МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської і аспірантської підготовки
Кафедра агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Оцінка впливу змін клімату на продуктивність цукрового буряку в українському Поліссі

Виконала студентка 2 курсу групи
ММА-62 спеціальності 8.04010505
“Агрометеорологія»
Пічкур Альона Володимирівна
Керівник к.геогр.н., доцент
Вольвач Оксана Василівна
Рецензент к.геогр.н., доцент
Волошина Олена Вікторівна

Одеса 2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет магістерської і аспірантської підготовки
Кафедра агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 8.04010505 "Агрометеорологія»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів
Польовий А.Н.
"31" жовтня 2016 року

З А В Д А Н Н Я

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Пічкур Альоні Володимирівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оцінка впливу змін клімату на продуктивність цукрового буряку в українському Поліссі
керівник роботи Вольвач Оксана Василівна, к.геогр.н., доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від "14" вересня 2016 року № 270-С
2. Строк подання студентом роботи 01.02.2017 року
3. Вихідні дані до роботи середньобагаторічна метеорологічна та агрометеорологічна інформація по Сумській та Чернігівській області, дані про фенологію цукрового буряку, часові ряди середньообласної урожайності цукрового буряку з 1995 по 2016 рр., метеорологічні дані за сценарієм А2 зміни клімату.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити вивчити фізико-географічні та агрокліматичні особливості території двох областей українського Полісся: Сумської та Чернігівської;
- ознайомитись з методологією динамічного моделювання продукційного процесу сільськогосподарських культур;
- вивчити агроекологічні особливості цукрового буряку;
- провести аналіз динаміки урожайності цукрового буряку;
- оцінити зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку в Сумській та Чернігівській області у зв'язку зі зміною клімату;
- визначити вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та урожайність цукрового буряку в Сумській та Чернігівській області за умов реалізації сценарію А2 зміни клімату в Україні.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графіки динаміки урожайності цукрового буряку, лінія тренду та відхилення від тренду; ймовірнісні криві урожайності цукрового буряку; графіки динаміки площі листя, динаміки загальної біомаси рослин, динаміки біомаси коренеплоду на території досліджуваних областей. _____

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання_31 жовтня 2016 року_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	Отримання завдання, формування бази даних для виконання проекту. Написання теоретичної частини проекту.	31.10.2015-20.11.2016 р.	80,0	Добре
2	Аналіз динаміки урожайності за методом гармонійних зважувань. Ймовірнісний аналіз урожайності цукрового буряку. Написання текстової частини третього розділу.	21.11.2016 р.-4.12.2016 р.	80,0	Добре
3	Атестація	5.12.-10.12.2016 р	80,0	Добре
4	Розрахунки основних агрокліматичних показників вегетаційного періоду за базовими та сценарними даними.	11.12.2016 р.-21.12.2016 р.	98,0	Відмінно
5	Розрахунки показників фотосинтетичної продуктивності посівів за базовими даними та за умов реалізації сценарію А2. Оформлення текстової частини четвертого розділу магістерської роботи.	22.12.2016 р. -31.12.2016 р.	98,0	Відмінно
	Виправлення зауважень, підготовка рукопису дипломного проекту, написання доповіді та підготовка презентації	16.01.2017-31.01.2017 р.	99,0	Відмінно
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		**91,0**	**Відмінно**

Студент _____ (підпис) __Пічкур А.В. (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ (підпис) __Вольвач О.В. (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Пічкур А.В. Оцінка впливу змін клімату на продуктивність цукрового буряку в українському Поліссі.

Актуальність обраної теми зумовлена тим, що для отримання сталих і високих урожаїв будь-якої сільськогосподарської культури, зокрема, цукрового буряку, необхідне детальне вивчення агрокліматичних умов її вирощування на досліджуваній території з метою раціонального використання цих умов і найбільш оптимального розміщення посівів. Особливого значення набуває вирішення цього питання у зв'язку зі змінами клімату на планеті, що надають України можливість стати одним із найбільших виробників сільськогосподарської продукції.

Метою даного дослідження є оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні ресурсів стосовно умов формування продуктивності цукрового буряку на прикладі областей українського Полісся – Сумської та Чернігівської.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні *завдання*:

- оцінити просторово-часову мінливість урожайності цукрового буряку;
- розрахувати основні агрокліматичні показники вегетаційного періоду цукрового буряку в Поліссі за базовими умовами та врахуванням змін клімату за періоди 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.;
- визначити вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та урожайність цукрового буряку за умов реалізації сценарію зміни клімату А2.

Об'єкт дослідження - агрокліматичні умови формування урожайності цукрового буряку в умовах зміни клімату.

Предмет дослідження - оцінка впливу агрокліматичних умов на урожайність цукрового буряку в Сумській та Чернігівській області.

Методи дослідження - методи математичного моделювання продуційного процесу рослин, статистичні та ймовірнісні методи.

Вперше: встановлені закономірності впливу змін клімату на агрокліматичі умови вирощування цукрових буряків та їх продуктивність в областях Полісся.

Отримані результати можуть бути використані при виконанні комплексної оцінки агрокліматичних ресурсів стосовно вирощування цукрового буряку та оптимізації розміщення його посівних площ за умов реалізації сценарію А2 зміни клімату в українському Поліссі.

Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Повний обсяг роботи становить 107 сторінок, 10 рисунків, 9 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 38 найменувань.

Ключові слова: цукровий буряк, модель продуктивності, зміна клімату, агрокліматичні умови, урожай коренеплодів.

SUMMARY

Pichkur A.V. Assessment of the impact of climate change on the productivity of sugar beet in n Ukrainian Polissya.

The relevance of the chosen topic due to the fact that to obtain stable and high yields of any crops, particularly sugar beet, it is necessary for a detailed study of agroclimatic conditions of its cultivation in the study area with the aim of rational use of these conditions and the optimal placement of crops. Particular importance is the decision of this question in connection with climate changes on the planet that give Ukraine the opportunity to become one of the largest producers of agricultural products.

The aim of this study is to assess the impact of climate change on agro-climatic resources on conditions of formation of productivity of sugar beet by the example of Ukrainian Polissya regions - Sumy and Chernihiv.

To achieve this goal it was necessary to solve following *tasks*:

- to evaluate spatial and temporal variability of sugar beet yield;
- to calculate the basic agroclimatic indicators of vegetation period sugar beet in the Sumy and Chernihiv regions for the baseline conditions and consideration of climate change for the periods 2011-2030, and 2031-2050 years;
- to determine the effect of possible changes in climate on photosynthetic productivity and sugar beet yields in the conditions of climate change A2 scenario realization.

The object of study - agroclimatic conditions of sugar beet yield formation in conditions of climate change.

The subject of the study was to assess the influence of agroclimatic conditions on yield of sugar beet in the Sumy and Chernihiv region.

Research methods - methods of mathematical modeling producing process plants, statistical and probabilistic methods.

For the first time: the regularities of the effect of climate change on agroclimatic conditions for sugar beet cultivation and it's productivity in the Sumy and Chernihiv regions.

The results can be used when performing a comprehensive assessment of agroclimatic resources in relation to sugar beet cultivation and optimize the placement of the acreage in the conditions of realization of A2 scenario of climate change in the Ukrainian Polissya.

The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, list of references and applications. Full body of work is 107 pages, 10 figures, 9 tables. List of used literature contains 38 items.

Key words: sugar beet, productivity model, climate change, agro-climatic conditions, the yield of root crop.

ЗМІСТ

ВСТУП…… 7

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ…… 11

2 МОРФОБІОЛОГІЧНІ ТА АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ…….. 17

2.1 Морфобіологічна характеристика буряку ……. 17

2.2 Фази розвитку цукрового буряку …… 23

2.3 Екологічна характеристика цукрових буряків…… 25

2.3.1 Вимоги до тепла …… 25

2.3.2 Вимоги до світла ……..... 27

2.3.3 Вимоги до вологи ……..……... 28

2.3.4 Вимоги до ґрунтів та мінерального живлення …… 31

3 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ ВРОЖАЇВ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ…… 33

3.1 Сучасні методи прогнозування тенденції врожайності ……... 33

3.2 Дослідження динаміки урожайності цукрового буряку по областям Полісся ……... 36

3.3 Ймовірнісна оцінка урожаїв цукрового буряку …..…..…… 43

4 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУКЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ В УМОВАХ МОЖЛИВИХ ЗМІН КЛІМАТУ……... 48

4.1 Сценарії можливої зміни клімату на території України…… 48

4.2 Базова модель оцінки умов формування врожаю цукрового буряку…… 54

4.2.1 Підблоки фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси…….. 56

4.2.2 Підблок динаміки біомаси органів рослини…… 58

4.2.3 Підблок радіаційного та водно-теплового режимів посівів…… 59

4.3 Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку в зв’язку зі зміною клімату……. 60
4.3.1 Оцінка зміни агрокліматичних умов Сумської області…….. 62
4.3.2 Оцінка зміни агрокліматичних умов Чернігівської області…….. 67
4.4 Оцінка за допомогою моделі продуційного процесу рослин фотосинтетичної продуктивності та коливання урожайності цукрового буряку в зв’язку зі зміною клімату……. 74
4.4.1 Оцінка фотосинтетичної продуктивності посівів в Сумській області……. 74
4.4.2 Оцінка фотосинтетичної продуктивності посівів в Чернігівській області……. 81
ВИСНОВКИ…….. 88
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ …… 91
ДОДАТКИ…….. 95

ВСТУП

Матеріали світової статистики показують, що сьогодні зміна клімату на планеті співпадає з періодом наростання продовольчого дефіциту в світовій спільноті. Дві нові обставини посилюють і раніше існуючу проблему із забезпеченням населення продовольством. Перше, помітне підвищення рівня платоспроможного попиту на продукти в густонаселених країнах – Китаї і Індії. Друге – розширення практики використання сільськогосподарських земель для виробництва біопалива. Ці дві важливі обставини в умовах скорочення світових запасів земельних угідь і невідновлюваних джерел енергії при раціональному регулюванні посівних площ ріпаку та соняшника (яке сьогодні, на жаль, недостатньо регулюється) створюють для України можливість стати одним із найбільших виробників сільськогосподарської продукції. Це пов’язано з тим, що хоча основні площі орних земель України знаходяться в зонах нестійкого і недостатнього зволоження зміни клімату для рослинництва, особливо вирощування озимих культур та ранніх ярих культур, цілком можливо, скоріше позитивні, ніж негативні [1].

Цукровий буряк - одна з основних технічних культур. При урожайності 400 ц/га він забезпечує вихід 50–55 ц цукру. Цукор є цінним продуктом харчування. Він легко засвоюється організмом, висококалорійний. Фізіологічно обґрунтована норма цукру для людини не перевищує 100 г на добу. За поживністю цукрові буряки значно перевищують кормові. 100 кг коренеплодів відповідають 26 кормовим одиницям, а 100 кг листків - відповідно 20 кормовим одиницям. Цукровий буряк - одна з найпродуктивніших сільськогосподарських культур.

Цукрові буряки є цінним попередником для багатьох сільськогосподарських культур і підвищують загальну продуктивність польових сівозмін.

В останні роки посівні площі під цукровими буряками зменшились на 30%. У світі під цукровим буряком зайнято 7,91 млн. га. Цукровий буряк в Україні розміщено на площі 0,85 млн га, валовий збір становить 15 млн. т, що дозволяє отримувати 1,6 млн. т щороку. Але у цілому цукрова галузь переживає не найкращі часи.

Цукрова промисловість - це важлива комплексостворююча галузь. Навколо цукрових заводів створюється багато суміжних підприємств, що працюють на відходах (дефектний цукор, патока) і виробляють спирт, дріжджі, вітаміни. Інші відходи, наприклад, жом, використовують тваринницькі господарства.

Основні посіви цукрових буряків в Україні розміщено в лісостеповій зоні. Однак, досить значні площі під цією культурою зайняті в поліських областях. Перший в Україні цукровий завод було збудовано в 1824 р. в Чернігівській губернії в с. Макошине, а в 1826 р. - в Київській і через рік - у Подільській губернії (в Бершаді). Але площа посівів цукрових буряків ще була незначною - всього 1250 десятин. Лише граф О. Бобринський, який у 1840 р. збудував у м. Сміла потужний цукровий завод, започаткував широкий розвиток бурякоцукрового виробництва в Україні.

У теперішній час з врахуванням кліматичних умов та ґрунтового покриву розроблено інтенсивну технологію вирощування цукрового буряку в зоні Полісся України [2]. Ця технологія передбачає використання районованих однонасінневих гібридів з урожайністю 50-55 т/га, цукристістю 17-18% (Уладівський 35, Ювілейний, Ялтушковський 30, Верхнячський ЧМ 21, Білоцерковський 45).

Для отримання сталих і високих урожаїв будь-якої сільськогосподарської культури необхідне детальне вивчення агрокліматичних умов її вирощування на досліджуваній території з метою раціонального використання цих умов і найбільш оптимального розміщення посівів. Особливо це стосується питання вирощування сільськогосподарських культур в умовах очікуваних змін клімату.

У кваліфікаційній роботі поставлені і вирішуються такі задачі:

1. Вивчити фізико-географічні та агрокліматичні особливості поліських областей України – Сумської та Чернігівської.

2. Вивчити біологічні особливості цукрового буряку, вимоги культури до умов навколишнього середовища.

3. Дати аналіз просторово-часової мінливості урожаїв цукрового буряку за допомогою методу гармонійних зважувань.

4. Дати імовірнісну оцінку виробничих урожаїв цукрового буряку.

5. Ознайомитись із сценаріями можливої зміни клімату на території України, зокрема сценарієм А2.

6. Ознайомитись з методологією динамічного моделювання продукційного процесу сільськогосподарських культур А.М. Польового.

7. Розрахувати основні агрокліматичні показники вегетаційного періоду цукрового буряку у Сумській та Чернігівській областях за базовими умовами та з врахуванням змін клімату за періоди 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр.

8. Визначити вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та урожайність цукрового буряку в поліських областях за умов реалізації сценарію А2 зміни клімату.

Для виконання роботи було використано метеорологічні та фенологічні дані середньобагаторічних спостережень за цукровим буряком (1986-2005 рр.) у Сумській та Чернігівській областях, дані про середньообласну урожайність та посівні площі під культурою та метеорологічні дані за сценарієм REMO змін клімату.

Результати, отримані при виконанні кваліфікаційної роботи, опубліковані у матеріалах студентських конференцій та міжнародних конференцій:

А. Пічкур, О. Вольвач Агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку в поліській частині Сумської області при реалізації сценарію А2 // Матеріали XXXIII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми

та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії». – Переяслав-Хмельницький, 2016 р. – С. 40-42.

О. Вольвач, *А. Пічкур* Аналіз динаміки врожайності цукрового буряку на території Східного Лісостепу України // Матеріали XX Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії». – Переяслав-Хмельницький, 2015 р. – С. 16-18.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ТЕРИТОРІЇ

Майже вся територія України знаходиться в межах помірного поясу, і тільки на Південному березі Кримських гір ландшафти мають риси субтропічних. Україна розташована в межах трьох фізико-географічних країн: Східноєвропейської рівнини, Українських Карпат і Кримських гір.

Рівнинна територія України - це частина Східноєвропейської фізико-географічної країни з чітко вираженою широтною зональністю. Тут виділяють три природні зони: мішаних хвойно-широколистих лісів, лісостепову та степову.

Зона мішаних хвойно-широколистих лісів займає північну частину України. Вона є частиною зони мішаних лісів Східноєвропейської рівнини, в межах якої виділяється Поліська провінція, що розташована на території України, Росії й Білорусі. Південна межа зони проходить поблизу Рави-Руської – Володимира-Волинського – Луцька – Житомира – Києва – Ніжина – Кролівця – Глухова.

Зона мішаних лісів займає близько 20% території України. Для природних умов зони характерні низовинний рельєф, піщані і піщано-глинясті відклади, густа річкова сітка, широкі річкові долини, достатнє зволоження, високий рівень ґрунтових вод, переважання дерново-підзолистих ґрунтів, значне поширення соснових лісів. Більша частина зони в антропогені під час дніпровського зледеніння була вкрита льодовиком. У цей час сформувались зандрові (піщані) рівнини, моренні пасма, еолові форми рельєфу [3].

Клімат зони помірно континентальний, літо тепле і вологе, зима порівняно м'яка. Середні температури січня змінюються із заходу на схід від -4,5 -5°С до -7 -8°С, липня – відповідно від 17 до 19,5°С. Безморозний період триває 160–180 днів. У зоні мішаних лісів випадає найбільше опадів на

рівнинній частині країни, їх річні суми становлять 600–700 мм. Стійкий сніговий покрив тримається 90–100 днів [4].

Для річок характерні тривала весняна повінь з широкими розливами, зимова межень. Підземні води є джерелом живлення річок і озер. Значне поширення тут мають низинні болота.

У зоні переважають мішано-лісові, хвойно-широколисті ландшафти, які розвинулись в умовах помірно теплого вологого клімату на піщаних відкладах. Для них характерне значне поширення дерново-підзолистих ґрунтів під сосновими та сосново-дубовими лісами, складне перемежування льодовикових піщаних рівнин, долинно-терасових, лучних і болотних природних комплексів з меліоративними системами. На півдні зони трапляються острівні опілля (безлісі ділянки) з ландшафтами північно-лісостепового характеру.

Лісистість зони змінюється від 10 до 60%. Тут ростуть сосна, береза, дуб, граб, липа, клен. Найпоширеніші дубово-соснові ліси, що займають 45 % лісопокритої площі. Соснові (борові) ліси розташовані на піщаних масивах. До 10 % території зони знаходяться під лучними ландшафтами в заплавах річок. У їх травостоях панують різнотравно-злакові угруповання. В ландшафті переважають болотні природні комплекси, серед яких основні площі зайняті низинними трав'яно-моховими і лісовими болотами [5].

Українське Полісся за особливостями поєднання ландшафтів поділяється на такі фізико-географічні області: Волинське Полісся, Житомирське Полісся, Київське Полісся, Чернігівське Полісся, Новгород-Сіверське Полісся. Їх географічне розташування показано на рис.1.1

Волинське Полісся розташоване в західній частині зони мішаних лісів у межиріччі Західного Бугу і Случі. Займає більшу частину Волинської і південно-східну частину Рівненської областей. Воно є найбільш зволоженим, залісеним і заболоченим з фізико-географічних областей Українського Полісся [3].

Під лісами знаходиться понад 45% площі Волинського Полісся, під заплавами лучно-болотного ландшафту - 10%. У зв'язку з поширенням там

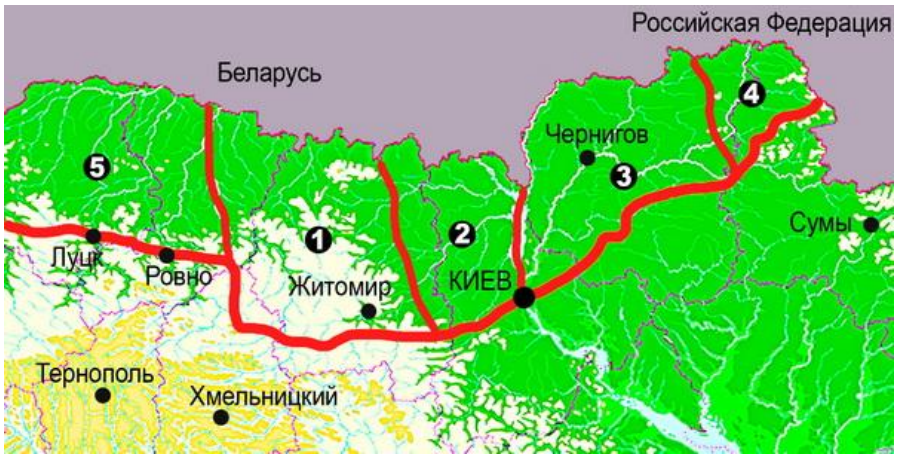

Рисунок 1.1 – Фізико-географічне районування території Полісся [4]

тріщинуватих крейдяних порід розвиваються карстові процеси. Природні умови Волинського Полісся сприятливі для сільського і лісогосподарського використання. Значні площі меліоровані. Тут створено Шацький природний національний парк, заказники Почаївський, озеро Нечимне, Переброди та ін.

Житомирське Полісся знаходиться на схід від Волинського. Воно займає більшу частину Житомирської та північно-східну частину Рівненської областей. Оскільки його територія розташована на Українському щиті, вона є більш піднятою порівняно з Волинським Поліссям. Річкові долини тут вузькі і глибокі, в них виходять на поверхню і відслонюються давні кристалічні породи.

Серед інших фізико-географічних областей Житомирське Полісся є найменш заболоченим – болота становлять близько 3% його території. Великі площі займають піщані рівнини з сосновими та дубово-сосновими лісами. В східній частині Житомирського Полісся поширені моренно-піщані рівнини з дерново-середньопідзолистими ґрунтами, які переважно розорані і

зайняті сільськогосподарськими угіддями. Серед піщаних рівнин Житомирського Полісся помітно виділяється Словечансько-Овруцька височина, складена лесовими породами і розчленована глибокими річковими долинами, густою яружно-балковою мережею.

На території Житомирського Полісся знаходяться Поліський заповідник, заказники Городоцький, Дідове озеро, Поясківський та ін.

Київське Полісся знаходиться на схід від Житомирського і охоплює північну частину Київської та східну частину Житомирської областей. Його східною межею є р. Дніпро з Київським водосховищем. Область Київського Полісся розташована на схилі Українського щита, фундамент якого занурений на глибину 300–400 м. На ньому залягають породи крейдового, палеогенового, неогенового та антропогенового періодів. За рельєфом – це моренно-горбиста рівнина, помережена річковими долинами. Головними річками є Прип'ять, Уж, Тетерів, Здвиж, Ірпінь [3].

Безморозний період триває близько 165 днів. За рік у середньому буває 550–620 мм опадів [4]. У ландшафтній структурі території основними є природні комплекси піщаних та річкових піщаних рівнин, на яких розвинулись дерново-підзолисті ґрунти, соснові та дубово-соснові ліси. В південній частині Київського Полісся поширені моренно-піщані рівнини з дерново-середньопідзолистими ґрунтами, зайнятими тепер сільськогосподарськими угіддями. Природні умови Київського Полісся сприятливі для сільського і лісогосподарського використання, організації рекреації, природоохоронних об'єктів.

У Київському Поліссі проводять залісення пісків, протиерозійні заходи, регулювання водно-повітряного режиму ґрунтів. Тут знаходяться Дніпровсько-Тетерівське заповідне лісомисливське господарство, Іллінецький заказник та інші природоохоронні об'єкти і території. Частину Київського Полісся вилучено з господарського обігу в зв'язку з радіаційним забрудненням внаслідок катастрофи на Чорнобильській АЕС у 1986 р.

На схід від Київського лежить Чернігівське Полісся, що охоплює частину Дніпровсько-Донецької западини. Його східна межа проходить там, де Дніпровсько-Донецька западина переходить у схил Воронезького кристалічного масиву. Западина виповнена потужною товщею палеозойських, мезозойських і кайнозойських відкладів.

Чернігівське Полісся – це низовинна слабохвиляста рівнина. Загальна рівнинність території порушується долинами річок Дніпра, Десни, Снову. Клімат помірно континентальний. За рік в середньому буває 500-610 мм опадів. У долинах річок багато озер і боліт. Площа боліт становить 4,5 % території Чернігівського Полісся. Поширені дерново-підзолисті, болотні, сірі лісові ґрунти. Залісеність території близько 25%. Найбільші лісові масиви зберігаються на межиріччях Дніпра і Десни, Снову і Десни. Переважають соснові та дубово-соснові ліси [5].

