ЗАХИСТ І ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САМОВІДНОВЛЕННЯ ЕКОСИСТЕМ

колективна монографія

Полтавське відділення академії наук технологічної кібернетики України

ЗАХИСТ І ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ РІВНОВАГИ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САМОВІДНОВЛЕННЯ ЕКОСИСТЕМ

Колективна монографія

Полтава – 2023

УДК 502/504(02.064)
З-12

Рецензенти:

В. І. Троценко, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри рослинництва Сумського національного аграрного університету
М. Я. Шевніков, доктор сільськогосподарських наук, професор, директор Відокремленого структурного підрозділу «Аграрно-економічний фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету»

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Полтавським відділенням академії наук технологічної кібернетики України (протокол № 11 від 25.01.2023 р.)

З-12 **Захист і відновлення екологічної рівноваги та забезпечення самовідновлення екосистем** : колективна монографія ; за заг. ред. Т. О. Чайки. Полтава : Видавництво ПП «Астрая», 2023. 308 с.

У колективній монографії викладено результати досліджень щодо захисту і відновлення екологічної рівноваги та забезпечення самовідновлення екосистем. Розглянуто питання щодо відновлення деградованих і забруднених земель та ґрунтів з використанням інноваційних технологій. Розкрито питання розвитку та впровадження альтернативних джерел енергії. Наведено напрями екологізації сільськогосподарського виробництва та переробки продукції. Досліджено стан і напрями подолання екологічного забруднення екосистем через воєнні дії в Україні.

Розраховано на науковців, викладачів, керівників і спеціалістів органів державного управління, фахівців агроформувань, аспірантів, студентів і всіх, хто цікавиться питаннями щодо відновлення екологічної рівноваги та забезпечення самовідновлення екосистем.

ISBN 978-617-7915-85-9

Автори вміщених матеріалів висловлюють власну думку, яка не завжди збігається з позицією редакції. За зміст матеріалів відповідальність несуть автори.

© Колектив авторів, 2023

РОЗДІЛ 2

РОЗВИТОК І ВПРОВАДЖЕННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

2.1. Перспективи біоенергетичного використання цукрового буряку в Полтавській області за умов змін клімату

Вольвач О. В., Колосовська В. В., Мельник М. В.
Одеський державний екологічний університет

У сучасному світі сьогодні відбуваються складні, досить суперечливі процеси розвитку альтернативних відновлюваних джерел енергії – сонця, вітру, цілого ряду біоенергетичних культур, у тому числі і продовольчих, з яких одержують при переробці біоетанол, біодизель, біогаз та тверді види палива.

Сільськогосподарські виробники, що спеціалізуються на вирощуванні цукрових буряків, постійно модернізують наявні виробничі потужності з переробляння їх на цукор, а також 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 [79].

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 законодавстві також розглядається можливість поетапного збільшення вмісту біоетанолу в бензинах моторних, що виробляються та/або реалізуються на території України [80].

Біоетанол додається до бензину з метою покращання його екологічних характеристик. Додавання до бензину 10 % біоетанолу дозволяє на 50 % зменшити викиди аерозольних частинок, а викиди оксиду вуглецю (CO) – на 30 % [79].

В процесі переробки цукрових буряків на цукор з відходів бурякоцукрового виробництва – меляси та дифузійного соку – можна

---

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

[80] Про альтернативні види палива : Закон України від 14.01.2000 р. № 1391-XIV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text.

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 [81, 82].

Таким чином 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 % [83].

Визначальною ланкою в сучасних агрофітоценозах в якості генетичного фактору є сорт. На сьогоднішній день в Україні створені сорти та гібриди буряків цукрових, що за належного виконання всіх елементів технології вирощування, дають досить високі показники продуктивності та виходу біопалива з них. Серед них 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 [79].

---

[81] Бондар В. С. Цукрові буряки, як відновлювальне джерело біоенергетики. *Вісник цукровиків України*. 2014. № 1 (92). С. 22–25.

