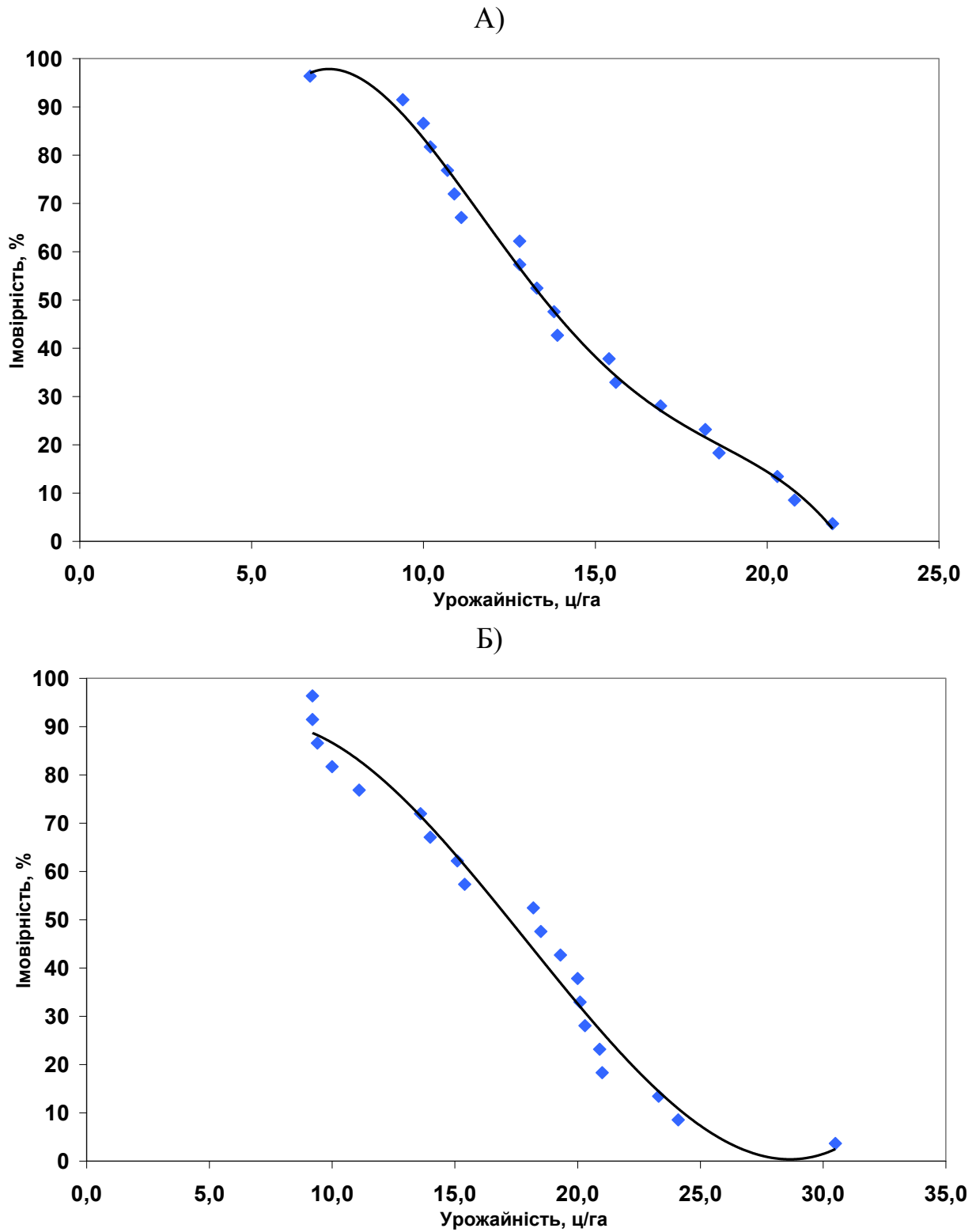


Рисунок 4.8 – Забезпеченість ймовірних урожаїв соняшнику за сценарієм *A1B*: А) кліматичний період 2011-2030 рр.; Б) кліматичний період 2031-2050 рр. Сумська область.

ВИСНОВКИ

В роботі наведено дослідження формування продуктивності соняшнику в Сумській області під впливом агрокліматичних умов, що склалися в період з 1986 по 2005 роки і очікуються у період з 2011 по 2050 роки. Наведено рішення даної наукової задачі з використанням сценаріїв змін клімату *A2* і *A1B* та за допомогою метода математичного моделювання. А саме:

1. Вивчені сценарії змін клімату, питання змін клімату та їх вплив на сільськогосподарське виробництво.

2. Вивчені особливості технології та перспективи вирощування соняшнику в Україні.

3. Вивчена модель водно-теплогового режиму і формування продуктивності соняшника.

4. Виконані розрахунки та дана оцінка продуктивності соняшнику в умовах зміни клімату на території Сумської області. Встановлено, що за умов реалізації сценарію *A2* у першому кліматичному періоді тривалість вегетаційного періоду соняшнику збільшиться на 15 днів, у другому на 10 днів. Строки посіву змістяться згідно з сценарієм на 16-17 днів раніше базових термінів посіву. Відповідно змістяться і строки появи сходів на 5 і 4 днів. Достигання очікується пізніше на 9 і 5 днів відповідно.

За сценарієм *A1B* тривалість вегетаційного періоду на 6 днів зменшиться у першому випадку, у другому залишиться без змін. Раніше за базовий період буде наставати й достигання: за умовами першого кліматичного періоду на 14 днів, другого – на 12 днів.

5. При оцінці агрокліматичних умов встановлено, що у першому кліматичному періоді і за сценарієм *A2* і за сценарієм *A1B*, за вегетаційний період температурний режим буде вище (на $0,9^{\circ}\text{C}$), вологозабезпеченість незначно (на 2%), але також вище базової. У другому кліматичному періоді за сценарієм *A2* за вегетацію температурний режим буде нижче на $0,6^{\circ}\text{C}$, вологозабезпеченість вище на 12%, тобто за даним сценарієм за даним

кліматичним сценарієм умови для соняшника будуть складатись більш сприятливими за базові. За сценарієм *A1B* температурний буде вище за базовий, вологозабезпеченість також вище за базову, тому і за даним сценарієм умови другого кліматичного періоду очікуються сприятливими для росту та розвитку соняшнику.

