МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут
Кафедра агрометеорології та агроекології

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: **Перспективи біоенергетичного використання цукрового буряку в центральному Лісостепу за умов змін клімату**

Виконав студент 2 курсу групи МЗА-19
Спеціальність 103 «Науки про Землю»
(шифр і назва)
Освітня програма «Агрометеорологія»
(назва)
Мельник Максим Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

Керівник к.геогр.н., доцент
Вольвач Оксана Василівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

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

Рецензент к.геогр.н., доцент
Волошина Олена Вікторівна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Одеса 2020 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Гідрометеорологічний інститут_____
Кафедра _агрометеорології та агроекології_____
Рівень вищої освіти _____магістр_____
Спеціальність _____103 «Науки про Землю»_____
(шифр і назва)
Освітня програма _____Агрометеорологія _____
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
агрометеорології та агроекології
_____Польовий А.М.
« 26 » жовтня__ 2020 року

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

_____Мельнику Максиму Васильовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: ___Перспективи біоенергетичного використання цукрового буряку в центральному Лісостепу за умов змін клімату_____
керівник роботи _Вольвач Оксана Василівна, к.геогр.н., доцент,_____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від « 16 » жовтня 2020 року № 194 «С»
2. Строк подання студентом роботи __07 грудня 2020 року_____
3. Вихідні дані до роботи: 1. Матеріали середньобагаторічних агрометеорологічних, метеорологічних та фенологічних спостережень за цукровим буряком мережі агрометстанцій Полтавської області за період 1986-2005 рр. Дані про щорічну середньообласну урожайність цукрового буряку по Полтавській області за період 1995-2019 рр. Метеорологічні дані за сценаріями A1B та RCP4.5 зміни клімату за період 2021-2050 рр._____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Провести аналіз динаміки урожайності цукрового буряку за допомогою методу гармонійних зважувань. Проаналізувати кліматичну складову урожаїв. Провести ймовірнісний аналіз урожайності. Оцінити зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку у Полтавській області у зв'язку зі зміною клімату; визначити вплив змін клімату на фотосинтетичну продуктивність та урожайність цукрового буряку за умов реалізації сценаріїв A1B та RCP4.5. Кількісно оцінити можливості отримання біопалива з продуктів переробки цукрового буряку (біоетанолу, біогазу) за умов реалізації сценаріїв A1B та RCP4.5 змін клімату._____
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графіки накопичення площі листя посіву, фотосинтетичного потенціалу, загальної сухої біомаси та сухої маси коренеплоду цукрового буряку за базових та сценарних умов. Графік динаміки урожайності та лінія тренду, графік відхилень урожайності від лінії тренду; ймовірнісна крива урожайності цукрового буряку.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 26 жовтня 2020 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 магістерської роботи. Оформлення текстової частини першого та другого розділів магістерської роботи.	26.10.2020 р. - 05.11.2020 р.	90	*5 (відмінно)*
2	Проведення аналізу динаміки урожайності цукрового буряку за методом гармонійних зважувань. Проведення ймовірнісного аналізу урожайності. Написання третього розділу кваліфікаційної роботи.	06.11.2020 р. - 10.11.2019 р.	90	*5 (відмінно)*
3	Розрахунок показників агрокліматичних умов міжфазних періодів та вегетаційного періоду у цілому за базовим та сценарними варіантами	11.11.2020 р. - 15.11.2019 р.	90	*5 (відмінно)*
	Рубіжна атестація	***16.11.2020 р. 21.11.2020 р.***	90	*5 (відмінно)*
4	Розрахунки показників фотосинтетичної продуктивності посівів та урожаїв цукрового буряку за базовими та сценарними даними. Визначення кількості біопалива, яке можна отримати з продуктів переробки цукрового буряку у базових та сценарних умовах.	22.11.2020 р. - 29.11.2020 р.	90	*5 (відмінно)*
5	Узагальнення отриманих результатів. Оформлення остаточної електронної версії роботи та передача її на процедуру встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та складення протоколу і висновку керівника.	30.11.2020 р. - 07.12.2020 р.	90	*5 (відмінно)*
	Підготовка презентаційного матеріалу до публічного захисту.			
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		**90,0**	

Студент _____ Мельник М.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Вольвач О.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Мельник М.В. Перспективи біоенергетичного використання цукрового буряку в центральному Лісостепу за умов змін клімату.

Актуальність обраної теми зумовлена тим, що в умовах загострення проблеми забезпечення нашої держави енергоносіями доречно використовувати продукти переробки цукрового буряку для виробництва альтернативного пального. Вихід біогазу і біоетанолу визначається величиною урожаю цукрового буряку. Урожаї будь-якої культури залежать від агрокліматичних умов вирощування. Особливого значення набуває вивчення цих умов у зв'язку зі змінами клімату.

Метою даного дослідження є оцінка впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування, урожайність цукрового буряку та вихід біопалива на прикладі Полтавської області.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні *завдання*:

- розрахувати основні агрокліматичні показники вегетаційного періоду цукрового буряку в Полтавській області за базовими умовами та врахуванням змін клімату за період 2021-2050;
- визначити вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність, урожайність цукрового буряку та вихід біопалива за умов реалізації сценаріїв зміни клімату A1B і RCP4.5.

Об'єкт дослідження - посіви цукрових буряків в Полтавській області.

Предмет дослідження - вплив можливих змін клімату на агрокліматичні умови вирощування і продуктивність цукрових буряків в Полтавській області.

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

Вперше: встановлені закономірності впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку та урожайність культури в Полтавській області, а також визначені можливі обсяги біопалива, отриманого при переробці цукрового буряку.

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

Робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, переліку посилань. Повний обсяг роботи становить 60 сторінок, 10 рисунків, 7 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 39 найменувань.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: цукровий буряк, динаміка урожайності, модель продуктивності, зміна клімату, агрокліматичні умови, урожай коренеплодів, біопаливо.

SUMMARY

Melnik M.V. Prospects for bioenergy use of sugar beet in the central forest-steppe under climate change.

The relevance of the chosen topic is due to the fact that in the face of exacerbation of the problem of providing our country with energy, it is appropriate to use sugar beet processing products for the production of alternative fuels. The yield of biogas and bioethanol is determined by the yield of sugar beet. Yields of any crop depend on agro-climatic growing conditions. Particular importance is the study of these conditions in connection with climate change.

The purpose of this study is to assess the impact of climate change on agro-climatic growing conditions, sugar beet yield and biofuel yield on the example of Poltava region.

To achieve this goal it is necessary to solve the following tasks:

- to calculate the main agroclimatic indicators of the vegetation period of sugar beet in Poltava region according to the basic conditions and taking into account climate change for the period 2021-2050;
- to determine the impact of possible climate change on photosynthetic productivity, sugar beet yield and biofuel yield under the conditions of implementation of climate change scenarios A1B and RCP4.5.

The object of research is sugar beet crops in Poltava region.

The subject of the research is the influence of possible climate changes on agro-climatic conditions of cultivation and productivity of sugar beets in Poltava region.

Research methods - a method of mathematical modeling of the production process of plants, statistical and probabilistic methods.

For the first time: regularities of climate change influence on agro-climatic conditions of sugar beet cultivation and crop yield in Poltava region are established, as well as possible volumes of biofuel obtained during sugar beet processing are determined.

The obtained results can be used in performing a comprehensive assessment of agro-climatic resources in relation to the cultivation of sugar beet and optimizing the location of its sown areas under climate change.

The work consists of an introduction, 5 sections, conclusions, a list of references. The total volume of work is 60 pages, 10 figures, 7 tables. The list of used literature sources contains 39 titles.

KEY WORDS: sugar beet, yield dynamics, productivity model, climate change, agroclimatic conditions, root crop, biofuel.

ЗМІСТ

ВСТУП……. 6
1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ…… 10
1.1 Фізико-географічний опис Полтавської області ……. 10
1.2 Агрокліматична характеристика Полтавської області……. 11
2 БІОЛОГІЯ ТА АГРОТЕХНІКА ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ …….. 14
2.1 Біологічні особливості цукрового буряку…….. 14
2.2 Вимоги буряку до екологічних факторів …….. 16
2.3 Технологія вирощування цукрового буряку…….. 19
3 АНАЛІЗ ЧАСОВОЇ МІНЛИВОСТІ УРОЖАЇВ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ НА ТЕРИТОРІЇ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ…… 23
3.1 Сучасні методи оцінки часової мінливості урожайності сільськогосподарських культур…… 23
3.2 Динаміка урожайності цукрового буряку в Полтавській області…… 24
3.3 Дослідження кліматичної складової урожайності цукрового буряку.. 27
3.4 Ймовірнісна оцінка урожаїв цукрового буряку……. 29
4 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ ТА ЙОГО ПРОДУКТИВНІСТЬ В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ……. 33
4.1 Базова модель оцінки умов формування врожаю цукрового буряку…… 33
4.1.1 Підблоки фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси……. 35
4.1.2 Підблок динаміки біомаси органів рослини…… 37
4.1.3 Підблок радіаційного та водно-теплового режимів посівів……... 38
4.2 Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку у зв’язку зі зміною клімату …… 39
4.3 Оцінка за допомогою динамічної моделі фотосинтетичної продуктивності та урожайності цукрового буряку під впливом змін клімату ……. 45
5 ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА З ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ……. 52
ВИСНОВКИ…… 59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ…….. 62

ВСТУП

Історія бурякосіяння починається наприкінці 18 століття, коли у 1799 р. німецький вчений Ференц Ахард в результаті 20-річних досліджень запропонував використовувати для отримання цукру білу сілезьку форму буряків. Однак цю пропозицію до кінця XVIII не було реалізовано. Лише коли Наполеон завіз в Європу тростинний цукор, повернувся інтерес до цукру бурякового, і у 1802 р. в Німеччині був відкритий перший цукровий завод. Тодішня Російська імперія, до складу якої входили Росія, Україна, Польща та інші нині самостійні держави почала цукробурякове виробництво дещо пізніше [1, 2].

На перших порах для посіву використовували насіння німецьких та французьких селекціонерів, але з часом стало ясно, що воно не цілком придатне для чорноземних і суглинних грунтів східних країн, тим більше при нестачі вологи і в умовах короткого вегетаційного періоду.

Першими це зрозуміли українські та польські цукрозаводчики. В 1886 році власник маєтку Немерче Подільської губернії (нині Полтавська область) К. Бущінскі з компаньйонами організував насіннєве господарство з метою «поліпшити і пристосувати до тяжких кліматичних умов південної Росії наявні тоді місцеві сорти буряка і хлібних рослин» [1].

З того часу посівні площі цукрового буряку почали збільшуватись, що сприяло розвитку виробництва насіння. Також активно розвивались селекційні роботи, спрямовані на отримання більш цукристих коренеплодів. Це призвело до розвитку спеціалізованих насінницьких господарств [3].

Стосовно будівництва першого цукрового заводу в Україні існують дещо суперечливі дані. Роком заснування в різних джерелах вважається 1824 або 1826 рр, а місцем - с. Макошино Чернігівської губернії або с. Таращі Київської губернії [3]. Таким чином роком народження цукрової галузі в Україні вважається 1824 р.

У коренеплодах цукрових буряків міститься в середньому 75% води і 25% сухих речовин, в тому числі 17-18% сахарози (тростинного цукру) [4-7]. Але цукровий буряк - це не тільки цукор. При збиранні цукрових буряків маса листя становить 35-50% врожаю. Листя за своєю поживністю не поступаються конюшині. Вони містять до 26,5% сухих речовин, у тому числі 2,5-3,5% білка, 0,8% жиру, багато вітамінів і використовуються в силосованому та сухому вигляді на корм худобі. У 100 кг бурякової гички міститься 18-20 кормових одиниць [4].

При переробці коренеплодів на цукор у вигляді відходів отримують жом (висушену стружку) і мелясу (патоку), які характеризуються високою кормовою цінністю. Оскільки у тваринництві зараз дуже гостро стоїть проблема дефіциту легкозасвоюваних цукрів, що спричиняє порушення обміну речовин у високопродуктивних тварин, кормова меляса часто використовується як джерело цих цукрів. Також мелясу використовують для приготування етилового спирту, гліцерину, молочної, лимонної кислоти, дріжджів. [8].

Цукрові буряки мають велике агротехнічне значення. Академік Д. М. Прянишников писав, що вирощувати коренеплоди на полях - це те ж, що отримувати три колоса там, де ріс один. Введення цукрових буряків в сівозміну значно підвищує її продуктивність. Цукровий буряк - хороший попередник для інших культур [4].

Сучасний стан виробництва цукрового буряку є дуже складним. У 70-80-х роках минулого століття Україна була найбільшим у світі виробником цукрових буряків і другим за величиною (після Франції) експортером білого цукру в Європі. У період з 1986 по 1990 роки посівні площі в Україні становили понад 1,6 млн гектарів. Однак на початку 90-х років відбулося катастрофічне скорочення посівних площ, зниження виробництва цукру, закриттям цукрових заводів, зношенням обладнання, зменшення кількості робочих місць у традиційно бурякосійних регіонах.

Скорочення посівних площ продовжується. На теперішній час площі під культурою застановлять лише близько 222 тис. га [9]. У 2010 році в Україні працювало 73 цукрових заводи, тоді як у 1991 році - 192 цукрових заводи, а у 2015 р. працювало лише 36 заводів (19 % від працюючих заводів у 1991 році) [10]. Багато українських цукрових заводів надзвичайно старі. Із 192 цукроварень 58 було збудовано ще до 1860 року, ще 66 – до початку XX століття [11].

В процесі переробки цукрових буряків на цукор з відходів бурякоцукрового виробництва – меляси та дифузійного соку – можна виробляти біоетанол. В умовах загострення проблеми забезпечення нашої держави енергоносіями доречно використовувати цукрові буряки і продукти їх переробки для виробництва, крім цукру, біоетанолу як альтернативного пального. При цьому буде повністю забезпечена не лише потреба цукру на внутрішньому ринку, а й виробництво суміші бензину та біоетанолу для споживання в Україні та реалізація біоетанолу на зовнішньому ринку. Крім того, не буде необхідності скорочувати посіви площ цукрових буряків, а навпаки їх розширювати. Це сприятиме зменшенню залежності від імпорту цукру та енергоносіїв, а також створенню додаткових робочих місць в цукробуряковій галузі [12, 13].

За теперішнього часу багато країн успішно здійснюють перехід на виробництво біопалива з цукрових буряків. У Європі вже працюють 9 заводів, які виробляють біоетанол, з них 5 – виключно на сировині цукрових буряків: по одному у Франції, Великобританії та Чеській Республіці, два у Німеччині [14].

