

## ЕНЕРГОКОНВЕРСІЯ ОРГАНІЧНИХ РЕСУРСІВ ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ ТА ВИРОБНИЦТВА БІОПАЛИВА

О.В. Демиденко<sup>1</sup>, В.В. Приблуда<sup>1</sup>, Ю.І. Кривда<sup>2</sup>,  
А.М. Василенко<sup>2</sup>, Ю.В. Мелешко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція  
ННЦ «Інститут землеробства НААН»

<sup>2</sup> Черкаська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

*Встановлено, що внаслідок вилучення побічної продукції на енергетичні цілі (соломи зернових, зернобобових, сої та ріпаку), що становить близько 20% від її загального виходу, баланс органічної речовини гумусу сягатиме дефіцитності на рівні  $-0,19$  т/га, що перевищує відповідний показник без вилучення вказаної продукції у 190 разів. Крім того, дефіцитність елементів живлення зростає на 125%. Доведено, що підтримання балансу гумусу в ґрунтах аграрних формувань Черкаської обл. є визначальним чинником використання побічної продукції рослинництва на енергетичні потреби. Кількість побічної продукції, яку можна використати на енергетичні потреби, є обернено пропорційною дефіциту гумусу та поживних речовин у ґрунтах сівозміни.*

**Ключові слова:** баланс гумусу, побічна продукція, біопаливо, гумус, поживні елементи.

Нині в АПК Черкаської обл. на найближчу та віддалену перспективи раціональною є біологізована модель ведення землеробства із замкненим виробничим циклом, оптимізованою структурою посівних площ та збалансованим співвідношенням галузей тваринництва і рослинництва. Біологізація землеробства в області є інноваційною технологічною основою для відродження сільськогосподарського виробництва регіону, що дає змогу найближчим часом підвищити конкурентність продукції рослинництва на вітчизняному та зовнішньому ринках [1–3]. Донедавна вважалося, що джерелом забруднення атмосфери вуглекислим газом є енергетика, у т.ч. сучасні твердопаливні котли, транспорт та промисловість, внаслідок функціонування яких виділяється значна кількість  $\text{CO}_2$ . За рівнем надходження  $\text{CO}_2$  в атмосферу сільське господарство не поступається промисловості, оскільки його частка становить близько 25% викидів парникових газів унаслідок мінералізації гумусу [4, 5]. Тому розв'язання проблеми

збільшення накопичення гумусу в ґрунті може призупинити розвиток глобального потепління [6]. Сучасною тенденцією обробітку ґрунту є його мінімізація за глибиною та кількістю застосування ґрунтообробної техніки, а використання соломи як органічного добрива для посилення енергетики ґрунтоутворення в агроценозах сівозмін є актуальним та стратегічним напрямом розвитку аграрної сфери Черкаської обл. та України загалом [7, 8].

Використання біопалива потребує ретельного збалансування з огляду на продукольчі та енергетичні потреби. Тому поширення використання біологічних енергоресурсів неможливо без ретельного обґрунтування параметрів їх технічного та технологічного забезпечення. Крім того, в процесі перетворення органічної сировини в біопаливо необхідно узгоджувати технічні, технологічні, економічні, екологічні та соціальні показники. Кожен захід, який пропонується для реалізації в агроєкосистемах, повинен бути спрямований на підтримання родючості ґрунту, а за можливості — сприяти їх розширеному відтворенню загалом. Це має безпосереднє відношення і до виробництва та використання біопа-

лива. Зважаючи на це, значною науковою проблемою є визначення обсягів рослинної біомаси, яка може бути задіяна на теплові потреби без шкоди для відтворення родючості ґрунтів Черкаської обл.

Визначення обсягів соломи та стебел польових культур на теплові потреби передбачає обґрунтування значень виходу сухої біомаси польових культур. Це сприятиме об'єктивному визначенню річного обсягу соломи та стебел польових культур на теплові потреби. Рівень оцінки обсягів рослинної біомаси на теплові потреби згідно з існуючими методиками може варіювати у межах 30–100% від загальної кількості. Після встановлення обсягів доступної біомаси необхідно розробити напрями раціонального її використання на енергопотреби та визначити конструктивно-технологічні параметри обладнання для конверсії сировини рослинного походження [9–11].

Мета досліджень – встановити теоретично можливі обсяги рослинної біомаси, що може бути використана для енергоконверсії, та обґрунтувати недоцільність використання частини побічної продукції рослинництва для енергетичних цілей через негативну динаміку родючості земель сільськогосподарського призначення в Черкаській обл.

#### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в умовах центральної частини Лівобережного Лісостепу України в довгостроковому (понад 36 років) стаціонарному досліді Дравівського дослідного поля Черкаської державної дослідної станції «ННЦ «Інститут землеробства НААН». Земельна територія дослідного поля розміщується на третій терасі Дніпра в Носівсько-Кременчуцькому агроґрунтовому районі, а за більш детальною класифікацією В.С. Самбурова – у Дравівському агроґрунтовому районі, рельєф якого є рівнинним, слабохвилястим, з невеликими ярами. Агроґрунтовий район займає південну частину древніх терас Середнього Дніпра, у т.ч. лівобережні райони Черкаської та терасові райони Полтавської областей.

