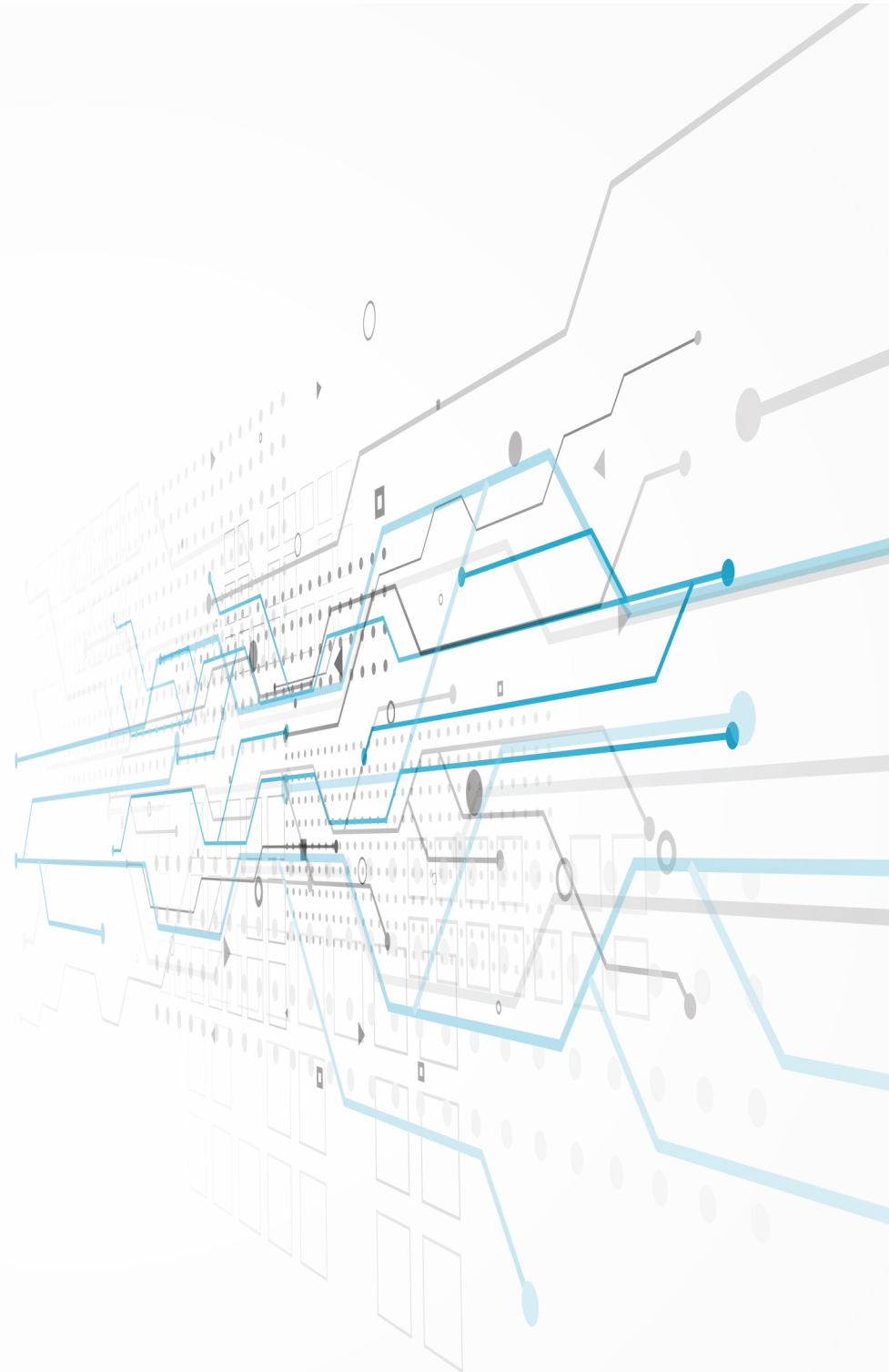




АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ У ПІДВИЩЕННІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА
ЕНЕРГОЗАЛЕЖНОСТІ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ



psaa
POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY



АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА
ЕНЕРГІЇ У ПІДВИЩЕННІ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА
ЕНЕРГОЗАЛЕЖНОСТІ
СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ



ПОЛТАВА 2019

культури – буде й солома. Наприклад, у Данії таке рослинне джерело використовують як енергетичне паливо починаючи з 70-х років, і слід зазначити – дуже успішно. Солома, застосовувана як паливо, зазвичай містить 14–20 % вологи, яка випаровується під час горіння [106].