6. Аналіз формування продуктивності соняшнику показав, що за умов всіх кліматичних періодів, крім першого за сценарієм *A1B*, буде спостерігатись збільшення рівня урожайності за рахунок змін кліматичних умов: за сценарієм *A2*: у I-й період на 30%, у II-й на 16 %. Зростання вмісту CO₂ в атмосфері призведе до підвищення урожайності відповідно на 49 та 39 %; за сценарієм *A1B* буде спостерігатись збільшення у II-й період на 44 % і зменшення у I-й період на 16%. Зростання вмісту CO₂ в атмосфері призведе до підвищення урожайності у II-й період 44 %, у I-му періоді залишиться нижче базової на 6%.

7. Забезпеченість урожаїв соняшнику на досліджуваній території в десяти роках з двадцяти буде дорівнювати: за сценарієм *A2* 20,4 ц/га і 19,4 ц/га; за сценарієм *A1B* 13,3 ц/га і 18,2 ц/га відповідно.

Отже, аналізуючи отримані за моделлю рахунки можна зробити висновок, що агрокліматичні умови що очікуються за сценарієм *A2* будуть більш сприятливими для росту, розвитку та формування врожаю соняшнику ніж агрокліматичні умови за сценарієм *A1B*.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрокліматичний довідник по Сумській області: (1986-2005 рр.) за ред.. З.П.Кравченко, Т.І. Адаменко. Кам'янець-Подільський, 2012. 203 с.
2. Агрокліматичний довідник по території України за ред. Т.І. Адаменко, М.І., Кульбіді, А.Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільський, 2011. 107 с.
3. Будыко М.И. Изменения климата. –Л.: Гидрометеиздат, 1974. 280 с.
4. Васильев Д.С. Агротехника подсолнечника. М.: Колос.1983.
5. Жигайло О.Л., Жигайло Т.С., Бойчук Ю.О.Оцінка формування врожаю соняшнику в умовах зміни клімату. Вісник одеського державного екологічного університету, 2014, №18, с. 79-85.
6. 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.
7. Изменение климата. Заявление о современном состоянии знаний и приоритетных направлениях исследований ВПИК //Бюлл. ВМО, 199039. № 1. С. 51-57.
8. 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.
9. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: Вид. «ТЕС», 2015. 520 с.
10. Кузьміна А.О., Кацмаза В.С., Жигайло О.Л. Аналіз водно-теплогового режиму вегетаційного періоду соняшнику в східному регіоні України Матеріали міжнародної наукової конференції студентів та молодих

- вчених «Сучасна гідрометеорологія: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення», 21-23 березня, 2018р. Одеса: ОДЕКУ. 2018. С.28-30.
- 11.Мельник Ю.С. Климат и произрастание подсолнечника. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 143с.
 - 12.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.
 - 13.Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України.: монографія за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: «Екологія», 2011. 694 с.
 - 14.Польовий А. М. Вплив антропогенних змін клімату на сільське господарство: конспект лекцій /А. М. Польовий. – Одеса : 2013. 107 с.
 - 15.Польовий А.М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем. – Одеса:«Екологія», 2013. 430 с.
 - 16.Польовий А.М. та інш. Вплив зміни клімату на сільське господарство Півдня України // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. 2005. 49. с. 252-261.
 - 17.Подсолнечник / Научные труды ВАСХНИЛ под общей редакцией академика В.С. Пустовойта. М.: Колос, 1975. 591 с.
 - 18.Проблеми і стратегія виконання Україною рамкової конвенції ООН про зміну клімату /В.Я.Шевчук, І.В.Трофимова, О.М.Трофимчук та ін. – К.: УІНСіР6, 2001. 96 с.
 - 19.Ткалич И.Д., Ткалич Ю.И. Рычик С.Г. Цветок солнца (основы биологии и агротехники подсолнечника): монография под ред. док-ра с.-х. наук, проф. И.Д. Ткалича. Днепропетровск, 2011. 172 с.
 - 20.Sunflower production guidefor cambodian conditions. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR) 2016. Canberra. 56 pp.
 - 21.High Plains Sunflower Production Handbook, Kansas State University, April, 2009. 50 pp.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

```

*****
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
llm(15),qm(15),ts1m(15),ts2m(15)
      common
dww(15),ts(15),ss(15),dv(15),inf(
50),os(15)
      dimension
jlm(15),gim(15),flm(15),ksi(15),g
amfm(15),blm(15),
1
bsm(15),brm(15),bpm(15),aflm(15),
arlm(15),tss(150),ts1l(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
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)

ff0l(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
ОРГАНОВ, 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 А
1'i', 3x, 'mr', 3x, 'i', 4x, 'mp', 2x, 'i
', 3x, 'm', 4x, 'i', 3x, 'mg', 4x, 'i')
write(*, 109)
print *, ' mg - urogay pri
14% wladnosti semjnoj, z/ga'
120 format(4x, 70('-'))
write(*, 120)
c+++++

ts2=tss(gi+1)
c+++++
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
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)

```

```

ar1=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-nl+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-nl+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-nl+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-nl+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
cccccccccc FAR(j)=0.52*q

```

```

Продовження додатку А
cccccccccc 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+++++
c=====
c      R A S C H E T pokazatelj
zasuschlivosti Bova i GTK
C-----
veg=tsveg+ts(j)*dv(j)

Bova(j)=10*(inf(7)+os(j))/tsveg

FCO(j)=(0.2*(inf(17)-
inf(18))/inf(18))+1
C=====
c      V O D N I Y B L O K
C-----
if(j.gt.1) go to 2001
cccccccccc
epot(j)=(0.65*dww(j)*dv(j)*0.75)
cccccccccc
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
ccc betxr=0.6
exr=16.7*((0.74*qxr)-
(dv(j)*60*0.001))

```

```

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 dWp0(j)=(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-
0.25*inf(11)+7.4)
cccccccc
Wp0(j)=inf(11)+(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-
0.25*inf(11)+7.4)
cccccccc if(Wp0(j).lt.0)
Wp0(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 dWp0(j)=(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-0.25*Wp0(j-
1)+7.4)
cccc Wp0(j)=Wp0(j-1)+(-
0.7*ts(j)+0.26*Os(j)-0.25*Wp0(j-
1)+9.4)
cccc if(Wp0(j).lt.0) Wp0(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*11*taud*0.1
dmm=f1-
arl*(0.015*m+0.20*f1)
ab32(j)=dmm*dv(j)