Стан родючості ґрунтів Черкаської обл. за 2009–2015 рр. було оцінено Черкаською філією ДУ «Інститут охорони ґрунтів України». Балансові розрахунки органічної речовини гумусу та поживних елементів Черкаської обл. здійснювали за загальноприйнятою методикою ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н. Соколовського». Коефіцієнти мінералізації гумусу визначали за виносом азоту з ґрунту основною продукцією сільськогосподарських культур.

Вихід соломи та стебел для теплових потреб визначали як різницю між обсягом біомаси зернових і зернобобових культур, стебел ріпаку і сої (за винятком стебел кукурудзи на зерно та соняшнику, рослина біомаса яких здебільшого залишається на полі у повному обсязі) та втрагати під час збирання врожаю і стерні, а також витратами соломи для годівлі тварин та для підстилки за методикою С.М. Кухарець, Г.А. Голуб [10, 12–13].

#### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Досягненням АПК Черкаської обл. за останні шість років є високий рівень показників урожайності культур: пшениці озимої – 4,69–4,72 т/га, кукурудзи на зерно – 5,33–7,13, цукрового буряку – 32,7–34,3,6, ріпаку – 2,23–2,96 т/га. Наведемо заходи, завдяки яким досягаються ці показники:

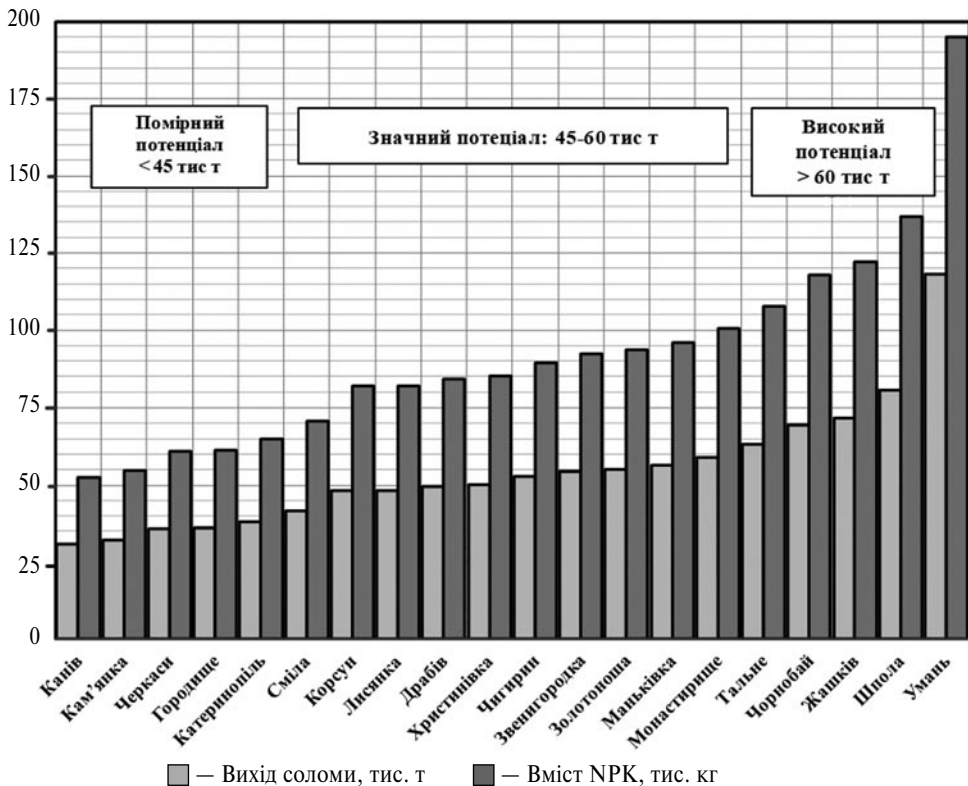
- під час вирощування зернових культур на площі понад 350 тис. га застосовуються технології біологічного землеробства з мульчуванням поверхні ґрунту післяжнивними рештками та побічною продукцією рослинництва під зерновими, зокрема і під просапними культурами (соя, ріпак, соняшник, кукурудза);

- відтворення родючості земель відбувається завдяки використанню нетоварної частки врожаю (соломи зернових і зернобобових, подрібнених стебел соняшнику, кукурудзи, сорго, гички, огудини тощо). Норму внесення органічних добрив рослинного походження у розрахунок на напівперепрілий гній доведено до 7 т/га, а на віддалену перспективу – не менше ніж 15–18 т/га;