Рис. 9. Зберігання тюкованої соломи на відкритому повітрі під захисною плівкою

Джерело: дані [103].



Рис. 10. Зберігання тюкованої соломи загорнутої в плівку, на відкритому повітрі

Значна кількість соломи потенційно доступна для використання її в енерговиробництві. Для спалювання соломи ринок пропонує низку котлів/теплообмінників/пальників, спеціально призначених для використання біомаси. Є технічна можливість спалювати солому в кількох формах (нарізка, пелети/ гранули, рулони/тюки) залежно від технології спалювання та конструкційних особливостей котлів.

3.8. Оцінка динаміки вуглецю та викидів CO₂ в польовій сівоzmіні в умовах зміни клімату

*Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А.
Одеський державний екологічний університет*

Проблема родючості ґрунтів та раціональне їх використання є однією із актуальних проблем сучасного землеробства. Одним із найважливіших чинників ґрунтової родючості є вміст та якісний склад гумусу. Зміни вмісту гумусу в ґрунтах визначаються процесами гуміфікації та мінералізації органічних речовин. Динаміка накопичення або втрат гумусу найбільш достовірно вивчається у тривалих

¹⁰⁶ СОЛОМА-ЕКОНОМА: побічні продукти виробництва, як альтернативне джерело енергії. URL : <https://agroday.com.ua/2019/03/11/straw-energy-soloma-yak-alternatyvne-dzherelo-energiyi/> (дата звернення: 02.04.2019).

стаціонарних дослідках, які дозволяють оцінювати вплив різних агротехнічних заходів на гумусовий стан ґрунту [107, 108]. Разом з тим, є актуальною оцінка динаміки гумусу та виділення CO₂ з сільськогосподарських полів в умовах майбутніх змін клімату. Для виконання такої оцінки поєднуються розрахункові методи визначення балансу динаміки вуглецю у ґрунтах та кліматичні сценарії змін клімату.

В основу дослідження було покладено кліматичний сценарій RCP 4,5 і RCP 8.5 та удосконалену нами модель кругообігу вуглецю у ґрунті RothC-26.3, яка описує динаміку чотирьох активних компартментів органічної речовини ґрунту та інертної органічної речовини.

Концепція моделювання динаміки органічної речовини в мінеральних ґрунтах та викидів вуглецю з цих ґрунтів базується на принципах, сформульована для мінеральних ґрунтів у RothC-моделі.

Сутність цих принципів полягає в обґрунтуванні концепції розділення органічного матеріалу рослинних залишків і ґрунту на активні і пасивні компартменти та подальшому кількісному опису їхньої динаміки [109, 110].

Розглядалась польова десятипільна сівозміна з наступним чергуванням культур у сівозміні: конюшина (сіно), озима пшениця, буряк цукровий, кукурудза, горох, пшениця озима, кукурудза, озима пшениця, буряк цукровий, ярий ячмінь. Запаси гумусу в чорноземі опідзоленому в шарі ґрунту 0–20 см становили 82,1 т/га. Розглядалися такі варіанти чисельних експериментів: 1 – вирощування культур без внесення добрив; 2 – внесення мінеральних добрив: N₄₅P₄₅K₄₅ і N₉₀P₉₀K₉₀; 3 – внесення гною: 9 т/га і 18 т/га. За допомогою моделі була виконана оцінка балансу вуглецю у ґрунті та інтенсивність виділення CO₂ з полів сівозміни в умовах майбутніх змін клімату (за період 2021–2050 рр.) у двох варіантах: для всіх полів сівозміни; для окремого поля сівозміни.

Динаміка температурного режиму та режиму опадів, які очікуються за кліматичними сценаріями RCP 4.5 та RCP 8.5 за період 2021–2050 рр., представлені на рис. 1 та рис. 2.

Очікується, що за сценарієм RCP 4.5 річна кількість опадів за період буде становити 535 мм, що складатиме 88 % від середньої багаторічної кількості. Розподіл опадів за роками буде досить нерівномірним. Будуть спостерігатись 5–6 років, коли річна сума опадів буде становити близько 50–65 % базової величини, до 16 років з

¹⁰⁷ Трус О. М., Господаренко Г. М., Прокопчук І. В. Гумус чорнозему опідзоленого та його відтворення. Умань : 2016. 227 с.