```

Продовження додатку А

```

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

v1=0.3*m1*ts1/(tss(j2)-
2.*inf(10))
v2=0.3*ms*ts1/(tss(j2)-
2.*inf(11))
v3=0.3*mr*ts1/(tss(j2)-
2.*inf(12))
if(ts2.lt.2*inf(10))v1=0
if(ts2.lt.2*inf(11))v2=0
if(ts2.lt.2*inf(12))v3=0
ml=ml+(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)
c      rd3(j)=mp*0.75*1.14*0.1
      mg=mp*0.65*1.14*0.1
c      write(6,337)m1,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-
v1)*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
      gamfm(j)=gamf
      blm(j)=bl
      bsm(j)=bs
      brm(j)=br
      bpm(j)=bp
      aflm(j)=afl
      arlm(j)=ar1
      llm(j)=ll
      qm(j)=q
      rd3(j)=mg
      tslm(j)=ts1
      ts2m(j)=ts2
cccc      Eakxr=Eakt(j)
      Eakt(j)=Eakxr
cccccccc      exr=E0(j)

      E0(j)=exr
write(*,139)j,gi,m1,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=j1-1
      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 j1=1,j1

      153
      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'ar1',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

Сценарій А2, кліматичний період 2011-2030

SymiYkr sr 11-30

Chislo dekad; chislo dney ot 1-go janvarj; data vsxodov

mesjz vsxodov; schirota punkta:

12130 10 5 50.88

Summa osadkov za dekadu (mm):

31.0 34.0 25.0 27.0 34.0 30.0 24.0 28.0 19.0 15.0 18.0 20.0

Sredn. za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb):

4.0 4.0 4.0 4.0 4.0 5.0 4.0 4.0 5.0 5.0 4.0 4.0

Sredn. za dekadu tempsratura vozduxa (grad. C):

13.5 14.8 16.0 17.4 17.7 18.3 18.4 18.3 18.5 17.7 16.0 15.1

Sredn.za dekadu colnechn. radiacij, Wt/m2

348.000 342.000 336.000 328.000 341.000 344.000 336.000 370.000 334.000

352.000

321.000 268.000

Chislo dney v rashetnoy dekadie:

10 11 10 10 10 10 10 11 10 10 11 3

Informazionniy massiv, parametri modeli:

0.135 0.105 0.155 0.000 0.200 999.000 240.000 252.000 264.000

264.000

264.000 288.000 900.000 450.000 0.600 0.500 380.000 380.000 2.000

40.000

0.300 0.460 0.270 0.050 26.000 272.000 8.000 22.000 168.000

| i'dek | icyt | i | ml | i | ms | i | mr | i | mp | i | m | i | mg | i |
|---------------------------------------------|------|---|----|---|----|---|----|---|----|---|---|---|----|---|
| mg - urogay pri 14% wladnosti semjнок, z/ga | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|--------|
| i | 1i | 10 | i | 0.125 | i | 0.089 | i | 0.147 | i | 0.000 | i | 0.395 | i | 0.000 |
| i | 2i | 21 | i | 6.495 | i | 9.856 | i | 4.754 | i | 0.000 | i | 0.361 | i | 0.000 |
| i | 3i | 31 | i | 18.937 | i | 28.934 | i | 13.441 | i | 0.000 | i | 21.105 | i | 0.000 |
| i | 4i | 41 | i | 42.032 | i | 64.348 | i | 31.927 | i | 0.000 | i | 61.312 | i | 0.000 |
| i | 5i | 51 | i | 76.859 | i | 117.748 | i | 69.811 | i | 0.000 | i | 138.307 | i | 0.000 |
| i | 6i | 61 | i | 116.559 | i | 178.622 | i | 127.692 | i | 0.865 | i | 264.418 | i | 0.064 |
| i | 7i | 71 | i | 138.862 | i | 212.826 | i | 171.902 | i | 41.751 | i | 423.738 | i | 3.094 |
| i | 8i | 82 | i | 136.828 | i | 209.713 | i | 174.646 | i | 137.218 | i | 565.340 | i | 10.168 |
| i | 9i | 92 | i | 128.548 | i | 197.023 | i | 163.257 | i | 202.241 | i | 658.405 | i | 14.986 |
| i | 10i | 102 | i | 121.142 | i | 185.672 | i | 152.877 | i | 240.961 | i | 691.070 | i | 17.855 |
| i | 11i | 113 | i | 114.802 | i | 175.955 | i | 144.036 | i | 268.460 | i | 700.651 | i | 19.893 |
| i | 12i | 116 | i | 113.347 | i | 173.726 | i | 142.019 | i | 274.432 | i | 703.252 | i | 20.335 |

| idek | icyt | i | LL | i | q | i | DM(g/m2) | i | ts2 | i | fl | i | ksifl | i | gamf | i | |
|------|------|---|-----|---|------|---|----------|---|---------|---|----------|---|--------|---|-------|---|------|
| i | 1 | i | 10 | i | 0.20 | i | 397.124 | i | -0.034 | i | 55.000 | i | 0.000 | i | 0.000 | i | 0.88 |
| i | 2 | i | 21 | i | 0.36 | i | 417.626 | i | 20.744 | i | 129.800 | i | 2.225 | i | 0.779 | i | 0.92 |
| i | 3 | i | 31 | i | 0.67 | i | 565.336 | i | 40.207 | i | 209.800 | i | 5.281 | i | 0.836 | i | 0.90 |
| i | 4 | i | 41 | i | 1.25 | i | 598.434 | i | 76.995 | i | 303.800 | i | 10.746 | i | 0.896 | i | 0.88 |