В ландшафтній структурі Чернігівського Полісся головну роль відіграють природні комплекси моренно-піщаних та піщаних рівнин з дерново-підзолистими ґрунтами і боровими лісами. Острівне поширення мають лісостепові ландшафти, що розвинулись на лесових породах. Природні умови сприятливі для сільського і лісогосподарського природокористування, рекреації тощо.

У Чернігівському Поліссі знаходяться Каморетський заказник, Сосницький заказник і заказник Болото Мох, а також пам'ятки природи - Святе Озеро, болото Рильський Мох та урочище Гулине.

Новгород-Сіверське Полісся охоплює східну частину Чернігівської і північно-західну частину Сумської областей. За фізико-географічними умовами воно відрізняється від Чернігівського Полісся, оскільки лежить на схилі Воронезького кристалічного масиву, перекритого пермськими, юрськими, крейдовими, палеогеновими й антропогеновими відкладами.

У рельєфі Новгород-Сіверського Полісся помітно виділяється правобережжя р. Десни, територія якого порізана глибокими ярами і балками. На схід від Десни поверхня поступово піднімається і переходить у

схили Середньоросійської височини. На Новгород-Сіверському Поліссі близько до поверхні залягають крейдяні породи. Тому тут, як і на Волинському Поліссі, розвиваються карстові форми рельєфу - провалля, лійки та ін.

Для кліматичних умов Новгород-Сіверського Полісся характерною є порівняно холодна зима. Середні температури січня становлять -7 ,-8°С, а липня +19°С. За рік у середньому випадає від 550 до 600 мм опадів [4].

У ландшафтній структурі Новгород-Сіверського Полісся переважають природні комплекси моренно-піщаних рівнин з дерново-підзолистими ґрунтами, що нині зайняті під сільськогосподарськими угіддями. Поширені також природні комплекси річкових терас із сосновими і дубово-сосновими лісами. На територіях, складених лесовими породами, трапляються лісостепові ландшафти. Природні умови сприятливі для сільськогосподарського виробництва, рекреації. У межах області знаходиться заказник Великий Бір [3].

2 МОРФОБІОЛОГІЧНІ ТА АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ

2.1 Морфобіологічна характеристика буряку

Цукровий буряк (Beta vulgaris) – це рослина, що належить до родини маревих. Це дворічна, посухостійка рослина. В перший рік із насіння вирощують коренеплід з масивною кореневою системою. В наступному році із висаджених в ґрунт коренеплодів виростає стебло, квітки та насіння.

За формою коренеплід буває округлий, плоский і циліндричний. За хімічною будовою значну частину маси коренеплоду (75%) складає вода. Близько 72% води міститься в соку, а 3% зв’язано з речовинами м’якоті буряка. Вміст сухих речовин в коренеплоді складає близько 25%, які у цукровому виробництві підрозділяють на сахарозу і нецукри. Вміст сахарози в коренеплоді складає близько 12,5%, нецукри складають 2,5% (рис. 2.1).

Коренева система дорослої рослини буряку складається з потовщеного головного кореня (коренеплоду) та сітки тонких розгалужень, які проникають на глибину до 2,5 м, а в ширину на 100 – 120 см. Розрізняють головку коренеплоду (вкорочене стебло), яка несе листки; шийку (гіпокотиль, або підсім’ядольне коліно) - частина коренеплоду, яка не має листків і бічних коренів; власне корінь - нижню конічну частину коренеплоду, на якій утворюються бічні корінці (рис. 2.2) [6]. Ці частини мають неоднакове походження і господарську цінність.

Голівка (верхня частина) коренеплоду являє собою вкорочене стебло й утворюється з надсім'ядольного коліна (епікотилю). На ній розміщуються бруньки і листки. Бічні корені не утворюються. Вона повністю розміщується над поверхнею ґрунту. На голівку припадає 10-15% довжини кореня. Це найбільш здерев'яніла частина коренеплоду, в якій міститься менша кількість цукру, ніж у інших частинах. У центрі голівки міститься конус наростання, де утворюються молоді листки.

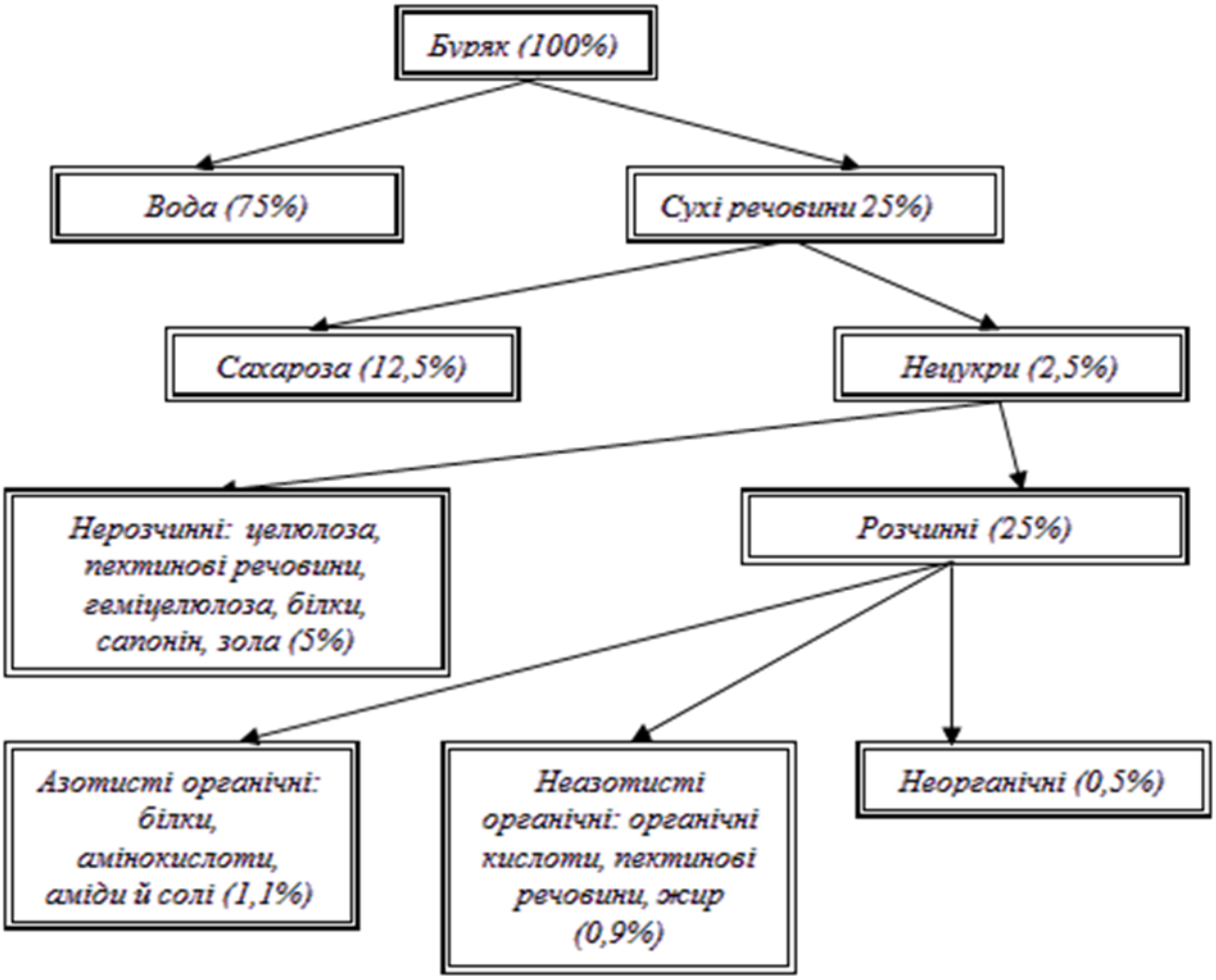

Рисунок 2.1 – Хімічний склад коренеплоду цукрового буряку

Шийка розміщена між голівкою і власне коренеплодом. На ній не ростуть ні листки, ні бічні корінці. Шийка - це коротка частина коренеплоду цукрових буряків (1-3 см), у кормових вона досягає 5-10 см. Шийка утворюється завдяки розростанню підсім'ядольного коліна (гіпокотилю) зародка. Більша частина її розміщується над поверхнею ґрунту. За вмістом поживних речовин шийка - повноцінна частина як для технічних, так і кормових цілей.

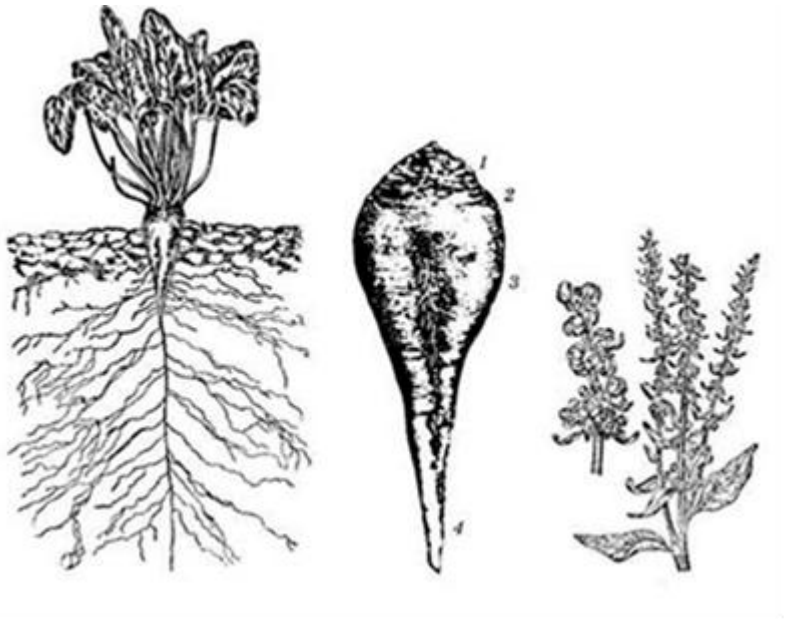

Рисунок 2.2 – Цукровий буряк:

а – розміщення кореневої системи у ґрунті; б – коренеплід (1 – голівка, 2- шийка, 3- корінь, 4 – хвостик кореня); в – квітконосні пагони

Кореневе тіло (власне корінь) утворюється внаслідок розростання зародкового корінця. Це нижня, конічної форми частина коренеплоду, яка становить 65-70% довжини всього коренеплоду. Ця частина коренеплоду розвивається повністю в ґрунті і для неї характерна наявність бічних корінців.

Бічні корінці у буряків розміщуються на двох протилежних боках кореня. Більш короткі ряди бічних корінців у кормових буряків з коротким кореневим тілом. Ряди бічних корінців знаходяться в одній площині з сім'ядольними листочками. У фазі двох пар справжніх листків вони досягають 8-10 см. У дорослих рослин ці корені розростаються в боки на відстань 100-120 см.

На поперечному розрізі коренеплоду видно центральний судинно-волокнистий пучок, або «зірочку», й концентричні кільця провідних пучків, які чергуються. Між кільцями містяться клітини паренхіми відкладання цукру. Коренеплоди потовщуються за рахунок утворення нових кілець і розростання міжкільцевої паренхіми [6].

Форма коренеплодів різноманітна: конічна, циліндрична, овальна та куляста. Забарвлення коренеплоду в цукрових буряків зовні та всередині біле, у кормових надземна і підземна частина залежно від сорту буває жовтою, оранжевою, червоною, фіолетовою. М'якоть біла, іноді з жовтими або рожевими кільцями. Коренеплоди різних сортів відрізняються також і за смаком та щільністю м'якоті. У цукрових буряків м'якоть порівняно з кормовими щільніша й солодша.

Анатомічна будова коренеплоду цукрових буряків протягом вегетаційного періоду змінюється. Спочатку він має первинну, потім вторинну, а ще пізніше – третинну будову, характерну для двосім'ядольних рослин. Первинну будову коренеплід має з часу проростання до появи першої пари справжніх листків, тобто у фазі вилочки або сім'ядольних листків. На поперечному розрізі молодого кореня за допомогою мікроскопа можна бачити первинну кору з екзодермою (зовнішній шар первинної кори) і ендодермою (внутрішній шар), центральний циліндр, до складу якого входять первинна деревина, паренхіма і луб. Центральна частина оточена одношаровим перициклом - шаром клітин, в якому закладаються бічні корінці, які, розростаючись, розривають кору і виходять назовні. При розгляді поперечного розрізу молодого кореня можна помітити, що по діаметру центрального циліндра розміщуються судини (більші - у центрі, менші - ближче до перициклу), які утворюють два радіальних серцевинних промені [7].

Листки у цукрових буряків великі, суцільні, черешкові, які стеляться або стирчать, пластинки їх округлі або серцеподібні, гладенькі чи гофровані. Для машинного вирощування найбільш технологічно придатними є рослини правильної конусоподібної форми коренеплоду з невеликою, рівномірно виступаючою з ґрунту голівкою, компактною розеткою прямостоячих листків [6].

Під час проростання насіння спочатку починають рости корінець і підсім'ядольне коліно. Сім'ядолі деякий час залишаються в гнізді плоду,

засвоюють поживні речовини з перисперму насінини. Згодом внаслідок розростання підсім'ядольного коліна вони вивільнюються з гнізда плоду і виносяться на поверхню ґрунту. Тут вони розправляються, зеленіють і починають асимілювати вуглекислоту. Сім'ядолі перетворюються в сім'ядольні листки видовженої форми.

Через 8-10 днів після з'явлення сходів з бруньки, яка міститься між сім'ядолями, виростає перша пара справжніх листків, через 2-3 дні - друга, потім третя, четверта і т.д. Всього за вегетаційний період виростає близько 50-60 (іноді до 90) листків, спіральне розміщених на головці коренеплоду. Листки, що утворилися раніше, відтісняються до периферії розетки. Перші дві пари справжніх листків асимілюють протягом 20-25 днів, після чого відмирають. Пізніше утворені листки живуть довше.

Листок буряків складається з черешка і пластинки. Листкова пластинка суцільна, у перших пар листків овальна, гладенька. У старіших листків черешок видовжений, пластинка серцеподібна, близька до трикутної, з гладенькою, брижуватою або гофрованою поверхнею і хвилястими краями. Поверхня листків однієї рослини досягає 3-4 тис. см^2 [8]. Колір їх від ясно- до темно-зеленого, форма розетки залежно від сорту може бути розлогою або піднятою. Біля основи листкових черешків на головці коренеплоду розміщуються репродуктивні бруньки, з яких на другий рік життя виростають квітконосні пагони [9].

Стеблові пагони заввишки 80-150 см, у нижній частині циліндричні, у середній і верхній - ребристі, виповнені паренхімою. На кожному коренеплоді утворюється 1-12 пагонів, з яких формується кущ. Від розвитку стебел залежать типи кущів: одностеблий кущ має один головний пагін, який сильно гілкується, утворює пагони другого і третього порядків; нерівномірний кущ має 1 або 2-3 добре розвинених пагони, які помітно відрізняються від інших; рівномірний кущ складається з двох і більше стебел, майже однакових за розмірами.

На стеблових пагонах утворюються листки - нижні великі черешкові з великими пластинками, вище - дрібніші, які в зоні утворення квіток переходять у приквітки. У піхвах листків поодиноко або групами по 2-6 розміщуються квітки. Стебловий пагін та бічні його розгалуження закінчуються суцвіттям - нещільним несправжнім поникаючим колосом.

Квітки буряків розміщені в пазухах листків групами по 2 – 6 у вигляді волотей; суцвіття - рихлий колос. В однонасінних буряків квітки розташовані по одній. Буряк - перехреснозапильна рослина.

Плід - горішок з товстим навколоплідником з пористої дерев'янистої тканини. Кількість плодів, з яких складається супліддя (клубочки), коливається від 2 до 6. Однонасінні плоди містять один горішок. Зародок насінини, який скручений майже кільцем навколо перисперму, складається з двох сім'ядоль, брунечки між ними, підсім'ядольного коліна і зародкового корінця.

Клубочок має округло-кутасту форму з горбкуватою поверхнею. Маса 1000 клубочків – 20- 40 г, колір - жовто-бурий. Розмір клубочка (2-6 мм) залежить від кількості плодиків, з яких він утворюється. Насінина плоду оточена оплоднем, знаходиться в коробочці, прикрита кришечкою. Насінина невеликого розміру, з блискучою оболонкою. Зародок зігнутий майже кільцем навколо перисперму (поживної речовини насінини) і складається з двох сім'ядолей, між якими розміщується брунечка, підсім'ядольне коліно та зародковий корінець. Під час проростання багатонасінні буряки утворюють кілька ростків, а однонасінні - лише один [10].

У нашій країні створені високоцінні сорти і гібриди цукрових буряків. Усі вони належать до однієї різновидності - з білим кольором поверхні та м'якоті коренеплоду. В Україні найпоширеніші сорти цукрових буряків врожайно-цукристого напряму. Серед них такі: Білоцерківський однонасінний 45, Верхняцький, Український 70, Уладівський однонасінний 35, Ювілейний, Ялтушківський однонасінний 64 [11].

Будова буряків другого року життя. Цикл індивідуального розвитку коренеплідних культур триває два роки. У цукрового буряку у перший рік тривалість вегетації становить до 150-170 днів, у другий рік – 90-120 днів.

Коренеплоди буряків, висаджені навесні у ґрунт, утворюють розетку прикореневих листків, а через 20-30 днів починають рости стебла. Внутрішня будова коренеплоду-насінника не змінюється. Він лише потовщується за рахунок утворення нових камбіальних кілець. Бічні корені виростають у тих же місцях, що і в буряків першого року життя. Вони проникають у ґрунт на глибину 1,5-2,5 м і розростаються в боки на 50-60 см [12].

Коли буряк проходить повний цикл розвитку за один рік, зацвітає та утворює коренеплоди, це явище називається «цвітуха». Цвітушність спричинює зниження цукристості, здерев'яніння тканин і зменшення маси коренеплодів, утруднює переробку і зберігання буряків.

Явище цвітухи спричиняють: рання сівба у холодну тривалу весну, довгий світловий день. Буряк, як рослина довгого дня, на довгому світловому дні при тривалому холодному періоді скорочує вегетаційний період та може вже у перший рік перейти до цвітіння, якщо сорти не пристосовані до довгого дня. [13].

Рослини другого року вегетації, які не цвітуть і не формують насіння, називають «упрямцями». Основна причина їх з'явлення - фізіологічна непідготовленість до дальшого розвитку, яка буває внаслідок раннього збирання, підсихання маточних коренеплодів, високої температури їх зберігання, неглибокого висаджування [6].

2.2 Фази розвитку цукрового буряку

У цукрового буряка спостерігаються наступні фази розвитку: сходи (фаза сім'ядоль або «вилочки»), перша пара справжнього листя, друга пара справжнього листя, третя пара справжнього листя (5-й справжній листок), початок потовщення коренеплоду, змикання рослин у рядках, пожовтіння

зовнішнього листя. Протягом другого року життя коренеплоди проходять такі фази розвитку: утворення розетки, початок росту стеблини, утворення бокових пагонів, цвітіння, початок дозрівання, збиральна стиглість [14].

При проростанні насіння вбирає воду і бубнявіє. В ньому активізуються ферменти, за допомогою яких запасні білки, жири та вуглеводи перетворюються на амінокислоти, цукор та інші речовини, необхідні для життєдіяльності рослини. Проростаюче насіння енергійно дихає, тому в цей час треба забезпечити більше надходження повітря у ґрунт. Під час проростання насіння першими починають рости і з'являються корінець і підсім'ядольне коліно. Потім на поверхню ґрунту виходять сім'ядолі, які зеленіють і виконують роль органів фотосинтезу в початковий період росту (фаза «вилочки»). Розміри сім'ядоль складають 2-3 см^2. Пошкодження сім'ядоль істотно знижує майбутній врожай, тому дуже важливо вчасно захистити молоді рослини від шкідників і хвороб.

Фаза сім'ядоль триває 6-8 днів, а потім з центральної бруньки виростають справжні листки. Строки появи першого і другого, третього і четвертого, п'ятого і шостого листків настільки збігаються, що здається, ніби вони ростуть водночас - парами. Звідси - фази першої, другої, третьої пари справжніх листків. На початку літа кожний листок з'являється через 2-3 дні, а в середині літа - через 1-2 дні. За вегетацію рослина утворює 50-60 листків загальною площею в липні-серпні 3000 - 6000 см^2, або 50 - 60 тис. м^2/га [6]. Найбільш інтенсивно росте листя у другій половині липня і в серпні. На час збирання частка листя становить 40-60 % і більше від маси коренеплоду.

Дата появи п’ятого листа приймається за початок росту коренеплоду. З цього часу починається потовщення головного кореня, первинна кора стає тісною і відмирає. Це так звана «линька» кореня. Закінчується вона зазвичай у фазі третьої пари листків. До цього періоду треба закінчити проріджування посівів. Тривале перебування їх у загущеному стані призводить до незворотних змін у будові коренеплодів. Рослини потерпають не тільки від

нестачі води та поживних речовин, а й від дефіциту світла. Коренеплоди витягуються - «стікають», знижується їх продуктивність [14].

Ріст коренеплоду і кореневої системи тісно пов'язаний з формуванням листя: чим більше утворюється листків, тим інтенсивніше росте головний корінь. У перший рік виділяють три періоди вегетації буряків: формування асиміляційного апарату й кореневої системи - приблизно перші півтора місяці життя рослин; посилений ріст листя та коренеплоду, який триває більше двох місяців (добові прирости коренеплоду сягають 10 г і більше); інтенсивне накопичення цукру - останній місяць вегетації, коли при порівняно високих приростах коренеплоду (5 г і більше) інтенсивно підвищується їх цукристість - до 0,07 - 0,1 % за добу [6, 10].

2.3 Екологічна характеристика цукрових буряків

У період онтогенезу вимоги буряка до умов зростання змінюються. І хоча більшість дослідників відносять цукровий буряк до рослин помірно теплого клімату середніх широт і багатих ґрунтів, він завдяки високої екологічної пластичності вирощується і в північних широтах і в районах субтропічного клімату.

2.3.1 Вимоги до тепла

Реакція цукрових буряків на зміну теплового режиму в різні періоди вегетації неоднакова. За даними [6] насіння проростає при температурі від 2 до 35°С. Але при низькій температурі (2-5°С) в холодну затяжну весну насіння проростає повільно, і період від посіву до сходів може розтягнутися на 45-60 днів.

Ряд авторів [13, 16] вважає низькою для появлення сходів температуру 6-7 ^{o}С. За такої температури для появлення сходів потрібно 17-18 днів, тоді як при температурі вище 11°С – 9-10 днів. При температурі 15-25°С буряки

сходять на 3-4 день [6]. Нормальні сходи буряків утворюються при температурі 5-6°С через два-три тижні після посіву, а з підвищенням температури до 17-20°С через шість-сім днів [13].

Під час дуже ранньої сівби, якщо повертаються холоди, сходи можуть зазнати помітної шкоди. Проте, за даними [6], сходи цукрових буряків без помітного пошкодження витримують короткочасне зниження температури до -4-5°С. Але наймолодші рослини (із ледве розвиненими сім'ядолями) найбільш чутливі до морозів, вони інколи гинуть навіть за температури -3°С, якщо заморозок виникає раптово. Листя дорослих рослин витримує до -5-6°С, тоді як для надземної частини коренеплоду заморозки -2-3°Свже становлять велику небезпеку. Це є наслідком великого обводнення тканин коренеплодів, слабкої здатності клітин утримувати воду, невисокої концентрації цукрі у клітинному соку то слабкого розвитку кореневої системи, особливо на початку вегетації [16].