- мінеральні добрива у виробництві використовуються в наближено оптимальному співвідношенні з кількістю залишеної на полях нетоварної частки врожаю, що є основою біологічних технологій виробництва продукції рослинництва;
- оптимізація структури посівних площ відповідно до нормативів оптимального співвідношення культур у сівозмінах для зони Лісостепу;
- підвищення питомої ваги біологічного азоту завдяки збільшенню площ бобових культур від 2–3 до 4–5% у найближчій перспективі та площ посівів сидератів до 20–25 тис. га, що еквівалентно 30–40 т/га гною;
- у структурі посівних площ частка посіву озимих культур після оптимальних попередників становить понад 220 тис. га, а однорічних та багаторічних трав — близько 45 тис. га;

- впровадження інтегрованої системи захисту рослин, що передбачає вмотивоване застосування організаційно-господарських, агротехнічних, імунологічних, біологічних і хімічних засобів;
- забезпечення технологій біологічного землеробства базується на застосуванні широкозахватних важких дискових борін, комбінованих культиваторів, кільчастощпорових котків і зернопресових сівалок або сівалок прямої сівби.

За останні шість років у АПК області на кожен гектар припадає близько 7 т/га органічної маси побічної продукції. Потенціал виробництва доступної соломи пшениці озимої у переважній більшості районів області є значним (45–65 тис. т) та високим (понад 100 тис. т). Тільки в соломі пшениці озимої міститься від 45–60 до 65–120 тис. кг поживних речовин NPK відповідно до її виходу (рис. 1).

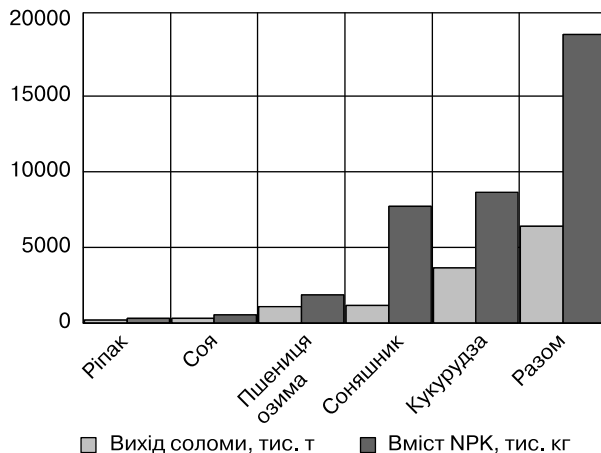


**Рис. 1.** Потенціал виробництва доступної соломи пшениці озимої та вміст NPK у ній, за адміністративними районами Черкаської обл. (середнє за 2015–2016 рр.)

Науковими розробками і на практиці доведено, що правильні сівозміни в господарстві є організуючою ланкою системи землеробства. У Черкаській обл. за останні 20 років структура сівозмін зазнала істотної трансформації, що має як негативні, так і позитивні наслідки. Так, порівняно з 1990 р., у 2015 р. частка зернових культур зросла до 60%, або в 1,3 раза, у т.ч. ячменю – в 2,7, кукурудзи – в 1,7 раза. Також спостерігається тенденція до зменшення площі посівів пшениці.

Розрахунок виробництва побічної продукції, з урахуванням основних культур у структурі посівних площ, загалом у області становить близько 191 млн т, а вміст NPK в органічній масі досягає близько 6 тис. т, або 100–120 кг/га (рис. 2). Докорінно змінилася і структура посівних площ технічних культур: частка площ у 2010–2015 рр. зросла у 1,7 раза і зазнала значних змін за складом культур. Зокрема, частка цукрових буряків скоротилася майже у 4 рази; соняшнику – зросла у 3,5, ріпаку – у 7; сої – у 5 разів. Через нинішній незадовільний стан галузей тваринництва в Черкаській обл. потреба в кормових культурах зменшилася втричі – відповідно в 2,7–3 рази скоротилися площі посіву кукурудзи на силос, однорічних та багаторічних трав.

Викликає стурбованість скорочення площ посівів гороху, що у структурі посівних площ становить 1,7% порівняно з 5–6% у 1990 р. На агроекологічний стан ґрунтового покриву області згубно вплинуло зменшення внесених органічних добрив: від 10,6 т/га в 1990 р. – до 1,1 т/га в 2010–2015 рр. Першочерговим завданням за нинішніх умов господарювання в АПК Черкаської обл. є розв'язання проблеми забезпечення бездефіцитного балансу органічної речовини ґрунту в умовах згортання тваринництва. З урахуванням кількості вироблених органічних добрив рослинного походження в умовах Центрального Лісостепу України спостерігається стійке пере-



**Рис. 2.** Потенціал виробництва побічної продукції культур та вміст у ній NPK, у розрізі аграрних формувань Черкаської обл. (середнє за 2015–2016 рр.)

вищення норми виходу на бездефіцитний баланс гумусу в 1,5–2,5 раза.