У кваліфікаційній роботі вирішуються такі задачі:

1. Вивчити біологічні особливості культури цукровий буряк, її вимоги до факторів навколишнього середовища.

2. Оцінити динаміку урожайності цукрового буряку по Полтавській області за допомогою методу гармонійних вагів.

3. За методикою В.М. Пасова оцінити кліматичну складову урожайності цукрового буряку на території Полтавської області.

4. Розрахувати сумарну імовірність виробничих урожаїв цукрового буряку, побудувати криву забезпеченості урожаїв різних рівнів.

5. Вивчити алгоритм динамічної базової моделі оцінки умов формування урожайності цукрового буряку А.М. Польового.

6. Проаналізувати вплив можливих змін клімату на агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку у Полтавській області.

7. Проаналізувати вплив можливих змін клімату на фотосинтетичну продуктивність посівів цукрового буряку на його урожайність у Полтавській області.

8. Визначити можливості Полтавської області для виробництва біопалива з цукрового буряку за умов зміни клімату.

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

Для виконання роботи використовувались дані про урожайність цукрового буряку з 1995 по 2019 роки, представлені на сайті статистичного управління Полтавської області.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Фізико-географічний опис Полтавської області

Полтавська область розташована в зоні лісостепу і займає площу 28,75 тис. км^2 (4,6% площі України). Більша частина області є рівниною. Інколи на території зустрічаються височини до 200 м над рівнем моря. Найнижча частина території знаходиться в районах Придніпров'я. Місцями, особливо на правих берегах річок, територія області порізана ярами різних розмірів, балками і блюдцеподібними заглибленнями [15, 16].

Полтавська область належить до класу рівнинних східноєвропейських ландшафтів. Більшість ландшафтів відносяться до лісостепового типу, і лише на південному сході – до степового та північно-степового типу.

Річкова мережа Полтавської області включає: велику річку – Дніпро, яка протікає в межах області на ділянці довжиною 145 км, 8 середніх та 1771 малих річок, водотоків і струмків. Більша частина стоку припадає на березень-квітень. Річки області живляться переважно талими сніговими водами Основними джерелами водних ресурсів області є річки Сула, Псел, Ворскла, Оріль та їх притоки, а також Кременчуцьке та Дніпродзержинське водосховища на річці Дніпро [15].

Майже дві третини площі області займають чорноземні грунти і їх різновиди. Вони мають високу природну родючість і воднопрочну зернисту структуру. Незважаючи на це, ґрунтам необхідні мінеральні добрива (азот, фосфор, калій). Органічні ж добрива, крім того, покращують фізико-хімічні властивості ґрунту [17].

Ліси – це важливий ресурс області, складова її природно-територіального комплексу, але площа лісів області невелика. Згідно з класифікацією, ліси Полтавщини відносяться до лісів І групи, що мають природоохоронне та

рекреаційне значення з особливим режимом ведення лісового господарства (проводяться лише рубки догляду, санітарні та вибіркові лісовідновні рубки).

Ресурси для сільськогосподарського природокористування в області можна класифікувати як високі. Сільськогосподарські землі займають 76,1% області, з них орних земель 1774,686 тис. га або 61,7% всієї території [15].

Під сіножатями зайнято 360 тис. га (12,5% від загальної площі області); під пасовищами – 199 тис. га (7 % від загальної площі області). Сіножаті й пасовища розташовані переважно на заплавах річок і в балках.

Надмірна сільськогосподарська освоєність і велика частка орних земель зумовлюють основні екологічні проблеми, пов’язані із землеробством. На Полтавщині піддані повітряній, водній або сумісній ерозії 1867 тис. га земель [15].

1.2 Агрокліматична характеристика Полтавської області

Географічне положення Полтавщини визначило її належність до помірного кліматичного поясу, крайньої південної частини атлантико-континентальної помірно-вологої помірно-теплої кліматичної області. У цілому для території Полтавщини притаманні загальні риси помірного континентального типу клімату з переважанням на північному заході вологих вітрів західного напрямку. Сухі вітри східного напрямку переважають на південному сході.

Як відомо, особливості клімату значною мірою залежать від впливу радіаційного чинника, зумовленого географічною широтою місцевості, яка визначає показники сонячної радіації. Тривалість сонячного сяяння з півночі на південь області зростає від 1900 до 1980 годин за рік. Переважну частину сонячної енергії поверхня області отримує в теплий період року, в основному на протязі другої половини весни і в літні місяці [17].

Другим за впливом на особливості клімату є чинник циркуляції атмосфери. Рівнинний характер поверхні області сприяє поширенню над її

територією повітряних мас трьох типів і шести підтипів. Серед трьох зональних типів переважають повітряні маси помірних широт (понад 2/3 днів за рік). Арктичні повітряні маси панують в понад, 1/10, а тропічні - понад 1/5 кількості днів за рік [17].

Різниця температур між східною і західною частинами області досягає 2^0С. Середньорічна кількість опадів по території області коливається в межах 460-560 мм, убуваючи із заходу на схід. Середньорічна сума опадів у Полтаві 490 мм, на південному сході області їх дещо менше, ніж на північному заході. Такої кількості опадів було б достатньо для гарного стану сільськогосподарських культур, але розподіл їх по території і в часі нерівномірний. Сума опадів за період з температурою вище 10^0С по області становить 270-325 мм.

Вміле використання цих особливостей клімату, а також ослаблення його шкідливих проявів є складовою частиною заходів, спрямованих на підвищення врожайності.

За показниками тепло- і вологозабезпеченості на території області можна виділити чотири райони. Виділені райони представлені на рис. 1.1 і характеризуються показниками, представленими в таблиці 1.1.

У посушливі періоди створюються умови для виникнення суховіїв, пилових бур, лісових пожеж. Під дією високих і низьких температур повітря гинуть посіви, насадження.

Останній весняний заморозок на Полтавщині спостерігається у більшості випадків 21-26 квітня; перший осінній заморозок − 2-11 жовтня. Безморозний період зазвичай триває близько 160-170 днів (найменше 114 днів, найбільше – 229 днів). У долинах річок тривалість безморозного періоду на 25-40 днів менша, ніж на вододільних рівнинах [18].

Таблиця 1.1 - Характеристика агрокліматичних районів Полтавської області [18]

Номер району	Райони	Сума температур вище 10°С	Сума опадів, мм
I	Північний середньозволожений	<2700	280-300
IIб	Центральний середньозволожений	2700-2800	280-300
II а	Центральний з підвищеним зволоженням	2700-2800	300-325
III	Південний середньозволожений	>2800	270-300

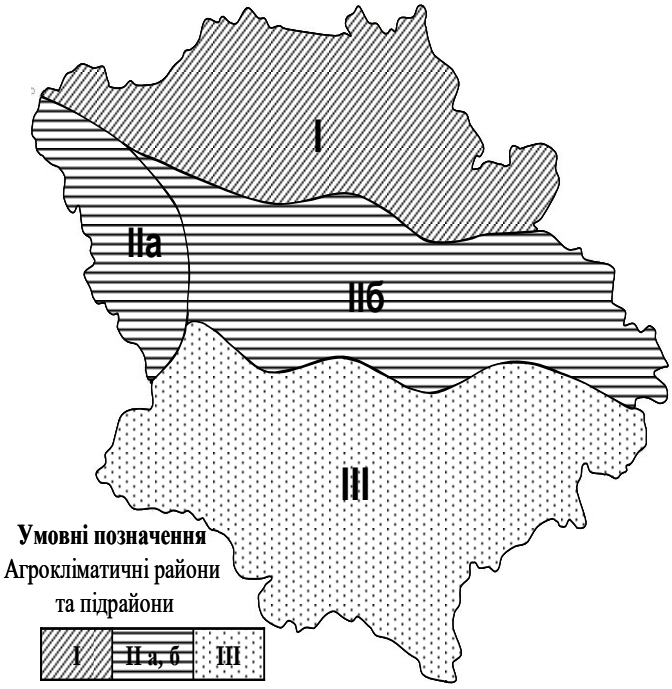

Рис. 1.1 – Схема агрокліматичного районування Полтавської області [18]

2 БІОЛОГІЯ ТА АГРОТЕХНІКА ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ

2.1 Біологічні особливості цукрового буряку

Цукрові буряки на першому році життя утворюють розетку з багаточисленного прикореневого черешкового листя і потовщеного цукристий коренеплоду. На другому році з проростаючих бруньок голівки розвиваються облистнені ребристі квітконосні пагони, що досягають висоти 1,0-1,5 м - насінники. Суцвіття - мутовчата колосовидна китиця.

Квітки, що формуються у пазухах приквітників верхньої частині квітконосів, двостатеві, п’ятерного типу. У багатонасінних форм вони розвиваються групами, частіше за все по 3-4, а іноді до 6-7, які зростаються основами в суцвіття-клубочки. Запилення перехресне за допомогою вітру (анемофільне) і частково комахами. Плід - горішок.

Іноді дворічний цикл може порушуватися. У холодну весну при подовженому світловому дні рослина може скоротити цикл розвитку і сформувати квіткові пагони і насіння в перший рік вегетації. Це небажане в виробничих посівах явище отримало назву "цвітушність буряку". Цвітушні коренеплоди малоцукровисті та грубі, при зберіганні вони сильніше уражуються кагатною гниллю. Цвітушність у першій половині вегетаційного періоду називають ранньою, а в другій – пізньою [4, 19].

Деякі з коренеплодів, висаджених на другий рік для насіннєвих цілей, навпаки, не дають квітконосних пагонів і продовжують утворювати лише розетку листя. Такі рослини називають “лінивціями”. Вони з'являються під впливом підвищених температур під час раннього збирання, внаслідок осіннього і весняного підсихання маточних коренеплодів, підвищеної температури при зберіганні [19].

Появу „лінивців” більшість дослідників пов'язують з недостатньою кількістю вологи у коренеплодах і ґрунті, пошкодженням головки під час збирання, підмерзанням та іншими причинами. При низькій відносній вологості повітря і вологості ґрунту менше 40% НВ квітконосні пагони майже не утворюються, різко збільшується кількість „лінивців” і при пізньому садінні висадків. Основними заходами боротьби з появою „лінивців” є запобігання підв'ялюванню і пошкодженню коренеплодів під час збирання і садіння, а також дотримання режиму зберігання протягом зими [19].

У коренеплоді буряка розрізняють три частини: голівку, шийку і власне корінь. Під голівкою розуміють верхню конічну або куполоподібну частину коренеплоду, яка несе листя. Голівка, або епікотіль, є нижньою частиною пагону. Вона починається безпосередньо під закладкою нижнього листя, на її вершині знаходяться конус вегетації і серцеподібні листя. Голівку слід розглядати як вкорочену стеблову частину з короткими міжвузлями, що і визначає розташування листя у вигляді прикореневої розетки. На голівці відзначають верхівкову бруньку, яку можна вважати центральною, саме з неї розвивається найбільш розвинене стебло з листям [4-7].

Головка переходить в шийку, або гипокотиль, - частину коренеплоду, вільну від листя і бічних коренів. Шийка знаходиться між закладкою верхніх бокових коренів і нижніх листя і на її поверхні немає ні коріння, ні листя. Перехід від головки до шийки можна чітко визначити: це місце, де судинна система чітко переходить з безладного положення в концентричні кільця (у цукрового буряку від 8 до 12) [4-7].

Шийка, в свою чергу, переходить в корінь, характерною ознакою якого є наявність з двох протилежних сторін поздовжніх вертикальних або закручених по спіралі борозен з бічним корінням. У нижній частині власне корінь переходить в довгий хвіст до 2,5 м довжини, а в сторони відходять корені на 50-60 см з кореневими волосками завдовжки до 3 мм [4-7].

Те, що в господарській практиці називається насінням цукрових буряків являє собою плоди цієї рослини. Супліддя (клубочки), – це сукупність плодів,

що зрослися між собою. Відповідно до кількості квіток, що зростаються, в кожному суплідді може бути декілька плодів. В кожному ж плоді міститься по одній насінині. Тому при проростанні із одного супліддя з'являється декілька ростків, частіше всього 2-6, інколи 5-9. В однонасінних буряків суплідь немає. Їх насіння представлене окремими плодами. Таким чином, в буряківництві насіння багатонасінних буряків називають супліддями, а однонасінних – плодами [19].

Фази, що проходить цукровий буряк протягом першого року вегетації – сходи або фаза „вилочки”, утворення першої, другої, третьої, четвертої і п'ятої пар справжніх листків, змикання листків у рядках, змикання листків у міжряддях, пожовтіння нижнього листя [20].

В агрономії має значення ще технічна стиглість, яка характеризується максимально сприятливими умовами збирання, близьким до найбільшого накопиченням цукрів і маси коренеплоду. До моменту технічної стиглості відношення маси коренеплоду до маси листя зростає до 3: 1. Перед її настанням рядки буряка розмикаються, листя стає світло-зеленими, частково жовтіють і відмирають [4, 6].

2.2 Вимоги буряку до екологічних факторів

Для успішного вирощування цукровий буряк вимагає ґрунтів з доброю аерацією, багатих на гумус, з нейтральним або слабо-лужним показником pH, стабільною структурою, доброю вологоємністю і високим вмістом поживних речовин. Надмірна засоленість грунтів пригнічує проростки рослин [5, 7, 21]. Хоча деякі автори вважають, що цукровий буряк – культура солестійка і її можна вирощувати для розсолення грунту [22].

Для отримання дружних та повних сходів треба, щоб у початковий період розвитку цукрового буряку верхній горизонт ґрунту мав мілкогрудкувату структуру. Якщо шар грунту над насінням має грудкувату будову, від швидко висихає, внаслідок чого вихід ростків на поверхню грунту

затримується. Якщо при цьому ще спостерігається суха жарка погода та низька вологість грунту, польова схожість насіння різко зменшується [4].

На легких ґрунтах вологоємність орного і підорного шару зазвичай недостатня для формування нормального врожаю. При таких умовах необхідно застосовувати зрошення цукрових буряків [4]. Також непридатні для вирощування цукрового буряку важкі (важкі суглинки та глини) та перезволожені (болотисті) грунти [21].

Таким чином, кращими грунтами для цукрового буряку є середньосуглинисті чорноземи, а також темно-сірі грунти [4-7]. Стосовно рельєфу, бажано вирощувати цукровий буряк на рівних полях [4].