[82] Доронін А. В. Ефективність виробництва біоетанолу з продукції переробки цукрових буряків в Україні. *Економіка та управління в АПК*. 2013. № 10. С. 145–148.

[83] Директива 2009/28/ЕС. URL: http:// eurlex.europa.eu/legalcontent/ EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32009L0028&from=EN.

Протягом останніх двадцяти років на кафедрі агрометеорології та агроекології Одеського державного екологічного університету успішно функціонує наукова школа математичного моделювання продуктивності сільськогосподарських культур, започаткована завідувачем кафедри академіком Вищої школи України А. М. Польовим.

У нашому дослідженні в якості теоретичної основи для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані розроблені А. М. Польовим модель формування продуктивності агроекосистеми [84] та модель фотосинтезу посіву при зміні концентрації CO_2 в атмосфері [85]. За допомогою динамічної моделі було проаналізовано вплив можливих змін клімату на агрокліматичні умови вирощування, фотосинтетичну продуктивність посівів цукрового буряку на його урожайність у Полтавській області. Також було визначено можливості Полтавської області для виробництва біопалива з цукрового буряку за умов зміни клімату.

Дослідження проводилися шляхом порівняння результатів, отриманих за базовий період (1986–2005 рр.) та результатів, очікуваних за відомими сценаріями змін клімату до 2050 р. – кліматичний або сценарний період). Обрані для розрахунків сценарії A1B та RCP4.5 детально охарактеризовані у двох монографіях, виданих колективом викладачів Гідрометеорологічного науково-навчального інституту ОДЕКУ [86, 87].

Ідентифікація моделі формування урожайності сільськогосподарських культур виконана на основі середньобагаторічних матеріалів агрометеорологічних спостережень по Полтавській області [88] та даних середньої обласної урожайності цукрового буряку [89]. 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.

---

[84] Польовий А. М. Моделювання продуктивності агроекосистем. *Вісник ОДЕКУ*. 2005. Вип. 1. С. 79–86.

[85] Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А., Адаменко Т. І. Вплив підвищення концентрації CO_2 в атмосфері на фотосинтетичну продуктивність посівів в умовах зміни клімату. *Тез. доп. Другого Всеукр. гідрометеорологічного з'їзду* (м. Одеса, 7–9 жовт. 2021 р.). Одеса, 2021. С. 28–29.

[86] Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України : монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса : ТЕС, 2015. 520 с.

[87] Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату : монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса : ТЕС, 2018. 549 с.

[88] Агрокліматичний довідник по Полтавській області (1986–2005 рр.) / за ред. Т. І. Адаменко. Дніпропетровськ, 2013. 198 с.

[89] Електронний ресурс Головного управління статистики у Полтавській області. URL: http://www.pl.ukrstat.gov.ua.

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. 1.

1. Фази розвитку цукрового буряку за базовими 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

Джерело: авторські дослідження.

За даними 1986–2005 рр. (базовими), терміни сівби цукрового буряку майже співпадають з датами переходу температури повітря через 10 ºС, і в Полтавській області сівба відбувається 25 квітня. Появлення сходів цукрового буряку, як показали наші розрахунки, спостерігається при накопиченні суми активних температур порядку 200–210 ºС. 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 ºС. За базовими умовами фаза початку росту кореню спостерігається 1 червня. Від початку росту коренеплоду до пожовтіння нижнього листя у базових умовах накопичується близько 1560 ºС, і ця фаза спостерігається 18 серпня.

За умов реалізації першого сценарію зміни клімату – A1B – 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 A1B 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 A1B вегетаційний період зсувається у бік більш ранніх дат приблизно на два тижні.

Протилежна ситуація спостерігається за умов реалізації сценарію RCP4.5. З таблиці 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 табл. 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. 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 16,0 ºС, за сценарними варіантами вона також зміниться. Причому, зміни за сценарієм A1B будуть досить суттєвими – температура зменшиться до 14,5 ºС, тобто на 1,5 ºС. За умов реалізації сценарію RCP4.5 період сходи – початок росту коренеплоду буде також проходити при зниженій температурі, яка становитиме 15,1 ºС, тобто буде на 0,9 ºС менше за базову.

