

УДК 631.452:631.58:631.147(477.82) <https://doi.org/10.31713/vs4202513>

**Мошинський В. С.** [1; ORCID ID: 0000-0002-1661-6809],

д.с.-г.н., професор,

**Вознюк С. А.** [1; ORCID ID: 0009-0004-3143-5178],

аспірант

<sup>1</sup>Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

## УПРАВЛІННЯ БАЛАНСОМ ГУМУСУ В КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ МАЛИХ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ

У статті досліджено баланс гумусу в умовах короткоротаційної трипільної сівозміни (соя – пшениця озима – картопля) малих фермерських господарств Західного Лісостепу України. Визначено основні чинники мінералізації органічної речовини за традиційної оранки та мінімального обробітку ґрунту. Розраховано надходження гумусу від пожнивних решток, повернення соломи та органічних добрив. Показано, що включення до сівозміни бобово-злакових сидеральних сумішей у поєднанні з мінімальним обробітком дозволяє досягти позитивного балансу гумусу (+0,09 т/га на рік). Зроблено висновки щодо доцільності системного застосування сидеральних культур як базового елементу управління органічною речовиною ґрунту.

**Ключові слова:** гумус; сівозміна; мінералізація; сидерати; мінімальний обробіток; органічна речовина ґрунту; Західний Лісостеп.

**Постановка проблеми.** Проблема збереження гумусу в орних ґрунтах Західного Лісостепу України набуває особливої актуальності в умовах скорочення внесення органічних добрив та спрощення структури сівозмін у малих фермерських господарствах. За даними XI туру агрохімічних обстежень (2016–2020 рр.), вміст гумусу в ґрунтах України знизився з 3,36% у 1986–1990 рр. до 3,07%, тобто на 0,29% в абсолютних величинах за 30 років [1]. Різке скорочення внесення органічних добрив поглибило цю проблему. Для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу у зоні Лісостепу необхідно щорічно вносити 11–12 т/га органічних добрив [2]. Зокрема, за розрахунками для орних земель Рівненської області середньорічні втрати гумусу становлять 0,78 т/га, а мінімальна норма органічних добрив для забезпечення бездефіцитного балансу – 16,2 т/га [22]. При цьому

фактичне внесення органічних добрив у регіоні протягом 2011–2024 рр. не перевищувало 1,3 т/га посівної площі [3], що у 12 разів менше від науково обґрунтованого нормативу. Натомість у виробничій практиці малих господарств переважають короткоротаційні системи із домінуванням зернових і зернобобових культур [4; 5].