Дослідження О.М. Конторщикової показали, що оптимальні умови для появи сходів цукрових буряків створюються при середній температурі повітря за період посів-сходи не нижче 13°С. При більш низьких температурах тривалість періоду зростає, нерідко досягаючи 25-30 днів [14].

Фотосинтез і ріст бурякової рослини найкраще проходять при денних температурах 23-26°С і нічних 20°С, а накопичення цукру - при 20-23 і 15°С відповідно. З підвищенням нічних температур до 30°С збір цукру і цукристість коренів різко зменшуються [6].

Згідно з дослідженням [15], за жаркої погоди (22-30°С) протягом усієї вегетації знижуються маса листя, коріння і вміст цукру, за прохолодної (12-17°С) маса коренів і цукристість знижуються, а маса листя, навпаки, збільшується (табл. 2.1).

Якщо ж у перший період вегетації температури помірно-теплі (17,2-22,7^{o}С) або підвищені (22,2-30°С), а в другій більш прохолодні (12,2-17,2^{o}С) або помірно-теплі, то збори цукру залишаються на високому рівні. В умовах підвищених температур (жаркого клімату) середня тривалість життя листка

становить 44 дні, помірно-теплих - 58, а при прохолодній погоді - 67 днів. Вплив температурних умов проявляється і на зовнішньому вигляді листя. У жаркому кліматі листові пластинки блідо-зелені, а черешки - блідо-жовті. Під впливом підвищених температур і ті, й інші подовжуються [14].

Таблиця 2.1 - Продуктивність (г/росл.) і цукристість (%) цукрових буряків за різних термічних умов [15]

Клімат перших 2-х місяців вегетації	Клімат останніх 2,5 місяців вегетації											
	Холодний (12,2-17,2°С)				М'який (17,2-22,7°С)				Жаркий (22,2-30°С)			
	1*	2*	3*	4*	1	2	3	4	1	2	3	4
Холодний	300	752	34,4	11,4	432	656	38,2	8,7	274	356	20,5	7,5
М'який	395	594	47,3	12,0	522	642	46,0	8,7	388	329	31,6	7,9
Жаркий	356	456	41,4	11,4	510	531	46,2	9,0	347	284	28,4	8,0

* 1 - корінь (г), 2 - листя (г), 3 - цукор (г), 4 - цукор (%).

Якщо ж у перший період вегетації температури помірно-теплі (17,2-22,7^{o}С) або підвищені (22,2-30°С), а в другій більш прохолодні (12,2-17,2^{o}С) або помірно-теплі, то збори цукру залишаються на високому рівні. В умовах підвищених температур (жаркого клімату) середня тривалість життя листка становить 44 дні, помірно-теплих - 58, а при прохолодній погоді - 67 днів. Вплив температурних умов проявляється і на зовнішньому вигляді листя. У жаркому кліматі листові пластинки блідо-зелені, а черешки - блідо-жовті. Під впливом підвищених температур і ті, й інші подовжуються [14].

2.3.2 Вимоги до світла

Вплив тривалості дня на цукровий буряк проявляється головним чином через процеси фотосинтезу. Збільшення довжини дня в вегетаційних дослідах з 8 до 12-14 годин супроводжується збільшенням маси кореня. Маса гички і

відсоток цукру збільшується незначно. Однак загальний збір цукру при більш довгому дні в результаті зростання маси коренів збільшується. Найбільш сильна реакція на подовження світлового дня спостерігається при температурі 20°C [10]. Світло для рослин є не тільки джерелом енергії для фотохімічних процесів, але й впливає на проникність плазми в клітинах. Для нормальної життєдіяльності буряків та забезпечення найбільшої продуктивності культурі необхідне повне (змішане) світло, оскільки окремі частини світла, тобто його спектри, мають різне значення.

Спектральний склад і інтенсивність світла мають велике значення в домінуванні синтетичних процесів, які протікають в рослині, а фактор темряви - в домінуванні процесів дисиміляції [15].

2.3.3 Вимоги до вологи

Нестача вологи викликає раннє старіння листків і скорочує тривалість їх життя. Цьому можна запобігти поливом. Проте добрий полив після тривалої посухи може викликати нове масове утворення листків, що знижує цукристість коренеплодів.

Одне з важливих завдань зрошення – створення сприятливих умов для раннього формування могутньої гички, збільшення тривалості життя листків і безперервного фотосинтезу, оптимальна температура для якого становить 20 25°C. Шкідливе для фотосинтезу перегрівання листків, що настає при температурі вище 30°C. Це також усувається своєчасним зрошенням.

У листку закінчується утворення цукру, який майже у чистому вигляді або у вигляді суміші гексоз переміщується в коріння. Цей процес відбувається головним чином вночі, тобто при підвищеному зволоженні листків. Зрошення, запобігаючи в'яненню листків вдень, сприяє не тільки фотосинтезу, але й відтоку продуктів асиміляції у коренеплодів вдень, що підвищує їх цукристість. Проте треба ураховувати, що надмірні поливи знижують цукристість коренеплодів [17].

За даними В.Ф. Зубенка [18] буряки цукрові витрачають воду економічніше, ніж інші культури сівозміни (наприклад вико-овес, пшениця озима тощо), оскільки вони мають глибоку кореневу систему, яка інтенсивно розвивається у перші фази росту і досягає глибини більше 2,5 м. За вегетаційний період буряки цукрові використовують серпневі і вересневі опади.

Води в період вегетації цукрові буряки споживають багато. Для вирощування одного коренеплоду масою 500 г потрібно 40-45 кг води, а 1 центнера коренів - близько 80 центнерів води. При підготовці насіння до посіву для отримання нормальних сходів потрібно 150-170% води від маси клубочків [15].

Зрошення цукрових буряків включає вологозарядковий і вегетаційні поливи. В роки із посушливою осінню необхідний перед-орний полив, що виконується за елементами поливної мережі попередника нормою 400 500 $м^3$/га. В умовах надто посушливої весни проводять передпосівні поливи в нормі 200 300 $м^3$/га.

Вологозарядкові поливи проводять восени до оранки або частіше після неї у нормі 800 1000 $м^3$/га. Ефективність цих поливів залежить від ґрунтово-кліматичних умов. Підвищення врожаю коренеплодів цукрових буряків від вологозарядкового поливу коливається від 40 до 100 ц/га. Значення вологозарядки ще й у тому, що вона зрушує строк першого вегетаційного поливу на 15 20 днів, зменшує їх кількість, дає можливість запобігти зволоженню ґрунту в пізні строки, що позитивно впливає на нагромадження цукру.

Провідну роль у формуванні врожаю цукрових буряків, як і багатьох інших культур, відіграють вегетаційні поливи.

При встановленні поливного режиму буряків умовно виділяють три періоди його росту: перший – від сівби до 1 липня, другий – з 1 липня до 20 серпня і третій – від 20 серпня до збирання врожаю. Другий період росту є критичним щодо вологи [17]. Критичний період характеризується посиленим

ростом листя і коренеплодів [15]. У цей час витрачається 2/3 необхідної води у зв'язку з максимальною транспірацією і зростанням коренеплодів. У критичний період розвитку цієї культури на важких ґрунтах слід підтримувати вологість 0,7-метрового шару ґрунту не нижче 80% НВ, на легких за механічним складом - не нижче 70% НВ [10].

Багаторічні дослідження переконують у необхідності диференційованого підходу до встановлення передполивного порогу вологості ґрунту за періодами росту і розвитку цукрових буряків. Надмірне зволоження ґрунту, як і дефіцит вологи в ньому, призводить до нераціонального витрачання поливної води, зниження врожаю та якості цукрових буряків.

Активний шар ґрунту в перший період росту цукрових буряків становить 0,6, а в другому і третьому – 0,7 м. Більш глибоке зволоження ґрунту вегетаційними поливами нераціональне.

Величина поливної норми варіює залежно від типу ґрунту, передполивного порогу вологості, величини активного шару і способу поливу. При дощуванні вона змінюється від 400 до 550, а при поливі по борознах від 700 до 800 $м^3$/га.

На посівах цукрових буряків ефективне комбіноване зрошення – поєднання поверхневих поливів і дощування. Витрата води при такому зрошенні зменшується на 10-30%. Високу ефективність забезпечує дрібнодисперсне і моноаерозольне зрошення цукрових буряків. В умовах нових способів зволоження ґрунту раціональніше використовується поливна вода і суттєво підвищується урожай вирощуваної культури.

Зрошення буряків закінчується передзбиральним поливом у нормі 200 400 $м^3$/га за 15-20 днів до збирання врожаю [17].

Транспіраційний коефіцієнт цукрових буряків значно коливається в залежності від ряду зовнішніх факторів і властивостей самої рослини (сорт і т.д.). У зв'язку з цим отримані різними дослідниками значення транспіраційних коефіцієнтів, що приводяться в [19], далеко не однакові і

коливаються від 130 до 467. У той же час транспіраційний коефіцієнт у цукрового буряка порівняно невисокий, що вказує на економне витрачання води і підвищену стійкість до нестачі вологи в ґрунті. Однак загальна потреба у воді (особливо в період інтенсивного росту) у буряка значно більша, ніж у зернових злаків.

2.3.4 Вимоги до ґрунтів та мінерального живлення

Вимоги цукрових буряків до ґрунтів дуже великі. Ґрунти повинні бути родючими з високою вологоємністю, потужним орним шаром, добре дреновані, за механічним складом - суглинні. Вирощування буряків на ґрунтах з pH менше 5,0-5,5 без попереднього вапнування не рекомендується. В основних районах бурякосіяння під цукровий буряк використовують найкращі чорноземи, заплавні і каштанові ґрунти [10].

Свої особливості має режим мінерального живлення буряків. Для нормальної життєдіяльності буряка необхідна велика кількість (до 85) різних елементів живлення. Серед них найбільш важливі азот, фосфор, калій, кальцій, магній, сірка, залізо. Бурякові рослини споживають в період вегетації велику кількість поживних речовин. На 100 ц коренів і відповідної кількості листя буряк виносить з ґрунту: N - 50 кг, P_2O_5 - 20 кг, K_2O - 75 кг.

Споживання макроелементів рослинами буряка проходить протягом вегетації неоднаково. У перші два місяці життя рослини буряка використовують близько 26% N, 17% P_2O_5, 15% K_2O від загальної кількості, що надходить за вегетацію. Надалі, по мірі розвитку асиміляційного апарату і збільшення синтезу органічних речовин, потреба в елементах живлення різко зростає. У третій місяць вегетації буряк споживає N - 48%, P_2 O5 - 41%, K_2O - 46%.

В останні місяці вегетації, коли загасають ростові процеси (четвертий-шостий місяць вегетації), різко скорочується споживання азоту, а використання фосфору і калію залишається на високому рівні до дозрівання і

збирання. Цукристість підвищується, якщо останні чотири-шість тижнів вегетації цукрові буряки відчувають дефіцит азоту. Система добрив буряка повинна передбачати пошарове їх внесення, щоб у перший період вегетації рослини використовували поживні речовини з верхнього шару ґрунту, а по мірі росту кореневої системи - з глибших шарів. Тому в систему добрив буряка входять основне рядкове добриво й підгодівлі [6].

Дози добрив під буряк визначаються багатьма факторами. Прийняті норми добрив (у кг/га) складають: азот - 80-120, фосфор - 85-115, калій - 85-125. Але будь-які рекомендації повинні уточнюватися в кожному конкретному випадку.

Найбільш простим способом розрахунку доз добрив для отримання запланованого врожаю є балансовий. При цьому доза N, P, K розраховуються за формулою

$$D_j = \left(k_{mj} G_{mj}\right)^{-1} \left(Y_б B_j - G_{nj} k_{nj} - H G_{Hj} k_{Hj}\right),$$

де індекс “j” означає елемент живлення (N, P_2O_5, K_2O); $Y_б$ – урожай біомаси, ц/га; B_j - винос добрив із 1 ц урожаю коренеплодів (разом із витратами на утворення бурячиння), кг/ц; G_{nj} – вміст у ґрунті доступної живильної речовини, кг/га у шарі ґрунту 0-40 см; k_{nj} – коефіцієнт використання доступних живильних речовин ґрунту; H – кількість органічного добрива, т/га; G_{Hj} –кількість живильної речовини в 1 т гною, кг/га; k_{Hj} - коефіцієнт використання живильних речовин органічного добрива; k_{mj} - коефіцієнт використання діючих речовин мінерального добрива; G_{mj} – вміст у туці діючої речовини добрива, кг/га [20].

3 ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА МІНЛИВІСТЬ ВРОЖАЇВ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

3.1 Сучасні методи прогнозування тенденції врожайності

Вивчення закономірностей впливу екзогенних факторів на процеси життєдіяльності і продуктивності агроекосистем набуває все більшого значення в зв'язку зі зростаючою увагою до проблеми отримання високопродуктивних сільськогосподарських посівів та пІдвищення врожайності сільськогосподарських культур. Збільшення врожайності культур слід очікувати не тільки і не стільки за рахунок досягнень в області селекції або змін в напрямку агротехнічних заходів, скільки завдяки вдосконаленню шляхів отримання інформації про клімат і його вплив на продуктивність сільськогосподарських культур.

Для виявлення впливу погоди і клімату на врожайність останню виражають у відхиленнях від тренда, тобто від лінії усередненої в часі врожайності. В основу такої оцінки покладено ідею В.М. Обухова [21] про можливість розкладання часового ряду урожайності будь-якої культури на дві складові: стаціонарну і випадкову. У такій постановці часовий ряд врожайності ($У_t = 1, 2,..., N$) можна представити загальною статистичною моделлю такого вигляду:

$$У_t = f(t) + u_t, \tag{3.1}$$

де $f(t)$ - стаціонарна складова; u_t - випадкова складова часового ряду.

Стаціонарна складова визначає загальну тенденцію зміни врожайності за аналізований період. Вона представляється плавною лінією в результаті згладжування ряду і називається трендом. Випадкова складова обумовлюється погодними умовами окремих років і представляється відхиленнями від лінії тренду.

Таке розкладання обумовлюється тим, що рівень культури землеробства істотно впливає на урожайність сільськогосподарських культур не тільки в поточному році, але і в подальші роки, тобто сільське господарство характеризується певною інерційністю, внаслідок чого різких коливань урожаїв двох суміжних років, пов'язаних із зміною культури землеробства, як правило, не простежується. Тому лінія тренда достатньо точно характеризує середній рівень урожайності, обумовлений певною культурою землеробства, економічними і природними особливостями даного району.

Ясно, що в тих районах земної кулі, де природні ресурси краще, досягти бажаного рівня врожайності легше і зробити це вдається з меншими витратами, ніж в районах з менш сприятливими умовами.

На теперішній час існує декілька методів дослідження тенденції урожайності та побудови лінії тренду. В методах прогнозу по даному часовому ряду робиться припущення щодо виду тренду. Форма тренду і його параметри визначаються в результаті найкращої (за будь-яким з статистичних критеріїв) функції з числа тих, що є. В порівнянні з цими методами метод гармонійних вагів, запропонований в агрометеорології А.М. Польовим [22, 23] має ту перевагу, що тут необхідності в таких припущеннях немає.

Принцип методу гармонійних вагів полягає у тому, що значення часового ряду зважують так, щоб більш пізні спостереження мали більшу вагу, тобто вплив більш пізніх спостережень повинен сильніше відбиватися на тенденції врожайності, ніж вплив більш ранніх.

Для визначення ходу ковзного тренду приймається лінійний закон зміни за окремі фази. На основі фактичного ряду завчасно створюються ковзні серії однакової довжини k і розраховуються рівняння лінійних відрізків, що мають вигляд

$$Y_i(t) = a_i + b_i t, \qquad (i=1,2,3., n-k+1) \qquad (3.2)$$

де n – довжина ряду (загальна кількість точок); k – число точок, що згладжуються. Загальна кількість рівнянь дорівнює $n-k+1$, причому для

$i=1 \quad t = 1,2.$

$i=2 \quad t = 2,3 ., \ k+1$

$i=3 \quad t = 3,4 ., k+2.$

Для $i = n – k+1, \quad t = n-k+1, \ n-k+2.$

Параметри a_i і b_i в рівняннях визначаються методом найменших квадратів. Значення кожної функції $У_i(t)$ в кожній точці осереднюють по отриманим рівнянням таким чином:

$$\overline{Y}_j(t) = \frac{1}{g_i}\sum_{j=1}^{g_i} Y_j(t) \quad , \quad j = 1,2,3\ldots,.g_i \qquad (3.3)$$

де g_i – кількість визначень $\overline{Y}_i(t)$ в кожній точці.

Значення, що прогнозується

$$\overline{Y}_{(t+1)} = Y_t + \overline{W}_{t+1} \qquad (3.4)$$

де $\overline{W}_{t+1}$ - середній приріст функції $f(t)$.

Він розраховується з виразу:

$$\overline{W}_{t+1} = \sum_{t=1}^{n-1} C_{t+1}^{n} - W_{t+1} \qquad (3.5)$$

де W_{t+1} - приріст функції $f(t)$, який визначається як

$$W_{t+1} = f_{(t+1)} - f_{(t)} = \overline{Y}_{t+1} - \overline{Y}_t . \qquad (3.6)$$

C_{t+1}^{n} - гармонійна вага, яка визначається за формулою

$$C_{t+1}^{n} = \frac{m_{(t+1)}}{n-1} \tag{3.7}$$

де $m_{(t+1)}$ – гармонійні коефіцієнти. При їх обчисленні зберігається основна ідея методу – більш пізнім спостереженням надається більша вага.

Найраніші спостереження мають вагу

$$m_2 = \frac{1}{n-1}. \tag{3.8}$$

В наступний момент вага інформації m_3 визначатиметься:

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2}. \tag{3.9}$$

Таким чином, ряд зважувань визначається за рівнянням

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}, \quad (t = 2, 3, \ldots, n\text{-}1) \tag{3.10}$$

з початковою величиною, що виражається рівнянням (3.9).

3.2 Дослідження динаміки урожайності цукрового буряку по областям Полісся

Нами із застосуванням методу гармонійних вагів було проаналізовано часові ряди урожайності цукрового буряку в двох областях українського Полісся: Сумській (північно-західна частина якої належить до Новогород-Сіверського Полісся) та Чернігівській (більшість території якої належить до

Чернігівського Полісся). Були побудовані лінії тренду та розраховані відхилення урожайності від лінії тренду. Для аналізу використовувалися багаторічні середньообласні дані за період з 1995 по 2016 роки, представлені Головними управліннями статистики досліджуваних областей [24, 25]. Результати цієї роботи представлені на рис. 3.1-3.4, у табл. 3.1 та у додатку А. На рисунках плавна лінія характеризує тренд врожайності, а ламана лінія - щорічні коливання врожайності за рахунок різних факторів, основу яких становить клімат.

Аналіз середньообласної урожайності цукрового буряку в Сумській області (рис. 3.1) свідчить, що протягом 22 досліджуваних років урожайність коливалася у дуже широких межах. Наприклад, у 2015-2016 рр. було зібрано найбільші для досліджуваної території урожаї - 424-426 ц/га, а найбільший за весь час урожай відмічається у 2014 р. і складає 437 ц/га.

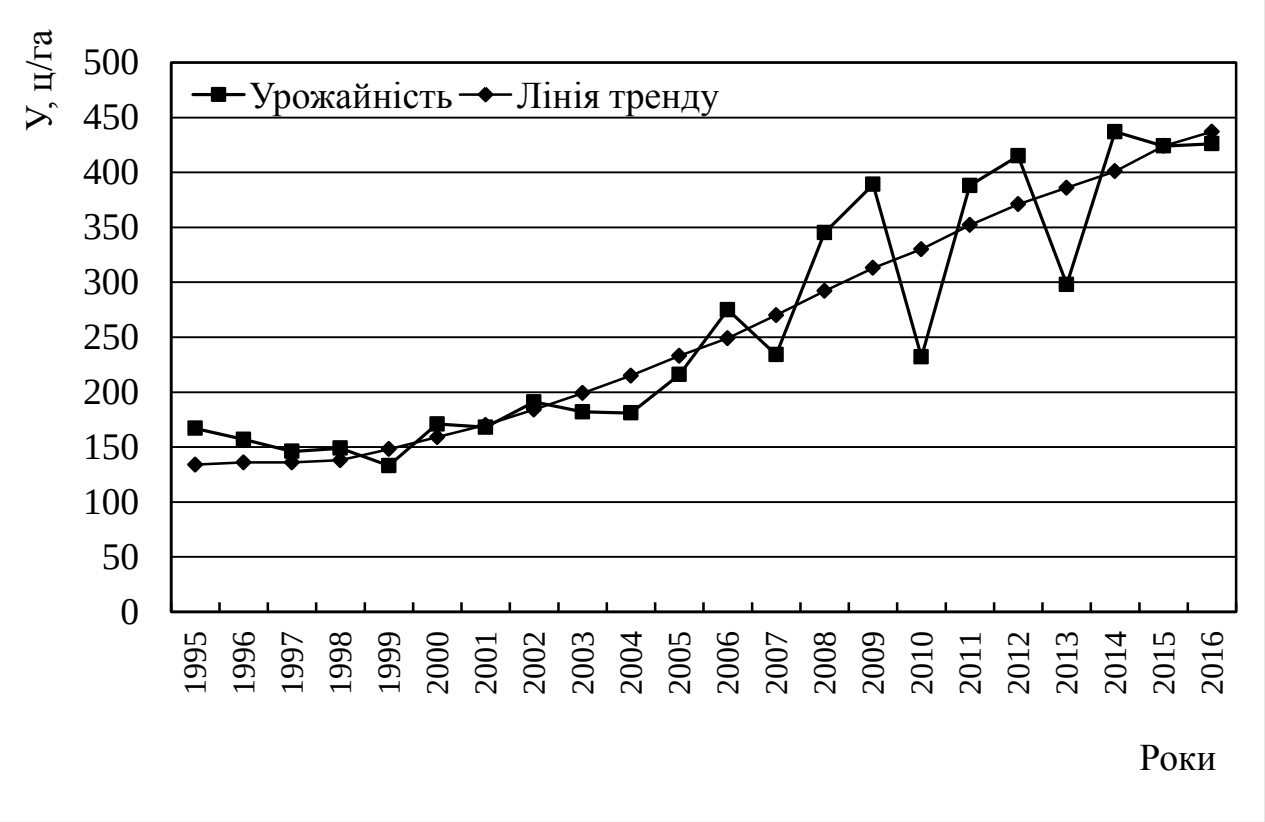

Рисунок 3.1 – Динаміка урожайності цукрового буряку та лінія тренду в Сумській області

Найменші урожаї були зібрані на початку досліджуваного періоду – у 1996, 1997, 1998 та 1999 рр. - і становили 157, 146, 149 та 133 ц/га відповідно. Треба відзначити, що протягом перших десяти років дослідження урожайність цукрового буряку не перевищувала 200 ц/га, тобто спостерігались досить низькі урожаї культури.

