

УДК 631. 417.2/. 582:631.872(477.4)

## БАЛАНС ГУМУСУ В КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ ЗАЛЕЖНО ВІД СИСТЕМ УДОБРЕННЯ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО

Примак І.Д. , Панченко О.Б., Войтовик М.В.,  
Образій С.В. , Панченко І.А.

*Білоцерківський національний аграрний університет*



Примак І.Д., Панченко О.Б., Войтовик М.В., Образій С.В., Панченко І.А. Баланс гумусу в короткоротаційній сівозміні Правобережного Лісостепу України залежно від систем удобрення чорнозему типового. Збірник наукових праць «Агробіологія», 2020. № 1. С. 151–159.

Prymak I.D., Panchenko O.B., Voitovyk M.V., Obrazhii S.V., Panchenko I.A. Balans humusu v korotkorotatsiini sivozmini Pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy zalezno vid system udobrennia chornozemu typovoho. Zbirnyk naukovykh prac' "Agrobiologija", 2020. no. 1, pp. 151-159.

Рукопис отримано: 02.04.2020 р.  
Прийнято: 16.04.2020 р.  
Затверджено до друку: 25.05.2020 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2020-157-1-151-159

**Постановка проблеми.** Більшість вітчизняних науковців вважають вміст гумусу в ґрунті інтегральним показником його ефективної родючості. За 133 роки (1882–2015) він зменшився в Україні на 1,01 % вихідного вмісту, або 24,2 %. У Лісостепу ці показники становили відповідно 1,3 і 28,8 % [1].

Чотирирічними (2015–2018 рр.) дослідженнями Білоцерківського НАУ доведено, що важливим джерелом утворення ґрунтового гумусу є рослинні рештки і нетоварна продукція культур польової п'ятипільної зернопросапної сівозміни. На неудобрених ділянках, удобрених 8 т/га гною +  $N_{76}P_{64}K_{57}$ , 12 т/га гною +  $N_{95}P_{82}K_{72}$  і 16 т/га гною +  $N_{112}P_{100}K_{86}$ , частка гумусу, утвореного завдяки гуміфікації рослинних решток, становила відповідно 51,4; 40,3; 37,7 і 36,1 %, гною – 0; 15,3; 17,2 і 18,7 %, побічної продукції рільництва – 44,0; 40,8; 41,7 і 42,1 %, зеленої маси гірчиці білої – 4,6; 3,6; 3,4 і 3,1 %. З підвищенням рівня внесених добрив цей показник щодо рослинних решток і зеленого добрива зменшується, а гною – дещо зростає.

На неудобрених варіантах баланс гумусу під просапними (соняшником і кукурудзою) від'ємний, під рештою культур сівозміни – додатний. На удобрених ділянках під всіма культурами цей показник додатний. За внесення найвищої норми добрив щорічний приріст маси ґрунтового гумусу становить 1,1 т/га.

За умови відчуження з полів сівозміни нетоварної продукції рільництва баланс гумусу від'ємний на всіх варіантах досліджу.

З рослинними рештками, побічною рослинницькою продукцією і зеленою масою гірчиці білої надійшла до ґрунту така кількість гумусу, яка рівноцінна внесенню відповідно 14–33, 12–36 і 1,3–2,6 т гною на гектар ріллі.

За нульового, першого, другого і третього рівнів удобрення до ґрунту надійшло відповідно 4,08; 5,98; 7,46 і 8,73 т рослинних решток, з яких 68–71 % кореневі, а решта (29–32 %) – наземні.

З підвищенням рівня внесених добрив зростає частка побічної продукції культур сівозміни. У сої, пшениці озимої, соняшнику і ячменю ярого з підвищенням норм добрив більший приріст наземної, ніж кореневої маси.

Найвища продуктивність одного гектара ріллі сівозміни (5,63 т сухої речовини, 7,84 т кормових одиниць, 0,671 т перетравного протеїну) отримана за внесення 16 т гною +  $N_{112}P_{100}K_{86}$ , однак найбільш економічно доцільною нормою добрив є 12 т гною +  $N_{95}P_{82}K_{72}$ .