Суттєвим чинником, що трансформує традиційні підходи до побудови сівозмін у Лісостепу, є зміна клімату. За даними аналітичної доповіді НІСД, середня температура повітря в Лісостепу зросла на 1,74° С за сценарієм RCP 4.5, а зима скоротилася майже на місяць порівняно з 1961 роком. Зони Полісся та Західного Лісостепу теплішають швидше, ніж степові регіони, що, з одного боку, відкриває можливості для вирощування теплолюбних культур, а з іншого – посилює ризики посух і прискорення мінералізації гумусу [6]. В умовах потепління тривалість вегетаційного сезону в Лісостепу суттєво зросла, що створює передумови для успішного вирощування сої навіть у зонах, де це раніше вважалось ризикованим. Якщо рекомендації 1980–1990-х років не передбачали включення сої до сівозмін Західного Лісостепу через недостатню суму активних температур, то сучасні кліматичні реалії кардинально змінили цю ситуацію. Згідно з біолого-екологічними характеристиками культур, ультраранні та ранньостиглі сорти сої вимагають суми активних температур (вище 10° С) 2140–2340° С [7; 8], тоді як середньобогаторічна сума активних температур у Лісостепу досягає 2660–2990° С [7], що є достатньою передумовою для формування повноцінного врожаю ранньостиглих сортів. Приватні фермерські господарства регіону широко практикують трипільну сівозміну соя – пшениця озима – картопля, опираючись на ранньостиглі сорти сої вітчизняної та зарубіжної селекції, які в сучасних кліматичних умовах демонструють достатній продуктивний потенціал у зоні Лісостепу. Агрономічна доцільність включення сої до сівозміни підтверджується і тим, що, згідно зі шкалою попередників сільськогосподарських культур, соя є добрим попередником для пшениці озимої, а оптимальна тривалість перерви у вирощуванні сої на одному полі становить 3–4 роки [7]. Важливою передумовою функціонування такої сівозміни є збереження та підвищення продуктивності пшениці озимої після сої як попередника. Дослідженнями встановлено, що за поступових кліматичних змін нові сорти пшениці озимої здатні формувати стабільно високі врожаї після бобових попередників, зокрема сої, за умови правильно підібраних строків сівби та норм висіву [9].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Гумус є інтегральним показником родючості ґрунту, що визначає його фізичні, хімічні та біологічні властивості. Середньорічні втрати гумусу в ґрунтах ріллі, внаслідок зростання темпів мінералізації органічної речовини, становлять 0,6 т/га [10]. У наукових дослідженнях доведено, що баланс гумусу визначається співвідношенням між надходженням органічної речовини та її мінералізацією, інтенсивність якої значною мірою залежить від способу обробітку ґрунту, рівня аерації, температурного режиму та вологості. За традиційної оранки посилюється аерація орного шару, активізується мікробіологічна діяльність і прискорюється розклад органічної речовини. Водночас за мінімального (*minimum tillage*) або нульового (*no-till*) обробітку інтенсивність мінералізації знижується, що сприяє стабілізації гумусового стану [11; 22].

Літературні джерела свідчать, що повне повернення соломи здатне частково компенсувати втрати гумусу. Зокрема, Кірілеско О. Л. та Корнійчук О. В. встановили позитивний вплив заорювання соломи та сидератів на баланс гумусу в ґрунтах [12]. Однак у системах із високим початковим вмістом органічної речовини (понад 3,5%) темпи мінералізації часто перевищують гумусоутворення.

Численні дослідження вказують на ефективність сидеральних культур як джерела відновлення органічної речовини. Бобово-злакові суміші забезпечують оптимальне співвідношення вуглецю та азоту, формування значної біомаси та утворення більш стабільних гумусових сполук порівняно з однокомпонентними посівами [13; 14]. Зокрема, люпин як сидерат здатний сформувати 2–3 т/га гумусу за рахунок 20–30 т/га зеленої маси [15]. Важливо зазначити, що збільшення обсягів біологізації землеробства в Україні – за рахунок приорування соломи та сидерації – є одним із ключових інструментів уповільнення дегуміфікації ґрунтів. За даними моніторингу, попри певну позитивну динаміку застосування біологічних методів, тенденція до зниження вмісту гумусу зберігається: за XI туром агрохімічних обстежень середній показник по Україні становить лише 3,07% [1]. Серед найефективніших сидеральних культур для умов Лісостепу виділяють бобові (люпин, вика, горох, еспарцет) та їхні суміші зі злаковими компонентами: вика + овес, люпин + овес, горох + ячмінь. Коефіцієнт використання азоту з зеленого добрива у перший рік вдвічі вищий, ніж за внесення перегною, що робить сидерацію особливо

ефективним заходом за умов дефіциту традиційних органічних добрив [2].

Зарубіжний досвід свідчить про значний потенціал диверсифікації коротких сівозмін для підвищення врожайності та збереження органічної речовини ґрунту. Масштабне дослідження, проведене у 2024 р. та охопивши дані з 49 країн, встановило, що диверсифікація сівозміни підвищує виробництво продовольства, знижує нетто-емісію парникових газів і покращує стан ґрунту [16]. Ключовим механізмом є те, що включення до сівозміни бобових культур, зокрема сої, забезпечує природну фіксацію атмосферного азоту та збагачення ґрунту органічною речовиною після заорювання кореневих і пожнивних решток. Liu et al. (2023) у семирічному польовому досліді підтвердили, що сівозміна з бобовими культурами не лише підвищує врожайність наступної пшениці озимої, а й підтримує запаси вуглецю в ґрунті на достатньому рівні [17]. Smith et al. (2023) на основі метааналізу 32 досліджень у 14 країнах довели, що підвищення різноманітності сівозміни достовірно збільшує врожайність зернових, зокрема пшениці озимої, порівняно з короткоротаційними системами без бобового компонента [18]. Ці результати підтверджують, що навіть у короткоротаційній трипільній сівозміні соя – пшениця озима – картопля можна досягти прийнятного балансу органічної речовини за умови застосування комплексу агротехнічних заходів. Важливим доповненням до таких систем є використання сидеральних культур у проміжних посівах або в третьому полі розширеної ротації, що є одним із перспективних напрямів для малих фермерських господарств регіону.