¹⁰⁸ Господаренко Г. М., Трус О. М. Баланс гумусу в чорноземі опідзоленому Правобережного Лісостепу за тривалого (45 років) застосування добрив у польовій сівозміні. *Збірник Науковий праць Вінницького НАУ*. 2011. Вип. 8 (48). С. 69–74.

¹⁰⁹ Coleman K., Jenkinson D. S. RothC-26.3 – A model the turnover of carbon in soil. Evaluation of soil organic matter models using existing long-term datasets. *NATO ASI Series*. 1996. Vol. 38. P. 237–246.

¹¹⁰ Полевой А. Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Ленинград : Гидрометеониздат, 1983. 175 с.

кількістю опадів 75–85 % і лише 8 років з кількістю опадів 95–115 % базової суми опадів.

За показником зволоження кількість років, які характеризуються як посушливі – 9, особливо посушливим очікується 2021 та 2046 роки. В ці роки кількість опадів буде становити відповідно 312 та 296 мм (середня багаторічна величина їх становить 611 мм) при середній за літо температурі повітря відповідно 19,6 та 19,9 °С, коефіцієнт зволоження ГТК дорівнює відповідно 0,58 та 0,52, що характеризується як періоди з середньою посухою.

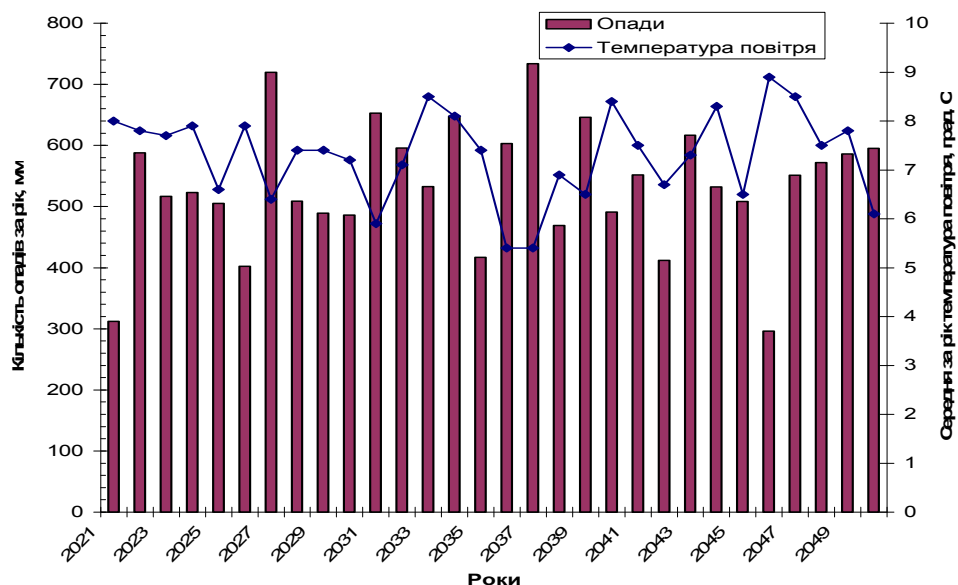


Рис. 1. Динаміка температури повітря та опадів за сценарієм RCP 4.5, 2021–2050 рр.

Джерело: авторські дослідження.