**Ключові слова:** баланс гумусу, ґрунт, добрива, урожай, побічна продукція, рослинні рештки, сівозміна, культури, коефіцієнт екологізації, продуктивність.

Упродовж 1986–2010 рр. державною установою «Держґрунтохорона» зафіксоване зниження вмісту гумусу у ґрунті на 0,22 %. У 2010 р. він становив 3,14 % [2].

Сьогодні баланс гумусу у ґрунтах України гостродефіцитний, а високу продуктивність агрофітоценозів досягають завдяки їх потенційній

родючості. Оскільки на кожний гектар ріллі вноситься лише 0,5–0,6 т гною (тимчасом у 1985 р. – 9,4 т), то альтернативою йому має стати нетоварна (побічна) рослинницька продукція і застосування сидеральних добрив.

**Аналіз останніх досліджень.** У Лісостепу України науковці рекомендують виробництву у сівозмінах на чорноземі типовому вилугуваному за гідротермічного коефіцієнта (ГТК) 1,3, вносити 9 т/га гною  $+N_{50}P_{66}K_{66}$ ; чорноземі типовому за ГТК 0,9–1,1 – 7,5 т/га гною  $+N_{26}P_{41}K_{33}$ ; чорноземі опідзоленому за ГТК 1,1–6 т/га гною  $+N_{36}P_{24}K_{32}$ , або вносити мінеральні туки і використовувати нетоварну рослинницьку продукцію як органічне добриво [3].

На чорноземі типовому малогумусному середньосуглинковому дослідного поля НУБіП України (с. Пшеничне Васильківського району Київської області) за екологічного землеробства внесення впродовж шести років 18 т/га органічних добрив (12 т гною, 6 т побічної продукції і сидератів післязливних культур)  $+N_{46}P_{49}K_{55}$  в типовій польовій зернопросапній десятипільній сівозміні забезпечило зростання в орному шарі вмісту гумусу на 1 т/га [4].

Норма мінеральних добрив  $N_{46}P_{51}K_{59}$  в зернобуряковій сівозміні за достатнього зволоження спричиняє втрати гумусу в орному шарі чорнозему типового вилугуваного 0,09 %, а в підорному – 0,03 %. Стабілізація цього показника (4,32 % в орному і 3,96 % в підорному шарах) спостерігалася за внесення 12 т/га гною  $+N_{46}P_{51}K_{59}$ . За норми мінеральних добрив  $N_{46}P_{51}K_{59}$  запас гумусу в орному шарі знизився на 5,28 т/га у сівозміні без бобових культур та на 2,98 т/га за їх наявності у структурі посівних площ [5].

У дослідях з органічного виробництва рослинницької продукції Одеської державної сільськогосподарської дослідної станції в трипільних сівозмінах без чорного пару баланс гумусу додатний (7–11 т/га) завдяки використанню побічної продукції рільництва як органічного добрива [6].

На чорноземі опідзоленому середньосуглинковому за частки люцерни у п'ятипільних сівозмінах 40–60 % і внесення 16 т гною на гектар ріллі щорічне зростання вмісту гумусу становило 2,0–2,1 т/га. У зернопросапних сівозмінах з 20 % гороху і сої цей показник підвищувався на 0,7–1,1 т/га [7].

У сівозміні з часткою багаторічних трав не менше 20 %, а просапних культур не більше 40 % внесення 7,3 т/га гною і помірних норм мінеральних добрив забезпечує найоптимальніші умови відтворення родючості чорнозему типового в Лівобережному Лісостепу Украї-

ни. За відсутності удобрення культур сівозміни щорічний убуток запасів гумусу становить 0,34 т/га (0,2 % вихідного вмісту) [7].

Використання побічної продукції рослинництва для удобрення ґрунту поліпшує баланс гумусу. У перерахунку на гумус 3,7 т соломи еквівалентно внесенню 10 т напівперепрілого підстилкового гною, або 27 т зеленої маси сидератів [8].