Таблиця 3.1 - Розрахунок ступеня сприятливості клімату для вирощування цукрового буряку ($К_С$) по областям Полісся

Рік	Сумська				Чернігівська			
	$У_В$, ц/га	Ут, ц/га	ΔУ, ц/га	$К_С$	$У_В$, ц/га	Ут, ц/га	ΔУ, ц/га	$К_С$
1995	167	134	33	1,25	184	130	54	1,42
1996	157	136	21	1,15	167	138	29	1,21
1997	146	136	10	1,07	161	147	14	1,10
1998	149	138	11	1,08	157	160	-3	0,98
1999	133	148	-15	0,90	170	178	-8	0,96
2000	171	159	12	1,08	185	196	-11	0,94
2001	168	170	-2	0,99	166	214	-48	0,78
2002	191	184	7	1,04	245	235	10	1,04
2003	182	199	-17	0,91	246	256	-10	0,96
2004	181	215	-34	0,84	268	277	-9	0,97
2005	216	233	-17	0,93	319	297	22	1,07
2006	275	249	26	1,10	351	313	38	1,12
2007	234	270	-36	0,87	308	331	-23	0,93
2008	345	292	53	1,18	367	348	19	1,05
2009	389	313	76	1,24	371	363	8	1,02
2010	232	330	-98	0,70	316	377	-61	0,84
2011	388	352	36	1,10	402	391	11	1,03
2012	415	371	44	1,12	470	404	66	1,16
2013	298	386	-88	0,77	376	410	-34	0,92
2014	437	401	36	1,09	368	417	-49	0,88
2015	424	424	0	1,00	463	429	34	1,08
2016	426	437	-11	0,97	417	434	-17	0,96

За досліджуваний період спостерігається практично прямолінійне зростання трендової компоненти, що свідчить про суттєве підвищення рівня культури землеробства. Проте зростання рівня культури землеробства протягом другої половини дослідження відбувалося набагато інтенсивніше. Так, якщо за 1995-2004 рр. трендова компонента урожайності змінилася з 134 до 215 ц/га (на 81 ц/га), то за 2005-2016 рр. за рахунок культури землеробства відбулося підвищення врожайності з 233 до 437 ц/га. Тобто, за другу половину досліджуваного періоду урожайність за трендом виросла на 204 ц/га.

Середня за роки досліджень урожайність цукрового буряку в Сумській області склала 260 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, додатна і становить 17 ц/га.

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю цукрового буряку, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.2). За 22 роки у 9 випадках спостерігались від'ємні відхилення, які були досить великими і досягали у 2004 р. -34 ц/га, у 2007 р. -36 ц/га, у 2013 р. -88 ц/га. Найбільше від'ємне відхилення спостерігалося у 2010 р. -98 ц/га. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цього року.

У роки ж з додатними відхиленнями від лінії тренду збільшення врожаю отримувалося за рахунок сприятливих погодних умов. Найбільше додатне відхилення спостерігалося у 2009 р. та становило 76 ц/га. Це свідчить про дуже сприятливі погодні умови, що склалися протягом цього року. Як можна бачити з рисунка, також великі прирости урожаю за рахунок сприятливих погодних умов було отримано у 2008 р. – 53 ц/га, у 2011 р. - 36 ц/га, у 2012 р. – 44 ц/га та у 2014 р. – 36 ц/га.

Аналіз середньообласної урожайності цукрового буряку у Чернігівській області (рис. 3.3) також свідчить, що протягом 22 досліджуваних років урожайність і в цій області коливалася у дуже широких межах. Наприклад, у 2012 та 2015 рр. було зібрано найбільші для

досліджуваної території урожаї – 470 та 463 ц/га, також високі урожаї відмічалися у 2011 та 2016 рр. і складали 402 та 417 ц/га відповідно.

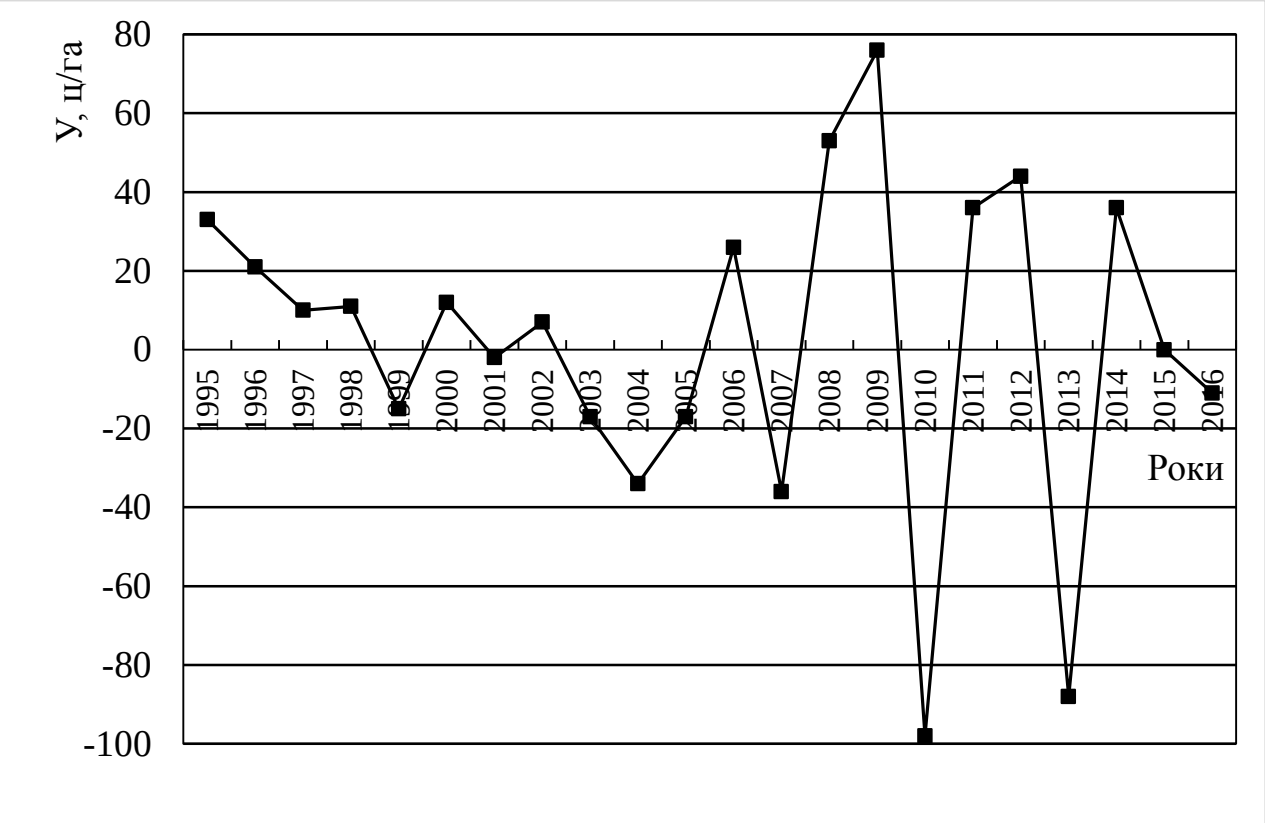

Рисунок 3.2 – Відхилення урожайності цукрового буряку від лінії тренду в Сумській області

Найменші урожаї були зібрані на початку досліджуваного періоду – у 1997 та 1998 рр. - і становили 161 ц/га та 157 ц/га відповідно. Також низькі урожаї спостерігались у 1996, 1999 та 2001 рр. і становили 167, 170, 166 ц/га відповідно.

Протягом досліджуваного періоду спостерігається поступове збільшення трендової компоненти, що свідчить про стабільний та зростаючий рівень культури землеробства при вирощуванні цукрового буряку в Чернігівській області. Так, у 1995 р. трендова компонента урожайності становила 130 ц/га, а наприкінці дослідження – у 2016 р. - урожайність за трендом збільшилась до 434 ц/га, що свідчить про суттєве

вдосконалення рівня культури землеробства протягом досліджуваного періоду.

Середня за роки досліджень урожайність в Чернігівській області склала 295 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, додатна і складає 15,2 ц/га.

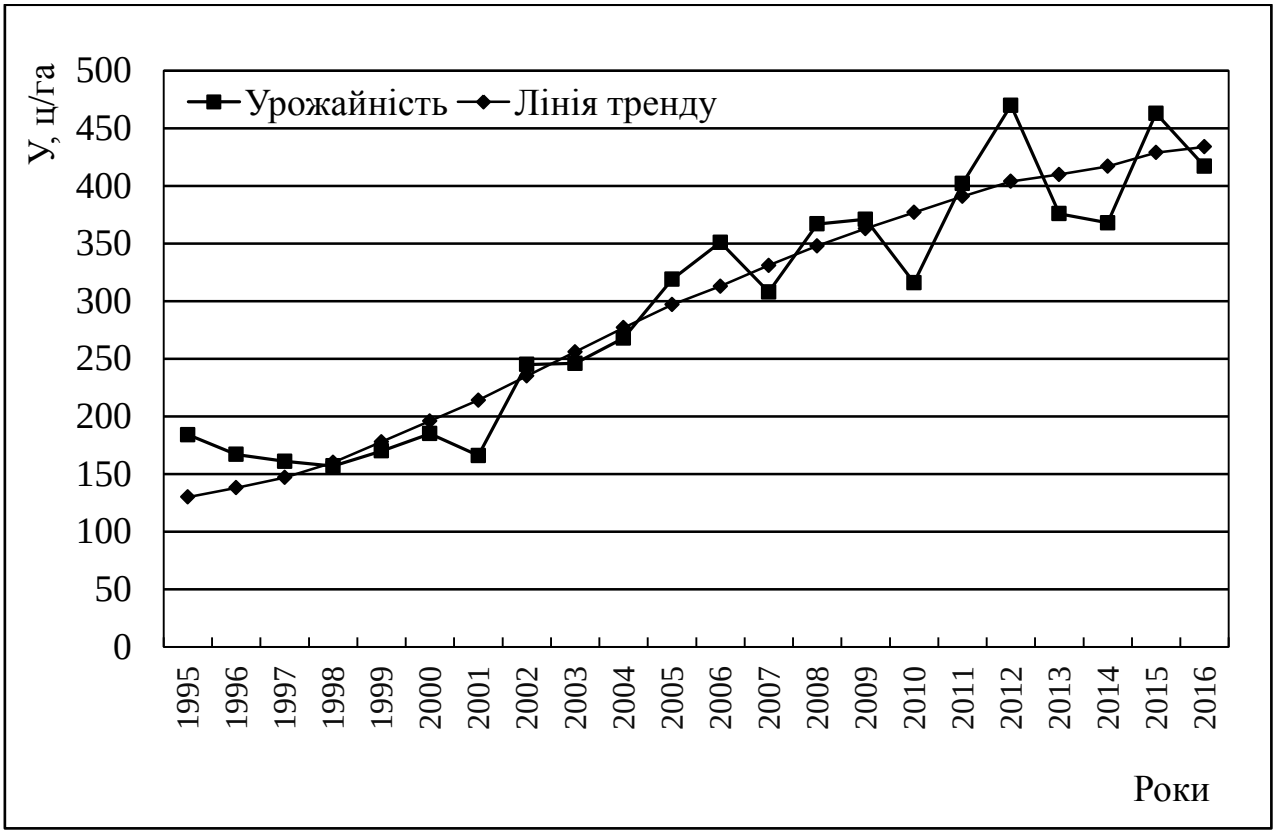

Рисунок 3.3 – Динаміка урожайності цукрового буряку та лінія тренду в Чернігівській області

Для виявлення в чистому виді впливу погодних умов окремих років на формування врожаю цукрового буряку, розглянемо відхилення фактичних урожаїв від лінії тренду (рис. 3.4). За 22 роки у 11 випадках (50%) спостерігались від'ємні відхилення, які були досить великими і досягали у 2001 р. -48 ц/га, у 2007 р. -23 ц/га, у 2013 р. – 34 ц/га та у 2014 р. -49 ц/га. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цих років.

Найбільш несприятливими виявилися погодні умови, зокрема, дуже сильна посуха, що спостерігалися на всій території України у 2010 р. У цей рік спостерігається найбільше від'ємне відхилення від тренду -61 ц/га.

У роки ж з додатними відхиленнями від лінії тренду збільшення врожаю спостерігалося за рахунок сприятливих погодних умов. Найбільш сприятливим для вирощування цукрового буряку в Чернігівській області був 2012 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 66 ц/га. Як можна бачити з рисунка, також суттєві прирости урожаю за рахунок сприятливих погодних умов були отримані у 1995 р. – 54 ц/га, у 2006 р. - 38 ц/га та у 2015 р. – 34 ц/га.

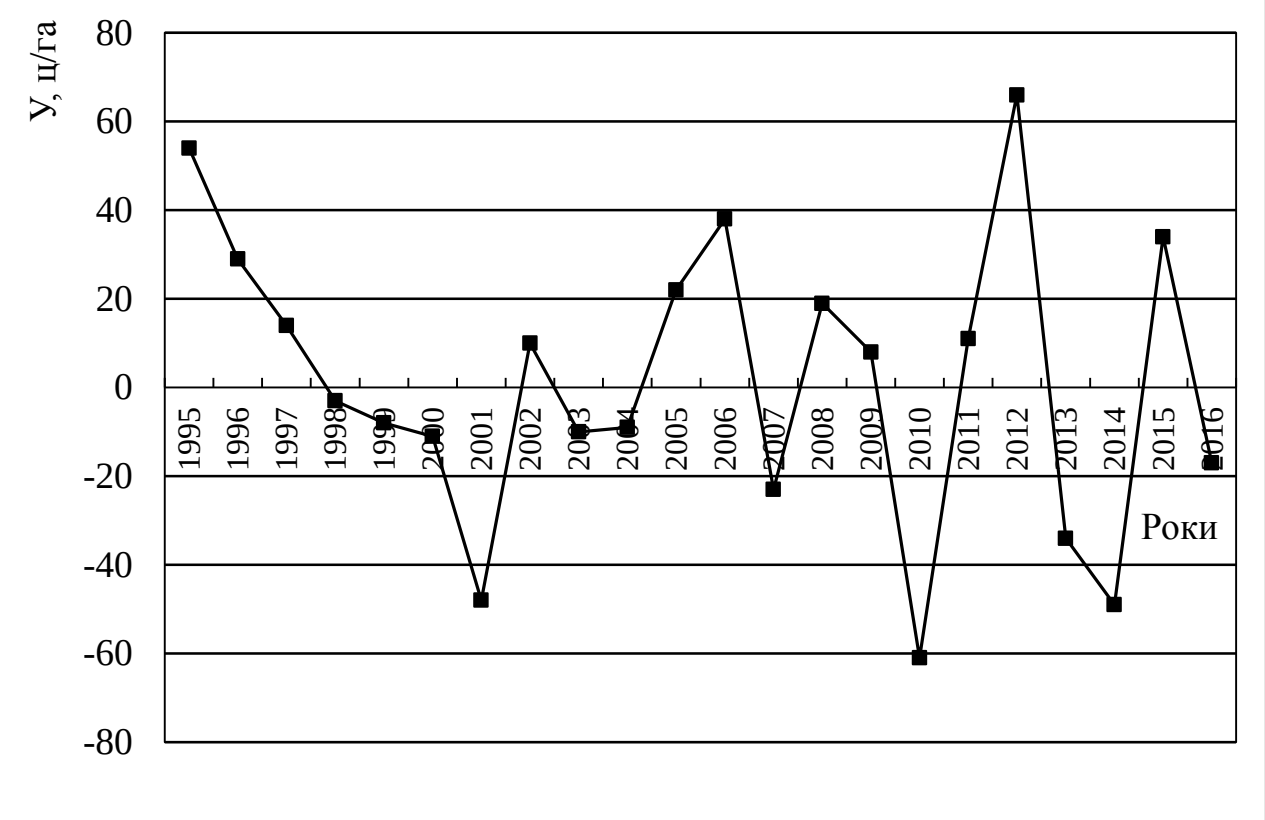

Рисунок 3.4 – Відхилення урожайності цукрового буряку від лінії тренду в Чернігівській області

Цікавою є оцінка ступеня сприятливості клімату за допомогою відповідного коефіцієнта ($К_С$), який визначається за формулою:

$$K_C = \frac{У_B}{У_T}, \qquad (3.11)$$

де $У_B$ - виробничий урожай коренеплодів цукрового буряку в конкретному році (ц/га), $У_T$ - урожай за трендом в тому ж році (ц/га).

Відповідні розрахунки виконані для зазначених вище поліських областей і отримані наступні результати (табл. 3.1). У Чернігівській області з такої ж кількості років 11 років (50%) були несприятливими за кліматичними умовам, а 11 років (50%) - сприятливими. У першому випадку коефіцієнт сприятливості коливався в межах 0,78-0,98, а в другому випадку 1,02-1,42. У Сумській області 13 (59%) років були сприятливими для вирощування картоплі з $К_C$ рівним 1,0 - 1,25, а 9 (41%) років несприятливими з $К_C$ порядку 0,70 - 0,99.

Таким чином, можна зробити висновок, що залежність урожаю цукрового буряку в двох поліських областях України від кліматичних умов є значною, хоча за останні 22 років відбувався суттєвий ріст культури землеробства при вирощуванні культури на досліджуваній території.

3.3 Ймовірнісна оцінка урожаїв цукрового буряку

У прикладній кліматології широко використовуються методи математичної статистики для розкриття просторово-часової структури основних параметрів клімату. З метою ущільнення метеорологічної інформації і підвищення рівня обслуговування сучасних запитів практики розробляються непрямі методи розрахунку складніших і необхідних параметрів клімату на додаток до середніх багаторічних характеристик. Велике практичне значення набуває знання не тільки середніх характеристик клімату, але і як вони були отримані, яка міра розсіяння значень випадкових величин щодо середньої, яка частота повторюваності кожного з членів

сукупності. В цьому плані досить детально була досліджена просторово-часова структура різних характеристик термічного режиму повітря, оскільки для них є багато достовірних даних спостережень.

В агрометеорології для виявлення просторово-часової мінливості гідрологічних і агрокліматичних показників широко використовується графо-аналітичний метод Алексєєва [26]. Виходячи з теоретичних і практичних міркувань він запропонував для побудови емпіричної кривої сумарної імовірності формулу:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0{,}25}{n + 0{,}50} \cdot 100\% \qquad (3.12)$$

де $P_{(x_m)}$ - забезпеченість у відсотках, значення якої послідовно зростають, m = 1,2,…*n* – порядковий номер членів статистичного ряду, розташованих в порядку зменшення, *n* – число років або спостережень в ряді.

Алексєєв показав, що біноміальна (аналітична) крива забезпеченості, визначена по основних статистичних параметрах (x σ, c_x) і побудована за допомогою таблиць імовірності перевищення нормованих відхилень від середнього значення за формулою:

$$x_P = \bar{x} + \sigma_x + \varphi(p, c_S) \qquad (3.13)$$

повинна пройти через три опорні точки xP_1, xP_2, xP_3,, що відповідають значенням імовірності P_1 = 5%, P_2 = 50%, P_3 = 95% емпіричної кривої, отриманої з виразу (3.11). Виходячи з цих умов, доведено, що рівняння

$$\bar{x} + \sigma_x \varphi(P_1, c_S) = xP_1$$

$$\bar{x} + \sigma_x \varphi(P_2, c_S) = xP_2 \qquad (3.14)$$

$$\bar{x} + \sigma_x \varphi(P_3, c_S) = xP_3$$

з трьома невідомими (x σ, c_x) можуть бути розв'язані за допомогою запропонованих формул. У випадку нормального розподілу задача зводиться до знаходження (x σ, c_x), які можна обчислити за формулами:

$$\sigma_x = \frac{x_{P1} - x_{P3}}{\varphi(P_1, c_S) - \varphi(P_{3,}, c_S)} = \frac{x_5 - x_{95}}{\varphi_5 - \varphi_{95}}, \qquad (3.15)$$

де (x_5 - x_{95}) – різниця нормованих відхилень, що відповідає прийнятій величині c_S ,

$$\bar{x} = x_{P2} - \sigma_x (P_2, c_S) = x_{50} - \sigma_x \varphi_{50} \qquad (3.16)$$

де φ_{50} – нормоване відхилення, відповідне забезпеченості P = 50 % при прийнятому c_S.

Вказаний метод був застосований нами для визначення міжрічної мінливості урожаю цукрового буряку для Сумської та Чернігівської областей. Використовувалися щорічні дані про урожайність за період з 1995 по 2016 роки. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.2

За цими даними були побудовані криві сумарної ймовірності можливих урожаїв цукрового буряку щодо середніх багаторічних значень (Додаток Б). При цьому ставилася задача виявити особливості в розподілі можливих урожаїв різної забезпеченості в порівнянні з середньою багаторічною величиною. Потім з кривих сумарної імовірності знімалися значення урожаю цукрового буряку різної забезпеченості з кроком 5, 10, 20, … 90, 95%. Результати цієї роботи були представлені в табл. 3.3.

У Сумській області урожаї цукрового буряку порядку 450 ц/га отримують з ймовірністю 5 % (тобто раз в двадцять років), в трьох роках з десяти отримують урожай 290 ц/га (ймовірність 30%), в семи роках з десяти урожайність становить 180 ц/га (ймовірність 70%), а щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 120 ц/га.

Таблица 3.2 – Розрахунок ймовірнісних характеристик виробничих урожаїв цукрового буряку (ц/га) в поліських областях України

Рік	*N*	Сумська		Чернігівська		P_x, %
		$У_B$, ц/га	$У_B$ ранж.	$У_B$, ц/га	$У_B$ ранж.	
1995	1	167	437	184	470	3
1996	2	157	426	167	463	8
1997	3	146	424	161	417	12
1998	4	149	415	157	402	17
1999	5	133	389	170	376	21
2000	6	171	388	185	371	26
2001	7	168	345	166	368	30
2002	8	191	298	245	367	34
2003	9	182	275	246	351	39
2004	10	181	234	268	319	43
2005	11	216	232	319	316	48
2006	12	275	216	351	308	52
2007	13	234	191	308	268	57
2008	14	345	182	367	246	61
2009	15	389	181	371	245	66
2010	16	232	171	316	185	70
2011	17	388	168	402	184	74
2012	18	415	167	470	170	79
2013	19	298	157	376	167	83
2014	20	437	149	368	166	88
2015	21	424	146	463	161	92
2016	22	426	133	417	157	97
Середнє		**260**		**295**		

Таблиця 3.3 - Ймовірнісна оцінка можливих урожаїв цукрового буряку (ц/га) по областям українського Полісся

Область	$\bar{y}$	Забезпеченість, %										
		5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Сумська	260	450	440	350	290	270	260	200	180	160	140	120
Чернігівська	295	490	470	380	330	300	300	240	215	200	185	150

У Чернігівській області урожаї цукрового буряку порядку 490 ц/га отримують з ймовірністю 5 % (тобто раз в двадцять років), в трьох роках з десяти отримують урожай 330 ц/га (ймовірність 30%), в семи роках з десяти урожайність становить 200 ц/га (ймовірність 70%), а щорічно тут забезпечені лише урожаї порядку 150 ц/га.

4 МОДЕЛЮВАННЯ ПРОДУКЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ В УМОВАХ МОЖЛИВИХ ЗМІН КЛІМАТУ

4.1 Сценарії можливої зміни клімату на території України

Майбутні зміни клімату є однією з найбільших проблем, що стоїть перед людством в новому столітті. Потреба в інформації про зміни клімату необхідна для того, щоб оцінити їх вплив на людину і природні системи з метою розвитку відповідних засобів адаптації і стратегії пом'якшення негативного впливу кліматичних змін на національному і навіть регіональному рівні.