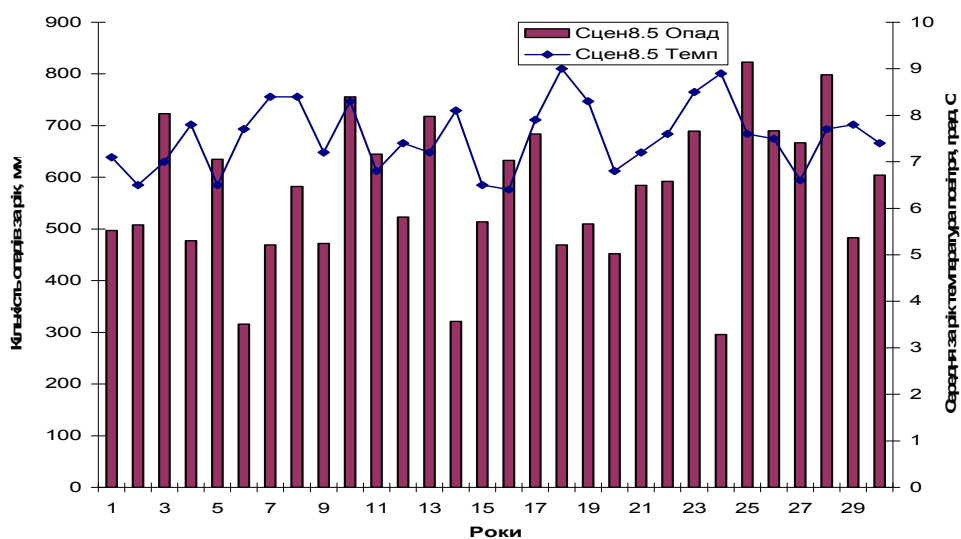


Рис. 2. Динаміка температури і опадів за сценарієм RCP 8.5

Джерело: авторські дослідження.

За кліматичним сценарієм RCP 8.5 річна кількість опадів буде дещо більше, ніж за сценарію RCP 4.5, вона буде становити 94 % від базової величини. Розподіл опадів за роками буде більш різноманітним. В 11 роках кількість опадів перевищить базову величину. Разом з тим, очікуватиметься три роки з кількістю опадів 48–52 % від базової величини. Особливо посушливими очікуються 2026, 2034 та 2044 роки, вони характеризуються відповідно коефіцієнтами зволоження 0,31; 0,58 та 0,52.

Під впливом погодних умов баланс вуглецю у ґрунті змінюється із року в рік. Характер динаміка очікуваних середніх річних значень балансу вуглецю у ґрунті при різних варіантах внесення добрив у польовій десятипільній сівозміні за кліматичним сценарієм RCP 4.5 представлено на рис. 3.

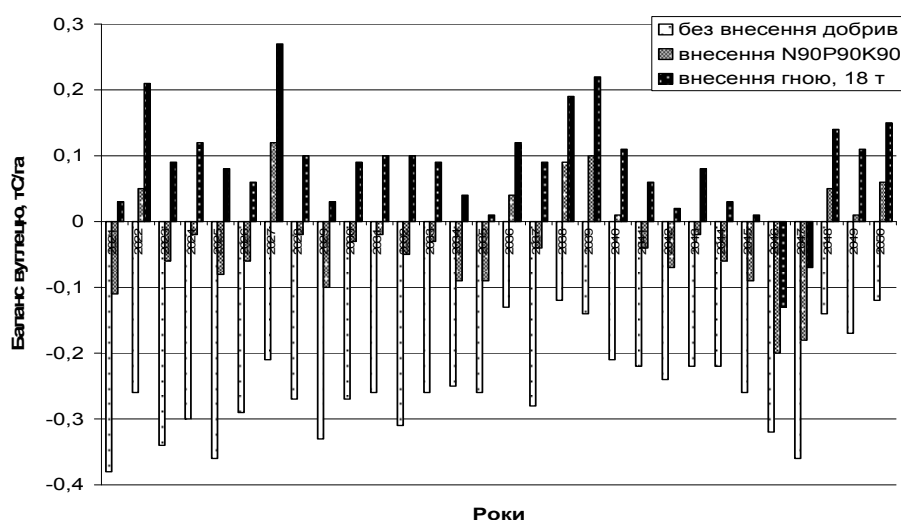


Рис. 3. Динаміка очікуваних середніх значень балансу вуглецю в ґрунті при різних варіантах внесення добрив

Джерело: авторські дослідження.

Розглядалися три варіанта розрахунку: без внесення добрив, внесення мінеральних добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ та внесення гною в розмірі 18 т/га.

З рис. 3 видно, що середньорічний від'ємний баланс вуглецю очікується на варіанті без внесення добрив. Значення балансу коливаються від -0,12 до -0,379 тС/га. Середнє за рік значення балансу вуглецю у ґрунті становить -0,25 тС/га.

Коливання балансу вуглецю в ґрунті у варіанті з внесенням мінеральних добрив $N_{90}P_{90}K_{90}$ будуть значно меншими – від -0,184 до 0,101 тС/га. У дев'яти роках баланс вуглецю буде позитивний. Середнє за рік значення балансу вуглецю у ґрунті буде також від'ємним і дорівнюватиме -0,031 тС/га.