Цукровий буряк є рослиною з помірними вимогами до тепла. У проростаючого насіння спочатку развиваються корінці, потім з’являються сходи при температурі: 4-5ºС лише на 20-22 день, 10-15°С – на 10-12-й день, при 18-20°С – на 7-8-й день. Життєздатні сходи з'являються за 6-7 °С. [4-7, 22]. Коли насіння проростає, короткочасні заморозки у повітрі, навіть такі, що сягають -5ºС, не є шкідливими. Багатьма дослідниками підкреслюється, що найбільш вразливими до заморозків є рослини у фазі вилочки і першої пари листя. Значення шкідливих температур у різних джерелах дещо відрізняються. Автори [5, 7, 22] вважають, що у цих фазах рослини пошкоджуються при мінус 3-4 °С. У авторів [4] дещо інші відомості, вони вважають, що у фазі “вилочки” короткочасне зниження температури до 3°С також не є небезпечним. Починають пошкоджуватися сходи при –6-7°С.

З появою першої пари справжніх листків сходи можуть витримувати зниження температури до мінус 8 °С [22]. Восени, перед збиранням, рослини можуть витримувати заморозки мінус 5 °С. За температури нижче 6-8 °С нагромадження цукру в коренеплодах припиняється. Зібрані та неприкриті коренеплоди пошкоджуються за температури 2 °С [7, 22].

Восени при пошкодженні заморозками коренеплоди замерзають без зміни змісту в них цукру, проте після відтавання цукристість коренеплодів

починає різко падати внаслідок переходу сахарози в моноцукри. Крім того, вони гниють і знижується лежкість [4].

Незважаючи на здатність переносити заморозки, буряк є досить теплолюбною культурою. Оптимальна температура для росту і розвитку рослин складає 20-22 °С, зниження температури сповільнює ріст.

Рослинам першого року вегетації необхідна сума позитивних температур 2400-2800 °С. Буряк цукровий – жаростійка культура, у нього високий максимум температур. Фотосинтез відбувається і за підвищення температури до 40 °С [22].

Цукрові буряки відносяться до рослин, що економно витрачають воду. На початку росту буряки більш вимогливі до зволоження. В період проростання насіння поглинає воду в кількості, що дорівнює 150-170% від його маси. Для утворення 1 кг сухої речовини буряк споживає в середньому 250-350 л води. Потужна коренева система дорослих рослин в посушливі роки проникає в грунт глибше, ніж у вологі, що дозволяє добре використовувати грунтову вологу. Від літніх посух вона страждає менше, ніж зернові культури. Розтягнутий період вегетації створює передумови до споживання нею пізніх літніх опадів. Найбільшу потребу в воді рослини цукрових буряків відчувають в липні-серпні, в період найбільшого приросту листової маси і коренеплоду. При врожайності 300 центнерів культура споживає з 1 гектара до 2400 т води, що відповідає 240 мм опадів. Кожен міліметр додаткових опадів збільшує урожай буряка приблизно на один центнер [4-7, 22].

Використовуючи вологу з глибших горизонтів ґрунту, цукровий буряк витримує тривалий період без дощу і може ефективно використовувати пізні літні опади. У дощові, з хмарною погодою роки цукристість коренеплодів зменшується [22].

Тривалість вегетації цукрових буряків - період від сходів до збирання - становить від 130 до 180 днів, а сума температур коливається в межах 2500-3000°С. Безморозний період повинен тривати мінімум від 160 до 200 днів.

Продовження вегетаційного періоду шляхом раннього висіву дає більш високі врожаї, ніж при більш тривалій осені .

Буряк цукровий – рослина довгого дня вимоглива до світла, Інтенсивність нагромадження цукру в коренеплодах залежить від кількості сонячних днів у другій половині вегетації (серпень-вересень). Чим вища доза світла, тим краще проходить синтез вуглеводів. Зменшення освітленості різко знижує врожайність і цукристість коренеплодів.

Похмура погода спричинює збільшення вмісту низькомолекулярних азотистих сполук, що, як результат, погіршує технологічні якості коренеплодів, зменшує вміст цукру [22].

2.3 Технологія вирощування цукрового буряку

Попередники. Буряк цукровий пред’являє високі вимоги до ґрунту. У зоні достатнього зволоження найсприятливіші умови для цукрових буряків створюються при розміщенні їх після озимих зернових, які висівали після багаторічних трав на один укіс, по зайнятих парах, після гороху. У зоні нестійкого зволоження буряки розміщують після озимих, по зайнятих, а в південно-східних районах - і по чистих парах, після гороху, багаторічних трав на один укіс. У зоні недостатнього зволоження кращим попередником для буряків є озимі після чорних удобрюваних парів. Самі буряки є добрими попередниками для зернових та зернобобових [5-7].

Часте вирощування цукрових буряків на одному і тому ж полі супроводжується накопиченням збудників хвороб і шкідників. При цьому можливе ураження її буряковими нематодами, відоме як "буряковтома грунту", яке призводить до великих недоборів врожаю. В залежності від інтенсивності їх поширення втрати врожайності можуть досягати 30-70%. Щоб уникнути шкоди, завданої цим небезпечним шкідником, не слід допускати повернення цукрових буряків раніше, ніж через 3-4 роки на слабо- або неуражених землях, на помірно уражених землях - не раніше ніж через 5

років. На сильно уражених площах обробіток виключається принаймні на 6-7 років [4].

Результати досліджень [23] показують, що беззмінне вирощування буряку цукрового спричинює різке зниження врожайності і погіршення якісних показників коренеплодів порівняно з розміщенням його в сівозміні. Так, у середньому за тридцять років вирощування в сівозміні цукристість коренеплодів становила 17,5 %, а в беззмінній культурі – 15,5–16,2%. Внесення органічних і мінеральних добрив хоча суттєво і підвищує продуктивність культури, проте не нівелює негативного впливу на врожайність буряку, зумовленого тривалим беззмінним його вирощуванням. Тому вирощування буряку цукрового в беззмінних посівах є недоцільним у виробничих умовах.

Удобрення. Цукрові буряки споживають з грунту 85 різних хімічних елементів. Найбільш важливими з них є азот, фосфор, калій. Крім того, їй необхідні кальцій, магній, натрій, сірка, залізо і мікроелементи: бор, марганець, кобальт, мідь, цинк, йод, молібден. Особливо помітну роль мікроелементи відіграють в екстремальних умовах. У рослинах вони підвищують інтенсивність фотосинтезу, активність ферментів, покращують відтік цукрів з листя в коренеплоди, надають рослинам стійкість до хвороб, збільшують врожайність [4]. При правильному поєднанні з іншими агротехнічними заходами внесення добрив є найефективнішим чинником інтенсифікації буряківництва, про що свідчать багаточисленні роботи. [4, 24-27]. Приріст урожаю коренеплодів цукрових буряків при внесенні 1 кг азоту становить у середньому 35,7 кг; 1 кг фосфору - 37,5; 1 кг калію - 18,8 кг. Внесення повного мінерального добрива в оптимальних співвідношеннях його елементів забезпечує збільшення вмісту цукру в коренеплодах на 0,2 - 0,4 % [6].

Обробіток ґрунту. Для вирощування цукрових буряків потрібен глибокий орний шар, у якому розвивається міцна коренева система й активно відбуваються мікробіологічні процеси, накопичуються великі запаси води й

поживних речовин. Високоякісна підготовка ґрунту восени й навесні сприяє також одержанню дружних і рівномірних сходів.

Основний обробіток ґрунту під цукрові буряки включає лущення стерні та глибоку зяблеву оранку. Кращим є поліпшений або напівпаровий обробіток ґрунту. Поліпшений обробіток ефективніший у зонах нестійкого та недостатнього зволоження, особливо в посушливі роки й на полях, засмічених коренепаростковими та кореневищними бур'янами. Він включає два лущення і глибоку зяблеву оранку.

Весняний обробіток ґрунту включає ранньовесняне розпушування, вирівнювання та передпосівний обробіток. Мета ранньовесняного обробітку - розпушування поверхневого шару фізично спілого ґрунту до дрібногрудочкуватого стану, щоб зменшити витрати вологи, вирівняти поверхню поля і створити умови для високоякісного передпосівного обробітку й сівби. Питання смугового внесення гербіцидів вирішується в конкретних умовах, залежно від наявних у господарстві гербіцидів [6].

Сівба. Для сівби слід використовувати насіння районованих сортів і гібридів, яке за своїми посівними якостями відповідає вимогам діючих стандартів і технічних умов. Лабораторна схожість насіння має бути не менше 80 %, а одноростковість і вирівняність - 95 %. Насіння цукрових буряків готують до сівби на насінних заводах, де його калібрують на фракції 4,5-5,5 мм і 3,5-4,5 мм, шліфують або дражують і обробляють захисними та стимулюючими речовинами.

Сіють буряки одночасно з передпосівним обробітком ґрунту, не допускаючи його висихання, пунктирними сівалками, якими одночасно вносять у рядки мінеральні добрива. Ширина міжрядь 45 см, оптимальна норма висіву становить 18-22 насінини на 1 м (5-6 кг/га). При дотриманні всіх вимог агротехніки така норма висіву забезпечує одержання 14 - 16 сходів на 1 м рядка і дає змогу поєднати механічне формування густоти посівів з механічним доглядом за ними [6].

Догляд за посівами цукрових буряків передбачає суцільне розпушування ґрунту до появи сходів (досходові боронування), перше розпушування ґрунту в міжряддях і зоні рядків (шарування), формування густоти стояння рослин, розпушування в міжряддях з присипанням бур'янів ґрунтом у рядках (у разі потреби - одночасно з підживленням), захист рослин від шкідників та хвороб.

Для знищення бур'янів і ґрунтової кірки частково проріджують сходи вдруге у фазі першої пари справжніх листків при густоті посівів більш як 8 рослин на 1 м рядка. Цю операцію виконують культиваторами чи посівними боронами на тязі гусеничних тракторів. Виконані своєчасно і якісно, такі обробітки є реальною альтернативою застосуванню гербіцидів. Густота посівів перед збиранням повинна становити в зоні достатнього зволоження 115-120 тис., нестійкого – 110-115 і недостатнього – 95-100 тис. рівномірно розміщених у рядках рослин на гектар [6].

Захист від шкідників і хвороб. При вирощуванні буряків слід старанно захищати рослини від шкідників і хвороб, виконуючи увесь комплекс агротехнічних заходів. Хімічні засоби варто застосовувати тільки при загрозі масового з'явлення шкідників і розвитку хвороб. Треба обов'язково враховувати економічну доцільність застосування пестицидів, так званий економічний поріг шкідливості.

Збирання. Масове збирання цукрових буряків рекомендується проводити при настанні їх технологічної стиглості (з 20 вересня по 20 жовтня) переважно потоковим способом. Найбільшу продуктивність праці, своєчасне закінчення збирання урожаю і вивезення якісної сировини на заводи забезпечує груповий метод використання сучасних бурякозбиральних машин, буряконавантажувачів, самоскидних причепів і автотранспорту [6].

3 АНАЛІЗ ЧАСОВОЇ МІНЛИВОСТІ УРОЖАЇВ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ НА ТЕРИТОРІЇ ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

3.1 Сучасні методи оцінки часової мінливості урожайності сільськогосподарських культур

Коливання урожайності сільськогосподарських культур в окремі роки обумовлені впливом великого числа чинників, які прийнято ділити на дві групи. Перша група включає показники, які об'єднують під загальним терміном “культура землеробства”. Друга група об'єднує погодні чинники, які визначають значні відхилення урожайності в окремі роки від середнього рівня. Зрозуміло, що урожай в кожному конкретному році формується під впливом всього комплексу чинників. Проте, при рішенні багатьох практичних питань виникає необхідність розділяти оцінку ступеня впливу на урожайність як рівня культури землеробства, так і умов погоди.

Стаціонарна складова часового ряду є наслідком поступового вдосконалення культури землеробства, зміни структури і родючості ґрунту за середніх кліматичних умов. Вона визначає загальну тенденцію зміни урожайності за даний період, представляється плавною лінією, яку ми отримуємо в результаті згладжування ряду; називається трендом і описується зазвичай рівнянням прямої або параболи другого порядку. Випадкова складова обумовлюється погодними особливостями окремих років, визначає їх вплив на формування урожайності і представляється відхиленнями від лінії тренда.

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.

Вирішальними ланками сучасної технології вирощування цукрових буряків є обробка ґрунту, добрива, сівба і формування оптимальної густоти стояння, а також боротьба з бур'янами, шкідниками і хворобами. Сюди варто віднести і збирання з найменшими втратами.

Всі перелічені чинники визначають загальний рівень врожайності, обумовлюють її поступове зростання в часі, тобто формують тренд. Що ж до щорічних коливань врожайності сільськогосподарських культур біля тренда в будь-якому районі земної кулі, то вони в основному обумовлені погодою і пов'язані з кліматичними особливостями даної території. Мінливість погоди вегетаційного періоду різних років (як одна з особливостей клімату) здійснює свій внесок в коливання урожайності сільськогосподарських культур.

В методах прогнозу по даному часовому ряду робиться припущення щодо виду тренда. Форма тренда 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 [28] 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.

3.2 Динаміка урожайності цукрового буряку в Полтавській області

Для аналізу динаміки урожайності цукрового буряку використовувалися щорічні середньообласні дані по урожайності культури в Полтавській

області, як однієї з лісостепових областей, за період з 1995 по 2019 роки. Розрахунок трендів здійснювався по методу гармонійних вагів.

Результати цієї роботи представлені на рис. 3.1 та 3.2. На рисунках плавна лінія характеризує тренд врожайності, а ламана лінія - щорічні коливання врожайності за рахунок різних факторів, основу яких становить клімат.

Як видно з рис. 3.1, до 2015 року відбувався вельми активний ріст трендової компоненти, що свідчить про суттєве підвищення рівня культури землеробства за цей період дослідження. Лише протягом останніх чотирьох років спостерігається стабілізація трендової компоненти, а, відповідно, й рівня культури землеробства. Середня за 25 років досліджень урожайність склала 312 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, додатна і складає 13,6 ц/га.