З урахуванням побічної продукції рослинництва (поживні, поукісні та кореневі рештки) у 2010–2015 рр. на кожний гектар припадало 7,5 т органічної рослинної маси побічної продукції; на кореневі рештки у структурі нетоварної частки врожаю – 40–45%, що важливо для стабілізації продуктивності землеробства та відтворення родючості в нинішніх умовах господарювання. За останні 20 років кожен гектар ріллі було забезпечено 120 т органічної маси, з якої на кореневі рештки припадає 51 т, або близько 43%.

З огляду на перелік основних культур, які наразі входять в структуру посівних площ області, наростаючий вихід органічної маси нетоварної частки врожаю за два десятиліття досяг 120 млн т, а кореневої – 56 млн т (44%) (табл. 1).

За цими показниками Черкаська обл. вийшла на рівень 1990 р., коли 95% побічної продукції вилучалося для тваринництва і вносилося понад 10 т гною на кожен гектар сівозмінної площі. За нинішніх умов господарювання саме побічна продукція рослинництва є стабілізуючим чинником як продуктивності, так і родючості земель сільськогосподарського призначення. Така

Таблиця 1

**Вихід і накопичення побічної продукції та кореневої маси рослинництва в аграрних формуваннях Черкаської обл., за 1990–2015 рр.**

Показник	Рік		
	1990	2000	Середнє за 2012–2015
Усього органічної маси, т/га	7,1	5,8	7,5
Усього кореневої маси, т/га	2,8	2,1	3,0
Наростаючий вихід органічної маси, т/га	7,1	55	120
Наростаючий вихід кореневої маси, т/га	2,8	25	51
Усього органічної маси, млн т	7,7	5,9	8,0
Усього кореневої маси, млн т	3,0	2,9	3,2
Наростаючий вихід органічної маси, млн т	7,7	66	120
Наростаючий вихід кореневої маси, млн т	3,0	27	56

кількість рослинної органічної маси у перерахунок на напівперепрілий гній з внесеним азотною компенсацією є еквівалентною 15–18 т гною на кожен гектар ріллі в масштабах області, а вміст поживних елементів у ній сягає не менше 130 кг/га у діючій речовині (д.р.) азоту, фосфору та калію на 1 га.

Відомо, що для поліпшення господарських якостей кислих ґрунтів слід вживати вапнування. Кожна тонна вапняного добрива забезпечує на кислих і сильнокислих ґрунтах за весь час своєї дії (близько 10 років) до 1 т додаткового врожаю у перерахунок на зерно. Основне значення вапна для родючості ґрунту полягає в тому, що воно є джерелом увібраного кальцію, який запобігає втратам найціннішої частки ґрунту — гумусу, тобто підтримує його родючість. Проте вапнування в Черкаській обл. потребує державної підтримки — наразі щорічним внесенням добрив забезпечується лише 3,9–11 тис. га за потреби — 70–75 тис. га орних земель.

Зауважимо, що в соломі зернових культур міститься 0,25–0,31% кальцію; у стеблах кукурудзи — близько 0,5; соломі гороху — 1,82; стеблах сояшнику — 1,53; гречаній соломі — 0,95; стеблах сої — 1,4; у кормових культурах — 0,95–2,53%. Ви-

нос основною продукцією кальцію з ґрунту значно менший, ніж накопичення цього елемента в побічній продукції: зернових — у 3–5 рази, кукурудзи — в 16, сояшнику — в 8, гороху та сої — в 9–20 разів.

За умов залишення побічної продукції рослинництва на місці вирощування в орні землі Черкаської обл. повернено близько 80 тис. т активної форми кальцію (в середньому на 1 га ріллі близько 45 кг). З побічної продукції, що вироблялася в аграрних формуваннях області, в 2010–2015 рр. (у перерахунок на д.р.) щороку вноситься 80 кг/га  $\text{CaCO}_3$ . Сумарне надходження становить 610 кг/га, а у фізичній масі — 1085 кг/га.

Загалом, у області за 20 років з побічною продукцією внесено 87 тис. т у д.р.  $\text{CaCO}_3$ . Сумарне надходження  $\text{CaCO}_3$  за 20 років становило 665 тис. т, а у фізичній масі — 1185 тис. т. Для порівняння: у 1990 р., на тлі внесення 12509 тис. т гною, в ґрунт було повернено 112 тис. т  $\text{CaCO}_3$  у фізичній масі, а в 2015 р. — майже 100 тис. т без затрат на вивезення побічної продукції та внесення гною (табл. 2).