| i | 5 | i | 51 | i | 2.12 | i | 605.270 | i | 126.111 | i | 400.800 | i | 17.735 | i | 0.907 | i | 0.89 |
| i | 6 | i | 61 | i | 3.11 | i | 581.438 | i | 159.321 | i | 503.800 | i | 21.635 | i | 0.929 | i | 0.88 |
| i | 7 | i | 71 | i | 3.67 | i | 574.328 | i | 141.602 | i | 607.800 | i | 18.358 | i | 0.933 | i | 0.86 |
| i | 8 | i | 82 | i | 3.50 | i | 556.629 | i | 93.065 | i | 721.100 | i | 10.573 | i | 0.929 | i | 0.85 |
| i | 9 | i | 92 | i | 2.81 | i | 481.185 | i | 32.665 | i | 826.100 | i | 4.062 | i | 0.936 | i | 0.83 |
| i | 10 | i | 102 | i | 2.19 | i | 443.957 | i | 9.581 | i | 923.100 | i | 1.216 | i | 0.907 | i | 0.80 |
| i | 11 | i | 113 | i | 1.66 | i | 385.492 | i | 2.601 | i | 1011.100 | i | 0.314 | i | 0.836 | i | 0.79 |
| i | 12 | i | 116 | i | 1.54 | i | 353.216 | i | 0.272 | i | 1032.400 | i | 0.124 | i | 0.794 | i | 0.86 |

| i | iDEK | i | CYT | i | bl | i | bs | i | br | i | bp | i | afl | i | arl | i | W0 |
|-------|------|----|-----|-----|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|-----|-------|-----|-------|----|
| 179.2 | i | 1 | i | 10 | i | 0.301 | i | 0.462 | i | 0.237 | i | 0.000 | i | 0.673 | i | 0.581 | i |
| 188.7 | i | 2 | i | 21 | i | 0.307 | i | 0.471 | i | 0.222 | i | 0.000 | i | 0.820 | i | 0.753 | i |
| 182.8 | i | 3 | i | 31 | i | 0.309 | i | 0.474 | i | 0.216 | i | 0.000 | i | 0.948 | i | 0.918 | i |
| 178.0 | i | 4 | i | 41 | i | 0.300 | i | 0.460 | i | 0.240 | i | 0.000 | i | 0.993 | i | 0.993 | i |
| 180.0 | i | 5 | i | 51 | i | 0.276 | i | 0.423 | i | 0.300 | i | 0.000 | i | 0.910 | i | 0.911 | i |
| 179.2 | i | 6 | i | 61 | i | 0.249 | i | 0.382 | i | 0.363 | i | 0.005 | i | 0.710 | i | 0.688 | i |
| 173.4 | i | 7 | i | 71 | i | 0.208 | i | 0.320 | i | 0.374 | i | 0.098 | i | 0.466 | i | 0.419 | i |
| 170.5 | i | 8 | i | 82 | i | 0.079 | i | 0.121 | i | 0.167 | i | 0.634 | i | 0.250 | i | 0.199 | i |
| 165.9 | i | 9 | i | 92 | i | 0.008 | i | 0.012 | i | 0.020 | i | 0.959 | i | 0.110 | i | 0.074 | i |
| 159.9 | i | 10 | i | 102 | i | 0.001 | i | 0.002 | i | 0.003 | i | 0.994 | i | 0.044 | i | 0.024 | i |
| 158.5 | i | 11 | i | 113 | i | 0.000 | i | 0.000 | i | 0.001 | i | 0.999 | i | 0.016 | i | 0.007 | i |
| 173.5 | i | 12 | i | 116 | i | 0.000 | i | 0.000 | i | 0.000 | i | 0.999 | i | 0.008 | i | 0.003 | i |

| i | iDEK | i | CYT | i | Os | i | Eakt | i | E0r | i | bp | i | afl | i | Wt/m2 | |
|-------|---------|----|-----|-----|----|------|------|------|-----|------|----|-------|-----|-------|-------|-------|
| | kal/sm2 | | min | | | | | | | | | | | | | |
| 0.434 | i | 1 | i | 10 | i | 31.0 | i | 19.8 | i | 45.7 | i | 0.000 | i | 0.673 | i | 302.5 |
| 0.443 | i | 2 | i | 21 | i | 34.0 | i | 24.4 | i | 53.1 | i | 0.000 | i | 0.820 | i | 308.7 |
| 0.587 | i | 3 | i | 31 | i | 25.0 | i | 30.9 | i | 66.5 | i | 0.000 | i | 0.948 | i | 409.0 |
| 0.614 | i | 4 | i | 41 | i | 27.0 | i | 31.8 | i | 70.6 | i | 0.000 | i | 0.993 | i | 428.0 |
| 0.620 | i | 5 | i | 51 | i | 34.0 | i | 32.0 | i | 71.5 | i | 0.000 | i | 0.910 | i | 432.1 |
| 0.600 | i | 6 | i | 61 | i | 30.0 | i | 30.8 | i | 68.5 | i | 0.005 | i | 0.710 | i | 418.3 |
| 0.603 | i | 7 | i | 71 | i | 24.0 | i | 29.8 | i | 67.6 | i | 0.098 | i | 0.466 | i | 420.3 |
| 0.600 | i | 8 | i | 82 | i | 28.0 | i | 30.9 | i | 72.0 | i | 0.634 | i | 0.250 | i | 418.3 |
| 0.537 | i | 9 | i | 92 | i | 19.0 | i | 23.6 | i | 56.1 | i | 0.959 | i | 0.110 | i | 374.2 |
| 0.515 | i | 10 | i | 102 | i | 15.0 | i | 21.0 | i | 51.5 | i | 0.994 | i | 0.044 | i | 358.8 |
| 0.468 | i | 11 | i | 113 | i | 18.0 | i | 19.4 | i | 48.7 | i | 0.999 | i | 0.016 | i | 326.1 |
| 0.443 | i | 12 | i | 116 | i | 20.0 | i | 5.0 | i | 12.1 | i | 0.999 | i | 0.008 | i | 308.8 |

Додаток Б.1

 =====
 Сценарій А2, кліматичний період 2031-2050
 =====

SymiYkr sr 3150

Chislo dekad; chislo dney ot 1-go janvarj; data vsxodov

mesjz vsxodov; schirota punkta:

11131 11 5 50.88

Summa osadkov za dekadu (mm):

23.0 28.0 27.0 24.0 25.0 31.0 35.0 38.0 25.0 31.0 31.0

Sredn. za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb):

7.0 7.0 8.0 7.0 6.0 8.0 8.0 8.0 8.0 7.0 7.0

Sredn. za dekadu tempstratura vozduxa (grad. C):