Попри значний масив досліджень, питання оптимізації балансу гумусу в умовах трипільних короткоротаційних сівозмін з включенням просапних культур у малих господарствах Лісостепу залишається недостатньо вивченим. Більшість наявних розрахункових моделей орієнтована на багатопільні або спеціалізовані сівозміни великих підприємств і не враховує специфіки землекористування малих фермерських господарств та обмежених можливостей застосування органічних добрив. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин є необхідним інструментом управління родючістю ґрунту. Балюком С. А. та ін. розроблено методологію розрахунку балансу гумусу на різних рівнях управління [19], яка дозволяє здійснювати науково обґрунтовану оцінку стану органічної речовини ґрунту в конкретних виробничих умовах.

**Мета, матеріали та методи дослідження.** *Мета роботи* – розрахувати баланс гумусу в трипільній сівозміні (соя – пшениця озима – картопля) та обґрунтувати агротехнічні заходи для його стабілізації в умовах малих фермерських господарств Західного Лісостепу.

Дослідження проводилось на базі малого фермерського господарства, розташованого в Рівненському районі Рівненської області. Ґрунтовий покрив представлений темно-сірими опідзоленими ґрунтами з початковим вмістом гумусу в орному шарі (0–30 см) 3,6%, що відповідає запасу близько 140 т/га за щільності складання 1,3 г/см<sup>3</sup>.

*Об'єктом дослідження* слугувала трипільна сівозміна соя – пшениця озима – картопля.

Розрахунок балансу гумусу здійснювали на основі методики, наведеної у роботі Балюка С. А. та співавторів [19], із застосуванням коефіцієнтів гуміфікації: для злакової соломи – 0,20, для коренів і пожнивних решток зернобобових – 0,16, для гною напіврідкого – 0,06. Коефіцієнти гуміфікації рослинних решток та гною, а також методику розрахунку балансу гумусу прийнято відповідно до методичних рекомендацій Інституту ґрунтознавства та агрохімії УААН [22].

Інтенсивність мінералізації гумусу оцінювали як частку від загального запасу органічної речовини: за умов традиційної оранки на глибину 20 см – 1,2% на рік; за мінімальної обробки – 1,0% на рік. Позитивний вплив зменшення глибини і частоти обробки на збереження органічної речовини підтверджено низкою досліджень [11; 16].

Для оцінки ефективності включення сидеральних культур до сівозміни використовували розрахункові показники надходження органічної речовини від бобово-злакової сидеральної суміші з урахуванням фактичної біомаси. Роль сівозмін у формуванні балансу органічної речовини досліджено у роботах Бойка П. І., Камінського В. Ф. та інших вчених ННЦ «Інститут землеробства НААН» [13; 20].

**Виклад основного матеріалу.** Розрахунок балансу гумусу в трипільній сівозміні (соя – пшениця озима – картопля) здійснено на основі фактичних показників урожайності та обсягів внесення органічних добрив (табл. 1).