Баланс вуглецю у ґрунті у варіанті з внесенням гною 18 т очікується позитивним (середнє річне значення 0,085 тС/га), але будуть спостерігатись два роки – 2046 та 2047, коли баланс буде негативним. Ці

роки характеризуються самими високими середніми річними (8,5–8,9 °C) та середніми за літній період (19,9 °C) температурами повітря. Серед них 2046 р. очікується з кількістю опадів, що становить 48 % від базової величини, коефіцієнт зволоження складатиме лише 0,52. Можна зробити висновок що спостерігатиметься слабка позитивна залежність середньо річного балансу вуглецю у ґрунті у польовій десятипільній сівозміні від умов зволоження за рік.

Ця залежність буде більш виражена, якщо розглянути очікуваний річний баланс вуглецю у ґрунті під окремою культурою. Серед десяти сільськогосподарських культур розглядалось формування балансу вуглецю та викиди вуглецю C–CO₂ на полі з озимою пшеницею.

Покращення режиму зволоження призводить до збільшення величини балансу вуглецю, причому при значній кількості опадів навіть на варіанті без внесення добрив очікується слабо позитивний баланс. В окремі роки (2021 та 2046 роках) при недостатній кількості опадів 50–100 мм і підвищеній середній за літо температурі повітря 19,6–19,9 °C він буде дорівнювати -0,20, -0,26.

Слід відзначити, що в деякі роки (2039 та 2050 роках), коли сума опадів за літо буде складати 228 та 283 мм, а температура повітря буде дещо понижена (17,0–17,7 °C), річний баланс вуглецю складатиме 0,12–0,13 тC/га.

Одним із показників родючості ґрунту є його біологічна активність [111, 112]. Як кількісний показник біологічної активності ґрунту розглядається виділення вуглекислого газу, що відображає особливості газового режиму ґрунту, а також характеризує інтенсивність трансформації органічних речовин. Закономірності впливу погодних умов на інтенсивність виділення CO₂ з ґрунту краще всього проявляються на фоні контрастних за погодними умовами роках. На рис. 4 наведені за кліматичним сценарієм RCP 4.5 характеристики термічного режиму та режиму зволоження літнього періоду 2021 р., який характеризується в порівнянні з 2039 р., суттєво меншою кількістю опадів (за винятком вересня місяця) та значно вищою температурою повітря, окрім останнього місяця періоду, який розглядається. Посушливі умови травня–серпня 2021 р. визначили меншу інтенсивність виділення CO₂ з ґрунту.

Особливо це просліджується в червні–липні (рис. 4), коли кількість опадів складала 7–33 % від суми опадів у відповідному періоді 2039 року. Температура повітря була в червні на 0,5 °C, а в липні–серпні на 2,3–3,0 °C вище, ніж у 2039 році. Такі умови визначили рівень

¹¹¹ Господаренко Г. М., Трус О. М., Прокопчук І. В. Умови збереження гумусу в ґрунті польової сівозміни. *Біологічні системи*. 2012. Вип. 1, т. 4. С. 31–34.

¹¹² Господаренко Г. М., Черно О. Д. Баланс основних елементів живлення за тривалого застосування добрив. *Землеробство*. 2015. Вип. 2. С. 47–50.

інтенсивність виділення CO_2 з ґрунту на полі з озимою пшеницею у польовій десятипільній сівозміні за кліматичним сценарієм RCP 4.5 (варіант без внесення добрив). Так, в червні – липні вона складала 53–59 %, а для серпня – 38 % від величини інтенсивності виділення CO_2 з ґрунту у відповідні місяці 2039 року. Слід більш детально зупинитись на вересні місяці, коли температура повітря в 2021 р. була на $-1,8^\circ\text{C}$ нижче, а кількість опадів у 9 разів більше порівняно з 2039 року. Такі умови визначили відповідний рівень інтенсивності виділення CO_2 , це проявилось у тому, що інтенсивність виділення CO_2 з ґрунту була у 2021 р. в 2,5 рази, ніж у 2039 році.