13.9 15.1 16.3 16.8 18.9 18.8 19.1 18.7 18.0 18.4 17.0

Sredn.za dekadu colnechn. radiazij, Wt/m2

348.000 342.000 336.000 328.000 341.000 344.000 336.000 370.000 334.000

352.000

321.000

Chislo dney v rashetnoy deкаде:

10 11 10 10 10 10 10 11 10 10 9

Informazionniy massiv, parametri modeli:

0.135 0.105 0.155 0.000 0.200 999.000 240.000 252.000 264.000

264.000

264.000 288.000 900.000 450.000 0.600 0.500 380.000 380.000 2.000

40.000

0.300 0.460 0.270 0.050 26.000 272.000 8.000 22.000 168.000

 =====
 i'dek icyt i ml i ms i mr i mp i m i mg i
 mg - urogay pri 14% wladnosti semjnok, z/ga

i 1i 10 i 0.125 i 0.089i 0.147i 0.000i 0.395i 0.000i

i 2i 21 i 6.395 i 9.703i 4.654i 0.000i 0.360i 0.000i

i 3i 31 i 18.580 i 28.387i 13.201i 0.000i 20.753i 0.000i

i 4i 41 i 39.345 i 60.227i 30.114i 0.000i 60.168i 0.000i

i 5i 51 i 70.726 i 108.345i 65.255i 0.000i 129.686i 0.000i

i 6i 61 i103.904 i 159.217i 115.661i 1.321i 244.325i 0.098i

i 7i 71 i119.895 i 183.743i 149.797i 47.497i 380.104i 3.520i

i 8i 82 i114.961 i 176.185i 145.810i 138.124i 500.931i 10.235i

i 9i 92 i108.303 i 165.980i 136.603i 186.411i 575.080i 13.813i

i 10i102 i101.692 i 155.849i 127.407i 219.548i 597.297i 16.268i

i 11i111 i 96.854 i 148.435i 120.718i 240.103i 604.495i 17.792i

idek icyt i LL i q i DM(g/m2)i ts2 i fl i ksifl i gamf i

i 1 i 10 i 0.20i 400.922i -0.035 i 59.000i 0.000i 0.000i 0.85i

i 2 i 21 i 0.36i 420.599i 20.393 i 137.100i 2.195i 0.794i 0.87i

i 3 i 31 i 0.66i 571.860i 39.416 i 220.100i 5.201i 0.849i 0.86i

i 4 i 41 i 1.18i 587.399i 69.518 i 308.100i 9.795i 0.871i 0.84i

i 5 i 51 i 1.96i 627.897i114.639 i 417.100i16.059i 0.949i 0.81i

i 6 i 61 i 2.79i 594.229i135.778 i 525.100i18.240i 0.946i 0.82i

i 7 i 71 i 3.19i 591.713i120.828 i 636.100i15.232i 0.955i 0.85i

| | | | | | | | | |
|------|-------|--------|-----------|----------|------------|---------|---------|--------|
| i 8 | i 82 | i 2.78 | i 565.344 | i 74.148 | i 753.800 | i 8.162 | i 0.943 | i 0.87 |
| i 9 | i 92 | i 2.23 | i 467.127 | i 22.218 | i 853.800 | i 2.720 | i 0.919 | i 0.88 |
| i 10 | i 102 | i 1.68 | i 458.719 | i 7.198 | i 957.800 | i 0.871 | i 0.933 | i 0.90 |
| i 11 | i 111 | i 1.27 | i 408.245 | i 1.615 | i 1038.800 | i 0.222 | i 0.879 | i 0.94 |

| i | iDEK | i CYT | i bl | i bs | i br | i bp | i afl | i arl | i W0 |
|-------|------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| 171.4 | i 1 | i 10 | i 0.301 | i 0.462 | i 0.236 | i 0.000 | i 0.678 | i 0.587 | i |
| 176.2 | i 2 | i 21 | i 0.307 | i 0.471 | i 0.221 | i 0.000 | i 0.831 | i 0.767 | i |
| 173.7 | i 3 | i 31 | i 0.309 | i 0.474 | i 0.217 | i 0.000 | i 0.958 | i 0.932 | i |
| 168.1 | i 4 | i 41 | i 0.299 | i 0.458 | i 0.243 | i 0.000 | i 0.993 | i 0.993 | i |
| 162.4 | i 5 | i 51 | i 0.274 | i 0.420 | i 0.307 | i 0.000 | i 0.892 | i 0.891 | i |
| 164.8 | i 6 | i 61 | i 0.244 | i 0.375 | i 0.371 | i 0.010 | i 0.666 | i 0.638 | i |
| 170.5 | i 7 | i 71 | i 0.188 | i 0.289 | i 0.351 | i 0.171 | i 0.410 | i 0.360 | i |
| 176.8 | i 8 | i 82 | i 0.045 | i 0.069 | i 0.100 | i 0.785 | i 0.203 | i 0.155 | i |
| 177.7 | i 9 | i 92 | i 0.004 | i 0.006 | i 0.011 | i 0.978 | i 0.085 | i 0.054 | i |
| 184.5 | i 10 | i 102 | i 0.001 | i 0.001 | i 0.002 | i 0.997 | i 0.032 | i 0.017 | i |
| 195.4 | i 11 | i 111 | i 0.000 | i 0.000 | i 0.001 | i 0.999 | i 0.011 | i 0.005 | i |

| i | iDEK | i CYT | i Os | i Eakt | i EOr | i bp | i afl | i Wt/m2 |
|-------|---------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| i | kal/sm2 | min | i | | | | | |
| 0.437 | i 1 | i 10 | i 23.0 | i 19.6 | i 46.2 | i 0.000 | i 0.678 | i 304.4 |
| 0.445 | i 2 | i 21 | i 28.0 | i 23.2 | i 53.5 | i 0.000 | i 0.831 | i 310.2 |
| 0.593 | i 3 | i 31 | i 27.0 | i 29.4 | i 67.3 | i 0.000 | i 0.958 | i 413.1 |
| 0.602 | i 4 | i 41 | i 24.0 | i 29.6 | i 69.3 | i 0.000 | i 0.993 | i 419.9 |
| 0.643 | i 5 | i 51 | i 25.0 | i 30.7 | i 74.3 | i 0.000 | i 0.892 | i 448.4 |
| 0.614 | i 6 | i 61 | i 31.0 | i 28.7 | i 70.1 | i 0.010 | i 0.666 | i 428.1 |
| 0.623 | i 7 | i 71 | i 35.0 | i 29.2 | i 69.8 | i 0.171 | i 0.410 | i 434.0 |
| 0.611 | i 8 | i 82 | i 38.0 | i 31.8 | i 73.2 | i 0.785 | i 0.203 | i 426.1 |