За даними Черкаської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», в області з 1990 до 2005 року включно площі кислих ґрунтів збільшилися в 1,38 раза, а їх частка

Таблиця 2

**Надходження рослинного кальцію та зміна площ ґрунтів з кислотою реакцією  
в аграрних формуваннях Черкаської обл., за 1990–2015 рр.**

Показник	Рік			
	1990	2000	2010	2015
Надходження CaCO <sub>3</sub> за роками, кг/га (у д.р.)	5	62	71	80
Сумарне надходження CaCO <sub>3</sub> , кг/га (у д.р.)	5	94	236	610
Сумарне надходження CaCO <sub>3</sub> , кг/га (ф.м.*)	9	168	420	1085
Надходження CaCO <sub>3</sub> за роками, тис. т (у д.р.)	10	65	77	87
Сумарне надходження CaCO <sub>3</sub> , тис. т (у д.р.)	10	112	265	665
Сумарне надходження CaCO <sub>3</sub> , тис. т (ф.м.)	18	200	470	1185
Площа кислих ґрунтів, %**	19	29	33	23
Площа кислих ґрунтів, тис. га**	225	288	310	208

*Примітка:* \*ф.м. – фізична маса; \*\* – за даними ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» станом на 2015 р.

зросла в 1,74 раза. Починаючи з 2006 р., збільшення площі кислих ґрунтів призупинилося, а в 2010 р. було зафіксовано їх зниження до рівня 1990 р. Так, можна вважати, що рівень показників надходження кальцію з нетоварної частки врожаю станом на 2005 р. є критичним або мінімально задовільним для припинення декальцинації та початку розкислення ґрунтів чорноземного типу земель сільськогосподарського призначення завдяки біогенній меліорації соломою та побічною продукцією інших культур.

За даними обстежень Черкаської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» станом на 2015 р., площа кислих ґрунтів у області становила близько 208 тис. га. Порівняно з 2010 р., зменшення частки площі кислих ґрунтів перевищило 30%. Завдяки пріоритетному побічній продукції врожаю (пожнивні, поукісні та кореневі рештки) вдається повернути у ґрунт активну форму кальцію та забезпечити щорічне біогенне вапнування (рециркуляція кальцію) кожного поля на тлі істотного зниження собівартості вапнування ґрунту і вирощеної продукції в агроценозах сівозмін. У виробничих умовах забезпечується природне надходження активної форми рослинного

кальцію у ґрунт, що дає змогу знизити активну та потенційну кислотність, наситити ґрунтовий вбирний комплекс кальцієм та забезпечити його позитивний баланс у ґрунті. Особливо посилюється ефективність біогенного вапнування ґрунтів завдяки застосуванню новітніх технологій обробітку ґрунту, які передбачають поверхневе загорання нетоварної частки врожаю у ґрунт.

Для сільського господарства Черкаської обл. проблема збільшення остепнених територій є актуальною. Це спричинено розораністю ґрунту сільськогосподарських угідь аграрних підприємств області на 91%. Проблемою землеробства в області є різке зменшення внесення органічних (у 7–10 разів) та мінеральних (у 2,7–3 рази) добрив. Як наслідок – уміст гумусу в ґрунтах області за останні 20 років знизився на 0,25%.

Останніми роками наполегливо нав'язується думка, що в складних економічних умовах використання в енергетичному балансі країни палива, отриманого на основі органічної сировини аграрного походження, забезпечує:

- скорочення загальних витрат енергії в сільськогосподарському виробництві;

- збільшення обсягів відновлювальних джерел енергії;
- раціональніше використання залишків соломи та стебел основних культур, щорічні накопичення яких становлять 15–20 млн т.

Раціональне використання біомаси для енергетичних цілей надасть можливість зменшити викиди вуглекислого газу, сірки, оксидів азоту в атмосферу та відновити родючий шар ґрунту. Через засоби масової інформації в Черкаській обл. формується думка про доцільність використання побічної продукції рослинництва для енергетичних цілей.

Слід зауважити, що хибним є твердження про доцільність використання соломи як біопалива, завдяки якому можна призупинити глобальні зміни клімату та розв'язати енергетичні проблеми, а спалювання соломи може бути нейтральним щодо збільшення парникового ефекту (теплотворна здатність соломи зернових культур –  $10 \times 10^3$  МДж/т; стебла соняшнику та кукурудзи –  $12,5 \times 10^3$  МДж/т). Отже, не конверсія побічної продукції до  $\text{CO}_2$  та води за реакції з киснем є необхідним аграрному виробництву, а збагачення ґрунту новоутвореним гумусом та трансформація його в стійкі гумусові речовини, що активізує процес відтворення родючості чорноземів лісостепової зони та забезпечить національну безпеку України.

Підтримання позитивного балансу гумусу та елементів живлення в ґрунтах є визначальним чинником вилучення побічної продукції рослинництва для енергетичних потреб. Водночас кількість побічної продукції, яку можна використати для теплових потреб, є обернено пропорційною дефіциту гумусу в ґрунтах сівозміни.

Так, збільшення дефіциту гумусу на 10 кг/га зумовлює потребу в зменшенні використання побічної продукції для енергетичних потреб до 5%. Тому необхідним є чітке визначення прийнятих значень показників для розрахунку або методики визначення балансу гумусу для отримання обґрунтованих висновків про можливість використання соломи для теплових по-

треб. За показниками, що характеризують сільськогосподарське виробництво упродовж останніх років, розраховано граничні обсяги рослинної біомаси (соломи) для теплових потреб.