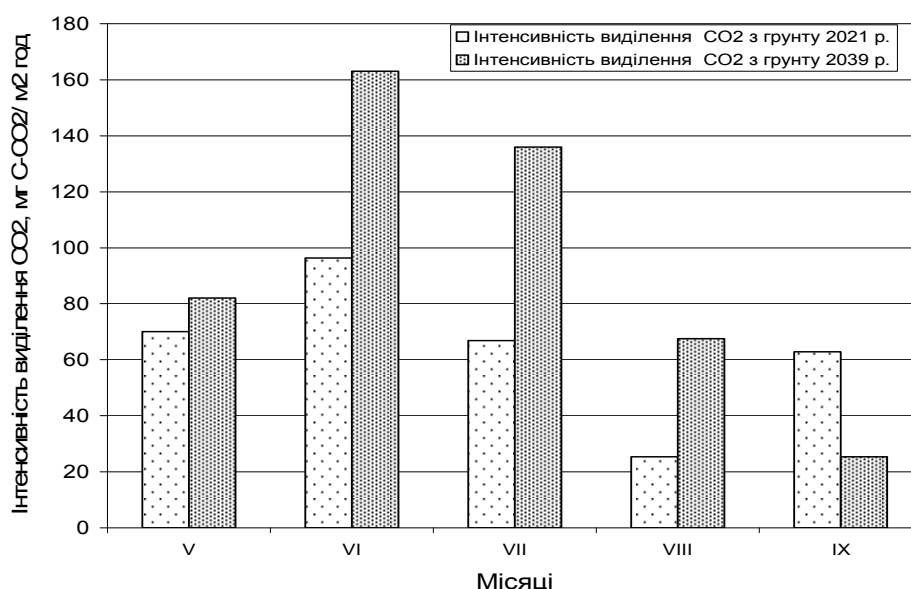


Рис. 4. Інтенсивність виділення CO_2 з ґрунту на полі з озимою пшеницею за кліматичним сценарієм RCP 4.5

Джерело: авторські дослідження.

Комплексним показником оцінки умов зволоження є гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК). Результати співставлення річних сум виділення вуглецю C-CO_2 з ґрунту на полі з озимою пшеницею у польовій десятипільній й сівозміні за кліматичним сценарієм RCP 4.5 (варіант без внесення добрив) говорять про те, що спостерігається пряма залежність річних сум виділення вуглецю C-CO_2 з ґрунту від умов зволоження вегетаційного періоду, яка характеризується досить високим коефіцієнтом кореляції. Оцінюючи зі знаною часткою обережності одержані результати, відмітимо, що при значеннях ГТК 0,5–0,8 відн. од. виділення вуглецю становлять 0,50–0,55 тС/га, збільшення значень ГТК викликає зростання виділення вуглецю, а при ГТК 1,4–1,6 вони будуть значно вищі (0,70–0,75 тС/га), тобто покращення умов зволоження викликає збільшення виділення вуглецю на полі з озимою пшеницею. Було виконано оцінку балансу вуглецю в ґрунті та виділення кількості вуглецю C-CO_2 з ґрунту на окремому полі

10-ти польної польової сівозміни за кліматичними сценаріями RCP 4.5 та RCP 8.5. Відомості про очікувані за кліматичними сценаріями осереднені метеорологічні умови цих десятиліть приведено в табл. 1.

1. Очікувані за кліматичними сценаріями RCP 4.5 та RCP 8.5

метеорологічні умови за десятиліттями

Роки	Середня за десятиліття температура повітря, °C		Середня за десятиліття кількість опадів, мм		Середній за десятиліття ГТК, за вегетаційний період, відн. од.
	за червень – серпень	за рік	за червень – серпень	за червень – серпень	
1986–2005	18,8	8,0	250	611	1,3
Кліматичний сценарій RCP 4.5					
2021–2030	17,8	7,4	157	505	1,11
2031–2040	17,8	7,0	188	579	1,05
2041–2050	18,3	7,5	166	522	1,07
Кліматичний сценарій RCP 8.5					
2021–2030	17,5	7,5	181	544	1,14
2031–2040	18,1	7,4	192	547	1,13
2041–2050	17,9	7,7	198	632	1,30

Джерело: авторські дослідження.

Метеорологічні умови десятиліть за кліматичними сценаріями RCP 4.5 та RCP 8.5 дещо відрізняються за температурним режимом та режимом зволоження. Дані табл. 1 показують, що температура повітря за сценаріями буде нижче базової величини. Це пояснюється тим, що інтенсивне потепління клімату почалось в кінці 80-х років, тобто роки, які увійшли в розрахунок базової величину прийшлися на період потепління.