Бездефіцитний баланс гумусу на чорноземах типових забезпечує внесення на гектар ріллі 10 т гною. Зменшення частки просапних культур у сівозмінах на 10 % і введення зайнятого пару замість чорного забезпечують бездефіцитний баланс гумусу за зниження норм органічних добрив на 40 %, а за частки багаторічних трав 20 % – на 60 %. Використання нетоварної частини урожаю як органічного добрива зменшує додаткову потребу в ньому за першого випадку на 30–37 %, другого – 65–90 %. За наявності багаторічних трав у сівозмінах і заробки в ґрунт малоцінної частини урожаю розширене відтворення гумусу спостерігається навіть без застосування органічних добрив [8].

У короткоротаційних сівозмінах України науковці рекомендують щорічно вносити 17,3 т/га гною за наявності чорного пару, 11,8 т/га – зернобобових культур, 9,8 т/га – багаторічних бобових трав [9].

На чорноземі типовому важкосуглинковому Полтавської державної сільськогосподарської дослідної станції ім. М.І. Вавілова утворилось на кожному гектарі ріллі сівозміни завдяки гуміфікації: рослинних решток – 1,11–1,41 т гумусу, гною – 2,4 т, соломи – 2,1–2,5 т. Загальна маса новоутвореного гумусу в сівозміні – 1,11–4,01 т/га, з якої 2,7 т/га мінералізувалася. За поповнення ґрунту органічною речовиною лише рослинних решток баланс гумусу від'ємний – 0,43–0,53 т/га. Додатний баланс гумусу (0,22–0,44 т/га) зафіксований у варіантах з внесенням гною і нетоварної рослинницької продукції. Вчені рекомендують у різноротаційних сівозмінах вносити 10 т/га гною  $+N_{53}P_{60}K_{60}$  та використовувати нетоварну продукцію культур як органічне добриво у поєднанні з компенсаційною дозою мінерального азоту, що забезпечує розширене відтворення ґрунтового гумусу [10].

У стаціонарній п'ятипільній польовій зернопросапній сівозміні Правобережного Лісостепу України за відчуження з полів побічної продукції рослинництва додатний баланс гумусу на чорноземі типовому глибокому малогумусному середньосуглинковому забезпечило внесення 12 т/га гною  $+N_{83}P_{116}K_{116}$  [11].

Рослинні рештки, які є основним джерелом відтворення ґрунтового гумусу за міне-

ральної системи удобрення сільськогосподарських культур, компенсують його втрати лише на 24–40 %. У зв'язку з цим нині є потреба в залученні до гумусовідновлюваних процесів альтернативних джерел надходження до ґрунту органічних добрив, зокрема нетоварної продукції сільськогосподарських рослин.

Вона, на думку науковців, є одним з найдешевших і екологічно безпечних джерел органічної речовини. Використання соломи на добриво забезпечує економію майже 65 % витрат, пов'язаних зі збиранням культур [12].

Досить ефективним заходом відтворення ґрунтового гумусу є поєднане використання на добриво побічної продукції сільськогосподарських рослин і післяжнивних сидератів [13, 14, 15, 16].

Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН рекомендує для господарств підзони нестійкого зволоження Лісостепу України за слабкорозвиненого тваринництва або його відсутності використовувати на добриво всю нетоварну рослинницьку продукцію в поєднанні з оптимальними нормами мінеральних добрив. За внесення у зернопросапній сіво-

ні (просапних культур 40 %, бобових – 10 %)  $N_{50}P_{66}K_{66} + 9$  т/га гною щорічні втрати гумусу становили 0,21 т/га, а за цієї самої норми мінеральних туків і використання нетоварної продукції на добриво цей показник зменшився до 0,12 т/га. У плодозмінній сівозміні застосування  $N_{43-50}P_{43}K_{43-50} + 8,3 - 12,0$  т/га гною підвищувало щорічні запаси гумусу на 0,10–0,15 т/га, а ця сама норма мінеральних туків і вся побічна продукція на добриво – на 0,12–0,20 т/га [17].

**Мета дослідження** – методом стаціонарного польового досліду обґрунтувати можливість і доцільність використання побічної продукції землеробства у поєднанні з гноєм, мінеральними і зеленими добривами для забезпечення відтворення ґрунтового гумусу і продуктивності короткоротаційної сівозміни на рівні 4,5 т/га сухої речовини.