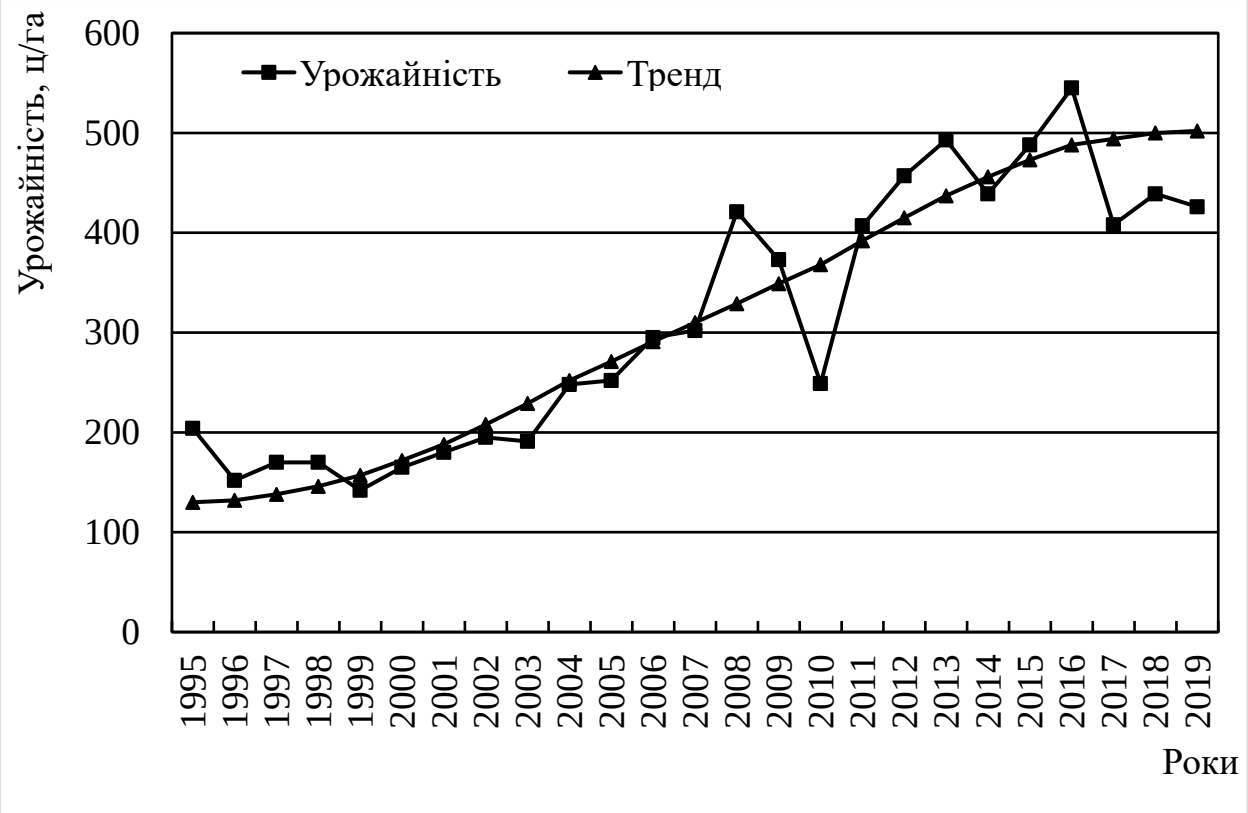

Рисунок 3.1 – Динаміка урожайності цукрового буряку та лінія тренду в Полтавській області

Протягом зазначеного періоду спостерігалися значні коливання фактичної урожайності на території дослідження. Наприклад, протягом перших дев'яти років дослідження (1995-2003 рр.) вона не піднімалась вище 140-200 ц/га. З 2004 по 2007 рр. рівень урожайності підвищився до 250-300 ц/га, а в 2008 р. спостерігався найвищий за першу половину дослідження урожай - 421 ц/га. В 2010 аномально жаркі та посушливі погодні умови призвели до суттєвих втрат і урожай склав лише 250 ц/га, що для Полтавської області, як однієї з основних бурякосійних областей України, є замалим значенням. Наступні роки характеризуються швидким та інтенсивним ростом урожайності. Так у 2013, 2015 та 2016 рр. було зібрано найбільші урожаї цукрового буряку – 493, 488 та 545 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 25 років у 13 випадках спостерігались від'ємні відхилення, причому у більшості випадків вони були досить невеликими і не перевищували 30 ц/га.

Найбільш несприятливим для вирощування цукрового буряку був, як вже відзначалось, 2010 р., саме у цьому році спостерігалося найбільше від'ємне відхилення від лінії тренду – 119 ц/га. Це свідчить про дуже несприятливі погодні умови, що склалися протягом цього року. У роки ж з високими врожаями вдавалося отримати збільшення врожаю за рахунок сприятливих погодних умов і відхилення від лінії тренду мали додатні значення. Найбільш сприятливим для вирощування цукрового буряку був 2008 р., коли додатне відхилення від лінії тренду склало 92 ц/га.

Як можна бачити з рисунка, також великі прирости урожаю за рахунок сприятливих погодних умов було отримано у 1995 р. – 74 ц/га, у 2013 р. - 56 ц/га та у 2016 р. – 57 ц/га. Найбільші втрати урожаю за рахунок несприятливих погодних умов (отже, й від'ємні відхилення) спостерігались протягом останніх трьох років досліджень: у 2017 р. – 86 ц/га, у 2018 р. - 61 ц/га та у 2019 р. – 76 ц/га.

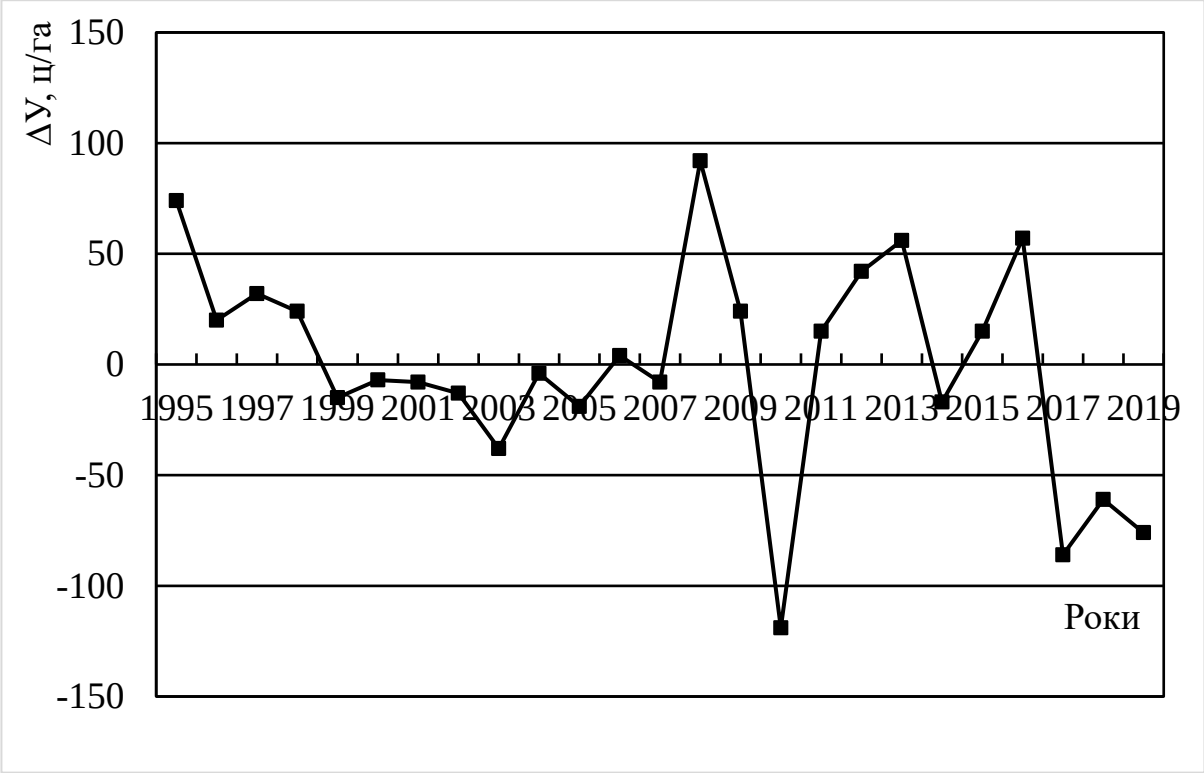

Рисунок 3.2 – Відхилення урожайності цукрового буряку від лінії тренду в Полтавській області

Таким чином, можна зробити висновок, що, незважаючи на підвищення культури землеробства протягом останніх років, залежність урожаю цукрового буряку в Полтавській області від клімату залишається значною.

3.3 Дослідження кліматичної складової урожайності цукрового буряку

Згідно з дослідженнями В.М. Пасова, в будь-якому сільськогосподарському районі динаміку врожайності тієї чи іншої культури можна розглядати як наслідок зміни рівня культури землеробства, на фоні якої відбуваються випадкові коливання (іноді вельми суттєві), що пов’язані з особливостями погоди різних років [29].

Зміни культури землеробства у часі формують лінію тренду. За таким підходом загальну дисперсію урожайності σ^2 можна розглядати як добуток

двох складових, одна з яких характеризує внесок, що надає динаміка культури землеробства, а друге – мінливістю погоди.

Методика аналізу кліматичної складової урожайності повною мірою надається у [29]. Тому ми наводимо лише основну формулу, за якою визначається ступінь мінливості урожайності (c_v):

$$c_v = \frac{1}{\bar{y}}\sqrt{\frac{\sum_{i=1}(y_i-\bar{y})^2-\sum_{i=1}^{n}(y_{i\text{T}}-\bar{y})^2}{n-1}}, \qquad (3.1)$$

де де y_i – урожайність конкретного року; $\bar{y}$ – середньобагаторічна урожайність; $y_{i\text{T}}$ – динамічна середня величина (урожайність за трендом у конкретному році); n – кількість років дослідження.

За вищевказаною методикою була розрахована кліматична складова мінливості урожаїв цукрового буряку у Полтавській області. Тренд побудований за методом гармонійних зважувань. Хід розрахунків представлено у таблиці 3.1.

$$c_v = \frac{1}{312}\sqrt{\frac{425417-404057}{25-1}} = \frac{1}{312}\sqrt{\frac{21360}{24}} = \frac{\sqrt{890}}{312} = \frac{29{,}83}{312} = 0{,}10$$

Визначимо середню квадратичну помилку кліматичної складової мінливості урожаїв:

$$\partial_{C_m} = \frac{c_m\sqrt{1+c_m^2}}{\sqrt{2(n-1)}} = \frac{0{,}10\sqrt{1+(0{,}10)^2}}{\sqrt{2(25-1)}} = \frac{0{,}10\sqrt{1{,}01}}{\sqrt{48}} = \frac{0{,}10}{6{,}93} = 0{,}014, \qquad (3.2)$$

Згідно з класифікацією, запропонованою В.М. Пасовим [29], за значенням кліматичної складової мінливості урожаїв, стосовно вирощування цукрового буряку територію Полтавської області можна віднести до зони стабільних урожаїв (у цій зоні $c_m \leq 0{,}20$).

Таблиця 3.1 – Розрахунок кліматичної складової урожайності цукрового буряку

	Рік	y	y_T	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$	$y_{iT} - \bar{y}$	$(y_{iT} - \bar{y})^2$
1	1995	204	130	-108	11664	-182	33124
2	1996	152	132	-160	25600	-180	32400
3	1997	170	138	-142	20164	-174	30276
4	1998	170	146	-142	20164	-166	27556
5	1999	142	157	-170	28900	-155	24025
6	2000	165	172	-147	21609	-140	19600
7	2001	180	188	-132	17424	-124	15376
8	2002	195	208	-117	13689	-104	10816
9	2003	191	229	-121	14641	-83	6889
10	2004	248	252	-64	4096	-60	3600
11	2005	252	271	-60	3600	-41	1681
12	2006	295	291	-17	289	-21	441
13	2007	302	310	-10	100	-2	4
14	2008	421	329	109	11881	17	289
15	2009	373	349	61	3721	37	1369
16	2010	249	368	-63	3969	56	3136
17	2011	407	392	95	9025	80	6400
18	2012	457	415	145	21025	103	10609
19	2013	493	437	181	32761	125	15625
20	2014	439	456	127	16129	144	20736
21	2015	488	473	176	30976	161	25921
22	2016	545	488	233	54289	176	30976
23	2017	408	494	96	9216	182	33124
24	2018	439	500	127	16129	188	35344
25	2019	426	502	114	12996	190	36100
Середнє		312					
Сума					425417		404057

3.4 Ймовірнісна оцінка урожаїв цукрового буряку

Для побудови емпіричної кривої сумарної ймовірності урожайності ми використали формулу Алексєєва:

$$P_{(x_m)} = \frac{m - 0{,}25}{n + 0{,}50} \cdot 100\%, \qquad (3.3)$$

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.

Хід розрахунків представлено у табл. 3.2. За цими даними ми побудували криву забезпеченості урожаїв (рис. 3.3), з якої потім зняли значення урожаїв (табл. 3.3). Можна бачити, що урожаї цукрового буряку порядку 200 ц/га можна отримувати у Полтавській області у семи роках з десяти. Урожаї порядку 400 ц/га отримують лише у трьох роках з десяти. А щорічно забезпечені урожаї лише 145 ц/га.