Діяльність людини змінила і продовжує змінювати поверхню Землі і склад її атмосфери. Деякі з цих змін мають прямий або опосередкований вплив на енергетичний баланс Землі і, таким чином, є чинниками, що впливають на зміну клімату. Радіаційний вплив (РВ) є результатом зміни енергетичного балансу системи Земля як реакції на певні зовнішні фактори, при цьому позитивний РВ веде до потепління, а негативний РВ до похолодання кліматичної системи.

Крім глобального середнього радіаційного та енергетичного впливу просторовий розподіл і часова еволюція впливу та зворотній кліматичний зв'язок також відіграють значну роль у визначенні можливого впливу різних факторів на клімат. Зміни поверхні суші можуть також впливати на локальний та регіональний клімат за допомогою процесів, які не є радіаційними за своєю природою [27].

Зміна клімату внаслідок глобального потепління є однією із проблем XXI століття. Вона характеризується різними проявами, серед яких провідними є зміна частоти та інтенсивності кліматичних аномалій та екстремальних (небезпечних) погодних явищ. За прогнозами провідних вчених та спеціалістів в найближчі десятиріччя зміни клімату за своїми

розмірами та інтенсивністю будуть переважати ті тенденції, які спостерігались в останнє десятиріччя.

Сучасне потепління викликає значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Воно супроводжується істотним підвищенням температури повітря у зимові місяці, збільшенням кількості тривалих відлиг, часового зрушення розвитку природних процесів, змінами тривалості сезонів року, подовженням беззаморозкового періоду та тривалості вегетаційного періоду сільськогосподарських культур, збільшенням теплозабезпеченості вегетаційного періоду.

Можливе зростання частоти екстремальних погодних явищ, загальне зниження вологості ґрунтів та зменшення їхньої родючості, виснаження ресурсів прісної води у південних регіонах країни, деградація ґрунтів. Разом з тим, основною особливістю потепління стала нерівномірність випадіння опадів за окремі періоди року, що призвело до збільшення посушливих явищ. Посухи нерідко співпадають з суховіями, спричиняючи пошкодження рослин у різних фазах розвитку та зменшують їхню продуктивність [1, 29-32].

У зв'язку з очікуваним підвищенням температури повітря у Північній півкулі продовольча безпека України в значній мірі буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується сільське господарство до майбутніх змін клімату.

Зміни у глобальній кліматичній системі можуть розглядатися на сьогодні як незаперечний факт, що доводиться метеорологічними даними за останні 150 років. Є дуже ймовірним, що підвищення глобальних середніх температур, яке спостерігається з середини 20 століття, здебільшого викликано підвищенням концентрацій антропогенних парникових газів. Щоб визначити причини змін клімату, що 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 [32]. Під час експерименту розраховувався клімат 20 століття при заданих, відповідних до спостережень, концентраціях парникових газів, а також клімат для різних сценаріїв, які наведені у Спеціальній доповіді зі сценаріїв викидів (СДСВ) [33]. Все це дозволило просунутися в уточненні та підвищенні достовірності оцінок майбутніх змін клімату, а також оцінити імовірнісні розподіли характеристик клімату для кожного зі сценаріїв.

Майбутні викиди газів з парниковим ефектом (ПГ: вуглекислий газ CO_2, метан CH_4, закис азоту N_2O, двооксид сірки SO_2, оксид вуглецю CO, оксиди азоту NO_x) є продуктом дуже складних динамічних систем, що складаються з таких визначальних факторів, як демографічний розвиток, соціально-економічний розвиток та технологічні зміни. Їх розвиток у майбутньому є дуже невизначеним. 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 оцінки пов’язаних з ними невизначеностей. Вони сприяють аналізу змін клімату, включаючи моделювання клімату та оцінку наслідків, адаптацію та пом’якшення наслідків. Дуже малоймовірною є можливість того, що траєкторія якогось єдиного викиду збіжиться з описаною у сценаріях [34].

Робочою групою Міжнародної групи експертів зі змін клімату були розроблені чотири основних описових сюжетних лінії (рис. 4.1) для послідовного викладення зв’язків між визначальними факторами викидів та їх розвитком, а також додатковий контекст для кількісного визначення сценарію. Кожна сюжетна лінія зображує різні демографічні, соціальні, економічні, технологічні та екологічні події, які одними особами можуть розглядатися позитивно, а іншими – негативно.

Сценарії містять широкий перелік основних демографічних, економічних та технологічних визначальних факторів ПГ та викидів сірки. Кожний сценарій являє собою конкретне кількісне тлумачення однієї з

чотирьох сюжетних ліній. Усі сценарії, що ґрунтуються на одній сюжетній лінії, являють собою сценарну «родину». Треба відзначити, що сценарії не містять додаткові ініціативи у галузі клімату, тобто не має сценарію, який би припускав здійснення Рамочної конвенції ООН про зміни клімату або Кіотського протоколу. В той же час, на викиди ПГ безпосередньо впливає політика у галузі некліматичних змін, спрямована на досягнення інших цілей. До того ж, урядова політика може у різній мірі впливати на фактори викиду ПГ, а саме на демографічні зміни, соціально-економічний розвиток, технологічні зміни, використання ресурсів та регулювання забрудненням. Саме цей вплив відображується у сюжетних лініях та підсумкових сценаріях.

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. Однією з переваг багатомодельного підходу є те, що підсумкові 40 сценаріїв СДСВ у своїй сукупності охоплюють існуючий діапазон невизначеностей стосовно майбутніх викидів ПГ, які виникають внаслідок різних характеристик цих моделей, окрім існуючих невизначеностей, що мають місце через визначальні фактори сценарію, зокрема демографічні, соціально-економічні та технологічні події, які визначають ці моделі, про що йде мова у сюжетних лініях. Тринадцять з цих сорока сценаріїв розглядають зміни, пов’язані з припущеннями стосовно енергетичних технологій.

У межах кожної сценарної родини були розроблені два основних види сценаріїв – сценарії з узгодженими припущеннями стосовно глобального населення, економічного росту і кінцевого використання енергії та сценарії з альтернативним кількісним визначенням сюжетної лінії. У своїй сукупності 26 сценаріїв були узгоджені через прийняття припущень стосовно розвитку загального населення та сукупного національного продукту.

Таким чином, узгоджені сценарії у кожній родині не є незалежними один від іншого. Решта 14 сценаріїв прийняли альтернативні тлумачення

чотирьох сюжетних ліній для вивчення додаткових сценарних невизначеностей. Вони також пов’язані між собою у межах кожної родини, навіть не зважаючи на те, що не містять загальних припущень стосовно деяких визначальних факторів.

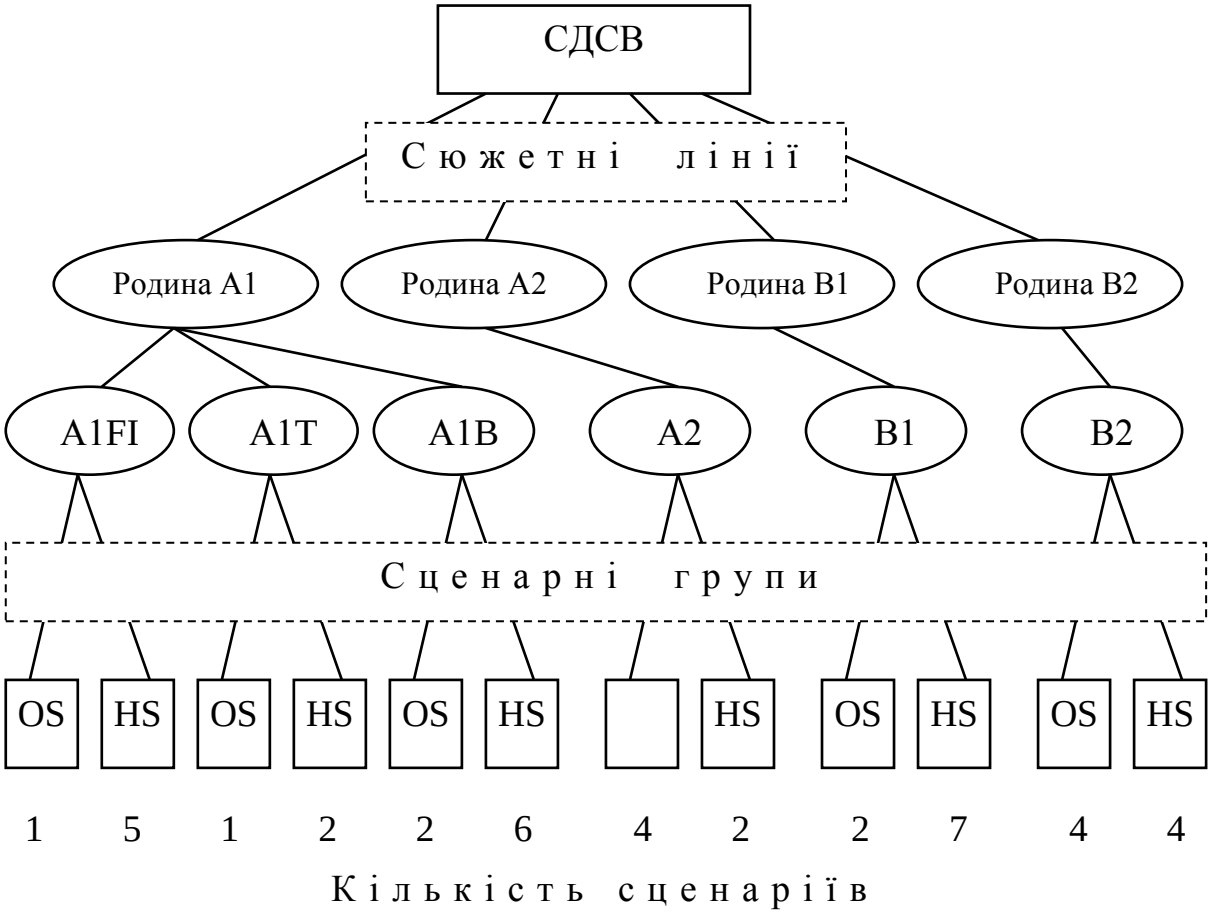

Рисунок 4.1 – Схематична ілюстрація сценаріїв СДСВ [1]

У межах кожної групи і родини «HS» позначає сценарії з узгодженими припущеннями щодо розвитку загального населення та сукупного національного продукту, а «OS» – сценарії, в яких розглядаються невизначеності стосовно визначальних факторів.

Сюжетна лінія та сценарна родина A1 містить опис майбутнього світу, що характеризується швидким економічних ростом, глобальним населенням, показники якого сягають пікових значень у сторіччя з подальшим зменшенням, а також швидким упровадженням нових та ефективніших

технологій. Першорядними питаннями будуть поступове зближення різних регіонів, створення потенціалу та активізація культурних і соціальних взаємозв'язків за значного зменшення регіональних відмінностей у доході на душу населення. Сценарна родина A1 розбивається на три групи, які надають опис альтернативних варіантів технологічних змін в енергетичній системі, а саме відрізняються своїм центральним технологічним елементом: істотна частина викопних видів палива (A1FI), невикопні види палива (A1T) і рівновага між усіма джерелами (A1B), яка визначається як не дуже велика залежність від одного конкретного джерела енергії. Через те, що інші визначальні фактори будуть сталими, швидке зростання спричинить високі показники обороту капіталу, внаслідок чого невеликі відмінності на початковому етапі між сценаріями призведуть до великого розходження до 2100 р.

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 сталий ріст 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 порівняннями з іншими сюжетними лініями.

Сюжетна лінія і сценарна родина B1 містить опис світу, який рухається в одному напрямку з тим же глобальним населенням, яке сягає максимальної чисельності у середині століття, а потім зменшується, як й у сюжетній лінії A1, але за швидких змін в напрямку сервісної та інформаційної економіки зі зменшенням матеріальної інтенсивності та впровадженням чистих і ресурсозбережених технологій. Головна увага приділятиметься глобальним рішенням економічної, соціальної та екологічної сталості, включаючи більшу справедливість, але без додаткових ініціатив, пов'язаних з кліматом.

Сюжетна лінія і сценарна родина B2 містить опис світу, в якому

головна увага приділятиметься локальним рішення проблеми економічної, соціальної та екологічної сталості. Це буде світ з глобальним населенням, яке стало збільшується з темпами, нижчими ніж для А2, проміжними рівнями економічного розвитку і менш швидкими, але різноманітнішими, змінами у порівнянні з лініями В1 і А1. Хоч цей сценарій також орієнтований на охорону навколишнього середовища та соціальну справедливість, головна увага у ньому приділятиметься місцевим і регіональним рівням [1].

4.2 Базова модель оцінки умов формування врожаю цукрового буряку

В ОДЕКУ на кафедрі агрометеорології та агрометпрогнозів вже багато років розвивається школа динамічного моделювання продукційного процесу сільськогосподарських культур, започаткована професором А.М. Польовим.

Вперше для України базову модель формування врожайності сільськогосподарських культур А.М. Польового [22, 23] було застосовано для розробки методу оцінки умов формування врожаю цукрового буряку і прогнозування його середньої по області врожайності у роботі О.В. Вольвач [35]. Подальший розвиток динамічне моделювання продукційного процесу цукрового буряку отримало у роботі Т.К. Костюкєвич [36], в якій базова модель була модифікована та адаптована до умов вирощування культури у різних ґрунтово-кліматичних зонах України: Поліссі, Лісостепу, Північному Степу та Південному Степу.

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів в чинній дипломній роботі були використані розроблені А.М. Польовим моделі продуційного процесу сільськогосподарських культур:

– модель формування продуктивності агроекосистеми [37];

– результати розробки моделі фотосинтезу зеленого листа рослин при зміні концентрації CO2 в атмосфері [38].

Базова модель оцінки умов формування врожаю цукрового буряку має блочну структуру і містить п’ять блоків (рис. 4.2):

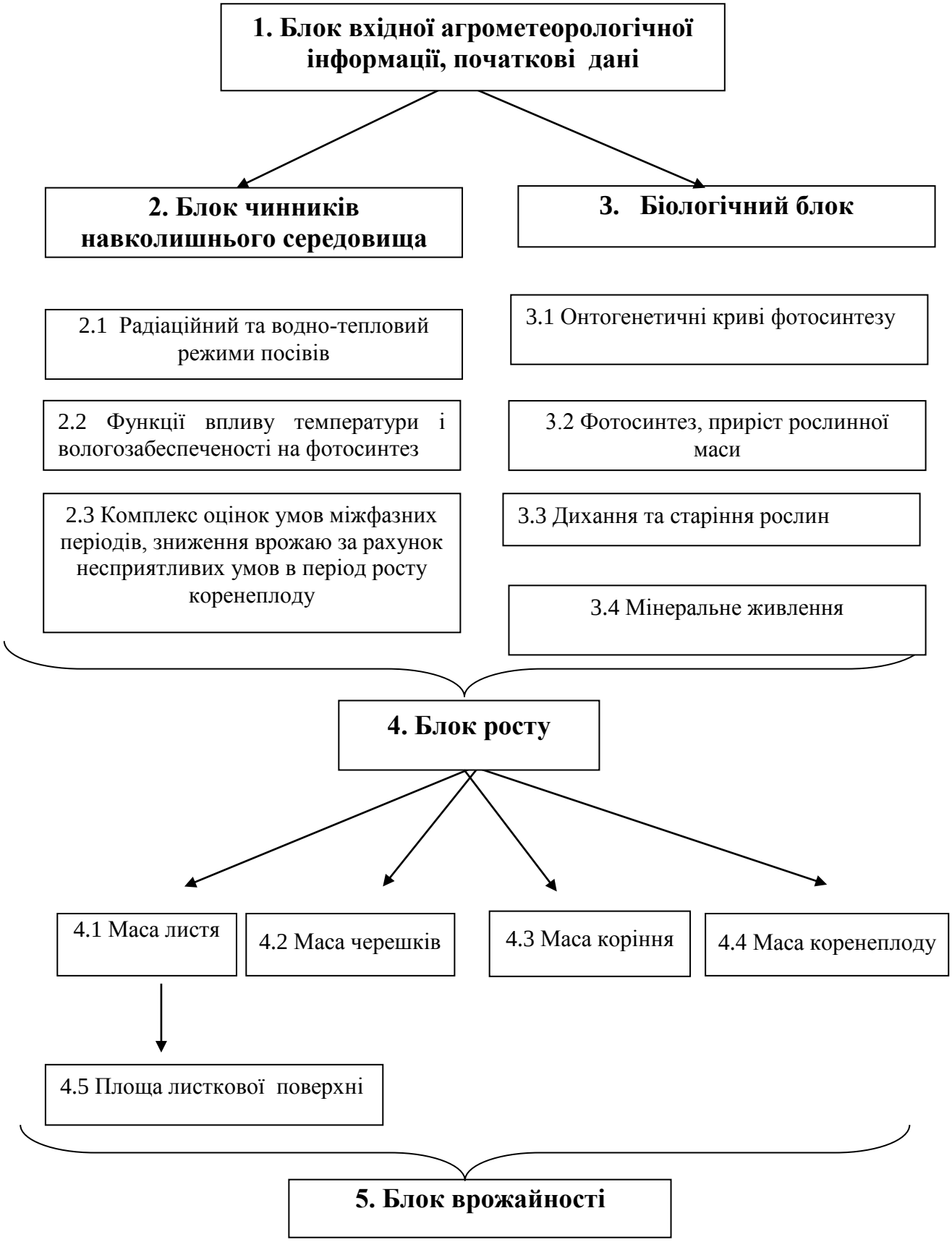

Рисунок 4.2 – Блок-схема динамічної моделі формування врожайності цукрового буряку [22, 23]

- блок вхідної інформації;
- блок чинників навколишнього середовища;
- біологічний блок;
- блок росту;
- блок врожайності.

Блок вхідної агрометеорологічної інформації складається з початкових та щодекадних даних. Цей блок містить дані стандартних метеорологічних та агрометеорологічних спостережень і включає в себе всі необхідні для виконання розрахунків характеристики.

Блок чинників навколишнього середовища містить три підблоки: радіаційного та водно-теплового режиму посівів, функцій впливу температури повітря та вологозабезпеченості посівів на фотосинтез, комплекс оцінок умов міжфазних періодів, зниження врожайності за рахунок несприятливих умов в період росту коренеплоду.

Біологічний блок включає в себе чотири підблоки: онтогенетичних кривих фотосинтезу; фотосинтезу та приросту рослинної маси; дихання та старіння рослин; мінерального живлення.

Блок росту включає чотири підблоки: маси листя; маси черешків; маси коріння; маси коренеплодів та площі листкової поверхні.

4.2.1 Підблоки фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси

Інтенсивність фотосинтезу листя описується формулою Монсі і Саекі:

$$\Phi_o^j = (\Phi_{\max} \cdot a_\phi \cdot I_{\Phi AP}) \big/ (\Phi_{\max} + a_\phi \cdot I_{\Phi AP}), \qquad (4.1)$$

де Φ_o^j – інтенсивність фотосинтезу при оптимальних умовах тепло- і вологозабезпеченості в реальних умовах освітленості, мг CO_2/(дм^2·год);

$\Phi_{мах}$ – інтенсивність фотосинтезу при світловому насиченні і нормальній концентрації CO_2, мг CO_2/(дм^2·год);

α_{Φ} – початковий нахил світлової кривої фотосинтезу, мг CO_2/(дм$^{-2}$·год$^{-1}$)/(кал·см$^{-2}$·хв$^{-1}$);

$I_{ФАР}$ – інтенсивність фотосинтетично активної радіації (ФАР) всередині посіву, кал/(см^2·хв.);

j – номер кроку розрахункового періоду.

Для кількісного опису залежності фотосинтезу не тільки від щільності потоку ФАР, але і від вмісту CO_2 в атмосфері розглядають величину $\Phi_{мах}$ як функцію концентрації CO_2:

$$\Phi_{мах} = \tau_C \cdot C_{o,} \qquad (4.2)$$

де τ_C – початковий нахил вуглецевої кривої фотосинтезу;

C_o – концентрація CO_2 в атмосфері.

У онтогенезі фотосинтетична активність листя визначається його фізіологічним віком і напруженістю водно-теплового режиму.

Для розрахунку фотосинтезу в онтогенезі в польових умовах середовища, відмінних від біологічно оптимальних, використовується вираз:

$$\Phi_{\tau}^{j} = \alpha_{\Phi}^{j} \Phi_{o}^{j} \cdot FTW2, \qquad (4.3)$$

де Φ_{τ} – інтенсивність фотосинтезу в реальних умовах середовища, мг CO_2/(дм^2·г од);

α_{Φ} – онтогенетична крива фотосинтезу;

FTW2 – узагальнена функція впливу факторів зовнішнього середовища.

Сумарний фотосинтез посіву за світлий час доби розраховується за формулою:

$$\Phi^{j} = 0{,}68 \Phi_{\tau}^{j} \cdot L^{j} \tau_{дн} \cdot 0{,}1, \qquad (4.4)$$

де Ф – денний фотосинтез посіву на одиницю площі, г/(м^2·доба);

L – площа листкової поверхні, м^2/м^2;

$\tau_{дн}$ – тривалість світлого часу доби.

На відміну від процесу фотосинтезу здібністю до дихального газообміну володіють всі органи рослини. Інтенсивність дихання всієї рослини за добу визначається як:

$$R^j = \alpha_R^j (c_m M^j + c_G \Phi^j), \tag{4.5}$$

де R - витрати на дихання рослин;

α_R – онтогенетична крива дихання;

c_m - коефіцієнт, який характеризує витрати на дихання підтримки життєдіяльних структур органів рослин;

c_G - коефіцієнт, який характеризує витрати на дихання, пов'язані з переміщенням речовин, фотосинтезом і створенням нових структурних одиниць.

Приріст біомаси посіву визначається різницею між сумарним фотосинтезом посіву і витратами на дихання згідно з [21, 23]:

$$\Delta M^j = \Phi^j - R^j. \tag{4.6}$$

4.2.2 Підблок динаміки біомаси органів рослини

Ріст, як і всі інші процеси у рослини, є функцією часу, що зовні виражається в періодичних і ритмічних коливаннях його інтенсивності

Для опису росту окремих органів рослин скористаємося запропонованими Ю.К. Россом ростовими рівняннями в модифікованому вигляді з урахуванням формування коренеплодів:

$$m_i^{j+1} = m_i^j + (\beta_i^j \Delta M^j - \upsilon_i^j m_i^j) n_{дек.}^j$$
$$m_p^{j+1} = m_p^j + (\beta_{pi}^j \Delta M^j - \sum_i^{l,s,r} \upsilon_i^j m_i^j) n_{дек.}^j \qquad (4.7)$$

де m_i – загальна суха біомаса окремих органів (l – листя; s – черешки; r – коріння; p – коренеплоди);

β_i – функція перерозподілу «свіжих» асимілятів;

ν_i – функція перерозподілу «старих» асимілятів; $n_{дек.}$ – кількість днів в розрахунковій декаді.

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

$$L^{j+1} = L^j + \Delta m_l \frac{1}{d_L}, \qquad (4.8)$$

де d_L – питома поверхнева площа листя, г/м^2.

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

$$L^{j+1} = L^j - \Delta m_i \frac{1}{d_L} \cdot \frac{1}{k_c}, \qquad (4.9)$$

де k_c – параметр, що характеризує критичну величину зменшення живої біомаси листя, при якій починається її відмирання [22, 23].