**Матеріал і методи дослідження.** Дослідження виконували впродовж 2015–2018 рр. на дослідному полі Білоцерківського НАУ у стаціонарній польовій зернопросапній п'ятипільній сівозміні. Схемою досліду передбачено вивчення чотирьох систем (рівнів) удобрення (табл. 1).

Таблиця 1 – Системи удобрення культур польової зернопросапної сівозміни (2015–2018 рр.)

№ поля	Культури сівозміни	Рівень удобрення	Гній, т/га	Мінеральні добрива, кг/га д.р.																
				Всього			Основне удобрення			Під передпосівну культивуацію			Рядкове удобрення			Підживлення				
				N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K		
1	Соєа	0																		
		1	30	40	30		40	30	30											
		2	40	60	40		60	40	40											
		3	60	80	60		80	60	60											
2	Пшениця озима	0																		
		1	100	70	50	30	70	50								70				
		2	125	90	70	30	90	70								95				
		3	150	110	80	30	110	80								120				
	Гірчиця на сидерат	0																		
		1	30	30	30	30	30	30												
		2	30	30	30	30	30	30												
3	Соняшник	0																		
		1	20	50	50	35	50	50	35											
		2	30	80	80	50	80	80	50											
		3	40	100	100	70	100	100	70											
4	Ячмінь ярий	0																		
		1	50	40	40		40	40	50											
		2	60	50	50		50	50	60											
		3	70	60	60		60	60	70											
5	Кукурудза	0																		
		1	20	120	90	100		80	100	120				10						
		2	30	140	100	120		90	120	140				10						
		3	40	150	120	130		110	130	150				10						
На 1 га сівозміни	0																			
	1	8	76	64	57	22	62	57	40				2		14					
	2	12	95	82	72	28	80	72	48				2		19					
	3	16	112	100	86	32	98	86	56				2		24					

Ґрунт під дослідом – чорнозем типовий, глибокий малогумусний, середньосуглинковий. Повторність у досліді триразова. На полях сівозміни повторення розміщено суцільно, послідовно. Площа елементарної посівної ділянки – 684, а облікової – 504 м<sup>2</sup>. Під сою орали плугом на 16–18, а під соняшник і кукурудзу – 25–27 см, під решту культур сівозміни проводили мілкий (на 10–12 см) обробіток важкою дисковою бороною. З добрив застосовували гній, нетоварну продукцію всіх культур, зелену масу гірчиці білої, аміачну селітру, простий гранульований суперфосфат і калійну сіль.

Втрати гумусу з ґрунту розраховували за виносом азоту урожаєм сільськогосподарських культур. У розрахунках гумусового балансу приймали, що 60 % азоту, відчужуваного з урожаєм основної і побічної продукції, ґрунтового походження, тобто азоту гумусу [18].

Оскільки азоту в гумусі приблизно 5 %, то множенням показника витрати ґрунтового азоту на 20 розраховували мінералізацію гумусу, інтенсивність якої залежить від гранулометричного складу ґрунту і виду вирощуваних культурних рослин. До виносу азоту урожаєм застосовували відповідні поправочні коефіцієнти: для середнього суглинку чорнозему типового – 0,8, сої, пшениці озимої, ячменю ярого – 1,2, післяжнивної гірчиці білої – 1,0, соняшнику і кукурудзи – 1,8. Враховували також надходження у ґрунт азоту внаслідок фіксації його бульбочковими бактеріями, що становило 50 % загального виносу азоту урожаєм сої.

Масу рослинних решток визначали методом Н.З. Станкова [19]. Баланс гумусу в орному шарі розраховували за методикою Г.Я. Чесняка [20], згідно з якою коефіцієнт гуміфікації рослинних решток становить: для сої – 0,23, пшениці озимої і кукурудзи – 0,20, ячменю ярого – 0,22, соняшнику – 0,14, післяжнивної гірчиці білої – 0,15. Коефіцієнт гуміфікації зеленої маси гірчиці білої прийнято за 0,15, побічної продукції пшениці озимої, соняшнику, кукурудзи і сої – 0,20, ячменю ярого – 0,22, а гною – 0,054.