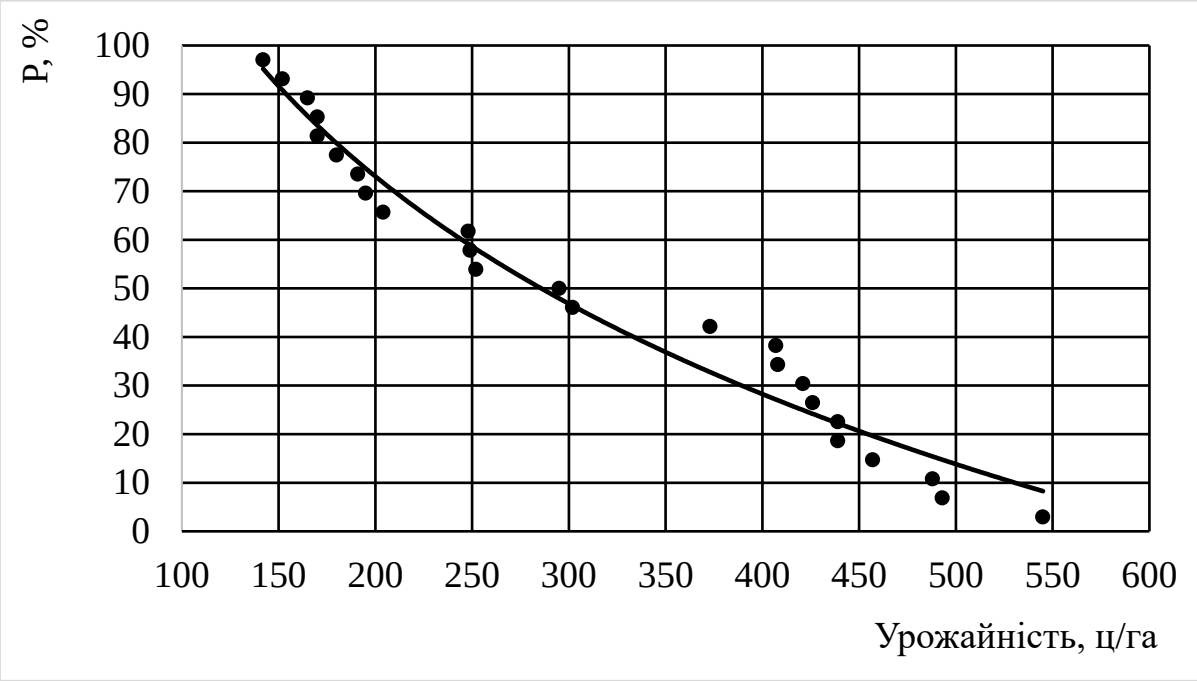

Рисунок 3.3 - Крива сумарної ймовірності урожаїв цукрового буряку

Таблиця 3.2 – Розрахунок ймовірності урожаїв цукрового буряку в Полтавській області

Рік	N	Ряд урожайності, ц/га		P_x, %
		Фактичний	Ранжований	
1995	1	204	545	3
1996	2	152	493	7
1997	3	170	488	11
1998	4	170	457	15
1999	5	142	439	19
2000	6	165	439	23
2001	7	180	426	26
2002	8	195	421	30
2003	9	191	408	34
2004	10	248	407	38
2005	11	252	373	42
2006	12	295	302	46
2007	13	302	295	50
2008	14	421	252	54
2009	15	373	249	58
2010	16	249	248	62
2011	17	407	204	66
2012	18	457	195	70
2013	19	493	191	74
2014	20	439	180	77
2015	21	488	170	81
2016	22	545	170	85
2017	23	408	165	89
2018	24	439	152	93
2019	25	426	142	97

Таблиця 3.3 - Забезпеченість урожаїв цукрового буряку (ц/га) в Полтавській області

$\overline{У}$, ц/га	Забезпеченість, %										
	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
312	525	500	460	400	350	310	250	200	175	150	145

З аналізу матеріалів по характеристиці ймовірності фактичних урожаїв цукрового буряку по Полтавській області України можна зробити такий висновок. Спостерігається велика часова мінливість урожайності цукрового буряку на території, що досліджувалась. Тому необхідна детальна оцінка агрокліматичних ресурсів у поєднанні з раціональним розміщенням існуючих сортів і науковим обґрунтуванням отримання урожаїв більш високого рівня.

Результати проведених досліджень були опубліковані у матеріалах конференції [30].

4 ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ ТА ЙОГО ПРОДУКТИВНІСТЬ В ПОЛТАВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

4.1 Базова модель оцінки умов формування врожаю цукрового буряку

Клімат суттєво впливає на ріст, розвиток та формування урожайності будь-якої сільськогосподарської культури. Саме від особливостей клімату території вирощування залежить кількість та якість урожаїв. Для оцінки впливу кліматичних змін на продукційний процес сільськогосподарських культур успішно застосовуються методи математичного моделювання. Математичні моделі дають змогу найбільш повно врахувати причинно-наслідковий зв’язки між погодними умовами (або кліматичними змінами) та продуктивністю сільськогосподарських культур.

Базова модель формування врожайності сільськогосподарських культур А.М. Польового [28, 31] використовується для оцінки умов формування врожаю уже протягом багатьох років. У нашому дослідженні в якості теоретичної основи для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані розроблені А.М. Польовим модель формування продуктивності агроекосистеми [32] та модель фотосинтезу зеленого листа рослин при зміні концентрації CO_2 в атмосфері [33].

Базова модель оцінки умов формування врожаю цукрового буряку має блочну структуру і містить п’ять блоків (рис. 4.1):

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

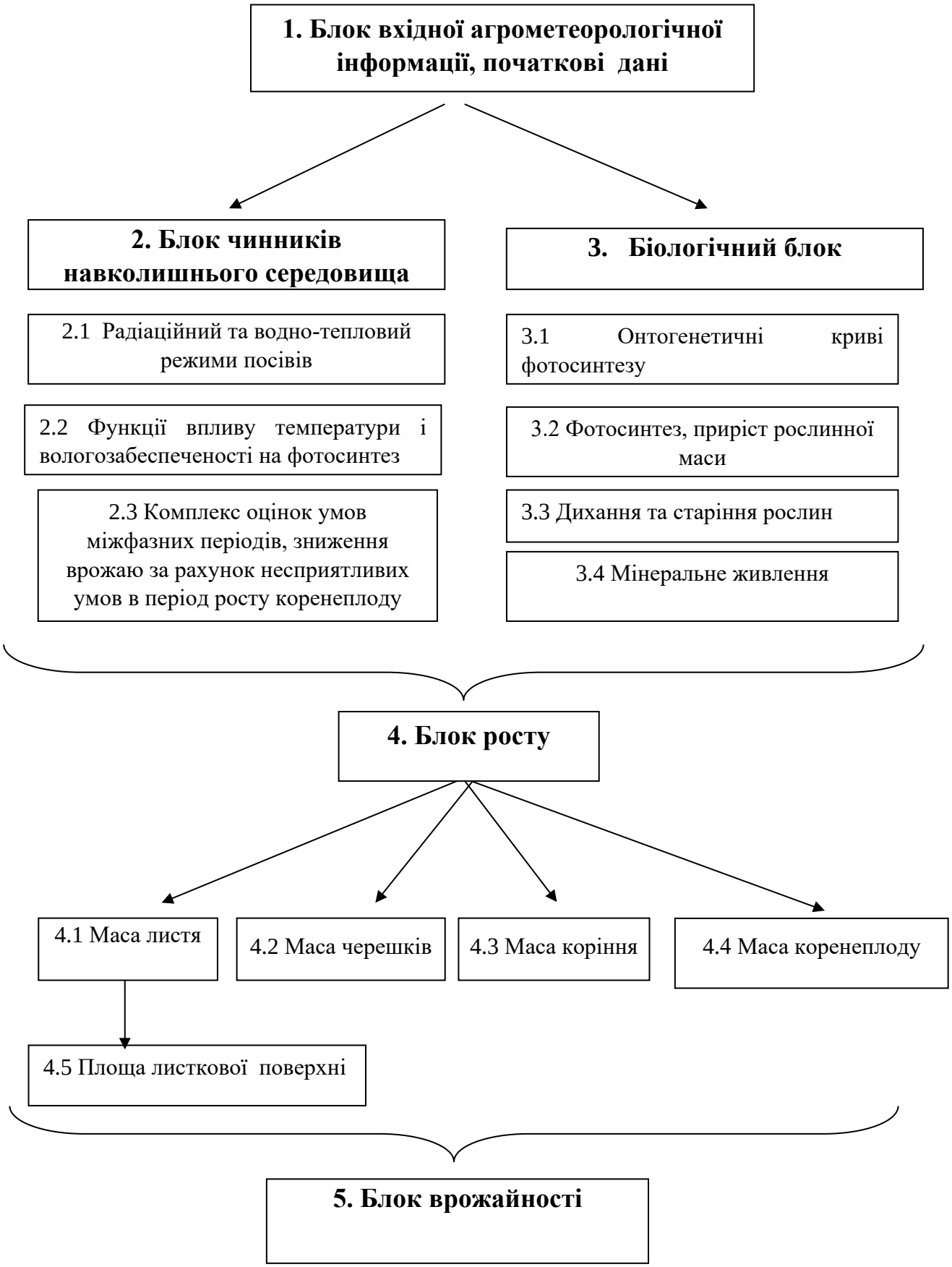

Рисунок 4.1 – Блок-схема динамічної моделі формування врожайності цукрового буряку [28]

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.

4.1.1 Підблоки фотосинтезу, дихання та приросту рослинної маси

Інтенсивність фотосинтезу листя описується формулою Монсі і Саекі:

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

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 $Ф_{мах}$ як функцію концентрації CO_2:

$$Ф_{мах} = \tau_C \cdot C_o, \quad (4.2)$$

де τ_C – початковий нахил вуглецевої кривої фотосинтезу; C_o – концентрація CO_2 в атмосфері [32].

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:

$$\Phi_\tau^j = \alpha_\Phi^j \Phi_o^j \cdot FTW2, \quad (4.3)$$

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:

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

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:

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

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:

$$\Delta M^j = \Phi^j - R^j . \qquad (4.6)$$

4.1.2 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:

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

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 [28, 31].

4.1.3 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:

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

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 [28, 31].

4.2 Оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку у зв'язку зі зміною клімату

Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичними сценаріями A1B, A2, RCP4.5 та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за два періоди: 1986 – 2005 рр. (базовий період) та 2021 – 2050 рр. (кліматичний або сценарний період).

Ідентифікація моделі формування урожайності сільськогосподарських культур виконана на основі середньобагаторічних матеріалів агрометеорологічних спостережень по Полтавській області [18] та даних середньої обласної урожайності цукрового буряку [9]. 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. 4.1.

За даними 1986-2005 рр. (базовими), терміни сівби цукрового буряку майже співпадають з датами переходу температури повітря через 10°С, і в Полтавській області сівба відбувається 25 квітня.

Таблиця 4.1 – Фази розвитку цукрового буряку за середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценаріями зміни клімату

Період, сценарій	Сівба	Сходи	Початок росту коренеплоду	Пожовтіння нижнього листя
Базовий	25.04	11.05	01.06	18.08
A1B	10.04	27.04	20.05	04.08
Різниця	-15	-14	-12	-14
RCP4.5	28.04	15.05	6.06	24.08
Різниця	3	4	5	6

Появлення сходів цукрового буряку, як показали наші розрахунки, спостерігається при накопиченні суми активних температур порядку 200-210°С. У Полтавській області за багаторічними даними сходи з’являються 11 травня. Фаза початок росту коренеплоду настає, за нашими розрахунками, коли від дати сходів накопичується сума активних температур близько 330°С. За базовими умовами фаза початку росту кореню спостерігається 1 червня. Від

початку росту коренеплоду до пожовтіння нижнього листя у базових умовах накопичується близько 1560°С, і ця фаза спостерігається 18 серпня.

За умов реалізації першого сценарію зміни клімату - А1В – сівба відбуватиметься 10 квітня – на 15 днів раніше за базову дату. Сходи очікуються також на два тижні раніше за базову дату, а саме 27 квітня. Така ж ситуація за умов сценарію А1В спостерігається і з датами настання фаз початок росту коренеплоду і пожовтіння нижнього листя. Ці фази також очікуються раніше: відповідно на 12 і 14 днів раніше за базові. Початок росту коренеплоду очікується 20 травня, а пожовтіння нижнього листя – 4 серпня. Таким чином можна зробити висновок, що за умов реалізації сценарію зміни клімату А1В вегетаційний період зсувається у бік більш ранніх дат приблизно на два тижні.

Протилежна ситуація спостерігається за умов реалізації сценарію RCP4.5. З таблиці 4.1 видно, що строки настання всіх фаз розвитку цукрового буряку змістяться на більш пізні дати. На території Полтавської області сіяти культуру будуть 28 квітня, що на 3 дні пізніше, ніж за базових умов. Відповідно змістяться і строки появи сходів, які будуть з’являтися 15 травня, тобто на 4 днів пізніше. Також за умов реалізації другого сценарію зміни клімату RCP4.5 початок росту коренеплоду цукрового буряку також зміститься на більш пізній строк. На території Полтавської області настання цієї фази очікується 6 червня, що на 5 днів пізніше, ніж за базових умов. Відповідно зсунеться і строк настання фази пожовтіння нижнього листя, яка будуть спостерігатися в Полтавській області 24 серпня, тобто на 6 днів пізніше.

У таблиці 4.2 представлені агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку на досліджуваній території за умов реалізації обох сценаріїв у порівнянні з базовими значеннями. Цукровий буряк – культура, яка може вегетувати як мінімум до кінця вересня. У цей час активного росту маси коренеплоду вже не спостерігається, але суха, ясна та сонячна погода сприяє накопиченню цукру у коренеплоді.

Таблиця 4.2 - Агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку за середніми багаторічними даними (1986-2005 рр.) та сценаріями зміни клімату A1B та RCP4.5

Період, сценарій	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			
Базовий	21	16,0	51	79	19,8	156	2580	292	100	321	524	61
A1B	23	14,5	37	76	20,6	177	2855	318	109	360	590	61
Різниця	2	-1,5	-14	-3	0,8	21	275	26		39	66	
Різниця, %	10	-9	-27	-4	4	13	11	9	9	12	13	0
RCP4.5	22	15,1	43	79	19,7	108	2555	217	74	267	485	55
Різниця	1	-0,9	-8	0	-0,1	-48	-25	-75		-54	-39	
Різниця, %	5	-5	-16	0	-1	-31	-1	-26	-26	-17	-7	-6

Тому за умов реалізації обох сценаріїв зміни клімату тривалість вегетаційного періоду цукрового буряку суттєво не зміниться, і згідно з біологічними особливостями культури, буде складати не менше 15 декад, починаючи з дати сходів.

У порівнянні з базовим варіантом у Полтавській області тривалість періоду сходи – початок росту коренеплоду за умов реалізації обох сценаріїв зміни клімату незначно збільшиться. За сценарієм A1B – на два дні - з 21 до 23 днів, за сценарієм RCP4.5 – усього на день – з 21 до 22 днів. Середня температура за цей період становить за базовим варіантом 16,0ºС, за сценарними варіантами вона також зміниться. Причому, зміни за сценарієм A1B будуть досить суттєвими - температура зменшиться до 14,5ºС, тобто на 1,5ºС. За умов реалізації сценарію RCP4.5 період сходи – початок росту коренеплоду буде також проходити при зниженій температурі, яка становитиме 15,1ºС, тобто буде на 0,9°С менше за базову (табл. 4.2).

Тривалість періоду початок росту коренеплоду – пожовтіння нижнього листя також майже не зміниться. Якщо за базовим варіантом у Полтавській області вона становить 79 дні, то за умов реалізації першого сценарію вона зменшиться до 76 днів (тобто на 3 дні), а за умов реалізації другого сценарію тривалість цього періоду залишиться на середньобагаторічному рівні – 79 днів.

Середня температура за період початок росту коренеплоду – пожовтіння нижнього листя становить за базовим варіантом 19,8 ºС. Дещо збільшеними будуть сценарні температури цього періоду (20,6ºС, тобто на 0,8 °С) за умов реалізації сценарію A1B. За умов реалізації сценарію RCP4.5 середня температура за цей період не зміниться і становитиме 19,7ºС.