Слід зауважити, що за загального дефіциту гумусу понад 0,065 т/га, використання соломи на теплові потреби неможливо через недотримання умови позитивного балансу гумусу. В аграрних формуваннях Черкаської обл. баланс гумусу, розрахований за виносом азоту сільськогосподарськими культурами, є нижчим від граничних показників (менше 65 кг/га), а за адміністративними районами – знижується до негативних значень, що обмежує використання побічної продукції для теплових ресурсів.

Так, баланс органічної речовини гумусу за вилучення побічної продукції для господарських цілей (30%) становив (т/га): у 2009 р. – (-0,40), 2010 р. – (-0,42), 2012 р. – +0,01, 2013 р. – (-0,02), 2014 р. – (-0,076), у 2015 р. – (-0,035). У середньому баланс органічної речовини гумусу був на рівні простого відтворення, а баланс елементів живлення – дефіцитний, на рівні -100 кг/га NPK.

Унаслідок додаткового вилучення близько 30% побічної продукції для господарських цілей та ще близько 20% – для енергетичних цілей (солома зернових, зернобобових, сої та ріпаку) баланс органічної речовини гумусу значно підвищився – до дефіцитності рівня -0,19 т/га, що у 190 разів вище порівняно з показником балансу внаслідок вилучення 30% побічної продукції лише для господарських цілей. Крім того, дефіцитність елементів живлення також зростає до 125 кг/га (табл. 3).

За розрахунками Біоенергетичної асоціації України [14] реальна площа полезахисних лісосмуг (ПЗЛС) у Черкаській обл. налічує близько 30 тис. га. Нині ПЗЛС області захищають від негативного впливу природних явищ близько 2 млн га сільськогосподарських угідь (1 га лісосмуги захищає 20–30 га орних земель), що забезпечує підвищення ефективності використання цих угідь та знижує собівартість продукції

Таблиця 3

**Динаміка показників родючості ґрунтів у аграрних формуваннях Черкаської обл.  
за різного господарського використання побічної продукції, 2010–2015 рр.**

Показник	Рік						Середнє за 2010–2015 рр.
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
<i>За вилучення побічної продукції на господарські цілі (у межах 30%)</i>							
Вихід побічної продукції, млн т	5,1	4,6	7,0	6,6	7,2	6,0	6,1
<i>Баланс</i>							
Органічна речовина – гумус, т/га	-0,41	-0,42	+0,01	+0,02	-0,076	-0,035	-0,001
Поживні речовини (NPK), кг/га	-178	-118	-194	-25,0	-45,0	-42,0	-100
<i>За вилучення побічної продукції для енергетичних цілей з розрахунку: (30% + 20% = 50%)</i>							
Вилучення побічної про- дукції для енергетичних цілей, млн т	1,05	0,95	1,50	1,35	1,45	1,20	1,25
<i>Баланс</i>							
Органічна речовина – гумус, т/га	-0,48	-0,55	+0,007	+0,016	-0,09	-0,041	-0,19
Поживні речовини (NPK), кг/га	-215	-145	-235	-30,0	-55,0	-50,0	-125

рослинництва. На жаль, ПЗЛС нині перебувають в занедбаному стані, що унеможливає виконання ними своїх захисних функцій. Через неналежний стан ПЗЛС із сільськогосподарського обробітку вилучено смуги полів шириною до 3 м, які безпосередньо прилягають до лісонасаджень. Завдяки проведенню реконструкції ПЗЛС цієї території можна повернути до використання за прямим призначенням.

Для збільшення енергетичного потенціалу деревної біомаси (відходи рубки та деревообробки, дрова для опалення) до використання необхідно також залучати додаткові джерела. Ними можуть бути ПЗЛС, лісонасадження вздовж автомобільних доріг і залізниць, а також сухостій. Наразі ПЗЛС потребують невідкладних заходів з реконструкції та відновлення. Завдяки цьому можна додатково отримати близько

1 млн т умовного палива на рік (у.п./рік). Упорядкування ПЗЛС, що зростають вздовж автомобільних доріг та залізничних колій, може забезпечити отримання ще 84 тис. т у.п./рік біомаси. Сухостій також є потужним потенційним джерелом деревини для енергетичних потреб – понад 1,4 млн т у.п./рік. Так, загальний обсяг деревного палива з додаткових джерел в Україні можна оцінити у 2,5 млн т у.п./рік. Цей обсяг є доволі значним, оскільки збільшує існуючий енергетичний потенціал деревини (2 млн т у.п./рік з традиційних джерел) у 2,3 раза, або до 4,5 млн т у.п./рік.

Деревина ПЗЛС України є переважно низькосортною, тому біомасу, отриману під час санітарних рубок та рубок догляду, можна майже повністю використовувати для потреб енергетики, не порушуючи критеріїв сталого розвитку довкілля.