**Результати дослідження та обговорення.** Незважаючи на велике значення рослинних решток у поповненні ґрунту органічною речовиною, а, отже, і відтворенні його родючості, обліку їх маси і якості приділяється недостатньо уваги. Для певних видів сільськогосподарських рослин ці дані небагаточисельні або взагалі відсутні (наприклад, для окремих баштанних), а для найрозповсюдженіших культур – наскільки суперечливі, що ними важко користуватися. Зокрема, за даними одних науковців маса кореневих решток більша, інших – менша

маси надземної частини рослин. Тимчасом від точності обліку маси рослинних решток залежать результати вивчення біологічного колообігу речовин і елементів зольного і азотного живлення рослин в агрофітоценозах та оцінювання культур як попередників, і пов'язані з ними практичні висновки і рекомендації виробництву.

Після збирання культур сівозміни в ґрунті залишається значна кількість органічної речовини (кореневі і наземні рештки). За внесення нульового, першого, другого і третього рівнів добрив маса корневих решток в орному шарі ґрунту становила відповідно 0,86; 1,43; 1,94 і 2,43 т/га після збирання сої, 3,02; 4,36; 5,39 і 6,39 – пшениці озимої, 2,22; 3,28; 3,98 і 4,52 – гірчиці білої, 1,67; 2,78; 3,51 і 4,43 – соняшнику, 2,11; 2,76; 3,28 і 3,70 – ячменю ярого, 4,02; 6,42; 8,18 і 9,46 т/га – кукурудзи. За цих рівнів удобрення маса наземних решток сої становила 0,57; 0,79; 1,22 і 1,69 т/га, пшениці озимої – 2,25; 2,87; 3,38 і 3,70, соняшнику – 0,78; 1,12; 1,38 і 1,65, ячменю ярого – 1,24; 1,53; 1,85 і 2,07, кукурудзи – 1,08; 1,71; 2,13 і 2,46 т/га. За нульового, першого, другого і третього рівнів добрив на кожному гектарі ріллі сівозміни виявлено відповідно 4,08; 5,98; 7,46 і 8,73 т рослинних решток, з яких 2,78; 4,21; 5,26 і 6,19 т кореневі. Частка корневих решток становить 68–71 %, а наземних – 29–32 % від загальної маси рослинних решток (табл. 2).

Співставляючи масу корневих решток і товарної частини урожаю, встановлено, що із підвищенням урожайності культур зростає і кількість корневих решток.

Така залежність спостерігається у всіх культур сівозміни. Однак у сої, пшениці озимої, соняшнику, ячменю ярого таке зростання корневих і наземних решток не прямо пропорційне приросту основної продукції. Так, найвища норма добрив забезпечила підвищення урожайності перелічених вище культур відповідно в 3,59; 2,72; 3,17 і 2,19 разів, а кореневої маси їх – в 2,83; 2,12; 2,65 і 1,75 разів, порівняно з неудобреними ділянками. У гірчиці білої і кукурудзи ці показники знаходилися майже на одному рівні і становили відповідно 2,05–2,04 і 2,39–2,35. З підвищенням норм добрив зростає частка побічної продукції культур сівозміни. Так, співвідношення нетоварної до товарної продукції за внесення нульового, першого, другого і третього рівнів удобрення становило відповідно 1,38; 1,45; 1,53 і 1,59 у сої; 1,21; 1,28; 1,34 і 1,38 – пшениці озимої, 1,53; 1,65; 1,71 і 1,76 – соняшнику, 1,08; 1,12; 1,18 і 1,22 – ячменю ярого та 1,48; 1,52; 1,55 і 1,58 у кукурудзи.

Таблиця 2 – Продуктивність культур сівозміни і маса рослинних решток за різних систем удобрення ґрунту, т/га (2015–2018 рр.)