Сума температур за вегетаційний період цукрового буряку у Полтавській області становить за базовим варіантом 2580ºС. За умов реалізації сценарію A1B вона збільшиться до 2855ºС, тобто на 275ºС. За умов реалізації сценарію RCP4.5 зменшення цієї суми буде дуже несуттєвим - до 2555ºС, тобто на 25ºС. Тобто можна сказати, що у цьому випадку сума

температур за вегетаційний період цукрового буряку залишиться на базовому рівні.

Для аналізу зволоження доцільно було розглянуті суми опадів за міжфазні періоди цукрового буряку та весь вегетаційний період. За базовим варіантом кількість опадів за період сходи – початок росту коренеплоду у Полтавській області становить 51 мм. Кількість опадів у період сходи – початок росту коренеплоду зменшиться для умов першого сценарію до 37 мм (на 14 мм чи 27%), а для умов другого – до 43 мм (на 8 мм чи 16%).

За базовим варіантом кількість опадів за період початок росту коренеплоду - пожовтіння нижнього листя становить 156 мм. Треба відзначити, що саме у межах цього періоду у цукрового буряку спостерігається критичний період по відношенню до вологи. Як правило він співпадає з часом максимального розвитку бурячиння, що зазвичай відбувається у середині липня і триває не менш ніж два-три тижні.

Збільшення суми опадів за цей період буде за умов реалізації сценарію A1B досить суттєвим – до 177 мм (на 21 мм чи 13 %). Кількість опадів за період початок росту коренеплоду - пожовтіння нижнього листя за умов реалізації сценарію RCP4.5 становитиме лише 108 мм, тобто зменшиться на 48 мм чи 31%. Таким чином, кількість опадів за період початок росту коренеплоду - пожовтіння нижнього листя при очікуваних змінах клімату у Полтавській області зменшиться досить суттєво.

Кількість опадів за вегетаційний період цукрового буряку у Полтавській області за базовим варіантом становить 292 мм. За умов реалізації першого сценарію вона збільшиться до 318 мм (на 26 мм), а за умов реалізації другого сценарію зменшиться до 217 мм (на 75 мм). Таким чином кількість опадів за весь вегетаційний період цукрового буряку при зміні клімату збільшиться на 9% та зменшиться на 26 % відповідно за першим і другим сценаріями.

Зміна суми опадів за вегетаційний період призведе до змін сумарного випаровування ($E_{Ф}$) порівнянні з базовим значеннямя. Яке становить 321 мм. До 360 мм, тобто на 39 мм, воно збільшиться за умов реалізації сценарію A1B

і до 267 мм, тобто на 75 мм, воно зменшиться за умов реалізації сценарію RCP4.5. У відсотковому співвідношення ці зміни складають 12% та 17% відповідно, тобто сценарне сумарне випаровування зміниться досить суттєво.

Завдяки досить незмінному температурному режиму в Полтавській області за умов реалізації обох сценаріїв, також не дуже суттєво зміниться і величина випаровуваності (E_o). При базовому значенні 524 мм, випаровуваність за першим сценарієм збільшиться до 590 мм, а за другим сценарієм зменшиться до 485 мм.

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

Умови вологозабезпеченості вегетаційного періоду цукрового буряку в Полтавській області за умов реалізації сценарію A1B протягом 2021-2050 рр. не зміняться, про що свідчить значення 61%, тоді як базове значення вологозабезпеченості складає також 61%. За умов реалізації сценарію RCP4.5 умови вологозабезпеченості у порівнянні з базовим значенням погіршяться і значення вологозабезпеченості складатиме 55%.

4.3 Оцінка за допомогою динамічної моделі фотосинтетичної продуктивності та урожайності цукрового буряку під впливом змін 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 (табл. 4.3).

Розглянемо динаміку цих показників протягом вегетації цукрового буряку за базовим та двома кліматичними (сценарними) варіантами.

На рисунку 4.2 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів цукрового буряку в умовах зміни клімату за сценарними варіантами в порівнянні з базовим періодом для умов Полтавської області. За рахунок зміни кліматичних умов за сценарієм А1В у Полтавській області відбудеться підвищення максимальної відносної площі листя до 6,64 $м^2/м^2$ (проти 6,47 $м^2/м^2$ у базовий період). Таким чином, як видно з даних табл. 4.3, зміна кліматичних умов за цим сценарієм призведе до підвищення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 0,17 $м^2/м^2$, що становить 3 %.

Таблиця 4.3 – Показники фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку за базовий період та за сценаріями зміни клімату

Період, сценарій	Період максимального росту		Фотосинтетичний потенціал посівів $м^2/м^2$ за вегетаційний період	Загальна суха біомаса, $г/м^2$	Урожай корене-плодів, ц/га
	площа листкової поверхні, $м^2/м^2$	приріст загальної сухої біомаси, $г/м^2$ за день			
Базовий	6,47	91	530	4534	453
A1B	6,64	98	560	4693	459
Різниця	0,17	7	30	159	6
Різниця у %	3	8	6	4	1
RCP4.5	5,90	80	480	4088	419
Різниця	-0,57	-11	-50	-446	-34
Різниця у %	-9	-12	-9	-10	-8

За рахунок зміни кліматичних умов за сценарієм RCP4.5 у Полтавській області відбудеться зменшення максимальної відносної площі листя до 5,90 $м^2/м^2$. Тобто, як видно з даних табл. 4.3, зміна кліматичних умов за цим сценарієм призведе до зменшення відносної площі листя в декаду з її максимальними значеннями на 0,57 $м^2/м^2$, що становить 9 % відповідно.

У відповідності із змінами площі листя буде змінюватись і значення фотосинтетичного потенціалу (ФСП) (табл. 4.3, рис. 4.3).

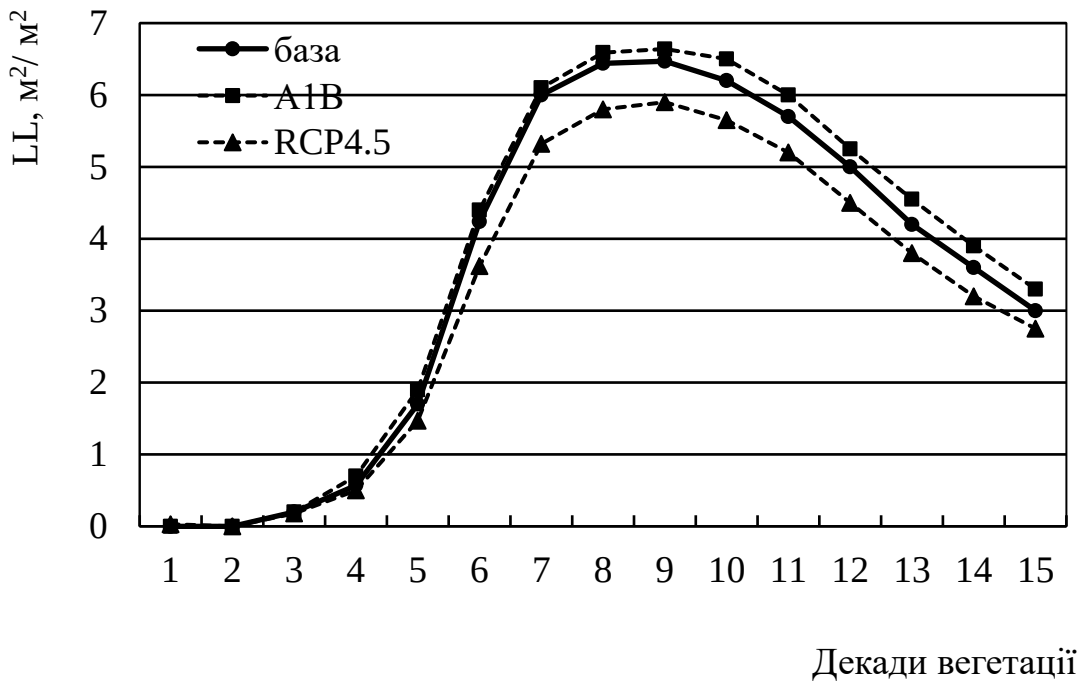

Рисунок 4.2 - Динаміка накопичення відносної площі листя посіву цукрового буряку за сценаріями A1B та RCP4.5 у порівнянні з базовим періодом

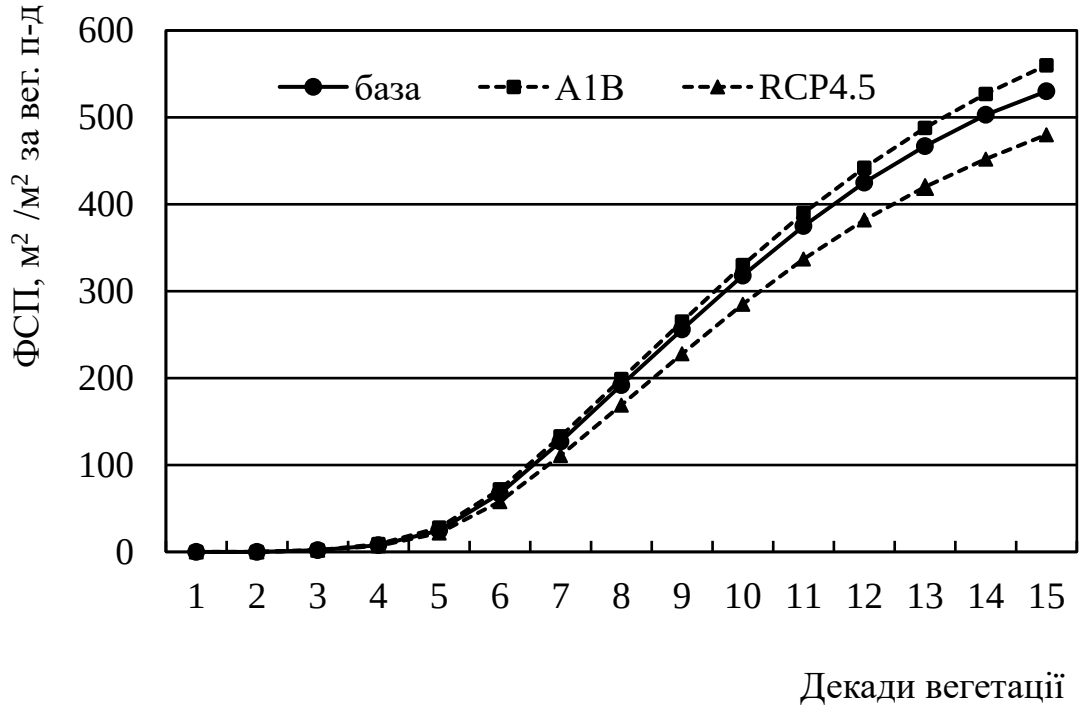

Рисунок 4.3 – Фотосинтетичний потенціал посіву цукрового буряку за сценаріями A1B та RCP4.5у порівнянні з базовим періодом

Як видно з таблиці 4.3 та рисунка 4.3 за базовий період значення фотосинтетичного потенціалу (ФСП) становили 530 м^2/м^2. Розрахунки за обома сценаріями показали, що в період з 2021 по 2050 рр. за сценарієм А1В відбудеться збільшення фотосинтетичного потенціалу до 560 м^2/м^2, що становить 30 м^2/м^2 чи 6% від базового значення. Зміна кліматичних умов за сценарієм RCP4.5 призведе до зменшення ФСП до 480 м^2/м^2. Тобто різниця у порівнянні з базовим варіантом становить 50 м^2/м^2 або 9%.

Динаміка площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовлює і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. На рис. 4.4 представлена динаміка накопичення сухої загальної маси посівів в умовах зміни клімату за обома сценаріями в порівнянні з базовим періодом для умов Полтавської області.

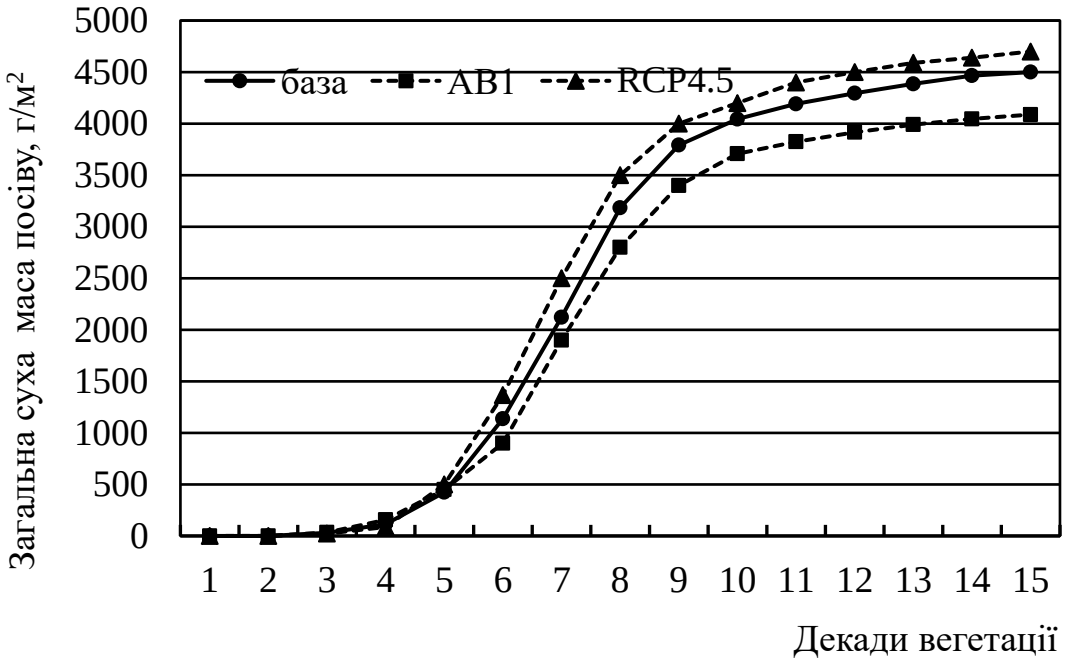

Рисунок 4.4 - Динаміка накопичення сухої загальної маси посіву цукрового буряку за сценаріями А1В та RCP4.5 у порівнянні з базовим періодом

Накопичення загальної біомаси за усіма варіантами до дев'ятої декади вегетації проходить досить швидкими темпами. Найбільш високі прирости загальної біомаси спостерігаються в 8 – 10 декадах вегетації. За рахунок змін кліматичних умов першого сценарію приріст сухої загальної біомаси у період максимального росту збільшиться з 91 до 98 г/м^2 за день, тобто зростання становить відповідно 7 г/м^2, або 8%. За рахунок змін кліматичних умов другого сценарію приріст сухої загальної біомаси у період максимального росту зменшиться з 91 до 80 г/м^2 за день, тобто зменшення становить відповідно 11 г/м^2 або 12%.