Згідно з експертними оцінками, завдяки проведенню робіт з реконструкції ПЗЛС можна отримувати 100–200 щільних м<sup>3</sup> низькосортної деревини з 1 га. У масштабах країни це становить 78 млн щільних м<sup>3</sup>, або 54,6 млн т, зокрема в Черкаській обл. — 3,6 млн т деревини.

Особлива цінність побічної продукції полягає в її захисті ґрунтового покриву від вітрової та водної ерозії. Моніторинг еродованості ґрунтового покриву аграрних формувань Черкаської обл. припинено у 1983 р., коли офіційно площа еродованих земель становила 310 тис. га, або 26% орних земель. З 1961 до 1983 року темпи наростання ерозійних процесів становили близько 2,05 тис. га/рік. Зважаючи на такі темпи ерозії, прогнозовано визначено площу еродованих земель — близько 390 тис. га, або 35%. Тому використовувати побічну продукцію рослинництва для енергетичних цілей недопустимо.

Отже, біомаса побічної продукції в землеробстві як похідна енергії Сонця в хімічній формі є не тільки одним з найпопулярніших і найбільш універсальних ресурсів землі, а й основою екологічної стійкості агроландшафтів завдяки формуванню позитивного балансу органічної речовини гумусу та засобом забезпечення людей продуктами харчування. Слід дода-

ти: «Великим злочином є спалювання соломи на полях, але ще більшим злочином є спалювання соломи в сучасних котлах для вирішення енергетичних проблем» [7].

## ВИСНОВКИ

Унаслідок додаткового вилучення близько 30% побічної продукції для господарських та 20% — для енергетичних цілей (солома зернових, зернобобових, сої та ріпаку) баланс органічної речовини гумусу значно зростає, до дефіцитності рівня –0,19 т/га, що у 190 разів більше порівняно з показником балансу за вилучення лише 30% побічної продукції для господарських цілей. Зауважимо, що дефіцитність елементів живлення також зростає до 125 кг/га.

Підтримання балансу гумусу в ґрунтах аграрних формувань Черкаської обл. є визначальним чинником використання побічної продукції рослинництва на енергетичні потреби. Поряд із тим кількість побічної продукції, яку можна використати на теплові потреби, є обернено пропорційною дефіциту гумусу в ґрунтах сівозміни. Зростання дефіциту гумусу внаслідок вилучення побічної продукції на енергетичні потреби обумовлює зважене її використання через негативну динаміку родючості земель сільськогосподарського призначення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Регулювання використання органічних ресурсів АПК Черкаської області для відтворення родючості та виробництва біопалива / [О.В. Демиденко, М.І. Блащук, Ю.І. Кривда, О.М. Горбачек] // Посібник Українського хлібороба. — 2016. — Т. 1. — С. 170–173.
2. Демиденко О.В. Збалансувати структуру сівозміни з родючістю чорноземів у зоні центрального Лісостепу України цілком реально / О.В. Демиденко // *Зерно і хліб*. — 2015. — № 1. — С. 54–56.
3. Демиденко О.В. Гумусовий стан чорноземів Черкаської області та шляхи відтворення їхньої родючості / О.В. Демиденко // *Охорона ґрунтів*. — 2014. — Вип. 1. — С. 240–243.
4. Новітні технології біоконверсії: монограф. / [Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетука, І.П. Григорюк та ін.]. — К.: Аграр Медіа Груп, 2010. — 326 с.
5. Калетник Г.М. Розвиток ринку біопалива в Україні: монограф. / Г.М. Калетник. — К.: Аграр. наука, 2008. — 464 с.
6. Сайко В.Ф. Землеробство в контексті змін клімату: Вибрані наукові праці / В.Ф. Сайко. — К.: Аграр. наука, 2011. — 326 с.
7. Сайко В.Ф. Використання на удобрення побічної продукції рослинництва в Україні / В.Ф. Сайко // *Землеробство*. — 2009. — Вип. 81. — С. 3–10.
8. Сівозміни у землеробстві України / за ред. В.Ф. Сайка, П.І. Бойка. — К.: Аграр. наука, 2002. — 147 с.
9. Кухарець С.М. Енергоавтономність агроєкосистем на основі біологічних видів палива / С.М. Кухарець // *Сучасні проблеми збалансованого природокористування: зб. наук. пр. VII Наук.-пр. конф.* — Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2012. — С. 149–154.
10. Кухарець С.М. Регулювання використання органічних ресурсів для виробництва біопалива / С.М. Кухарець, Г.А. Голуб // *Сільськогосподарські машини: зб. наук. пр.* — 2013. — Вип. 24. — С. 187–194.