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 (20,6 ºС, 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 19,7 ºС.

2. Агрокліматичні умови вирощування цукрового буряку за базовими даними (1986–2005 рр.) та сценаріями зміни клімату

Період, сценарій	Сходи – початок росту коренеплоду		Початок росту коренеплоду – пожовтіння нижн. листя		Вегетаційний період		$E_ф$, мм	$E_о$, мм	V, %
	$t_{СР}$, °С	сума опадів, мм	$t_{СР}$, °С	сума опадів, мм	сума акт. т-р, °С	сума опадів, мм			
Базовий	16,0	51	19,8	156	2580	292	321	524	61
A1B	14,5	37	20,6	177	2855	318	360	590	61
Різниця	-1,5	-14	0,8	21	275	26	39	66	
Різниця, %	-9	-27	4	13	11	9	12	13	0
RCP4.5	15,1	43	19,7	108	2555	217	267	485	55
Різниця	-0,9	-8	-0,1	-48	-25	-75	-54	-39	
Різниця, %	-5	-16	-1	-31	-1	-26	-17	-7	-6

Джерело: авторські дослідження.

Сума температур за вегетаційний період цукрового буряку у Полтавській області становить за базовим варіантом 2580 °С. За умов реалізації сценарію A1B вона збільшиться до 2855 °С, тобто на 275 °С. За умов реалізації сценарію RCP4.5 зменшення цієї суми буде дуже несуттєвим – до 2555 °С, тобто на 25 °С. Тож 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 не дуже 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 значенням, 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 %.

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 (ФПП), а також кількісні показники приростів рослинної біомаси (таблиця 3).

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

За рахунок зміни кліматичних умов за сценарієм A1B 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. 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 %.

За рахунок зміни кліматичних умов за сценарієм RCP4.5 відбудеться зменшення максимальної відносної площі листя до 5,90 м^2/м^2. Тобто зміна кліматичних умов за цим сценарієм призведе до зменшення відносної площі листя на 0,57 м^2/м^2, що становить 9 %. У відповідності із змінами площі листя буде змінюватись і значення фотосинтетичного потенціалу (ФСП).

За базовий період значення ФСП становило 530 м^2/м^2. Розрахунки за обома сценаріями показали, що в період до 2050 рр. за сценарієм A1B відбудеться збільшення ФСП 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 %.

3. Показники фотосинтетичної продуктивності посівів цукрового буряку за базовий період та за сценаріями зміни клімату

Період, сценарій	Період максимального росту		ФПП, м^2/м^2 за вегет. 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, %	3	8	6	4	1
RCP4.5	5,90	80	480	4088	419
Різниця	-0,57	-11	-50	-446	-34
Різниця, %	-9	-12	-9	-10	-8

Джерело: авторські дослідження.

Динаміка площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу обумовлює і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів цукрового буряку. 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 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. 3, за базових умов загальна суха біомаса посіву цукрового буряку на кінець вегетаційного періоду становить 4534 г/м^2. Очікувана за сценарієм A1B суха загальна біомаса на кінець

вегетації збільшиться до 4693 г/м^2, а за сценарієм RCP4.5 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. Збільшення маси коренеплоду найбільш інтенсивно проходить протягом 6–12 декад вегетації, наприкінці вегетаційного періоду темп росту дещо зменшується, а 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).

За умов зміни клімату за сценарієм A1B до 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 урожай коренеплодів зменшиться порівняно з базовим періодом більш суттєво: з 453 до 419 ц/га (на 34 ц/га або 8 %).

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.

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 [90].

Якщо посівні площі під цукровим буряком залишаться до 2050 р. на сучасному рівні 32,5 тис. га, то щорічний валовий збір коренеплодів за сценарієм А1В 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 [90]. Тому можна сказати, що за умов реалізації сценарію А1В 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 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.

---

[90] Бондар В. С. Цукрові буряки, як відновлювальне джерело біоенергетики. *Вісник цукровиків України.* 2014. № 1 (92). С. 22–25.