Як видно з даних табл. 4.3, за базових умов загальна суха біомаса посіву цукрового буряку на кінець вегетаційного періоду становить 4534 г/м^2. За рахунок змін кліматичних умов сценарію A1B суха загальна біомаса на кінець вегетації збільшиться до 4693 г/м^2. За рахунок змін кліматичних умов сценарію RCP4.5 суха загальна біомаса посіву на кінець вегетації у Полтавській області зменшиться до 4088 г/м^2. Тобто збільшення маси посіву становить відповідно 159 г/м^2 або 4%, а зменшення, відповідно, 446 г/м^2 або 10%.

Збільшення чи зменшення показників фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку в Полтавській області в умовах зміни клімату, в залежності від обраного сценарію, обумовить і зміни сухої маси коренеплоду, а також кінцевого урожаю коренеплодів при стандартній вологості (табл. 4.3, рис. 4.5). З рисунка 4.5 можна бачити, що ріст маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 6-12 декад вегетації, наприкінці вегетаційного періоду темп росту дещо зменшується, у коренеплоді активно накопичується цукор.

За рахунок зміни кліматичних умов сценарію A1B відбудеться підвищення сухої маси коренеплоду до 2800 г/м^2 (проти 2745 г/м^2 у базовий період). За рахунок зміни кліматичних умов за сценарієм RCP4.5 відбудеться зменшення сухої маси коренеплоду до 2540 г/м^2 (проти 2745 г/м^2 у базовий період).

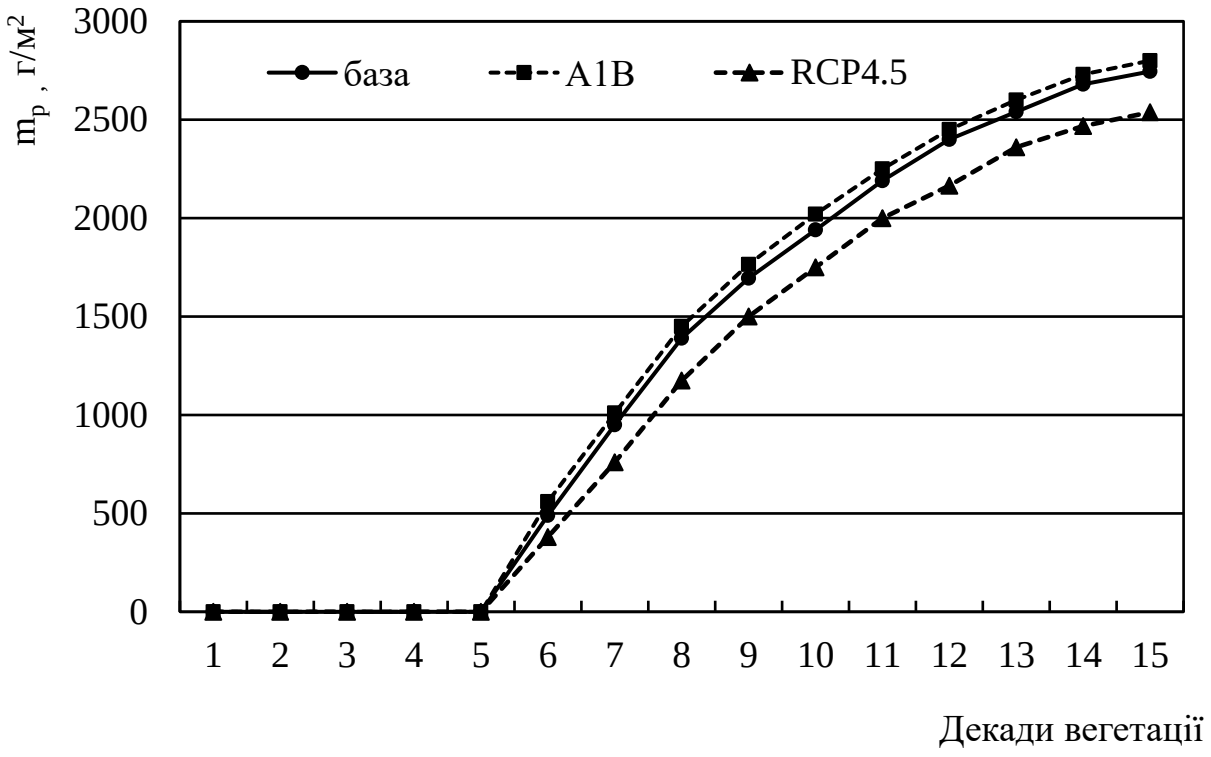

Рисунок 4.5 - Динаміка накопичення сухої загальної маси коренеплоду цукрового буряку за сценаріями A1B та RCP4.5 у порівнянні з базовим періодом

За умов зміни клімату за сценарієм A1B у 2021-2050 рр. урожай коренеплодів у Полтавській області зросте порівняно з базовим періодом дуже незначно - з 453 до 459 ц/га (на 6 ц/га або 1%). За умов зміни клімату за сценарієм RCP4.5 у 2021-2050 рр. урожай коренеплодів у Полтавській області зменшиться порівняно з базовим періодом більш суттєво: з 453 до 419 ц/га (на 34 ц/га або 8%). Результати аналогічних розрахунків були опубліковані в [34].

У цілому можна зробити висновок, що для бурякосійної території Полтавської області за умов реалізації сценарію A1B очікуються умови, вельми сприятливі для вирощування цукрового буряку та підвищення його урожайності. Таким чином за цим сценарієм слід очікувати незначного підвищення врожаїв цукрового буряку протягом періоду до 2050 рр. Дещо інша ситуація очікується за умов реалізації сценарію RCP4.5. Однак, слід

відзначити, що деяке зменшення ступеня вологозабезпеченості вегетаційного періоду не спричинить дуже суттєвого зменшення урожаїв коренеплодів.

Це, по-перше, можна пояснити тим, що вегетаційний період цукрового буряку є дуже тривалим, а культура хоча і висуває досить великі вимоги до зволоження, однак здатна економно витрачати вологу протягом вегетації. Неабияку роль у цьому відіграє потужна коренева система рослин, що здатна приникати на глибину більше 1,5 м і потребляти ґрунтову вологу з більш глибоких горизонтів. Також слід відзначити, що наприкінці вегетації (вересень-жовтень) у коренеплоді відбувається активне накопичення цукру, чому сприяє суха і ясна погода. Тому мала кількість або відсутність опадів у цей час входить у розрахунок вологозабезпеченості, але фактично не зменшує урожай. Тому перспективи вирощування цукрового буряку у Полтавській області, як однієї з областей Центрального Лісостепу, за умов змін клімату є досить сприятливими.

5 ПЕРСПЕКТИВИ ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА З ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Із року в рік сільськогосподарські виробники, що спеціалізуються на вирощуванні буряків цукрових, модернізують як існуючі виробничі потужності з переробляння їх на цукор, так і встановлюють нові потужності для переробляння побічних продуктів на біопаливо (етанол, біогаз, гранульований жом). Це дозволяє зменшити витрати природного газу, заміщуючи його відновлювальним біопаливом власного виробництва [35].

Країни з розвиненим промисловим виробництвом потребують великої кількості енергоресурсів. Більшість країн, зокрема Україна, імпортують енергоносії з-за кордону, в той час, як додавання до бензинів біоетанолу дозволило б значно зменшити обсяги імпорту. У країнах ЄС обов'язкова частка додавання біоетанолу в пальне становить 10%, у Сполучених Штатах – 35%. У вітчизняному новому законодавстві розглядається можливість додавання біоетанолу до бензину [36].

Біоетанол додається до бензину з метою покращання його екологічних характеристик. Додавання біоетанолу в бензин підвищує вміст кисню, що дозволяє досягти більш повного його згоряння, при цьому знизити викиди CO_2 на 30%. На сьогоднішній день біоетанол покриває більше 6% всього світового споживання моторного палива. Біоетанол застосовується переважно у вигляді паливних сумішей для підвищення октанового числа. Добавляння до бензину 10% біоетанолу дозволяє на 50% зменшити викиди аерозольних частинок, а викиди оксиду вуглецю (CO_2) – на 30%.

Біоетанол порівняно з традиційним бензином має такі переваги [35]:

- нижчу температуру згоряння, що зменшує зношуваність двигуна;
- високе октанове число, чого важко досягнути в звичайних бензинах;
- високу антидетонаційну стійкість;

- низький вміст ароматичних вуглеводнів та повну відсутність бензопірену;
- відсутні важкі вуглеводні, завдяки чому пробіг автомобіля між зміною мастила на біопаливі більший ніж на бензині;
- виробництво біопалива є екологічно безпечнішим та технологічно простішим у порівнянні із виробництвом будь-якого бензину.

В умовах України буряки цукрові є найбільш перспективною культурою для виробництва біоетанолу, яке має здійснюватися на модернізованих цукрових заводах. За оцінками експертів ООН, з початку XX ст., збільшення викидів CO_2 становило від 0,5 до 5% на рік. Тільки за рахунок спалювання викопного палива за останні сто років в атмосферу надійшло 400 млрд. т вуглекислого газу.

Згідно Директиви 28/2009/ЄС рідке та газоподібне біопаливо, яке виготовляється на заводах, введених в експлуатацію після 2017 року, має забезпечити скорочення викидів парникових газів на 60% порівняно з використання традиційного палива. Цією ж Директивою передбачено стандартні значення обсягів скорочення парникових газів для певних виробництв. Зокрема встановлено, що біоетанол, отриманий із буряків цукрових забезпечує скорочення викидів парникових газів на 52%, зерна кукурудзи – на 49%, цукрової тростини та сорго – на 71%, зерна пшениці – 16% [37].

Відомо, що переважна більшість викидів парникових газів, пов’язаних з використанням біоетанолу з буряків цукрових здійснюється під час їх вирощування. Це говорить про необхідність змін технологій вирощування сировини, зокрема використання безполицевого основного обробітку ґрунту та інших практик використання земель, які підтвердили високий потенціал збереження вуглецю і отже дозволять господарствам виконати вимоги скорочення викидів парникових газів у майбутньому [35].

Визначальною ланкою в сучасних агрофітоценозах в якості генетичного фактору є сорт. На сьогоднішній день у Державний реєстр сортів рослин,

придатних для поширення в Україні на 2020 рік занесено 227 вітчизняних та зарубіжних сортів та гібридів буряків цукрових [38]. За належного виконання всіх елементів технології вирощування, ці сорти та гібриди дають досить високі показники продуктивності та виходу біопалива з них.

Серед них рекомендованими можуть бути такі гібриди вітчизняної селекції, як: Олександрія, Білоцерківський ЧС 57, Кварта, Злука, Ромул, Рамзес. Врожайність коренеплодів таких гібридів сягає більше 50 т/га, при цьому їх цукристість досягає 17-18% і більше. Тому їх можна впевнено рекомендувати для виробництва біоетанолу, так як вихід біопалива з коренеплодів буряків цукрових перелічених вище гібридів становить 4,22-5,42 т/га [35].

Використання цукрових буряків для переробки на біопаливо широко розвивається розпочато й в США та ряді інших країн. Тому Україні, як традиційно буряковій державі, доцільно, використовувати цукрові буряки як сировину для виробництва біопалива. До цього зобов'язує і Закон України від 19 червня 2012 року № 4970-VI, яким рекомендовано у теперішній час довести вміст біопалива в моторних бензинах до 7%. При споживанні бензинів в Україні на рівні приблизно 4,7 млн. т в рік, необхідна кількість біоетанолу в якості добавок становить 329 тис. т або 438 мільйонів літрів [39].

До 40% загальної кількості спирту, що виробляється спиртовими заводами виробляється з меляси. На рис. 5.1 представлена схема переробки меляси.

Розрахунок виходу біоетанолу з сировини цукрових буряків за методикою [35] здійснюємо за формулою (5.1):

$$\mathrm{M} = \frac{U \cdot S \cdot b \cdot k}{100}, \tag{5.1}$$

де M – вихід біоетанолу з 1 га енергетичних цукрових буряків, т/га; U – урожайність коренеплодів. т/га; S – цукристість коренеплодів, %; b –

коефіцієнт виходу біоетанолу з цукру, *b*=0,51; *k* – коефіцієнт заводського виходу біоетанолу, *k*=0,9.

Рисунок 5.1 – Функціональна схема безвідходної переробки меляси [35]

Для розрахунку виходу біоетанолу використовуємо хімічну формулу спиртового бродіння:

$$C_6 H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH + 2\ CO_2 \qquad (5.2)$$

Згідно формули хімічної реакції (5.2) з 1 кг цукру (глюкози) можна отримати 510 г біоетанолу та 490 г вуглекислого газу. Отже коефіцієнт b, який характеризує вихід біоетанолу з цукру становить *b*=0,51.

Сучасні заводи з виробництва біоетанолу забезпечують заводський вихід на рівні 86…92%, тому коефіцієнт заводського виходу рекомендується приймати *k*=0,9 [35].

Щоб визначити вихід енергії з біоетанолу, отриманого з одного гектара посівів цукрових буряків необхідно масу отриманого біоетанолу помножити на його енергоємність:

$$E_{\text{м}} = \text{M} \cdot \text{e}_{\text{м}} \tag{5.3}$$

де $E_м$ – вихід енергії, ГДж/га; М – вихід біоетанолу з 1 га цукрових буряків, т/га; $e_м$ – енергоємність біоетанолу, ГДж/т (25 ГДж/т).

Приклад розрахунку:

Урожайність коренеплодів цукрових буряків за умов реалізації сценарію А1В становить 45,9 т/га, середня цукристість – 16%. За формулою (5.1) маємо:

M_{A1B} = 45,9 ·16 · 0,51· 0,9 / 100 = 3,37 т/га біоетанолу.

За формулою (5.3) розраховуємо кількість енергії, яку можна отримати від спалювання 3,37 т біоетанолу:

E_M = 3,37 · 25 = 84,25 ГДж/га.

Отже, з 1 га посівів енергетичних цукрових буряків за умов реалізації сценарію А1В (тобто врожайності коренеплодів 45,9 т/га) можна отримати 3,37 т біоетанолу, що еквівалентно 84,25 ГДж енергії.

Аналогічні розрахунки для умов реалізації сценарію RCP4.5 показали:

$M_{RCP4.5}$ = 41,9 ·16 · 0,51· 0,9 / 100 = 3,08 т/га біоетанолу.

E_M = 3,08 · 25 = 77,0 ГДж/га.