4.2.3 Підблок радіаційного та водно-теплового режимів посівів

Для розрахунку сумарної сонячної радіації, що приходить на верхню межу рослинного покриву, використовується формула С.І. Сівкова

$$Q_o^j = 12{,}66(SS^j)^{1{,}31} + 315(A^j + B^j)^{2{,}1}, \qquad (4.10)$$

де Q_o – інтенсивність сумарної сонячної радіації над верхньою межею рослинного покриву; SS – середня за декаду кількість годин сонячного сяйва; j – порядковий номер розрахункової декади.

Розрахунок інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ФАР) виконаємо за співвідношенням

$$I_{ФАР} = (a_{ФАР}\, Q_L)/\tau_{дн}, \qquad (4.11)$$

де $a_{ФАР}$ - коефіцієнт переходу від сумарної сонячної радіації до ФАР.

Випаровуваність з посівів визначимо за рівнянням:

$$E_{pot} = 16{,}7(a_{хар.} Q_o - n_{дек.} b_{хар.}), \qquad (4.12)$$

де E_{pot} - випаровуваність посівів; $a_{хар.}$ і $b_{хар.}$ - параметри рівняння Харченко.

Сумарне випаровування посівів цукрового буряку визначимо за методом С.І. Харченко:

$$E_{act.} = \frac{2W + P_s + P_{зр.}}{1 + \dfrac{2W_{НВ}}{\beta_{хар.} E_{pot}}}, \qquad (4.13)$$

де E_{act} - сумарне випаровування посівів; $P_{зр.}$ - норма вегетаційного поливу; $W_{НВ}$ - найменша вологоємність в метровому шарі ґрунту; $\beta_{хар.}$ - параметр, який відображає особливості часового ходу випаровування в залежності від фази розвитку та біологічних особливостей культури; W - запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту [22, 23].

4.3 Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку в зв'язку зі зміною клімату

Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм А2 та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за три періоди: 1986 – 2005 рр. (базовий період), 2011 – 2030 рр. (перший кліматичний або сценарний період) та 2031-2050 рр. (другий кліматичний або сценарний період).

Ідентифікація моделі формування урожайності сільськогосподарських культур виконана на основі середньобагаторічних матеріалів агрометеорологічних спостережень по Сумській та Чернігівській областям [4] та даних середньої обласної урожайності цукрового буряку, що представлені на офіційних сайтах обласних управлінь статистики [24, 25].

Слід підкреслити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності цукрового буряку розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів і гібридів сільськогосподарських культур в припущенні, що вони суттєво не зміняться.

Біологічні особливості цукрового буряку полягають у тому, що він може вегетувати до кінця вересня, а в окремі роки (за умов відсутності сильних дощів або заморозків) – й до кінця жовтня. У цей час активного росту маси коренеплоду вже не спостерігається, але суха, ясна та сонячна погода сприяє накопиченню цукру у коренеплоді [10, 14]. Тому нами було прийнято, що в умовах зміни клімату тривалість вегетаційного періоду цукрового буряку суттєво не зміниться, і згідно з біологічними особливостями культури, буде складати 15 декад, починаючи з дати сходів.

У якості основних агрокліматичних характеристик температурного режиму вегетаційного періоду цукрового буряку були розглянуті:

– дати сівби та основних фаз розвитку цукрового буряку;

- середні за міжфазні періоди температури повітря;

– суми активних температур повітря за період вегетації.

Для характеристики умов зволоження вегетаційного періоду цукрового буряку розглядались такі показники:

- середні суми опадів за міжфазні періоди;

– сума опадів за вегетаційний період в абсолютних та відносних величинах;

– сумарне випаровування та випаровуваність за вегетаційний період;

– вологозабезпеченість за період вегетації.

4.3.1 Оцінка зміни агрокліматичних умов Сумської області

Результати розрахунків за базовими та кліматичними даними представлені у табл. 4.1.

Ідентифікація моделі формування урожайності сільськогосподарських культур виконана на основі середньобагаторічних матеріалів агрометеорологічних спостережень по Сумській області [4] та даних середньої обласної урожайності цукрового буряку [24].

За середньобагаторічними базовими даними (1986-2005 рр.), сівбу цукрового буряку розпочинають, коли спостерігається стійкий перехід температури повітря через 10°С, отже в Сумській області сівба відбувається 30 квітня. Сходи цукрового буряку, як правило, з’являються приблизно через два тижні - 14 травня. За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 у перший сценарний період строк сівби цукрового буряку зсувається на більш ранній час. У Сумській області сівба буде проводитись 21 квітня, що на 9 днів раніше у порівнянні з базовим періодом 1986-2005 рр. Відповідно зсувається і строк появи сходів - 8 травня, що на 6 днів раніше за базовий період.

Аналізуючи результати досліджень за другий сценарний період, можна сказати, що сівба на території Сумської області у порівнянні з базовими умовами також зсунеться на більш ранній строк – на 19 квітня, тобто цукровий буряк будуть сіяти раніше на 11 днів, тому і сходи з'являтимуться раніше - 5 травня, також на 9 днів раніше за базові значення.

Також змістяться і всі наступні фази розвитку цукрового буряку. Фаза початку росту коренеплоду буде спостерігатися у перший сценарний період 6

Таблиця 4.1 – Дати настання фаз розвитку цукрового буряку

Період	Сівба	Сходи	Початок росту коренеплоду	Закриття міжрядь	Пожовтіння нижнього листя
1986–2005 рр.	30.04	14.05	12.06	12.07	24.08
2011–2030 рр.	21.04	8.05	6.06	7.07	19.08
Різниця	–9	–6	–6	–5	-5
2031–2050 рр.	19.04	5.05	3.06	4.07	18.08
Різниця	–11	–9	-9	-8	-6

червня, а у другий сценарний період 3 червня, тобто раніше за базову дату, що становить 12 червня, на 6 та 9 днів відповідно.

Фаза закриття міжрядь спостерігається 12 липня. Вона наставатиме на 5 днів раніше за базовий термін у перший сценарний період (7 липня) та на 8 днів раніше у другий сценарний період (4 липня). Пожовтіння нижнього листя наставатиме раніше на 5–6 днів, а саме 19 та 18 серпня, тоді як за базовим варіантом ця дата становить 24 серпня.

У таблиці 4.2 представлені агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку у Сумській області в умовах зміни клімату у порівнянні з базовими умовами. Як можна бачити, тривалість першої частини

вегетаційного періоду (період сходи – початок росту коренеплоду) за умов зміни клімату за сценарієм А2 не зміниться та становитиме 29 днів. Середня температура цього періоду також суттєво не зміниться: якщо за базових умов її значення становить 14,7оС, то у перший сценарний період воно становитиме 14,4 оС (на 0,3^{o}С нижче), а у другий сценарний період – 14,3^{o}С (на 0,4 ^{o}С нижче).

Таблиця 4.2 - Агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку в Сумській області в умовах зміни клімату

Період	Період сходи – початок росту коренеплоду			Період початок росту коренеплоду – пожовтіння нижнього листя			Вегетаційний період			Сумарне випаро-вування, мм	Випаро-вува-ність, мм	Волого-забезпе-ченість, %
	трива-лість, дні	середня темпера-тура, °С	сума опадів, мм	трива-лість, дні	середня темпера-тура, °С	сума опадів, мм	сума активних темпера-тур, °С	сума опадів, мм	у % від кліматич-ної норми			
1986 – 2005	29	14,7	49	73	18,0	163	2710	315	100	362	500	72
2011 – 2030	29	14,4	85	74	17,7	186	2550	360	114	380	465	82
Різниця	0	-0,3	74%	1	-0,3	14%	-160	45	14%	18	-35	10
2031 – 2050	29	14,3	72	76	17,4	220	2620	376	119	398	495	80
Різниця	0	-0,4	47%	3	-0,6	35%	-90	43	19%	36	-5	8

Також практично не зміняться температурні умови другої половини вегетації (період початок росту коренеплоду – пожовтіння нижнього листя). Тривалість цього періоду за базових умов становить 73 дні, за умов реалізації сценарію А2 у перший сценарний період вона становитиме 74 дні, а у другий сценарний період – 76 днів. Тобто різниці між тривалостями другої половини вегетації цукрового буряку майже немає (1-3 дні відповідно).

Також незначно відрізняються й середні температури за цей період. Середня температура за базових умов становить 18,0^{o}С, за перший сценарний період вона становитиме 17,7^{o}С (на 0,3^{o}С нижче), за другий сценарний період – 17,4 ^{o}С (на 0,6^{o}С нижче).

Порівняння сум температур за вегетаційний період цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценарієм А2 з таким же показником в базовий період показує, що ці суми дещо зменшяться зі зміщенням початку вегетації на більш ранні терміни. Температурний фон у цьому випадку буде дещо нижче, і за вегетаційний період цукрового буряку (умовно він складає 150 днів після сходів) будуть накопичуватись дещо менші суми температур.

Як можна бачити з таблиці 4.2, у Сумській області за вегетаційний період цукрового буряку накопичується за базових умов сума активних температур вище 5°С 2710°С, за умов реалізації сценарію А2 у перший сценарний період ця сума зменшиться на 160°С і буде складати 2550°С, а в другий сценарний період вона зменшиться на 90°С і складатиме 2620°С. Таким чином, різниця сум температур базового та сценарних періодів буде не дуже суттєвою. Отже можна сказати, що за умов реалізації сценарію А2 теплові ресурси вегетаційного періоду цукрового буряку залишаться практично без змін і будуть сприятливими для його вирощування.

Для оцінки вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрового буряку аналізувались такі ж періоди як і для аналізу теплозабезпеченості: базовий 1986 – 2005 рр. та розрахункові за кліматичним сценарієм 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр. При цьому розглядались такі показники: сума опадів за міжфазні періоди (сходи-початок росту коренеплоду та початок

росту коренеплоду – пожовтіння нижнього листя) та за весь вегетаційний період в абсолютних одиницях та у відсотках від середньобагаторічної кількості (кліматичної норми), сумарне випаровування, випаровуваність та вологозабезпеченість. Результати розрахунків також представлені у таблиці 4.2.

У відповідності до кліматичного сценарію А2 у режимі опадів відбудуться деякі зміни. Кількість опадів за перший міжфазний період за базових умов становить 49 мм, за умов реалізації сценарію А2 у перший сценарний період вона збільшиться до 85 мм (на 74%), а у другий – до 72 мм (на 47%).

Кількість опадів за другий міжфазний період за базових умов становить 163 мм, за умов реалізації сценарію А2 у перший сценарний період вона збільшиться до 186 мм (на 14%), а у другий – до 220 мм (на 35%).

Сума опадів за вегетаційний період цукрового буряку за сценарними даними буде збільшуватись. За базовими даними протягом вегетаційного періоду цукрового буряку в Сумській області накопичується 315 мм опадів. У перший сценарний період цей показник збільшиться до 360 мм, а у другий сценарний період – до 376 мм. Отже збільшення кількості опадів протягом 2011-2030 рр. на території Сумської області буде досягати 45 мм або 14% від базового значення, а протягом 2031-2050 рр. відповідно 61 мм та 19 %.

На території Сумської області величина сумарного випаровування (фактичного вологоспоживання) складає за базовим варіантом 362 мм. За першим сценарним варіантом вона зросте на 18 мм і складатиме 380 мм, а за другим – зросте на 36 мм і складатиме 398 мм. Можна зробити висновок, що сумарне випаровування за умов зміни клімату дещо збільшиться, перш за все за рахунок збільшення кількості опадів.

Величина випаровуваності (вологопотреби) за умов реалізації сценарію суттєво зменшиться на досліджуваній території. За базовим варіантом величина випаровуваності за вегетаційний період цукрового буряку у Сумській області становить 500 мм. У перший сценарний період величина

випаровуваності зменшиться і досягне 465 мм, що на 35 мм менше за базовий період. У другий сценарний період величина випаровуваності практично не зміниться, становитиме 495 мм, що на 5 мм менше за базові умови.

Одним з основних показників, що характеризують умови зволоження вегетаційного періоду будь-якої сільськогосподарської культури, є вологозабезпеченість, тобто відношення величини сумарного випаровування до величини випаровуваності.

Величина вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрового буряку за базовими даними складає в Сумській області 72%. За умов реалізації сценарію А2 в перший кліматичний період вона збільшиться на 10% і складатиме 82%. За умов реалізації сценарію А2 в другий кліматичний період вона збільшиться на 8% і складатиме 80 %. Тобто за умов реалізації сценарію А2 умови зволоження вегетаційного періоду цукрового буряку в Сумській області покращяться.

Таким чином, можна зробити висновок, що за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 в Сумській області суми температур за період вегетації цукрового буряку несуттєво зменшяться, а також очікується збільшення кількості опадів та вологозабезпеченості культури.

4.3.2 Оцінка зміни агрокліматичних умов Чернігівської області

На основі аналізу результатів розрахунків показників тепло- і вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрового буряку за базовим варіантом (1986 – 2005 рр.) та за двома сценарними варіантами: 2011 – 2030 рр. (перший кліматичний або сценарний період) та 2031-2050 рр. (другий кліматичний або сценарний період) було виконано оцінку агрокліматичних умов вирощування культури на території Чернігівської області за умов реалізації сценарію А2.

Ідентифікація моделі формування урожайності сільськогосподарських культур виконана на основі середньобагаторічних матеріалів агрометеорологічних спостережень по Чернігівської області [5] та даних середньої обласної урожайності цукрового буряку [32].

Слід підкреслити, що вплив зміни клімату на формування продуктивності цукрового буряку розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів і гібридів сільськогосподарських культур в припущенні, що вони суттєво не зміняться.

В якості основних агрокліматичних характеристик температурного режиму вегетаційного періоду цукрового буряку були розглянуті:

– дати сівби та основних фаз розвитку цукрового буряку;

- середні за міжфазні періоди температури повітря;

– суми активних температур повітря за період вегетації.

Для характеристики умов зволоження вегетаційного періоду цукрового буряку розглядались такі показники:

- суми опадів за міжфазні періоди;

– сума опадів за вегетаційний період в мм та у відсотках від кліматичної норми;

– сумарне випаровування та випаровуваність за вегетаційний період;

– вологозабезпеченість за період вегетації.

Результати розрахунків за базовими та кліматичними даними представлені у табл. 4.3.

За середньобаторічними базовими даними (1986-2005 рр.), в Чернігівсікій області сівбу цукрового буряку розпочинають, коли температури повітря переходить через 10°С, тобто 30 квітня. Сходи цукрового буряку, як правило, з’являються приблизно через два тижні - 13 травня. За умов реалізації сценарію зміни клімату А2 у перший сценарний період строк сівби цукрового буряку суттєво зсувається на більш ранній час. У Чернігівсікій області сівба буде проводитись 21 квітня, що на 9 днів раніше у порівнянні з базовим періодом 1986-2005 рр. Строк появи сходів

при цьому також зміниться суттєво - 7 травня, що на 6 днів раніше за базовий період.

Аналізуючи результати досліджень за другий сценарний період, можна сказати, що сівба на території Чернігівської області у порівнянні з базовими умовами зсунеться ще на більш ранній строк – на 20 квітня, тобто цукровий буряк будуть сіяти раніше на десять днів, тому і сходи з'являтимуться раніше – 5 травня, на 8 днів раніше за базовий термін.

Таблиця 4.3 – Дати настання фаз розвитку цукрового буряку

Період	Сівба	Сходи	Початок росту коренеплоду	Закриття міжрядь	Пожовтіння нижнього листя
1986–2005 рр.	30.04	13.05	10.06	10.07	26.08
2011–2030 рр.	21.04	7.05	6.06	7.07	19.08
Різниця	-9	-6	-4	-3	-7
2031–2050 рр.	20.04	5.05	4.06	5.07	17.08
Різниця	–10	–8	-6	-5	-9

Наступні фази розвитку цукрового буряку також змістяться в бік більш ранніх значень. За базовим варіантом фаза початку росту коренеплоду спостерігалася 10 червня. За даними першого сценарного періоду вона буде спостерігатися 6 червня, що на 4 дні раніше. У другий сценарний період вона очікується 4 червня, тобто раніше на 6 днів.

За базовим варіантом міжряддя у посівах цукрового буряку закриваються 10 липня. Фаза закриття міжрядь наставатиме на 3 дні раніше за базовий термін у перший сценарний період (7 липня) та раніше на 5 днів у другий сценарний період (5 липня). Терміни пожовтіння нижнього листя також суттєво зсунуться відносно базового терміну (26 серпня) і очікуються 19 та 17 серпня відповідно, тобто на 7 та на 9 раніше.

Як вже відзначалося, біологічні особливості цукрового буряку полягають у тому, що він може вегетувати до кінця вересня, а в окремі роки (за умов відсутності сильних дощів або заморозків) – й до кінця жовтня. У цей час активного росту маси коренеплоду вже не спостерігається, але суха, ясна та сонячна погода сприяє накопиченню цукру у коренеплоді [10, 14]. Тому нами було прийнято, що в умовах зміни клімату тривалість вегетаційного періоду цукрового буряку суттєво не зміниться, і згідно з біологічними особливостями культури, буде складати 15 декад, починаючи з дати сходів.

У таблиці 4.4 представлений аналіз агрокліматичних умов міжфазних періодів цукрового буряку – від сходів до початку росту коренеплоду та від початку росту коренеплоду до пожовтіння нижнього листя. Можна сказати, що тривалість періоду від сходів до початку росту коренеплоду за умов зміни клімату практично не зміниться: від 28 днів у базовому варіанті до 30 днів в обох сценарних (на 2 дні довше). Середня температура цього періоду зменшиться: у перший сценарний період це зменшення буде невеликим: на 1,5 ^{o}C (з 15,8^{o}C до 14,3^{o}C), протягом другого сценарного періоду зменшення температури також буде несуттєвим: на 1,4^{o}C (з 15,8 ^{o}C до 14,4^{o}C).

Тривалість другого міжфазного періоду за умов зміни клімату також суттєво не зміниться: від 77 днів у базовий період до 74 днів у обидва сценарні періоди, що на 3 дні коротше. Середня температура цього періоду дещо збільшиться: у перший сценарний період це збільшення буде всього на 0,6 ^{o}C (з 17,1^{o}C до 17,7^{o}C), а протягом другого сценарного періоду збільшення температури буде також несуттєвим: на 0,9^{o}C (з 17,1 ^{o}C до 17,9^{o}C).

Як можна бачити з таблиці 4.4 у Чернігівській області за вегетаційний період цукрового буряку накопичується за базових умов сума активних температур 2645°C, за умов реалізації сценарію А2 у перший сценарний період ця сума зменшиться на 100°C і буде складати 2545°C, а в другий сценарний період вона зменшиться всього на 40°C і складатиме 2605°C.

Таблиця 4.4 - Агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку в Чернігівській області

Період	Період сходи – початок росту коренеплоду			Період початок росту коренеплоду – пожовтіння нижнього листя			Вегетаційний період			Сумарне випаро-вування, мм	Випаро-вува-ність, мм	Волого-забезпе-ченість, %
	трива-лість, дні	середня темпера-тура, °С	сума опадів, мм	трива-лість, дні	середня темпера-тура, °С	сума опадів, мм	сума активних темпера-тур, °С	сума опадів, мм	у % від кліматич-ної норми			
1986 – 2005	28	15,8	58	77	17,1	186	2645	340	100	380	500	76
2011 – 2030	30	14,3	81	74	17,7	239	2544	411	121	422	490	86
Різниця	2	-1,5	40%	0	0,6	28%	-101	71	21%	42	-10	10
2031 – 2050	30	14,4	80	74	17,9	210	2605	400	118	412	495	83
Різниця	2	-1,4	38%	0	0,9	13%	-40	60	18%	32	-5	7

Таким чином, різниця сум температур базового та сценарних періодів буде не досить суттєвою. Тому можна сказати, що за умов реалізації сценарію А2 теплові ресурси вегетаційного періоду цукрового буряку у Чернігівській області практично не зміняться і будуть сприятливими для його вирощування.

Для оцінки вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрового буряку аналізувались такі ж періоди як і для аналізу теплозабезпеченості:

базовий 1986 – 2005 рр. та розрахункові за кліматичним сценарієм 2011 –2030 рр. та 2031 – 2050 рр. При цьому розглядались такі показники: сума опадів по двом міжфазним періодам та за весь вегетаційний період в

абсолютних одиницях та у відсотках від середньобагаторічної кількості (кліматичної норми), сумарне випаровування, випаровуваність та вологозабезпеченість. Результати розрахунків представлені у таблиці 4.4.

У відповідності до кліматичного сценарію А2 у режимі опадів відбудуться деякі зміни. Протягом періодус ходи – початок росту коренеплоду за умов реалізації сценарію А2 кількість опадів суттєво зросте як у перший, так і у другий сценарний періоди. За період сходи-початок росту коренеплоду у перший сценарний період: на 40% (з 58 мм до 81 мм), тобто більш ніж на половину від базової кількості. У другий сценарний період кількість опадів також суттєво збільшиться: на 38% (з 58 мм до 80 мм).

Така ж ситуація спостерігається у другий міжфазний період цукрового буряку (початок росту коренеплоду – пожовтіння нижнього листя). Тут кількість опадів за умов зміни клімату збільшиться, але у перший сценарний період це збільшення буде більш суттєвим, ніж у другий. Збільшення очікується на 28-13% (з 186 мм до 239-210 мм відповідно).

За базовими даними протягом вегетаційного періоду цукрового буряку в Чернігівській області накопичується 340 мм опадів. Кількість опадів за вегетаційний період за сценарними даними першого періоду збільшиться до

410 мм, тобто, на 70 мм або 21%. За сценарними даними другого періоду цей показник збільшиться до 400 мм. Отже збільшення кількості опадів на території Чернігівської області протягом 2031-2050 рр. буде досягати 60 мм або 18% від базового значення.

На території Чернігівської області величина сумарного випаровування складає за базовим варіантом 380 мм. За першим сценарним варіантом вона збільшиться на 42 мм і складатиме 422 мм, а за другим збільшиться на 32 мм і складатиме 412 мм. Можна зробити висновок, що сумарне випаровування зростає завдяки зростанню сум опадів в умовах зміни клімату.

Величина випаровуваності за умов реалізації сценарію практично не зміниться на досліджуваній території. За базовим варіантом величина випаровуваності за вегетаційний період цукрового буряку у Чернігівській області становить 500 мм. У перший сценарний період величина випаровуваності несуттєво зменшиться і буде досягати 490 мм, що на 10 мм менше за базовий період. У другий сценарний період величина випаровуваності майже не зміниться у порівнянні з першим сценарним періодом, вона буде складати 495 мм, що на всього на 5 мм менше за базові значення.

Одним з основних показників, що характеризують умови зволоження вегетаційного періоду будь-якої сільськогосподарської культури, є вологозабезпеченість, тобто відношення величини сумарного випаровування до величини випаровуваності. Величина вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрового буряку за базовими даними складає в Чернігівській області 76%. За умов реалізації сценарію А2, перш за все, завдяки суттєвому збільшенню опадів, в перший кліматичний період вона збільшиться на 10% і складатиме 86%. У другий сценарний період також очікується покращення умов зволоження вегетаційного періоду цукрового буряку. Величина вологозабезпеченості зросте до 83% (на 7% більше), тобто за умов реалізації сценарію А2 умови зволоження вегетаційного періоду

цукрового буряку в Чернігівській області не погіршяться, а до 2050 року навіть покращяться.