| 0.523 | i 9 | i 92 | i 25.0 | i 24.1 | i 54.4 | i 0.978 | i 0.085 | i 364.6 |
| 0.534 | i 10 | i 102 | i 31.0 | i 24.2 | i 53.3 | i 0.997 | i 0.032 | i 372.3 |
| 0.495 | i 11 | i 111 | i 31.0 | i 20.1 | i 42.4 | i 0.999 | i 0.011 | i 345.4 |

ДОДАТОК Б.2

Сценарій А1В, кліматичний період 2011-2030

SymiA1B sr 1130

Chislo dekad; chislo dney ot 1-go janvarj; data vsxodov

mesjz vsxodov; schirota punkta:

10131 11 5 50.88

Summa osadkov za dekadu (mm):

18.0 20.0 28.0 32.0 30.0 26.0 20.0 26.0 15.0 24.0

Sredn. za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb):

7.0 7.0 8.0 7.0 6.0 8.0 8.0 8.0 8.0 7.0

Sredn. za dekadu tempsratura vozduxa (grad. C):

15.2 17.0 17.6 18.5 20.2 19.6 20.1 20.5 20.9 19.8

Sredn.za dekadu colnechn. radiacij, Wt/m2

348.000 342.000 336.000 328.000 341.000 344.000 336.000 370.000 334.000
352.000

Chislo dney v rashetnoy dekadie:

10 11 10 10 10 10 10 11 10 3

Informazionniy massiv, parametri modeli:

0.135 0.105 0.155 0.000 0.200 999.000 240.000 252.000 264.000
264.000264.000 288.000 900.000 450.000 0.600 0.500 380.000 380.000 2.000
40.000

0.300 0.460 0.270 0.050 26.000 272.000 8.000 22.000 168.000

| i'dek | icyt | i | ml | i | ms | i | mr | i | mp | i | m | i | mg | i |
|---------------------------------------------|------|---|----|---|----|---|----|---|----|---|---|---|----|---|
| mg - urogay pri 14% wladnosti semjнок, z/ga | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----|----|---|--------|---|---------|---|---------|---|---------|---|---------|---|--------|
| i | 1i | 10 | i | 0.124 | i | 0.088 | i | 0.147 | i | 0.000 | i | 0.395 | i | 0.000 |
| i | 2i | 21 | i | 6.993 | i | 10.621 | i | 4.986 | i | 0.000 | i | 0.359 | i | 0.000 |
| i | 3i | 31 | i | 19.930 | i | 30.458 | i | 14.536 | i | 0.000 | i | 22.600 | i | 0.000 |
| i | 4i | 41 | i | 41.619 | i | 63.714 | i | 35.587 | i | 0.000 | i | 64.924 | i | 0.000 |
| i | 5i | 51 | i | 69.962 | i | 107.173 | i | 74.495 | i | 0.290 | i | 140.921 | i | 0.021 |
| i | 6i | 61 | i | 86.799 | i | 132.998 | i | 107.235 | i | 27.345 | i | 251.920 | i | 2.026 |
| i | 7i | 71 | i | 84.796 | i | 129.932 | i | 107.775 | i | 91.722 | i | 354.378 | i | 6.797 |
| i | 8i | 82 | i | 77.981 | i | 119.490 | i | 98.335 | i | 141.063 | i | 414.225 | i | 10.453 |
| i | 9i | 92 | i | 72.005 | i | 110.333 | i | 90.010 | i | 168.275 | i | 436.868 | i | 12.469 |
| i | 10i | 95 | i | 70.491 | i | 108.013 | i | 87.918 | i | 174.520 | i | 440.624 | i | 12.932 |

| idek | icyt | i | LL | i | q | i | DM(g/m2) | i | ts2 | i | fl | i | ksifl | i | gamf | i | |
|------|------|---|----|---|------|---|----------|---|---------|---|----------|---|--------|---|-------|---|------|
| i | 1 | i | 10 | i | 0.20 | i | 409.157 | i | -0.036 | i | 72.000 | i | 0.000 | i | 0.000 | i | 0.83 |
| i | 2 | i | 21 | i | 0.37 | i | 432.990 | i | 22.241 | i | 171.000 | i | 2.426 | i | 0.879 | i | 0.82 |
| i | 3 | i | 31 | i | 0.69 | i | 596.321 | i | 42.324 | i | 267.000 | i | 5.672 | i | 0.904 | i | 0.82 |
| i | 4 | i | 41 | i | 1.24 | i | 619.724 | i | 75.997 | i | 372.000 | i | 10.547 | i | 0.936 | i | 0.82 |
| i | 5 | i | 51 | i | 1.95 | i | 652.638 | i | 110.999 | i | 494.000 | i | 14.826 | i | 0.982 | i | 0.82 |
| i | 6 | i | 61 | i | 2.37 | i | 615.901 | i | 102.457 | i | 610.000 | i | 12.967 | i | 0.968 | i | 0.80 |
| i | 7 | i | 71 | i | 2.20 | i | 618.324 | i | 59.848 | i | 731.000 | i | 7.266 | i | 0.980 | i | 0.76 |
| i | 8 | i | 82 | i | 1.63 | i | 611.948 | i | 22.643 | i | 868.500 | i | 2.447 | i | 0.987 | i | 0.74 |
| i | 9 | i | 92 | i | 1.13 | i | 538.603 | i | 3.756 | i | 997.500 | i | 0.455 | i | 0.993 | i | 0.69 |
| i | 10 | i | 95 | i | 1.01 | i | 499.026 | i | 0.318 | i | 1032.900 | i | 0.128 | i | 0.973 | i | 0.79 |

| | iDEK | i | CYT | i | bl | i | bs | i | br | i | bp | i | afl | i | arl | i | W0 |
|-------|------|----|-----|----|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|-----|-------|-----|-------|----|
| 166.3 | i | 1 | i | 10 | i | 0.302 | i | 0.464 | i | 0.234 | i | 0.000 | i | 0.695 | i | 0.606 | i |
| 163.5 | i | 2 | i | 21 | i | 0.309 | i | 0.474 | i | 0.218 | i | 0.000 | i | 0.876 | i | 0.823 | i |