Кількість опадів очікується менше за базову величину, трохи більше вона буде в третьому десятилітті за кліматичним сценарієм RCP 8.5. Слід відзначити, що за величиною коефіцієнта зволоження за кліматичним сценарієм RCP 4.5 три десятиліття очікуються більш посушливими, ніж за сценарієм RCP 8.5.

Таким чином, на фоні цих метеорологічних умов розглядалася динаміка очікуваних середніх за десятиліття річних значень балансу вуглецю у ґрунті та викидів вуглецю С–СО₂ на окремому полі сівозміни (рис. 5–6). Мається на увазі одне поле, на якому протягом десятиліття чергуються сільськогосподарські культури: конюшина (сіно) – озима пшениця – буряк цукровий – кукурудза – горох – пшениця озима – кукурудза – озима пшениця – буряк цукровий – ярий ячмінь.

Розглядається, що вони вирощуються при різних варіантах внесення добрив. Цілком природно, що річний баланс вуглецю у ґрунті та викиди вуглецю С–СО₂ на окремому полі сівозміни змінюються від одного десятиліття до другого.

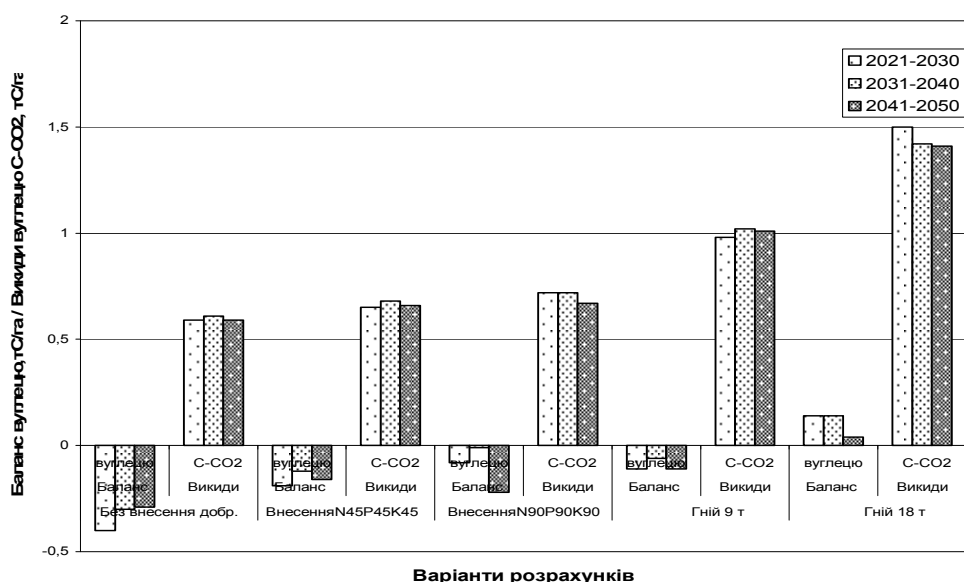


Рис. 5. Динаміка очікуваних середніх за десятиліття річних значень балансу вуглецю в ґрунті та викидів вуглецю С–СО₂ на окремому полі сівозміни при різних варіантах внесення добрив за кліматичним сценарієм RCP 4.5, 2021–2050 рр.

Джерело: авторські дослідження.