4.4 Оцінка за допомогою моделі продуційного процесу рослин фотосинтетичної продуктивності та коливання урожайності цукрового буряку в зв'язку зі зміною клімату

Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку, відбудеться і зміна показників фотосинтетичної діяльності його посівів, що обумовлюють рівень урожайності культури. Згідно теорії фотосинтетичної продуктивності посівів такими показниками являються розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, а також кількісні показники приростів рослинної біомаси.

4.4.1 Оцінка фотосинтетичної продуктивності посівів в Сумській області

Розглянемо динаміку показників фотосинтетичної діяльності протягом вегетації цукрового буряку за базовим та двома кліматичними (сценарними) варіантами на території Сумської області. Результати цих досліджень представлені в табл. 4.5.

На рисунку 4.3 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за двома сценарними періодами в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.).

Можна бачити, що ріст відносної площі листя у базовий період інтенсивно проходить до шостої - сьомої декади вегетації, а у 8 декаду вегетації відносна площа листя досягає свого максимуму, після чого відбувається поступове її зменшення.

В цілому графіки динаміки листової поверхні посіву у другий кліматичний період без врахування підвищення концентрації CO_2 та з

врахуванням цього підвищення практично повторюють аналогічні графіки для базового кліматичного періоду. Дещо інша ситуація спостерігається для першого сценарного варіанту зміни клімату. Відносна площа листя росте до

дев'ятої декади вегетації, тобто період найбільш активної фотосинтетичної діяльності посіву подовжується ще на одну декаду.

Основні показники фотосинтетичної продуктивності посівів за базовими та сценарними умовами суттєво різняться (табл. 4.5).

За рахунок зміни кліматичних умов першого сценарного періоду в Сумській області відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до 5,84 $м^2/м^2$ (проти 5,05 $м^2/м^2$ у базовий період). За умов збільшення CO_2 максимальна відносна площа листя збільшиться до 6,45 $м^2/м^2$. Як видно з даних таблиці 4.7, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту CO_2 у цей період призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 0,79 т 1,40 $м^2/м^2$ (16 та 27%) відповідно.

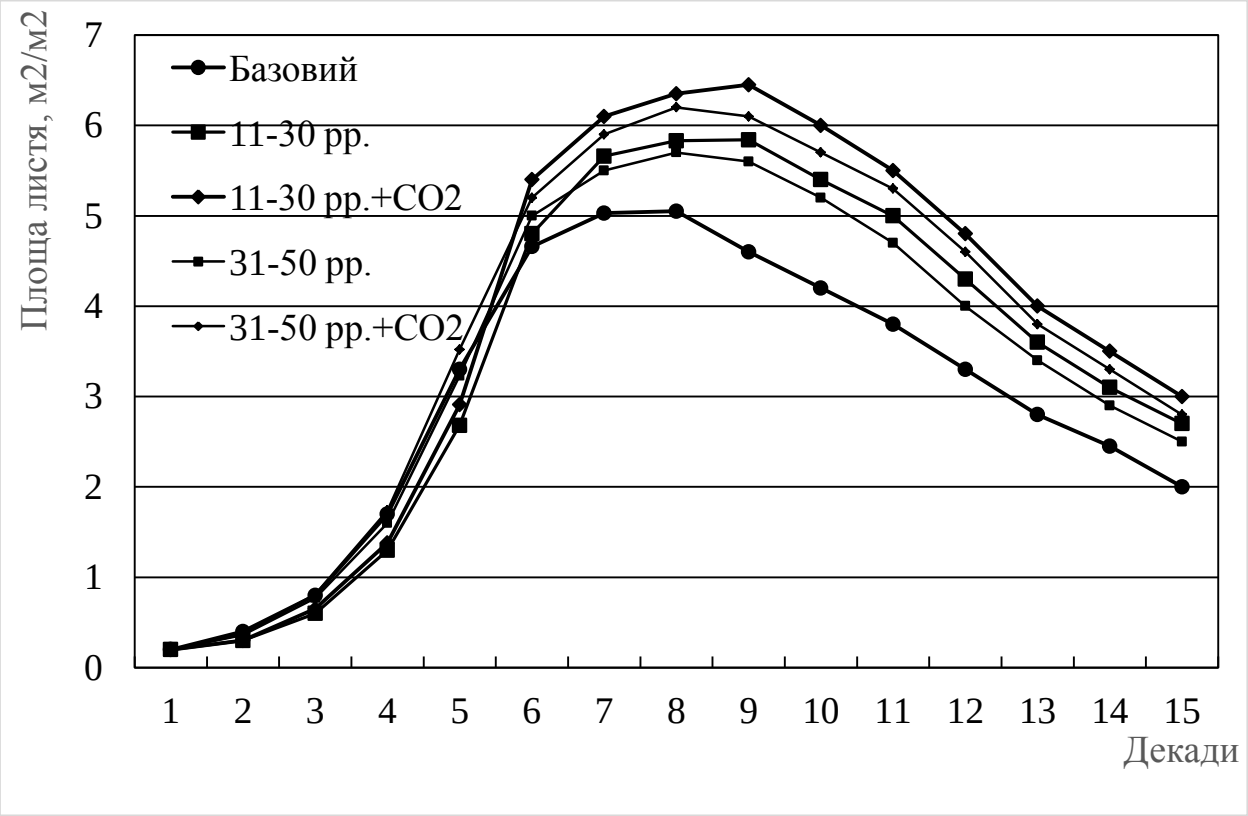

Рисунок 4.3 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку в Сумській області в умовах зміни клімату

Таблиця 4.5 – Показники фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценарієм А2 за 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (Сумська область)

Період	Варіант	Період максимального росту		Фотосинтетичний потенціал посівів, $м^2/м^2$ за вегетаційний період	Урожай, ц/га
		площа листкової поверхні, $м^2/м^2$	приріст загальної сухої біомаси, $г/м^2$ за день		
1986–2005 рр.	Базовий	5,05	67,8	350	338
2011–2030 рр.	Клімат	5,84	82,1	410	390
	Клімат + CO_2	6,45	89,6	450	422
	Різниця*	0,79-1,40	14,3-21,8	60-100	52-84
	Різниця, %	16-27	21-32	17-29	15-25
2031-2050 рр.	Клімат	5,70	79,9	370	381
	Клімат + CO_2	6,20	86,5	405	412
	Різниця *	0,65-1,15	12,1-18,7	20-55	43-74
	Різниця, %	13-23	18-28	6-16	13-22

* перше число - різниця між базовим та кліматичним періодами,

друге число – різниця між базовим та кліматичним періодами з врахуванням зміни CO_2

За рахунок зміни кліматичних умов другого сценарного періоду в Сумській області відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до 5,70 $м^2/м^2$ (проти 5,05 $м^2/м^2$ у базовий період). За умов збільшення CO_2 максимальна відносна площа листя збільшиться до 6,20 $м^2/м^2$. Як видно з даних таблиці 4.5, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту CO_2 у цей період призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 0,65 та 1,15 $м^2/м^2$ (13 та 23%) відповідно.

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період за базових умов складає 350 $м^2/м^2$. Як видно з даних табл. 4.5, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту CO_2 призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву до 410 $м^2/м^2$ (за сценарієм на 2011-2030 рр.) та 450 $м^2/м^2$ (за умови збільшення CO_2). Тобто різниця складає 60 та 100 $м^2/м^2$ (17 та 29%) відповідно.

Зміна кліматичних умов другого сценарного періоду та збільшення вмісту CO_2 призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву за вегетаційний період цукрового буряку до 381 $м^2/м^2$ (за сценарієм на 2031-2050 рр.) та 412 $м^2/м^2$ (за умови збільшення CO_2) Тобто різниця складає 43 та 74 $м^2/м^2$ (13 та 22%) відповідно.

Динаміка площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовлює і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. На рисунку 4.4 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за обома сценарними періодами в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Сумської області.

За базових умов накопичення загальної біомаси до восьмої декади вегетації проходить досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси спостерігаються в 6 – 8 декадах вегетації. За рахунок змін кліматичних умов першого сценарного періоду приріст сухої загальної біомаси у період максимального росту збільшиться з 67,8 до 82,1 $г/м^2$ за день (на 14,3 $г/м^2$). З врахуванням зміни вмісту CO_2 в атмосфері це зростання буде

ще більшим - до 89,6 г/м^2 за день (на 21,8 г/м^2). У відсотках ці величини становлять відповідно 21 та 32%.

За рахунок зміни кліматичних умов першого сценарного періоду відбудеться підвищення сухої маси коренеплоду до 2250 г/м^2 (проти 1726 г/м^2 у базовий період). За умов збільшення CO_2 суха маса коренеплоду збільшиться до 2446 г/м^2.

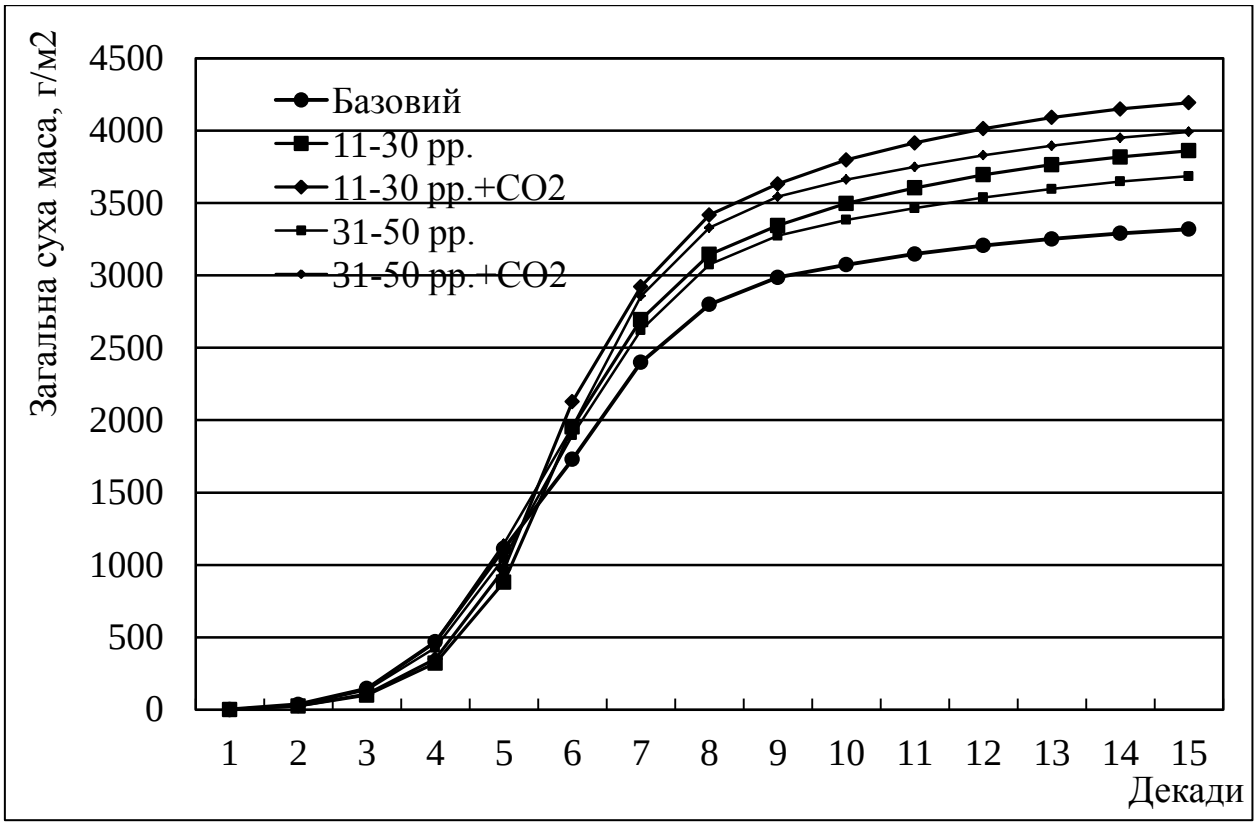

Рисунок 4.4 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку в Сумській області в умовах зміни клімату

На рисунку 4.4 представлена також динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за сценарієм А2 за період 2031-2050 рр. За рахунок змін кліматичних умов другого сценарного періоду максимальний приріст збільшиться з 67,8 до 79,9 г/м^2 за день (на 12,1 г/м^2). З врахуванням зміни вмісту CO_2 в атмосфері це зростання буде ще більшим -

до 86,5 г/м^2 за день (на 18,7 г/м^2). У відсотках ці величини становлять відповідно 18 та 28%.

Зростання рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в умовах Сумської області в умовах зміни клімату за рахунок підвищення рівня інтенсивності фотосинтезу та більшої величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і збільшення сухої маси коренеплоду, а також кінцевого урожаю коренеплодів при стандартній вологості (рис. 4.5, табл. 4.5).

Можна бачити, що приріст маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 6-10 декад вегетації, наприкінці вегетаційного періоду темп росту дещо зменшується, у коренеплоді активно накопичується цукор. Така ж ситуація спостерігається для всіх варіантів.

За рахунок зміни кліматичних умов першого сценарного періоду відбудеться підвищення сухої маси коренеплоду до 2365 г/м^2 (проти 2047 г/м^2 у базовий період). За умов збільшення CO_2 суха маса коренеплоду збільшиться до 2560 г/м^2.

За умов зміни клімату в 2011-2030 рр. урожай коренеплодів у Сумській області зросте порівняно з базовим періодом з 338 до 390 ц/га (на 52 ц/га). Підвищення концентрації CO_2 в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 422 ц/га (на 84 ц/га). У відсотках ці величини становлять відповідно 15 та 25%.

На рисунку 4.5 представлена також динаміка накопичення сухої маси коренеплоду в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031-2050 рр. для умов Сумської області. За рахунок зміни кліматичних умов у цьому випадку відбудеться підвищення сухої маси коренеплоду до 2310 г/м^2 (проти 2047 г/м^2 у базовий період). За умов збільшення CO_2 суха маса коренеплоду збільшиться до 2495 г/м^2.

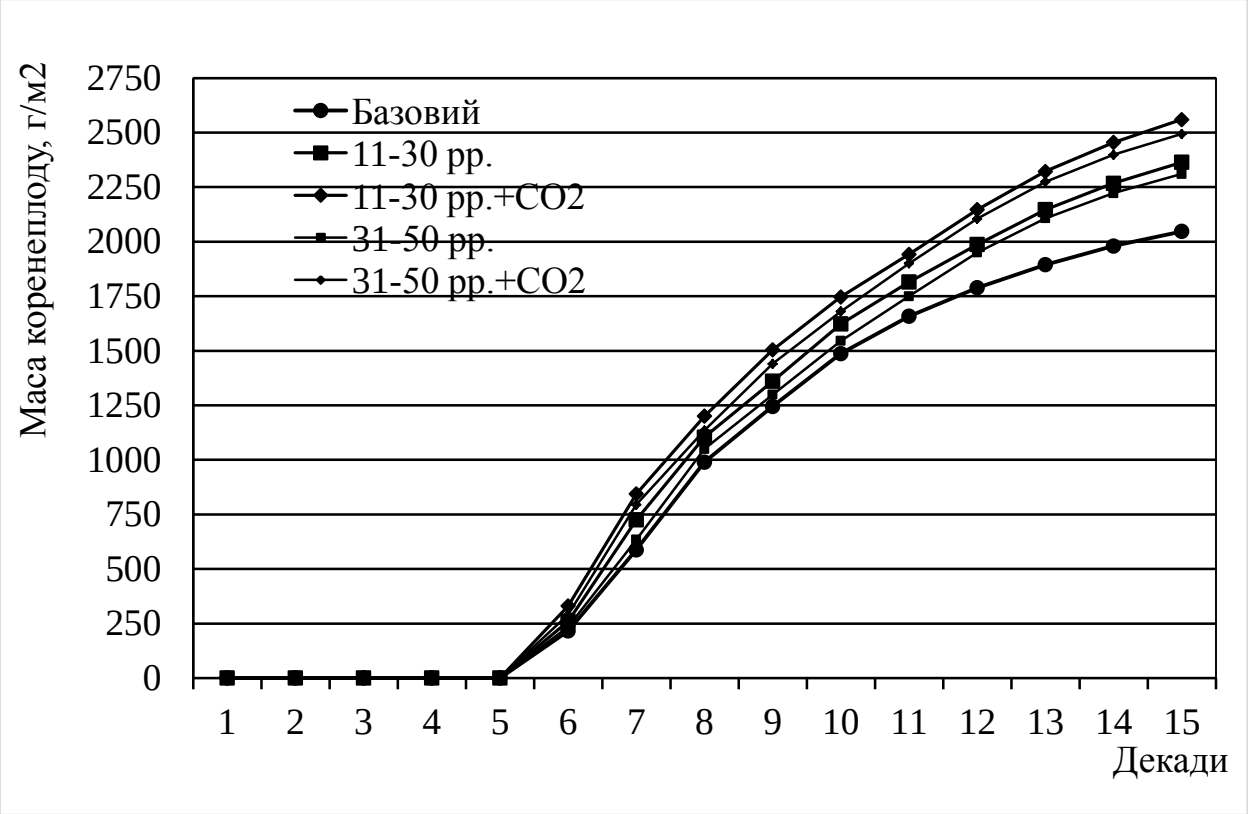

Рисунок 4.5 - Динаміка накопичення сухої маси коренеплоду цукрового буряку в Сумській області в умовах зміни клімату

За умов зміни клімату у період 2031-2050 рр. урожай коренеплодів у Сумській області зросте порівняно з базовим періодом з 338 до 381 ц/га (на 43 ц/га). Підвищення концентрації CO_2 в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 412 ц/га (на 74 ц/га). У відсотках ці величини становлять відповідно 13 та 22%.

У цілому можна зробити висновок, що для території Сумської області очікувані за сценарієм А2 зміни клімату будуть позитивно впливати на продуктивність цукрового буряку. Але зміна умов протягом першого сценарного періоду буде більш сприятливою для формування урожайності посівів, ніж другого.

4.4.2 Оцінка фотосинтетичної продуктивності посівів в Чернігівській області

Розглянемо динаміку показників фотосинтетичної діяльності протягом вегетації цукрового буряку за базовим та двома кліматичними (сценарними) варіантами на території Чернігівського Полісся (Чернігівської області). Результати цих досліджень представлені в табл. 4.6.

На рисунку 4.6 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за двома сценарними періодами в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.).

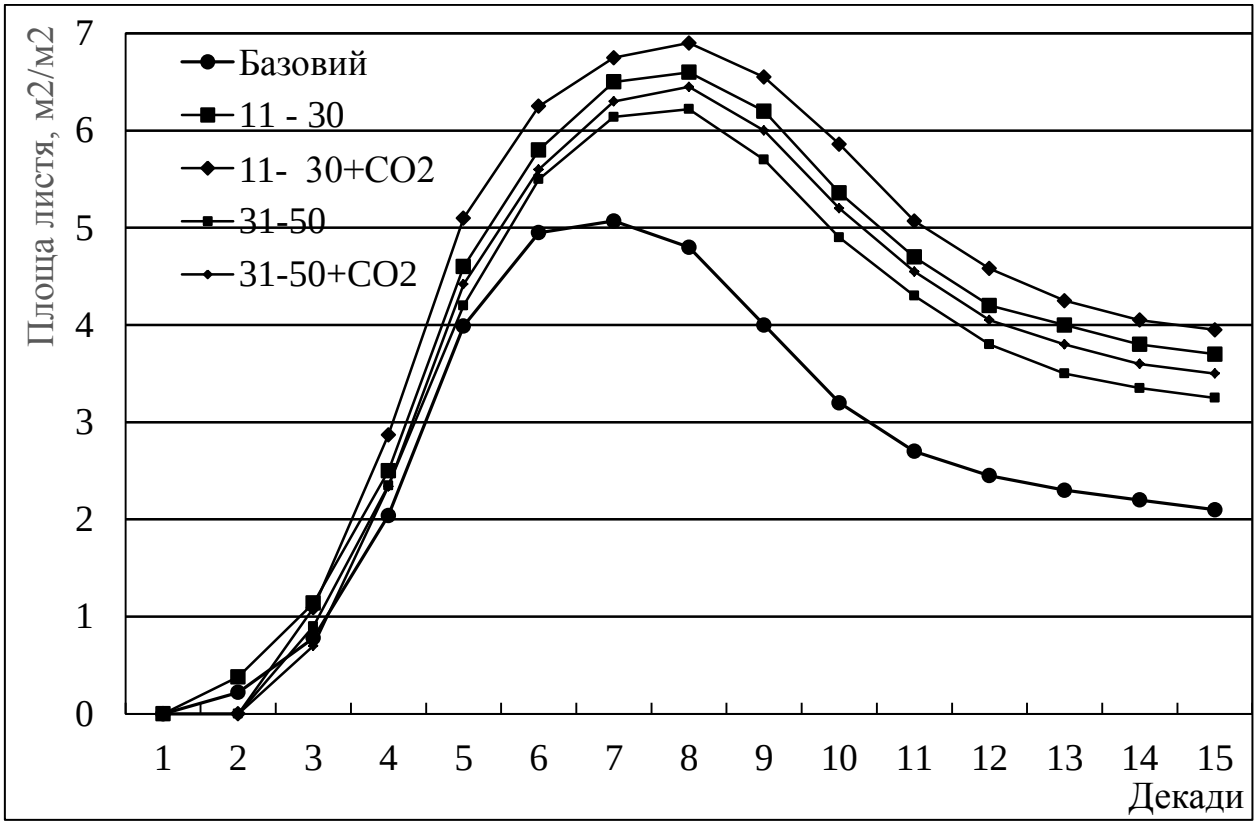

Рисунок 4.6 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку в Чернігівській області в умовах зміни клімату

Таблиця 4.6 – Показники фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценарієм А2 за 2011-2030 рр. та 2031-2050 рр. у порівнянні з базовим періодом (Чернігівська область)

Період	Варіант	Період максимального росту		Фотосинтетичний потенціал посівів, $м^2/м^2$ за вегетаційний період	Урожай, ц/га
		площа листкової поверхні, $м^2/м^2$	приріст загальної сухої біомаси, $г/м^2$ за день		
1986–2005 рр.	Базовий	5,07	75,3	408	377
2011–2030 рр.	Клімат	6,60	95,1	594	505
	Клімат + CO_2	6,90	98,2	633	546
	Різниця*	1,53-1,83	19,8-22,9	186-225	128-169
	Різниця, %	30-36	26-30	46-55	34-45
2031-2050 рр.	Клімат	6,22	87,0	549	418
	Клімат + CO_2	6,45	89,5	560	451
	Різниця *	1,15-1,38	11,7-14,2	141-152	41-74
	Різниця, %	23-27	16-19	35-37	11-20

* перше число - різниця між базовим та кліматичним періодами, друге число – різниця між базовим та кліматичним періодами з врахуванням зміни CO_2

Можна бачити, що ріст відносної площі листя у базовий період інтенсивно проходить до п'ятої-шостої декади вегетації, а у 7 декаду вегетації відносна площа листя досягає свого максимуму, після чого відбувається поступове її зменшення.

В цілому графіки динаміки листової поверхні посіву за умов зміни клімату практично повторюють аналогічні графіки для базового періоду. Але для обох сценарних варіантів відносна площа листя росте до восьмої декади вегетації, тобто період найбільш активної фотосинтетичної діяльності посіву подовжується ще на одну декаду.

Основні показники фотосинтетичної продуктивності посівів за базовими та сценарними умовами суттєво різняться (табл. 4.6).