| 162.8 | i | 3 | i | 31 | i | 0.306 | i | 0.469 | i | 0.226 | i | 0.000 | i | 0.988 | i | 0.977 | i |
| 164.8 | i | 4 | i | 41 | i | 0.285 | i | 0.438 | i | 0.277 | i | 0.000 | i | 0.952 | i | 0.956 | i |
| 163.1 | i | 5 | i | 51 | i | 0.255 | i | 0.392 | i | 0.351 | i | 0.003 | i | 0.751 | i | 0.734 | i |
| 159.8 | i | 6 | i | 61 | i | 0.211 | i | 0.324 | i | 0.375 | i | 0.090 | i | 0.473 | i | 0.427 | i |
| 151.3 | i | 7 | i | 71 | i | 0.071 | i | 0.109 | i | 0.151 | i | 0.669 | i | 0.239 | i | 0.189 | i |
| 147.6 | i | 8 | i | 82 | i | 0.005 | i | 0.008 | i | 0.013 | i | 0.975 | i | 0.089 | i | 0.058 | i |
| 139.9 | i | 9 | i | 92 | i | 0.000 | i | 0.001 | i | 0.001 | i | 0.998 | i | 0.024 | i | 0.012 | i |
| 157.4 | i | 10 | i | 95 | i | 0.000 | i | 0.000 | i | 0.000 | i | 0.999 | i | 0.009 | i | 0.003 | i |

| | iDEK | i | CYT | i | Os | i | Eakt | i | E0r | i | bp | i | afl | i | Wt/m2 | | |
|-------|---------|----|-----|----|----|------|------|------|-----|------|----|-------|-----|-------|-------|-------|---|
| | kal/sm2 | | min | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.446 | i | 1 | i | 10 | i | 18.0 | i | 19.7 | i | 47.2 | i | 0.000 | i | 0.695 | i | 310.6 | i |
| 0.458 | i | 2 | i | 21 | i | 20.0 | i | 22.7 | i | 55.2 | i | 0.000 | i | 0.876 | i | 319.3 | i |
| 0.618 | i | 3 | i | 31 | i | 28.0 | i | 28.7 | i | 70.4 | i | 0.000 | i | 0.988 | i | 430.7 | i |
| 0.636 | i | 4 | i | 41 | i | 32.0 | i | 30.0 | i | 73.2 | i | 0.000 | i | 0.952 | i | 443.0 | i |
| 0.669 | i | 5 | i | 51 | i | 30.0 | i | 31.7 | i | 77.3 | i | 0.003 | i | 0.751 | i | 466.1 | i |
| 0.637 | i | 6 | i | 61 | i | 26.0 | i | 29.4 | i | 72.8 | i | 0.090 | i | 0.473 | i | 443.7 | i |
| 0.651 | i | 7 | i | 71 | i | 20.0 | i | 28.4 | i | 73.1 | i | 0.669 | i | 0.239 | i | 453.5 | i |
| 0.662 | i | 8 | i | 82 | i | 26.0 | i | 29.7 | i | 79.5 | i | 0.975 | i | 0.089 | i | 461.3 | i |
| 0.603 | i | 9 | i | 92 | i | 15.0 | i | 22.7 | i | 63.2 | i | 0.998 | i | 0.024 | i | 420.4 | i |
| 0.573 | i | 10 | i | 95 | i | 24.0 | i | 6.5 | i | 17.5 | i | 0.999 | i | 0.009 | i | 399.2 | i |

ДОДАТОК Б.3

=====

Сценарій А1В, кліматичний період 2031-2050

=====

SymA1B sr 3150

Chislo dekad; chislo dney ot 1-go janvarj; data vsxodov
mesjz vsxodov; schirota punkta:

11127 7 5 50.88

Summa osadkov za dekadu (mm):

20.0 19.0 30.0 24.0 26.0 33.0 32.0 24.0 30.0 22.0 26.0

Sredn. za dekadu defizit wlagnosti vozduxa (mb):

7.0 7.0 8.0 7.0 6.0 8.0 8.0 8.0 8.0 7.0 7.0

Sredn. za dekadu tempsratura vozduxa (grad. C):

13.3 13.9 15.7 16.9 18.0 19.2 20.3 21.3 21.3 20.8 20.2

Sredn.za dekadu colnechn. radiazij, Wt/m2

348.000 342.000 336.000 328.000 341.000 344.000 336.000 370.000 334.000
352.000

321.000

Chislo dney v rashetnoy dekadie:

7 10 11 10 10 10 10 11 10 2

Informazionniy massiv, parametri modeli:

0.135 0.105 0.155 0.000 0.200 999.000 240.000 252.000 264.000
264.000

264.000 288.000 900.000 450.000 0.600 0.500 380.000 380.000 2.000
40.000

0.300 0.460 0.270 0.050 26.000 272.000 8.000 22.000 168.000

=====

i'dek icyt i ml i ms i mr i mp i m i mg i
mg - urogay pri 14% wladnosti semjnok, z/ga

| | | | | | | | | | | |
|---|-----|-----|---|---------|---|----------|----------|----------|----------|---------|
| i | 1i | 7 | i | 0.128 | i | 0.094i | 0.149i | 0.000i | 0.395i | 0.000i |
| i | 2i | 17 | i | 4.850 | i | 7.334i | 3.675i | 0.000i | 0.372i | 0.000i |
| i | 3i | 28 | i | 15.848 | i | 24.198i | 11.366i | 0.000i | 15.860i | 0.000i |
| i | 4i | 38 | i | 35.067 | i | 53.667i | 25.664i | 0.000i | 51.411i | 0.000i |
| i | 5i | 48 | i | 65.477 | i | 100.296i | 55.236i | 0.000i | 114.398i | 0.000i |
| i | 6i | 58 | i | 104.069 | i | 159.470i | 107.527i | 0.254i | 221.008i | 0.019i |
| i | 7i | 68 | i | 129.121 | i | 197.891i | 155.681i | 38.905i | 371.320i | 2.883i |
| i | 8i | 78 | i | 125.057 | i | 191.667i | 155.121i | 135.781i | 521.598i | 10.061i |
| i | 9i | 89 | i | 114.377 | i | 175.298i | 140.633i | 205.567i | 607.626i | 15.232i |
| i | 10i | 99 | i | 105.741 | i | 162.063i | 128.911i | 243.775i | 635.875i | 18.064i |
| i | 11i | 101 | i | 104.219 | i | 159.730i | 126.862i | 249.945i | 640.490i | 18.521i |