Таблиця 1

 Розрахунок балансу гумусу в трипільній сівозміні соя –  
пшениця озима – картопля

Показник	Соя	Пшениця озима	Картопля	Разом по ротації
Урожайність основної продукції, т/га	2,33	5,00	20,00	–
Пожнивно-кореневі рештки, т/га	2,80	6,00	2,60	11,40
Коефіцієнт гуміфікації решток	0,16	0,20	0,10	–
Утворення гумусу з решток, т/га	0,45	1,20	0,26	1,91
Гній напіврідкий, т/га	–	2,74	–	2,74
Утворення гумусу з гною (к-т 0,06), т/га	–	0,17	–	0,17
Надходження гумусу, т/га (сума)	0,45	1,37	0,26	2,08
Запас гумусу в орному шарі, т/га	140	140	140	–
Мінералізація: оранка 1,2%, т/га	1,68	1,68	1,68	5,04
Мінералізація: міні-обробіток 1,0%, т/га	1,40	1,40	1,40	4,20
<b>Баланс: оранка (без сидерату), т/га/рік</b>	–	–	–	<b>–0,33</b>
<b>Баланс: міні-обробіток (без сидерату), т/га/рік</b>	–	–	–	<b>–0,24</b>
<b>Баланс: міні-обробіток + сидерат (1,0 т/га гумусу), т/га/рік</b>	–	–	–	<b>+0,09</b>

Примітка: баланс розраховано на рік, як середнє по трипільній ротації; сидерат – бобово-злакова суміш у проміжному посіві.

Урожайність сої становила 2,33 т/га, що забезпечило формування приблизно 2,8 т/га пожнивних та корневих решток. За коефіцієнта гуміфікації 0,16 потенційне утворення гумусу становило

0,45 т/га. Урожайність пшениці озимої – 5 т/га. За повного повернення соломи (близько 5 т/га) та врахування кореневої маси (близько 1 т/га) сумарна маса органічних решток досягала 6 т/га, що за коефіцієнта гуміфікації 0,20 забезпечувало утворення близько 1,20 т гумусу. Додатковим джерелом органічної речовини було внесення 2,74 т/га гною, що забезпечило близько 0,17 т гумусу.

Сумарне надходження гумусу за ротацію становило 2,08 т або 0,69 т/га на рік.

Втрати гумусу визначали як частку від його загального запасу. За умов традиційної оранки на глибину 20 см інтенсивність мінералізації оцінювали на рівні 1,2% від запасу гумусу, що відповідає 1,68 т/га на рік. Таким чином, баланс гумусу за оранки становив 0,33 т/га на рік, що свідчить про виражений дефіцит органічної речовини навіть при повному поверненні соломи та внесення невеликих доз гною. Отримані дані відповідають результатам досліджень, проведених в умовах Лісостепу України [10; 12].

Перехід до мінімального обробітку знижує інтенсивність мінералізації приблизно до 1,0% від запасу гумусу (1,40 т/га на рік). У такому разі дефіцит зменшується до –0,24 т/га на рік, однак баланс залишається від'ємним. Дані вітчизняних досліджень підтверджують, що за різноглибинної оранки без повернення побічної продукції баланс гумусу може сягати –0,9 т/га на рік, тоді як поєднання мінімального обробітку з приорюванням соломи забезпечує його позитивне значення [21]. Дослідження в Німеччині, Франції та Аргентині підтверджують, що поля без оранки накопичують на 30–50% більше органічної речовини порівняно з розораними [11; 22].

Включення до сівозміни високобіомасної бобово-злакової сидеральної суміші здатне забезпечити додаткове надходження близько 1,0 т гумусу на гектар. За умов мінімального обробітку сумарне надходження органічної речовини перевищує втрати, а баланс стає позитивним (+0,09 т/га на рік). Це свідчить про можливість не лише стабілізації, а й поступового відновлення гумусового стану ґрунту.

Отримані результати підтверджують, що в умовах високої гумусованості (3,6%) темно-сірих опідзолених ґрунтів Західного Лісостепу інтенсивність мінералізації є значною і не компенсується лише поверненням соломи. Ключовими чинниками стабілізації органічної речовини є зменшення інтенсивності механічного обробітку

та систематичне введення сидеральних культур із високою біомасою [14; 15].