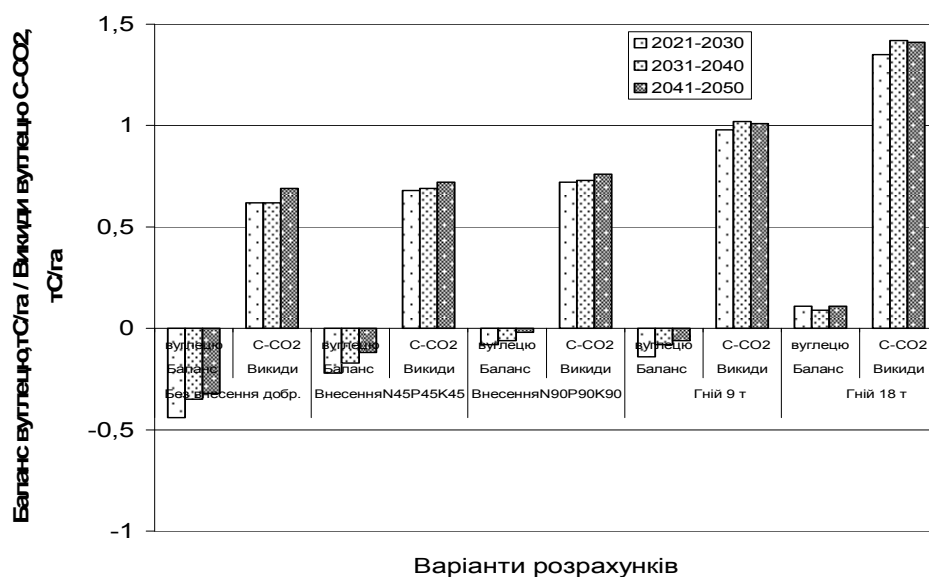


Рис. 6. Динаміка очікуваних середніх за десятиліття річних значень балансу вуглецю у ґрунті та викидів вуглецю С–СО₂ на окремому полі сівозміни при різних варіантах внесення добрив за кліматичним сценарієм RCP8.5, 2021–2050 рр.

Джерело: авторські дослідження.

Найбільшими зміни річного балансу вуглецю у ґрунті очікуються у варіанті без внесення добрив. Річний баланс вуглецю буде від'ємним і досить значним до -0,29; -0,44 тC/га.

Загальною закономірністю є збільшення річного балансу вуглецю у

грунті та викидів вуглецю $C-CO_2$ при переході від одного варіанта до другого (див. рис. 5–6), послідовність: без внесення добрив – внесення $N_{45}P_{45}K_{45}$ – внесення $N_{90}P_{90}K_{90}$ – внесення гною 9 т/га – внесення гною 18 т/га. Більшою частиною всіх варіантів розрахунку річний баланс вуглецю у ґрунті очікується від’ємним. При внесенні гною 18 т/га він буде позитивним (0,04–0,14 тС/га).

В умовах кліматичного сценарію RCP 8.5 простежується збільшення річного балансу вуглецю у ґрунті від першого до другого-третього десятиліть. Для умов кліматичного сценарію RCP 4.5 річний баланс вуглецю у ґрунті від періоду 2021–2030 рр. до періоду 2041–2050 рр. це збільшення також спостерігається. Для інших варіантів розрахунку воно простежується слабо.

Річні значення викидів вуглецю $C-CO_2$ на окремому полі сівозміни (див. рис. 5–6) найменшими будуть на варіанті без внесення добрив (0,59–0,69 тС/га). При внесенні мінеральних добрив річні значення викидів вуглецю $C-CO_2$ зростають. Так, для умов кліматичного сценарію RCP 4.5 при внесенні $N_{45}P_{45}K_{45}$ річні значення викидів вуглецю $C-CO_2$ зростають на 10–12 %, а при внесенні $N_{90}P_{90}K_{90}$ на – 14–22 %. Внесення органічних добрив значно збільшило інтенсивність виділення вуглецю з поля сівозміни. При внесенні гною 18 т/га буде спостерігатись найбільш висока величина річних викидів вуглецю з поля сівозміни, що в 2,3–2,4 рази перевищує викиди з неудобреного поля, що свідчить про високу інтенсивність процесу мінералізації у ґрунті.

В середньому за період 2021–2050 рр. очікується зміна показників волого термічного режиму за обома сценаріями, ці зміни будуть неоднакові і неоднозначні з в окремі роки. Під впливом змін термічного режиму і режиму зволоження баланс вуглецю змінюється щорічно нині та буде змінюватись у майбутньому. При цьому баланс вуглецю і виділення вуглекислого газу в майбутньому буде знаходитись в більшій залежності від умов зволоження, ніж від температури повітря та ґрунту. Крім того, на баланс вуглецю і виділення CO_2 буде впливати внесення добрив та їх норми.

3.9. Паливні брикети з соломи сої як вид альтернативної енергії

Соломон Ю. В.

Полтавська державна аграрна академія

Україна належить до енергодефіцитних країн, тому що забезпечує свої потреби в паливно-енергетичних ресурсах лише на 53 %. Наша країна має значний потенціал основних видів відновлюваних джерел енергії, але на даний час вони становлять досить незначну частку в