idek icyt i LL i q i DM(g/m2)i ts2 i fl i ksifl i gamf i

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|----|---|-------|----------|---------|---|----------|---------|--------|-------|
| i | 1 | i | 7 | i | 0.20i | 389.975i | -0.023 | i | 37.100i | 0.000i | 0.000i | 0.87i |
| i | 2 | i | 17 | i | 0.32i | 404.602i | 15.488 | i | 96.100i | 1.800i | 0.735i | 0.86i |
| i | 3 | i | 28 | i | 0.59i | 552.863i | 35.552 | i | 180.800i | 4.150i | 0.822i | 0.86i |
| i | 4 | i | 38 | i | 1.07i | 585.560i | 62.987 | i | 269.800i | 8.781i | 0.875i | 0.83i |
| i | 5 | i | 48 | i | 1.83i | 611.006i | 106.610 | i | 369.800i | 15.213i | 0.919i | 0.82i |
| i | 6 | i | 58 | i | 2.80i | 609.388i | 150.312 | i | 481.800i | 20.638i | 0.958i | 0.83i |
| i | 7 | i | 68 | i | 3.42i | 632.055i | 150.278 | i | 604.800i | 19.248i | 0.984i | 0.84i |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---|-----|---|------|---|---------|---|--------|---|----------|---|--------|---|-------|---|------|
| i | 8 | i | 78 | i | 3.09 | i | 645.738 | i | 86.028 | i | 737.800 | i | 10.470 | i | 0.997 | i | 0.80 |
| i | 9 | i | 89 | i | 2.20 | i | 562.679 | i | 28.249 | i | 884.100 | i | 3.071 | i | 0.997 | i | 0.81 |
| i | 10 | i | 99 | i | 1.48 | i | 530.184 | i | 4.615 | i | 1012.100 | i | 0.555 | i | 0.992 | i | 0.79 |
| i | 11 | i | 101 | i | 1.35 | i | 503.522 | i | 0.266 | i | 1036.500 | i | 0.161 | i | 0.982 | i | 0.88 |

| i | DEK | i | CYT | i | bl | i | bs | i | br | i | bp | i | afl | i | arl | i | W0 |
|-------|-----|----|-----|-----|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|-----|-------|-----|-------|----|
| 174.6 | i | 1 | i | 7 | i | 0.300 | i | 0.460 | i | 0.240 | i | 0.000 | i | 0.651 | i | 0.556 | i |
| 173.3 | i | 2 | i | 17 | i | 0.305 | i | 0.467 | i | 0.228 | i | 0.000 | i | 0.764 | i | 0.686 | i |
| 172.4 | i | 3 | i | 28 | i | 0.309 | i | 0.474 | i | 0.216 | i | 0.000 | i | 0.904 | i | 0.859 | i |
| 167.1 | i | 4 | i | 38 | i | 0.305 | i | 0.468 | i | 0.227 | i | 0.000 | i | 0.991 | i | 0.982 | i |
| 163.3 | i | 5 | i | 48 | i | 0.285 | i | 0.437 | i | 0.277 | i | 0.000 | i | 0.952 | i | 0.957 | i |
| 166.6 | i | 6 | i | 58 | i | 0.257 | i | 0.394 | i | 0.348 | i | 0.002 | i | 0.769 | i | 0.753 | i |
| 167.4 | i | 7 | i | 68 | i | 0.217 | i | 0.333 | i | 0.378 | i | 0.073 | i | 0.493 | i | 0.448 | i |
| 160.1 | i | 8 | i | 78 | i | 0.071 | i | 0.108 | i | 0.150 | i | 0.671 | i | 0.238 | i | 0.188 | i |
| 160.9 | i | 9 | i | 89 | i | 0.004 | i | 0.006 | i | 0.010 | i | 0.979 | i | 0.081 | i | 0.052 | i |
| 158.1 | i | 10 | i | 99 | i | 0.000 | i | 0.000 | i | 0.001 | i | 0.998 | i | 0.020 | i | 0.010 | i |
| 179.1 | i | 11 | i | 101 | i | 0.000 | i | 0.000 | i | 0.000 | i | 0.999 | i | 0.008 | i | 0.003 | i |

| i | DEK | i | CYT | i | Os | i | Eakt | i | EOr | i | bp | i | afl | i | Wt/m2 | | |
|-------|---------|----|-----|-----|----|------|------|------|-----|------|----|-------|-----|-------|-------|-------|---|
| i | kal/sm2 | i | min | i | | i | | i | | i | | i | | i | | | |
| 0.433 | i | 1 | i | 7 | i | 20.0 | i | 13.4 | i | 31.4 | i | 0.000 | i | 0.651 | i | 301.5 | i |
| 0.437 | i | 2 | i | 17 | i | 19.0 | i | 20.3 | i | 46.7 | i | 0.000 | i | 0.764 | i | 304.4 | i |
| 0.581 | i | 3 | i | 28 | i | 30.0 | i | 30.9 | i | 71.5 | i | 0.000 | i | 0.904 | i | 404.9 | i |
| 0.604 | i | 4 | i | 38 | i | 24.0 | i | 29.3 | i | 69.0 | i | 0.000 | i | 0.991 | i | 421.2 | i |
| 0.626 | i | 5 | i | 48 | i | 26.0 | i | 29.8 | i | 72.2 | i | 0.000 | i | 0.952 | i | 436.2 | i |
| 0.625 | i | 6 | i | 58 | i | 33.0 | i | 29.7 | i | 72.0 | i | 0.002 | i | 0.769 | i | 435.9 | i |
| 0.656 | i | 7 | i | 68 | i | 32.0 | i | 31.2 | i | 74.8 | i | 0.073 | i | 0.493 | i | 457.4 | i |
| 0.684 | i | 8 | i | 78 | i | 24.0 | i | 31.3 | i | 76.5 | i | 0.671 | i | 0.238 | i | 476.9 | i |
| 0.614 | i | 9 | i | 89 | i | 30.0 | i | 29.2 | i | 72.8 | i | 0.979 | i | 0.081 | i | 428.1 | i |
| 0.600 | i | 10 | i | 99 | i | 22.0 | i | 24.8 | i | 62.2 | i | 0.998 | i | 0.020 | i | 418.5 | i |
| 0.584 | i | 11 | i | 101 | i | 26.0 | i | 5.0 | i | 11.8 | i | 0.999 | i | 0.008 | i | 406.9 | i |