Для досягнення позитивного балансу гумусу важливу роль відіграє також дотримання наукових принципів побудови сівозмін. Як зазначають Камінський В. Ф. та Бойко П. І., роль сівозмін у сучасному землеробстві полягає не лише в оптимізації чергування культур, але й у формуванні балансу органічної речовини ґрунту [20]. При цьому короткоротаційні сівозміни потребують обов'язкового включення бобового компонента або сидерального поля.

**Висновки.** За традиційної оранки в трипільній сівозміні (соя – пшениця озима – картопля) повернення побічної продукції та внесення органічних добрив не компенсують втрат гумусу внаслідок мінералізації. Мінімальний обробіток ґрунту знижує дефіцит гумусового балансу, проте не є достатнім для його бездефіцитного відтворення. Поєднання мінімального обробітку із систематичною сидерацією бобово-злаковими сумішами може забезпечити позитивний баланс гумусу і створити умови для відновлення родючості ґрунту.

Для малих фермерських господарств Західного Лісостепу доцільно рекомендувати поєднання мінімального обробітку ґрунту з використанням бобово-злакових сидеральних сумішей як базовий елемент управління балансом гумусу в короткоротаційних сівозмінах.

1. Динаміка вмісту гумусу в ґрунтах України : інфографіка / ДУ «Інститут охорони ґрунтів України». 2023. URL: <https://superagronom.com/news/18231-za-30-rokiv-pokaznik-vmistu-gumusu-v-gruntah-ukrayini-znizivsya-z-336-do-307> (дата звернення: 10.10.2025).
2. Органічні добрива : навч. посіб. (для студентів напряму підготовки 201 «Агрономія») / С. В. Журавель, М. М. Кравчук, Р. Б. Кропивницький та ін. Житомир : Вид-во Поліського ун-ту, 2020. 200 с.
3. Агрозистатистика України. Добрива органічні. Рівненська область, 2011–2024. Укragрометцентр. URL: <https://agrostats.uhmi.org.ua/#article-2> (дата звернення: 08.11.2025).
4. Гудзь В. П., Лісовал А. П., Андрієнко В. О., Рибак М. Ф. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2007. 408 с.
5. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті / Бацула О. О., Головачов Є. А., Дерев'янка Р. Г. та ін. ; за ред. О. О. Бацули. Київ : Урожай, 1987. 128 с.
6. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації. Аналітична доповідь. Київ : НІСД, 2020. 110 с. URL: [https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5\\_sait.pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf) (дата звернення: 10.10.2025).
7. Спутник агронома 2005. Частина 1 : природні ресурси, біологія культур, сівозміни, обробіток ґрунту. Дніпропетровськ : Агросфера, 2005. 160 с.
8. Клименко М. О., Вознюк Н. М., Собко З. З., Масовець Б. П. Стратегія сталого розвитку сільськогосподарського виробництва за умови зміни клімату (на прикладі Рівненської області) : монографія. Рівне : НУВГП, 2021. 252 с. URL:

<http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/20686> (дата звернення: 10.10.2025). **9.** Wang R., Wu J., Wang Y., Sun Z., Ma W., Xue C. et al. Legacy effects of different preceding crops on grain yield, protein fractions and soil nutrients in subsequent winter wheat. *Plants*. 2025. Vol. 14. Art. 2598. DOI: 10.3390/plants14162598 **10.** Skrylnyk Ye., Hetmanenko V., & Kutova A. Estimation models of humus balance as an indicator of agroecological stability of land management organization. *Scientific Horizons*. 2018. Vol. 21(8). P. 139–144. URL: <https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/7-8-70-2018/> (дата звернення: 10.10.2025). **11.** Як самостійно визначити баланс органічної речовини в ґрунті. *GrowHow*. URL: <https://www.growhow.in.ua/yak-samostiyno-vyznachyty-balans-orhanichnoi-rechovyny-v-grunti/> (дата звернення: 10.11.2025). **12.** Кірілеско О. Л., Корнійчук О. В. Вплив насичення сівозмін багаторічними травами, заорювання соломи та сидератів на баланс гумусу в ґрунтах. *Землеробство*. Київ : ВП «Едельвейс», 2015. Вип. 1. С. 77–81. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo\\_2015\\_1\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2015_1_9) (дата звернення: 10.10.2025). **13.** Бойко П. І., Шаповал І. С., Демиденко О. В., Блащук М. І. Продуктивність агрофітоценозів різноротаційних сівозмін в Лівобережному Лісостепу. *Землеробство*. Київ : ВП «Едельвейс», 2015. Вип. 1. С. 32–37. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo\\_2015\\_1\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2015_1_9) (дата звернення: 10.10.2025). **14.** Шувар І. А. Наукові основи інтенсивно-екологічного землеробства. Львів : Каменярь, 1998. 224 с. **15.** ТОП-9 найпоширеніших сидератів в Україні: переваги та недоліки. *SuperAgronom.com*. URL: <https://superagronom.com/articles/667-top-9-nauposhirenishih-siderativ-v-ukrayini-perevagi-ta-nedoliki> (дата звернення: 08.11.2025). **16.** Yang, X., Xiong, J., Du, T. et al. Diversifying crop rotation increases food production, reduces net greenhouse gas emissions and improves soil health. *Nat Commun*. 2024. Vol. 15. P. 198. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44464-9> **17.** Liu C., Feng X., Xu Y., Kumar A., Yan Z., Zhou J., Yang Y., Peixoto L., Zeng Z., Zang H. Legume-based rotation enhances subsequent wheat yield and maintains soil carbon storage. *Agronomy for Sustainable Development*. 2023. Vol. 43. Art. 64. DOI: 10.1007/s13593-023-00918-4 **18.** Smith M. E., Vico G., Costa A. et al. Increasing crop rotational diversity can enhance cereal yields. *Commun Earth Environ*. 2023. Vol. 4. P. 89. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00746-0> **19.** Балюк С. А., Греков В. О., Лісовий М. В., Комариста А. В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків : КП «Міська друкарня», 2011. 30 с. **20.** Камінський В. Ф., Бойко П. І. Роль сівозмін у сучасному землеробстві. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 6. С. 5–9. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan\\_2013\\_6\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2013_6_3) (дата звернення: 10.10.2025). **21.** Фурманець М., Фурманець Ю. Формування балансу гумусу в ґрунті за різних систем його обробітку та удобрення. *Агроном*. 2024. URL: <https://www.agronom.com.ua/formuvannya-balansu-gumusuv-grunti-za-riznyh-system-yogo-obrobitku-ta-udobrennya/> (дата звернення: 10.10.2025). **22.** Котович О. В., Горбань В. А., Яковенко В. М. Методичні вказівки до виконання практичних робіт дисципліни «Екологічний моніторинг ґрунтів». Розділ «Дегуміфікація ґрунтів». Дніпро : ДНУ, 2020. 20 с.