11. Голуб Г.А. Науково-технічні та економічні проблеми виробництва і використання біопалив у агрокосистемах / Г.А. Голуб // Вісн. Сум. нац. аграр. ун-ту. — 2010. — Вип. 1 (21). — С. 72–80.
12. Голуб Г.А. Проблеми використання соломи в якості палива / Г.А. Голуб // Вісн. аграр. науки. — 2010. — № 8. — С. 49–52.
13. Устойчивость земледелия: проблемы и пути решения / [В.Ф. Сайко, А.М. Малиенко, Г.А. Мазур, и др.]. — К.: Урожай, 1993. — 319 с.
14. Можливості заготівлі деревного палива в лісах України [Електронний ресурс] / [Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железна, А.В. Пастух та ін.] // Аналітична записка БАУ. — 2018. — № 19. — С. 1–29. — Режим доступу: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-19-ua.pdf>

## REFERENCES

1. Demydenko, O.V., Blashchuk, M.I., Kryvda, Yu.I. (2016). Rehuliuvannya vykorystannia orhanichnykh resursiv APK Cherkaskoi oblasti dlia vidtvorennia rodiuchosti ta vyrobnytstva biopalyva [Regulating the use of organic resources of agroindustrial complex of Cherkasy region for reproduction of fertility and biofuel production]. *Posibnyk Ukrayinskoho khliboroba — The guidebook of the Ukrainian farmer*, 1, 170–173 [in Ukrainian].
2. Demydenko, O.V. (2015). Zbalansuvaty strukturu sivozmin z rodyuchistyu chornozemiv u zoni tsentralnogo Lisostepu Ukrayiny tsilkom realno [To balance the structure of crop rotation with fertility of chernozems in the zone of the central forest-steppe of Ukraine is quite real]. *Zerno i khlib — Grain and bread*, 1, 54–56 [in Ukrainian].
3. Demydenko, O.V. (2014). Humusovyy stan chornozemiv Cherkaskoyi oblasti ta shlyakhy vidtvorennya yikhnoyi rodyuchosti [Humus state of Chernozem Chernozem region and ways of reproduction of their fertility]. *Okhorona gruntiv — Soil protection*, 1, 240–243 [in Ukrainian].
4. Blyum, Ya.B., Heletukha, H.H., Hryhoryuk, I.P. (2010). *Novitni tekhnolohiyi biokonversiyi [Newest technologies of bioconversion]*. Kyiv: Agrar Media Group [in Ukrainian].
5. Kaletnyk, H.M. (2008). *Rozvytok rynku biopalyva v Ukrayini [Development of Biofuel Market in Ukraine]*. Kyiv: Ahrarna Nauka [in Ukrainian].
6. Sayko, V.F. (2011). *Zemlerobstvo v konteksti zmin klimatu [Agriculture in the context of climate change]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
7. Sayko, V.F. (2009). Vykorystannya na udobrennya pobichnoyi produktsiyi roslynnytstva v Ukrayini [Use of fertilizer for crop production in Ukraine]. *Zemlerobstvo — Agriculture*, 81, 3–10 [in Ukrainian].
8. Sayko, V.F., Boico, P.I. (Eds.). (2002). *Sivozminy u zemlerobstvi Ukrayiny [Crop rotations in agriculture in Ukraine]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
9. Kukharets, S.M. (2012). Enerhoavtonomnist ahroekosystem na osnovi biolohichnykh vydiv palyva [Energy autonomy of agroecosystems based on biological types of fuels]. *Modern problems of balanced nature management '12: VII nauk.-pr. konf. — VII sciences. conf.* (pp. 149–154). Kam'ianets-Podilskyi: PDATU [in Ukrainian].
10. Kukharets, S.M., Holub, H.A. (2013). Rehulyuvannya vykorystannya orhanichnykh resursiv dlya vyrobnytstva biopalyva [Regulation of the use of organic resources for biofuel production]. *Silskohospodarski mashyny — Agricultural machines*, 24, 187–194 [in Ukrainian].
11. Holub, H.A. (2010). Naukovo-tekhnichni ta ekonomichni problemy vyrobnytstva i vykorystannya biopalyv u ahroekosystemakh [Scientific, technical and economic problems of production and use of biofuels in agroecosystems]. *Visnik Sumscogo natsionalnogo ahrarnogo unistytutu — Bulletin of the Sumy National Agrarian University*, 1, 72–80 [in Ukrainian].
12. Holub, H.A. (2010). Problemy vykorystannya solomy v yakosti palyva. [Problems of using straw as a fuel]. *Visnik ahrarni nauky — Bulletin of Agrarian Science*, 8, 49–52 [in Ukrainian].
13. Sayko, V.F., Malyenko, A.M., Mazur, H.A. (1993). *Ustoychivost zemledelyia: problemy y puty resheniya [Agriculture Sustainability: Problems and Solutions to Decision]*. Kyiv: Urozhay [in Ukrainian].
15. Heletukha, H.H., Zhelezna, T.A., Pastukh, A.V. (2018). Mozhlyvosti zahotivli derevnoho palyva v lisakh Ukrayiny [Possibilities of harvesting wood fuel in the forests of Ukraine]. *Analitychna zapyska BAU — Analytical note BAU*, 19, 1–29. Retrieved from <http://uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-19-ua.pdf> [in Ukrainian].