Також нами було зроблено спробу оцінити можливості Полтавської області по виробництву альтернативного палива – біоетанолу з цукрових буряків в умовах зміни клімату на період до 2050 р. Розрахунки були

виконані за умов збереження посівних площ культури на середньому за останні п’ять років рівні, коли вони за даними Головного управління статистики у Полтавській області складали 32,5 тис. га [9].

За результатами розрахунків можна сказати, що за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B, коли очікувана врожайність цукрового буряку складатиме 459 ц/га, вихід біоетанолу з 1 га при такій урожайності становить 3,37 т, а посівна площа - 32500 га, можливо отримати 109,5 тис т біоетанолу.

За умов реалізації сценарію RCP4.5, коли урожайність становитиме 419 ц/га, вихід біоетанолу з 1 га – 3,08 т, посівні площі на рівні 32500 га, можна отримати 100 тис т біоетанолу.

Враховуючи, що, як зазначалося вище, необхідна кількість біоетанолу в якості добавок до моторних бензинів має становити 329 тис т, можна зробити висновок, що бурякосійні території Полтавської області здатні на третину задовільнити загальні потреби нашої держави щодо біоетанолу за умов зміни клімату.

Цукрові буряки – це не тільки біоетанол, а й потужне джерело біогазу. Серед усіх поновлюваних енергій біогаз має особливий статус, оскільки він знаходить різноманітне застосування в електроенергетиці, виробництві тепла та використовується в якості пального, а також може постійно вироблятися, відповідно до потреб, на основі наявної місцевої сировини.

Виробництво біогазу дасть можливість зменшити енергозалежність України, створити нові робочі місця, вирішити проблеми утилізації відходів, зокрема, рослинництва, покращити екологічну ситуацію.

Після переробки 1 т коренеплодів на цукор залишається 238 кг пресованого жому. Вихід біогазу з 1 т пресованого жому дорівнює 100 м^3 [39].

Якщо посівні площі під цукровим буряком залишаться до 2050 р. на рівні 32,5 тис. га, то щорічний валовий збір коренеплодів за сценарієм A1B становитиме 1491750 т. Після переробки на цукор у цьому випадку залишиться приблизно 355 тис т пресованого жому. З цієї кількості жому можна отримати 35500 тис м^3 біогазу. За сценарієм RCP4.5 валовий збір

коренеплодів становитиме 1361750 т. Після переробки на цукор у цьому випадку залишиться приблизно 324 тис т пресованого жому. З цієї кількості жому можна отримати 32400 тис $м^3$ біогазу.

Відомо, що з 1 $м^3$ біогазу можна отримати 3,1 Квт теплової енергії, або 2,1 Квт електроенергії, яку можна використовувати для потреб заводу, опалення місцевих тепломереж [39]. Тому можна сказати, що за умов реалізації сценарію A1B з отриманого біогазу можна буде отримати близько 68 Гвт (Гвт – мільярд ват) тепла і 99,5 Гвт електроенергії. За умов реалізації сценарію RCP4.5 ці величини відповідно складатимуть 62,3 Гвт тепла і 90,8 Гвт електроенергії.

Прикладом діючого біоенергетичного комплексу саме у Полтавській області є комплекс Глобинського цукрового заводу, що входить до восьми найбільших діючих цукрових заводів на території України. Цей комплекс є комплексом з повністю замкненим циклом виробництва. Проектна потужність комплексу становить 150 тис. $м^3$ біогазу на добу, що еквівалентно 75 тис. $м^3$ природного газу. Газ, що виробляється, постачається на Глобинський соєпереробний та на Глобинський цукровий заводи.

Також треба відзначити, що біогазові установки на теперішній час діють і на базі інших цукрових заводів, що розташовані у багатьох областях України. Таким чином, враховуючи, що на території Центрального Лісостепу, і, зокрема, Полтавської області, створені всі умови для розвитку виробництва біопалива на базі цукрововиробної промисловості, можна сказати, що є цілком реальні перспективи вирощування цукрового буряку не тільки в якості джерела для виробництва цукру, а й джерела для біоенергетичного використання.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Полтавська область є однією з областей Центрального Лісостепу України, одним з лідерів з виробництва цукру. Саме з Полтавською областю пов'язане започаткування розвитку виробництва насіння цукрового буряку.

2. Аналіз сучасних урожаїв цукрового буряку за допомогою методу гармонійних вагів показав, що за 1995-2019 рр. відбувався вельми активний ріст трендової компоненти, що свідчить про суттєве підвищення рівня культури землеробства. Середня за 25 років досліджень урожайність склала 312 ц/га. Тенденція урожайності, визначена за допомогою методу гармонійних вагів, додатна і складає 13,6 ц/га. Протягом перших дев'яти років дослідження урожайність не піднімалась вище 140-200 ц/га. у 2013, 2015 та 2016 рр. було зібрано найбільші урожаї цукрового буряку – 493, 488 та 545 ц/га.

Аналіз кліматичної складової мінливості урожайності цукрового буряку показав, що територію Полтавської області можна віднести до зони стабільних урожаїв. Ймовірнісний аналіз показав, що урожаї порядку 400 ц/га отримували у Полтавській області за досліджений період лише у трьох роках з десяти. А щорічно забезпечені урожаї лише 145 ц/га.

3. У зв'язку з цим, що факт глобального потепління не викликає сумнівів, нами було розглянуто тенденції зміни агрокліматичних умов формування продуктивності цукрового буряку з використанням двох сценаріїв зміни клімату в Україні – сценарії A1B та RCP4.5 на період до 2050 року. Як теоретична основа для виконання розрахунків була використана розроблена 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 за період 2021-2050 рр.

4. Аналіз основних агрокліматичних характеристик температурного режиму та умов зволоження вегетаційного періоду цукрового буряку (дати настання основних фаз розвитку, суми активних температур, середні температури, суми опадів, випаровування, випаровуваність та вологозабезпеченість) свідчить про те, що:

- за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B умови вегетації цукрового буряку у Полтавській області суттєво не зміняться;

- за умов реалізації сценарію зміни клімату RCP4.5 вегетація проходитиме на фоні деякого погіршення умов зволоження.

В цілому можна сказати, що за умов реалізації обох сценаріїв агрокліматичні умови вегетаційного періоду цукрового буряку на всій бурякосійній території Полтавської області залишаться досить сприятливими для вирощування цієї важливої сільськогосподарської культури.

5. Під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування цукрового буряку відбудеться і зміна показників фотосинтетичної діяльності його посівів, що обумовлюють рівень урожайності культури. Аналіз цих показників (розміри фотосинтезуючої площі та фотосинтетичний потенціал посівів, а також показники приростів рослинної біомаси) свідчить про те, що:

- для території Полтавської області очікувані за сценарієм A1B зміни клімату будуть позитивно впливати на продуктивність цукрового буряку, урожай коренеплодів очікується дещо більше за базови;

- очікувані за сценарієм RCP4.5 зміни клімату будуть менш сприятливими для формування урожайності посівів, урожай очікується дещо менший за базовий.

6. Результати розрахунків можливостей цукрової промисловості Полтавської області по виробництву альтернативного палива – біоетанолу з цукрових буряків показують, що:

- за умов реалізації сценарію зміни клімату A1B за рік можливо отримати 109,5 тис т біоетанолу;

- за умов реалізації сценарію RCP4.5 за рік можна отримати 100 тис т біоетанолу.

Згідно з до законодавства України, необхідна кількість біоетанолу в якості добавок до моторних бензинів має становити 329 тис т, тому можна зробити висновок, що бурякосійні території Полтавської області здатні на третину задовільнити загальні потреби нашої держави щодо біоетанолу за умов зміни клімату.

Аналіз можливого виробництва біогазу також показав, що у Полтавській області є усі умови для розвитку цієї галузі біоенергетики.

7. Отримані результати дозволяють рекомендувати виробникам сільськогосподарської продукції більше уваги приділяти саме цукровим бурякам як сировині для отримання альтернативних джерел палива, модернізувати цукрові та спиртові заводи, а також на юридичному рівні підтримувати виконання закону "Про альтернативні види палива".

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Н.В. Роик, И.Я. Балков 120 лет отечественной селекции / Збірник наукових праць Інституту цукрових буряків УААН. 2008. Вип. 10. С. 19-39.

2. Лісневич Л.О., Рижук С.М. Зародження та становлення селекції цукрових буряків в Україні / Історія науки і біографістика (електронне фахове видання). 2010.

3. Тарабрін О.Є. Розвиток селекції та насінництва цукрових буряків: історико-науковий аналіз / Селекція і насінництво. 2011. Вип. 100. С. 328-337.

4. Шиндин А.П., Лебедева А.Б. Сахарная свекла. Интенсивная технология возделывания. Москва: РосАгроХим, 2013. 268 с.

5. О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко Рослинництво: Підручник. Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.

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

7. Рожков А.О., Огурцов Є.М. Рослинництво: навч. посібник. Харків: Тім Пабліш Груп, 2017. 363 с.

8. Текутьева Л.А., Сон А.М., Ященко А.С. Проблемы использования свекловичной мелассы в российском кормопроизводстве / Электронный научный журнал «Apriori. Серия: естественные и технические науки». 2015. Вып. 2. С. 1-12.

9. Електронний ресурс Головного управління статистики у Полтавській області. Режим доступу: http: // www.pl.ukrstat.gov.ua

10. Калетнік Г. М. Перспективи економічного зростання вітчизняного бурякоцукрового виробництва / Вісник аграрної науки. 2009. № 11. С. 68-70.

11. Динько І. Сучасний стан цукрової галузі України: проблеми та перспективи розвитку / Економіст. 2012. № 4. С. 40-41.

12. Бондар В.С. Цукрові буряки, як відновлювальне джерело біоенергетики / Вісник цукровиків України. 2014. № 1 (92). С. 22-25.

13. Доронін А.В. Ефективність виробництва біоетанолу з продукції переробки цукрових буряків в Україні / Економіка та управління в АПК. 2013. № 10. С. 145-148.

14. Калетнік Г. М. Розвиток ринку біопалив в Україні: моногр. Київ: Аграр. Наука. 2008. 427 с.

15. Екологічний паспорт Полтавської області (2019 рік). http://www.adm-pl.gov.ua/news/oprilyudneno-ekologichniy-pasport-poltavskoyi-oblasti

16. Екологічний атлас Полтавщини. Навчальне видання За ред. Ю.С. Голіка, В.А. Барановського, О.Е. Ілляш. Полтава: Полтавський літератор, 2007. 128 с.

17. Географія Полтавщини [Електронний ресурс] / «Географія Полтавщини». 2010. Режим доступу: geo.pnpu.edu.ua.

18. Агрокліматичний довідник по Полтавській області (1986-2005 рр.). За редакцією Т. І. Адаменко. Дніпропетровськ, 2013. 198 с.

19. Буряківництво. Навчальний посібник. Полтава, 2007. 216 с.

20. Вольвач О.В., Вольвач В.В. Агрометеорологічні вимірювання. Підручник. Одеса: Екологія, 2006. 200 с.

21. Сушков М.Д. Возделыванию сахарной свеклы – научную основу / Достижения науки и техники в АПК. 2007. № 4. С. 52-55.

22. Технічні культури: навч. посібник / За ред. О.С. Городецького. Біла Церква, 2018. 288 с.

23. В.В. Гангур, І.П. Браженко, І.В. Крамаренко, П.Г. Сокирко, О.І. Лень, К.П. Удовенко Порівняльна оцінка продуктивності посівів буряку цукрового при вирощуванні беззмінно та в сівозміні / Вісник ДДАЕУ. 2011. № 1. С.12-15.

24. О.А. Минакова, Тамбовцева Л.В., Александрова Л.В. Приемы повышения урожайности сахарной свеклы в зоне неустойчивого увлажнения Центрально-Черноземного региона. Вестник Курганской ГСХА, 2015. № 1. С. 31-34.

25. Роїк М.В., Кононюк Н.О. Формування біометричних показників гібридів буряків цукрових залежно від мінерального удобрення та строків збирання / Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків, 2018. Вип. 26. С. 177-187.

26. Роїк М.В., Кононюк Н.О. Особливості впливу елементів технології вирощування на фотосинтетичну активність посівів буряків цукрових Наукові праці інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків, 2019. Вип. 27. С. 67-76.

27. Цвей Я.П., Тищенко М.В., Герасименко Ю.П., Філоненко С.В., Ляшенко В.В. Обробіток ґрунту, добрива та продуктивність цукрових буряків / Вісник Полтавської державної аграрної академії, 2018. № 1. С. 42-48.

28. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1983. 175 с.

29. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1986. 115 с.

30. Вольвач О.В. Мельник М.В. Аналіз динаміки урожайності цукрового буряку в Полтавській області. // Матеріали І Міжнародної науково-практичної Конференції “Енергетична незалежність сільських територій як пріоритетна модель розвитку: міжнародний та вітчизняний досвід” (Полтава, 20 травня 2020 р.). Полтава: РВВ ПДАА, 2020. С. 63-66 с.

31. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1988. 319 с.

32. Польовий А.М. Моделювання продуктивності агроекосистем / Вісник ОДЕКУ. 2005. Вип. 1. С. 79-86.

33. Полевой А.Н.. Моделирование фотосинтеза зеленого листа у растений типа C_3 и C_4 при изменении концентрации CO_2 в атмосфере / Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2010. Том XXIII. С. 297-315.

34. Мельник М.В. Фотосинтетична продуктивність цукрового буряку в Полтавській області // Матеріали XIX наукової конференції молодих вчених ОДЕКУ, 25-29 травня. Одеса: ОДЕКУ. 2020. С. 50.

35. Хіврич О.Б Технологія вирощування буряків цукрових як сировини для виробництва біоетанолу (лекція) / Матеріали Курсів підвищення кваліфікації за напрямком «Біоенергетика» в Інституті біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України (21-25 вересня 2020 р.). Режим доступу: https://www.bio.gov.ua/bioenergy/news/lekciynyy-material-za-napryamkamy-bioenergetyka-ta-biotehnologiya-vid-naukovciv-instytutu

36. Законопроект України про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо розвитку сфери виробництва рідкого палива з біомаси та впровадження критеріїв сталості рідкого палива з біомаси та біогазу, призначеного для використання в галузі транспорту №7348/П від 12.04.2018

37. Директива 2009/28/ЕС Режим доступу: http://eurlex.europa.eu/ legalcontent/ EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN

38. Державний Реєстр сортів рослин, придатних для поширення в Україні на 2020 рік // Міністерство агрополітики і продовольства України.

39. Бондар В.С. Цукрові буряки, як відновлювальне джерело біоенергетики / Вісник цукровиків України. 2014. № 1 (92). С. 22-25.