## REFERENCES:

1. Dynamika vmistu humusu v gruntakh Ukrainy : infografika / DU «Instytut okhorony

gruntiv Ukrainy». 2023. URL: <https://superagronom.com/news/18231-za-30-rokiv-pokaznik-vmistu-gumusu-v-gruntah-ukrayini-znizivsya-z-336-do-307> (data zvernennia: 10.10.2025). **2.** Orhanichni dobryva : navch. posib. (dlia studentiv napriamu pidhotovky 201 «Ahronomiia») / S. V. Zhuravel, M. M. Kravchuk, R. B. Kropyvnytskyi ta in. Zhytomyr : Vyd-vo Poliskoho un-tu, 2020. 200 s. **3.** Ahrostatystyka Ukrainy. Dobryva orhanichni. Rivnenska oblast, 2011–2024. Ukrahomettsentr. URL: <https://agrostats.uhmi.org.ua/#article-2> (data zvernennia: 08.11.2025). **4.** Hudz V. P., Lisoval A. P., Andriienko V. O., Rybak M. F. Zemlerobstvo z osnovamy gruntoznavstva i ahrokhimii : pidruchnyk. Kyiv : Tsentр uchbovoi literatury, 2007. 408 s. **5.** Zabezpechennia bezdefitsytnoho balansu humusu v gruntі / Batsula O. O., Holovachov Ye. A., Derevianko R. H. ta in. ; za red. O. O. Batsuly. Kyiv : Urozhai, 1987. 128 s. **6.** Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii. Analychna dopovid. Kyiv : NISD, 2020. 110 s. URL: [https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5\\_sait.pdf](https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf) (data zvernennia: 10.10.2025). **7.** Sputnyk ahronoma 2005. Chastyna 1 : pryrodni resursy, biolohiia kultur, sivozminy, obrobitorok gruntu. Dnipropetrovsk : Ahrosfera, 2005. 160 s. **8.** Klymenko M. O., Vozniuk N. M., Sobko Z. Z., Masovets B. P. Stratehiia staloho rozvytku silskohospodarskoho vyrobnytstva za umovy zminy klimatu (na prykladi Rivnenskoї oblasti) : monohrafiia. Rivne : NUVHP, 2021. 252 s. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/20686> (data zvernennia: 10.10.2025). **9.** Wang R., Wu J., Wang Y., Sun Z., Ma W., Xue C. et al. Legacy effects of different preceding crops on grain yield, protein fractions and soil nutrients in subsequent winter wheat. *Plants*. 2025. Vol. 14. Art. 2598. DOI: 10.3390/plants14162598 **10.** Skrylnyk Ye., Hetmanenko V., & Kutova A. Estimation models of humus balance as an indicator of agroecological stability of land management organization. *Scientific Horizons*. 2018. Vol. 21(8). P. 139–144. URL: <https://sciencehorizon.com.ua/uk/journals/7-8-70-2018/> (data zvernennia: 10.10.2025). **11.** Yak samostiino vyznachyty balans orhanichnoi rehovyny v gruntі. GrowHow. URL: <https://www.growhow.in.ua/yak-samostiino-vyznachyty-balans-orhanichnoi-rehovyny-v-grunti/> (data zvernennia: 10.11.2025). **12.** Kirilesko O. L., Korniiichuk O. V. Vplyv nasychennia sivozmin bahatorichnymy travamy, zaoriuvannia solomy ta syderativ na balans humusu v gruntakh. *Zemlerobstvo*. Kyiv : VP «Edelweis», 2015. Vyp. 1. S. 77–81. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo\\_2015\\_1\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2015_1_9) (data zvernennia: 10.10.2025). **13.** Boiko P. I., Shapoval I. S., Demydenko O. V., Blashchuk M. I. Produktyvnist ahrofitotsenoziv riznorotatsiinykh sivozmin v Livoberezhnomu Lisostepu. *Zemlerobstvo*. Kyiv : VP «Edelweis», 2015. Vyp. 1. S. 32–37. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo\\_2015\\_1\\_9](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zemlerobstvo_2015_1_9) (data zvernennia: 10.10.2025). **14.** Shuvar I. A. Naukovi osnovy intensyvno-ekolohichnoho zemlerobstva. Lviv : Kameniar, 1998. 224 s. **15.** TOP-9 naiposhyrenishykh syderativ v Ukraini: perevahy ta nedoliky. SuperAgronom.com. URL: <https://superagronom.com/articles/667-top-9-nayposhirenishih-siderativ-v-ukrayini-perevagi-ta-nedoliki> (data zvernennia: 08.11.2025). **16.** Yang, X., Xiong, J., Du, T. et al. Diversifying crop rotation increases food production, reduces net greenhouse gas emissions and improves soil health. *Nat Commun*. 2024. Vol. 15. P. 198. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44464-9> **17.** Liu C., Feng X., Xu Y., Kumar A., Yan Z., Zhou J., Yang Y., Peixoto L., Zeng Z., Zang H. Legume-based rotation enhances subsequent wheat yield and maintains soil carbon storage. *Agronomy for Sustainable Development*. 2023. Vol. 43. Art. 64. DOI: 10.1007/s13593-023-00918-4 **18.** Smith M. E., Vico G., Costa A. et al. Increasing crop rotational diversity can