За рахунок зміни кліматичних умов першого сценарного періоду в Чернігівській області відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до 6,60 $м^2/м^2$ (проти 5,07 $м^2/м^2$ у базовий період). За умов збільшення CO_2 максимальна відносна площа листя збільшиться до 6,90 $м^2/м^2$. Як видно з даних таблиці 4.6, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту CO_2 у цей період призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 1,53 та 1,83 $м^2/м^2$ (30 та 36%) відповідно.

За рахунок зміни кліматичних умов другого сценарного періоду в Чернігівській області відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до 6,22 $м^2/м^2$ (проти 5,07 $м^2/м^2$ у базовий період). За умов збільшення CO_2 максимальна відносна площа листя збільшиться до 6,45 $м^2/м^2$. Як видно з даних таблиці 4.6, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту CO_2 у цей період призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями до 6,45 $м^2/м^2$ - на 1,15 та 1,38 $м^2/м^2$ (чи на 23 та 27%) відповідно.

Фотосинтетичний потенціал посівів за вегетаційний період за базових умов складає 408 $м^2/м^2$. Як видно з даних табл. 4.6, зміна кліматичних умов та збільшення вмісту CO_2 призведе до підвищення фотосинтетичного

потенціалу посіву до 594 $м^2/м^2$ (за сценарієм на 2011-2030 рр.) та 633 $м^2/м^2$ (за умови збільшення CO_2). Тобто різниця складає 186 та 225 $м^2/м^2$ (46 та 55%) відповідно.

Зміна кліматичних умов другого сценарного періоду та збільшення вмісту CO_2 призведе до підвищення фотосинтетичного потенціалу посіву за вегетаційний період цукрового буряку до 549 $м^2/м^2$ (за сценарієм на 2031-2050 рр.) та 560 $м^2/м^2$ (за умови збільшення CO_2) Тобто різниця складає 141 та 152 $м^2/м^2$ (35 та 37%) відповідно.

Динаміка площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовлює і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. На рисунку 4.7 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату в порівнянні з базовим періодом (1986-2005 рр.) для умов Чернігівської області.

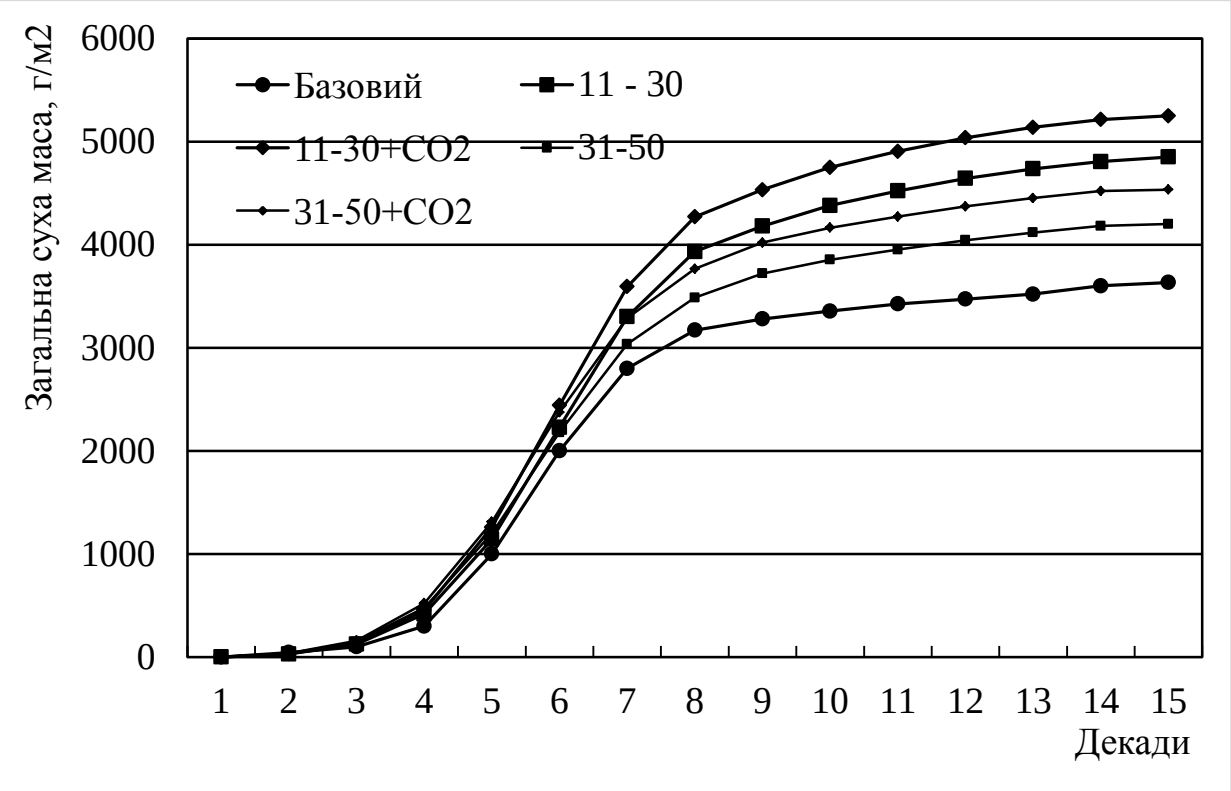

Рисунок 4.7 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку в Чрнігівській області в умовах зміни клімату

За базових умов накопичення загальної біомаси до восьмої декади вегетації проходить досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси спостерігаються в 6 – 8 декадах вегетації. За рахунок змін кліматичних умов першого сценарного періоду приріст сухої загальної біомаси у період максимального росту збільшиться з 75,3 до 95,1 г/м^2 за день (на 19,8 г/м^2). З врахуванням зміни вмісту CO_2 в атмосфері це зростання буде ще більшим - до 98,2 г/м^2 за день (на 22,9 г/м^2). У відсотках ці величини становлять відповідно 26 та 30%.

За рахунок зміни кліматичних умов першого сценарного періоду відбудеться підвищення загальної сухої маси посіву до 4850 г/м^2 (проти 3630 г/м^2 у базовий період). За умов збільшення CO_2 загальна суха маса посіву збільшиться до 5250 г/м^2.

На рисунку 4.7 представлена також динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за сценарієм А2 за період 2031-2050 рр. За рахунок змін кліматичних умов другого сценарного періоду максимальний приріст збільшиться з 75,3 до 87,0 г/м^2 за день (на 11,7 г/м^2). З врахуванням зміни вмісту CO_2 в атмосфері це зростання буде ще більшим - до 89,5 г/м^2 за день (на 14,2 г/м^2). У відсотках ці величини становлять відповідно 16 та 19%.

За рахунок зміни кліматичних умов другого сценарного періоду відбудеться підвищення загальної сухої маси посіву до 4200 г/м^2 (проти 3630 г/м^2 у базовий період). За умов збільшення CO_2 загальна суха маса посіву збільшиться до 4530 г/м^2.

Зростання рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в умовах Чернігівської області в умовах зміни клімату за рахунок підвищення рівня інтенсивності фотосинтезу та більшої величини фотосинтетичного потенціалу посівів обумовить і збільшення сухої маси коренеплоду, а також кінцевого урожаю коренеплодів при стандартній вологості (рис. 4.8, табл. 4.6).

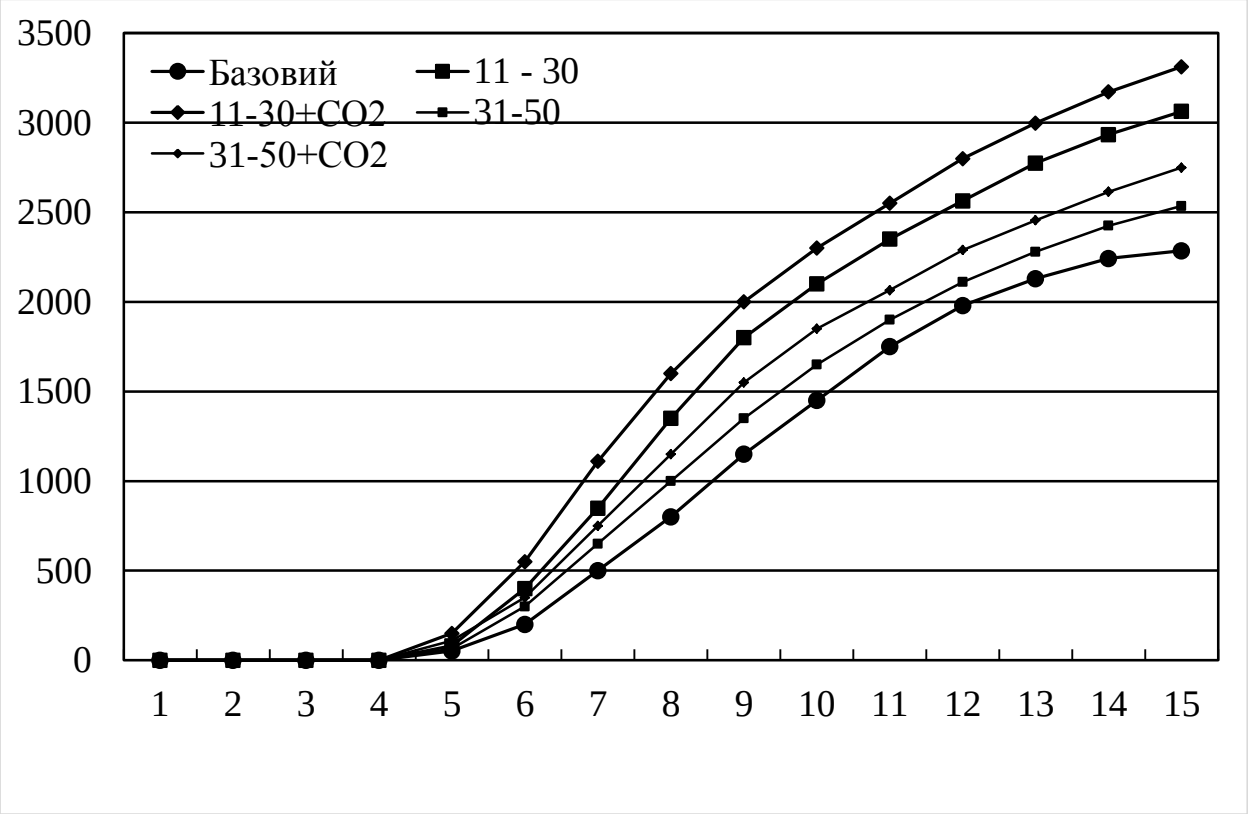

Рисунок 4.8 - Динаміка накопичення сухої маси коренеплоду цукрового буряку в Чернігівській області в умовах зміни клімату

Можна бачити, що приріст маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 6-11 декад вегетації, наприкінці вегетаційного періоду темп росту дещо зменшується, у коренеплоді активно накопичується цукор. Така ж ситуація спостерігається для всіх варіантів.

За рахунок зміни кліматичних умов першого сценарного періоду відбудеться підвищення сухої маси коренеплоду до 3063 г/м^2 (проти 2285 г/м^2 у базовий період). За умов збільшення CO_2 суха маса коренеплоду збільшиться до 3312 г/м^2.

За умов зміни клімату в 2011-2030 рр. урожай коренеплодів у Чернігівській області зросте порівняно з базовим періодом з 377 до 505 ц/га (на 128 ц/га). Підвищення концентрації CO_2 в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 546 ц/га (на 169 ц/га). У відсотках ці величини становлять відповідно 34 та 45%.

На рисунку 4.8 представлена також динаміка накопичення сухої маси коренеплоду в умовах зміни клімату за сценарієм на 2031-2050 рр. для умов Чернігівської області. За рахунок зміни кліматичних умов у цьому випадку відбудеться підвищення сухої маси коренеплоду до 2535 г/м^2 (проти 2285 г/м^2 у базовий період). За умов збільшення CO_2 суха маса коренеплоду збільшиться до 2750 г/м^2.

За умов зміни клімату у період 2031-2050 рр. урожай коренеплодів у Чернігівській області зросте порівняно з базовим періодом з 377 до 418 ц/га (на 41 ц/га). Підвищення концентрації CO_2 в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 451 ц/га (на 74 ц/га). У відсотках ці величини становлять відповідно 11 та 20%.

У цілому можна зробити висновок, що для території Чернігівської області, що представляє основну частину Чернігівського Полісся, очікувані за сценарієм А2 зміни клімату будуть також позитивно впливати на продуктивність цукрового буряку. Але зміна умов протягом першого сценарного періоду буде більш сприятливою для формування урожайності посівів, ніж другого.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Протягом останніх років на досліджуваній території українського Полісся (Сумська та Чернігівська області) спостерігається суттєве збільшення урожайності цукрових буряків. Середня за 1995-2016 р. урожайність склала відповідно 260 та 295 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, додатна і складає відповідно 17 та 15 ц/га.

Однак, залежність урожаю цукрового буряку від кліматичних умов є значною, хоча протягом досліджуваних років відбувався вельми суттєвий ріст культури землеробства на досліджуваній території.

Аналіз відхилень врожайності від тренду показав, що найбільш несприятливим для вирощування цукрового буряку був 2010 р., саме у цьому році спостерігалися найбільші від'ємні відхилення від лінії тренду – 98 ц/га в Сумській та -61 ц/га в Чернігівській області.

У роки ж зі сприятливими погодними умовами вдавалося отримати збільшення врожаю за їх рахунок і відхилення від лінії тренду мали додатні значення. Найбільш сприятливим для вирощування цукрового буряку був у Сумській області 2009 р., а у Чернігівській 2012 р., коли додатні відхилення від лінії тренду склали 76 та 66 ц/га відповідно.

Ймовірністна оцінка часових урожаїв цукрового буряку за допомогою формули Алексеєва показала, що у Сумській області урожаї цукрового буряку порядку 450 ц/га отримують з ймовірністю 5 % (тобто раз в двадцять років), а у Чернігівській області урожаї цукрового буряку порядку 490 ц/га також отримують з ймовірністю 5 %., а щорічно тут забезпечені урожаї лише не вище 120-150 ц/га.

2. У зв'язку з цим, що факт глобального потепління не викликає сумнівів, все активніше розвиваються методи прогнозування глобальних змін клімату та їх можливих наслідків, серед яких на передній план виступають

математичні методи моделювання атмосферних процесів. Тенденції зміни агрокліматичних ресурсів та агрокліматичних умов формування продуктивності цукрового буряку розглядались з використанням сценарію зміни клімату в Україні А2, регіональна кліматична модель MPI-M-REMO - як найбільш ймовірні на період до 2050 року.

3. Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів в магістерському дослідженні була використана розроблена професором А.М. Польовим модель продуційного процесу сільськогосподарських культур. Всі розрахунки було виконано шляхом порівняння середніх багаторічних характеристик метеорологічних та агрометеорологічних показників за три періоди: перший – з 1986 по 2005 рік (базовий період), і два сценарних: 2011- 2030 рр. та 2031-2050 рр. Також враховувалось збільшення CO_2 в атмосфері.

4. Аналіз основних агрокліматичних характеристик температурного режиму та умов зволоження вегетаційного періоду цукрового буряку (дат настання фенологічних фаз; сум активних температур повітря за міжфазні періоди та за весь період вегетації; сум опадів, випаровування, випаровуваності та вологозабезпеченості) свідчить про те, що за умов реалізації сценарію зміни клімату А2 температурний режим вегетаційного періоду цукрового буряку на дослідженій території практично не зміниться.

Величина вологозабезпеченості вегетаційного періоду за базовими даними складає в Сумській області 72%. За умов реалізації сценарію А2 вона збільшиться на 8-10%. Тобто умови зволоження вегетаційного періоду суттєво покращяться.

Аналогічна ситуація спостерігається ї на території Чернігівського Полісся. Величина вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрового буряку за базовими даними складає в Чернігівській області 76%. За умов реалізації сценарію А2 очікується покращення умов зволоження вегетаційного періоду цукрового буряку. Величина вологозабезпеченості

зросте до 83-86%, тобто за умов реалізації сценарію А2 умови зволоження вегетаційного періоду цукрового буряку покращяться.

5. Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку, відбудеться і зміна показників фотосинтетичної діяльності його посівів, що обумовлюють рівень урожайності культури.

Був проведений також аналіз таких показників, як розміри фотосинтезуючої площі, фотосинтетичний потенціал посівів, а також кількісні показники приростів рослинної біомаси

За умов зміни клімату в 2011-2030 рр. урожай коренеплодів у Сумській області зросте порівняно з базовим періодом з 338 до 390 ц/га (на 52 ц/га). Підвищення концентрації CO_2 в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 422 ц/га (на 84 ц/га). У відсотках ці величини становлять відповідно 15 та 25%.

За умов зміни клімату у період 2031-2050 рр. урожай коренеплодів у Сумській області зросте порівняно з базовим періодом з 338 до 381 ц/га (на 43 ц/га). Підвищення концентрації CO_2 в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 412 ц/га (на 74 ц/га). У відсотках ці величини становлять відповідно 13 та 22%.

За умов зміни клімату в 2011-2030 рр. урожай коренеплодів у Чернігівській області зросте порівняно з базовим періодом з 377 до 505 ц/га (на 128 ц/га). Підвищення концентрації CO2 в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 546 ц/га (на 169 ц/га). У відсотках ці величини становлять відповідно 34 та 45%.

За умов зміни клімату у період 2031-2050 рр. урожай коренеплодів у Чернігівській області зросте порівняно з базовим періодом з 377 до 418 ц/га (на 41 ц/га). Підвищення концентрації CO2 в атмосфері обумовить відповідне зростання рівня урожаю цукрового буряку до 451 ц/га (на 74 ц/га). У відсотках ці величини становлять відповідно 11 та 20%.

У цілому можна зробити висновок, що для досліджуваної території очікувані за сценарієм А2 зміни клімату будуть сприятливими для

вирощування цукрового буряку, внаслідок чого урожайність може досить суттєво збільшитися.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Степаненко С.М., Польовий А.М. та ін. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: [монографія] / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. – Одеса: Екологія, 2011. - 696 с.

2. Матвийчук С.П., Шостак А.В. Особенности технологии выращивания сахарной свеклы в зоне Полесья Украины / Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. – Вып. 4-1. – 2010. - С. 194-198.

3. Заставний Ф.Д. Географія України. - Львів.: Світоч, 1994. – 327 с.

4. Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіди, А.Л. Прокопенка - Кам'янець-Подільский: ПП Галагодза Р.С., 2011. – 108 с.

5. Географічна енциклопедія України: В 3-х т./ Редкол.: О.М. Маринич (відповід. редактор) та інш. - К. : "Українська Радянська енциклопедія" ім. М.П. Бажана, 1989. - Т.3: П-Я. - 480 с.: іл.

6. О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко Рослинництво: Підручник. - К.: Аграрна освіта, 2001. - 591 с.

7. Якушкин И.В. Сахарная свекла – М.: Сельхозгиз, 1953. – 325 с.

8. Биология и селекция сахарной свеклы. : [монография] / под ред. И.Ф. Бузанова, Н.И. Орловского, Н.А. Неговского, А.С. Оканенко, П.П. Маракулина. - Москва : Колос, 1968. - 775 с.

9. Гоменюк В.О. Буряківництво. – Вінниця: Континент, 1999.– 230 с.

10. Цукрові буряки (вирощування, збирання, зберігання) Під. заг. ред. Д. Шпаара. - К: ННЦ І АЕ, 2005. - 340 с.

11. Глеваский І. В. Буряківництво. – К.: Вища шк., 1991. - 305 с.

12. Кружилин А.С., Шведская З.М. Биология двулетних растений. М.: Наука, 1966. – 327 с.

13. Растениеводство: учебное пособие / Ф.М. Стрижова, Л.Е. Царева, Ю.Н. Титов. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2008. 219 с.

14. Конторщикова О.М. Методическое пособие по оценке агрометеорологических условий роста сахарной свеклы в Нечерноземной зоне Европейской территории СССР. – М.: Гидрометеоиздат, 165. – 13 с.

15. Борисюк В.А., Волянский А.В. Сахарная свекла. / В кн.: Программирование урожаев – в основу прогрессивных технологий. – Киев: Урожай, 1984. – С. 63-96.

16. Коровин А.И. Растения и экстремальные температуры. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 271 с.

17. Ушкаренко В.О. Зрошуване землеробство: електронний підручник.- Херсон, 2003. Режим доступу: Бібліотека BukLib.net buklib.net›books/34334/

18. Улучшение технологических качеств сахарной свеклы / [Зубенко В.Ф., Маковецкий К.А., Устименко-Бакумовский А.В. и др.]; под ред. В.Ф. Зубенко. – К. : Урожай, 1989. – 208 с.

19. Орловский Н.И., Оканенко А.С. Водный режим сахарной свеклы. - В кн.: Физиология сельскохозяйственных растений, т. 7. – Изд-во МГУ, 1968, С. 276-299.

20. Каюмов М.К. Справочник по программированию урожаев. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 187 с.

21. Обухов В.М. Урожайность и метеорологические факторы. – М.: Госпланиздат, 1949. – 318 с.

22. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. - 175 с.

23. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 319 с.

24. Електронний ресурс Головного управління статистики у Сумській області. Режим доступу: http:// www. sumy.ukrstat.gov.ua

25. Електронний ресурс Головного управління статистики у Чернігівській області. Режим доступу: http:// www. chernigivstat.gov.ua

26. Алексеев Г.А. Объективные методы выравнивания и нормализации корреляционных связей. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 362 с.
27. Climate Change 2013: The Physical Science Basis / T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor [et al.] // Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge University Press, 2013. – 1535 p.
28. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України./За ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. – Одеса.Вид. «ТЕС», 2015. – 520 с.
29. Антропогенные изменения климата // Под ред. М.И. Будыко. Ю.А. Израэля. –Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 405 с.
30. Волощук В.М., Скрипник М.П. Глобальний парниковий ефект і кліматичні умови України. //Вісник АН України. - 1993. - №3. – С. 38-44.
31. Гребенюк Н., Корж Т., Яценко А. Нове про зміну глобального та регіонального клімату в Україні на початку XXI ст. //Водне господарство України. – 2002 – № 5-6. – С. 56-62.
32. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Шедеменко І.П., Дюкель Г.О., Гнатюк Н.В. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океанів у прогнозуванні змін регіонального клімату України в XXI ст. // Геофизический журнал. – 2011.– № 6. – Т. 33. – С. 68-81.
33. Climate Change 2007: The Physical Science Basis /S. Solomon et al. (eds.) Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. – Cambridge University Press, 2007. – 996 p.
34. N. Nakićenović et al. (eds.), 2000: Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, US – 599 pp.
35. Вольвач О.В. Агроекологічна оцінка забруднення урожаїв цукрового буряку важкими металами (на прикладі цинку) в Одеській області. // Вестник

Гидрометцентра Черного и Азовского морей. Одесса. – 2008, № 3(7), С. 43 - 51.

36. Костюкевич Т. К. Формирование урожая сахарной свеклы в годы с различными агрометеорологическими условиями. – Украинский гидрометеорологический журнал. - 2010. - № 7. – С. 132–138.

37. Польовий А.М. Моделювання продуктивності агроекосистем. //Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2005. – Вип. 1. – С. 79-86.

38. Полевой А.Н. Моделирование фотосинтеза зеленого листа у растений типа С3 и С4 при изменении концентрации СО2 в атмосфере. – //В сб.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – М.:ИГКЭ. – 2010. – Том XXIII – С. 297-315.