enhance cereal yields. *Commun Earth Environ.* 2023. Vol. 4. P. 89. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00746-0> **19.** Baliuk S. A., Hrekov V. O., Lisovyi M. V., Komarysta A. V. Rozrakhunok balansu humusu i pozhyvnykh rehovyn u zemlerobstvi Ukrainy na riznykh rivniakh upravlinnia. Kharkiv : KP «Miska drukarnia», 2011. 30 s. **20.** Kaminskyi V. F., Boiko P. I. Rol sivozmin u suchasnomu zemlerobstvi. *Visnyk ahrarynoi nauky.* 2013. № 6. S. 5–9. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan\\_2013\\_6\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2013_6_3) (data zvernennia: 10.10.2025). **21.** Furmanets M., Furmanets Yu. Formuvannia balansu humusu v grunti za riznykh system yoho obrobittu ta udobrennia. *Ahronom.* 2024. URL: <https://www.agronom.com.ua/formuvannya-balansu-gumusy-v-grunti-za-riznykh-system-jogo-obrobittu-ta-udobrennia/> (data zvernennia: 10.10.2025). **22.** Kotovych O. V., Horban V. A., Yakovenko V. M. Metodychni vkazivky do vykonannia praktychnykh robot dystsypliny «Ekolohichni monitorynh gruntiv». Rozdil «Dehumifikatsiia gruntiv». Dnipro : DNU, 2020. 20 s.

---

**Moshynskiy V. S.** <sup>[1; ORCID ID: 0000-0002-1661-6809]</sup>,  
Doctor of Agricultural Sciences, Professor,  
**Vozniuk S. A.** <sup>[1; ORCID ID: 0009-0004-3143-5178]</sup>,  
Post-graduate Student

<sup>1</sup>*National University of Water and Environmental Engineering, Rivne*

## **HUMUS BALANCE MANAGEMENT IN SHORT-ROTATION CROP SYSTEMS OF SMALL FARMING ENTERPRISES IN THE WESTERN FOREST-STEPPE OF UKRAINE**

The article investigates humus balance dynamics in a three-field short-rotation crop sequence (soybean – winter wheat – potato) practiced on small private farms in the Western Forest-Steppe of Ukraine. The study was conducted on dark-grey podzolized soils with an initial humus content of 3.6% (approximately 140 t/ha in the 0–30 cm arable layer at a bulk density of 1.3 g/cm<sup>3</sup>). Humus balance was calculated using the methodology of Baliuk et al. (2011), applying humification coefficients of 0.16 for legume post-harvest residues, 0.20 for cereal straw, and 0.06 for semi-liquid manure. Mineralization intensity was assessed at 1.2% of total humus stock per year under conventional plowing and 1.0% under minimum tillage. Climate warming of approximately 1.74° C in the Forest-Steppe zone has notably extended the growing season and created practical agronomic conditions for soybean cultivation in areas where it was previously considered marginally suitable, making short soybean–wheat rotations increasingly common among private farms in the region. The results demonstrate that under conventional tillage, the annual humus balance is negative (–0.33 t/ha per year), even with full straw incorporation, incorporation of root and post-harvest residues, and

modest manure application. The transition to minimum tillage reduces the deficit to  $-0.24$  t/ha per year but does not independently achieve humus equilibrium. The introduction of a high-biomass legume-cereal green manure mixture as an intercrop, combined with minimum tillage, provides approximately 1.0 t/ha of additional humus input and generates a positive overall balance of  $+0.09$  t/ha per year, confirming the feasibility of gradual soil organic matter restoration within a short rotation. It is recommended that small farming enterprises in the Western Forest-Steppe adopt minimum tillage combined with systematic use of legume-cereal green manure mixtures as the core strategy for humus balance management in short-rotation cropping systems.

**Keywords:** humus; crop rotation; mineralization; green manure; minimum tillage; soil organic matter; Western Forest-Steppe; soybean; winter wheat; potato.

Отримано: 10 листопада 2025 року  
Прорецензовано: 17 листопада 2025 року  
Прийнято до друку: 28 листопада 2025 року