Номер поля	Культура сівозміни	Рівень удобрення	Урожайність основної продукції	Вихід побічної продукції	Маса рослинних решток	
					кореневих	післязбиральних
1	Соя	0	1,02	1,41	0,86	0,57
		1	1,94	2,81	1,43	0,79
		2	2,88	4,41	1,94	1,22
		3	3,66	5,82	2,43	1,69
2	Пшениця озима	0	2,84	3,44	3,02	2,25
		1	4,74	6,07	4,36	2,87
		2	6,41	8,59	5,39	3,38
		3	7,72	10,65	6,39	3,70
	Гірчиця біла на сидерат	0	11,64		2,22	0,58
		1	17,23		3,28	0,86
		2	21,14		3,98	1,07
		3	23,82		4,52	1,14
3	Соняшник	0	1,12	1,71	1,67	0,78
		1	2,08	3,43	2,78	1,12
		2	2,82	4,82	3,51	1,38
		3	3,55	6,25	4,43	1,65
4	Ячмінь ярий	0	2,54	2,74	2,11	1,24
		1	3,82	4,28	2,76	1,53
		2	4,78	5,64	3,28	1,85
		3	5,57	6,79	3,70	2,07
5	Кукурудза	0	4,84	7,16	4,02	1,08
		1	7,77	11,81	6,42	1,71
		2	9,89	15,32	8,18	2,13
		3	11,56	18,26	9,46	2,46

Дані доводять, що на неудобрених ділянках під соняшником і кукурудзою баланс гумусу від'ємний – відповідно 509 і 392 кг/га, під рештою культур – додатний. У полі пшениці озимої і гірчиці білої приріст гумусу найвищий – 1053 кг/га (табл.3).

На удобрених варіантах під всіма культурами баланс гумусу додатний. За внесення першого, другого і третього рівнів удобрення він становив відповідно: під соєю – 280,431 і 614 кг/га, пшеницею озимою – 748,888 і 1036, гірчицею білою – 675,823 і 923, соняшником – 76,274 і 475, ячменем ярим – 772,967 і 1123, кукурудзою – 503,935 і 1405 кг/га, а загалом по сівозміні – 611, 864 і 1115 кг/га. На неудобрених ділянках загалом по сівозміні цей показник теж додатний і становив 188 кг/га.

Доречно зазначити, що за умови відчуження з полів сівозміни побічної продукції рослинництва баланс гумусу на всіх варіантах досліду від'ємний. За нульового, першого, другого і третього рівнів удобрення цей показник становив відповідно: 89, 282, 451 і 550 кг/га під соєю; 90,466, 830 і 1094 – пшеницею озимою; 851, 610, 690 і 775 – соняшником; 9,170, 274 і 371 – ячменем ярим; 1824, 1859, 2129 і

2247 кг/га під кукурудзою, а загалом по сівозміні – 481,6; 542,4; 710,2 і 822,8 кг/га.

На неудобрених ділянках, удобрених 8 т/га гною +  $N_{76}P_{64}K_{57}$ , 12 т/га гною +  $N_{95}P_{82}K_{72}$  і 16 т/га гною +  $N_{112}P_{100}K_{86}$ , залишалась така кількість побічної продукції рослинництва, яка за ефективністю гуміфікації рівноцінна щорічному внесенню відповідно 12,4; 21,4; 29,1 і 35,9 т/га ріллі сівозміни гною.

Структура джерел утворення ґрунтового гумусу доводить, що в полях культур без внесення гною за зростання норм мінеральних добрив частка гумусу з рослинних решток зменшується, а з побічної продукції рослинництва – підвищується.

Так, на неудобрених ділянках, за внесення першого, другого і третього рівнів удобрення частка гумусу, що утворився внаслідок гуміфікації рослинних решток, становила відповідно 53,8; 47,6; 45,2 і 44,9 % – під соєю, 60,5; 54,4; 50,5 і 48,6 % – пшеницею озимою, 55,0; 50,0; 47,6 і 45,9 % – ячменем ярим.

За даними дослідження, вагомим джерелом ґрунтового гумусу є нетоварна продукція сільськогосподарських культур, особливо тих, під які не передбачено внесення гною. Част-

Таблиця 3 – Баланс гумусу в орному шарі ґрунту за різних систем удобрення сівозміни, кг/га (2015–2018 рр.)

Номер поля і культура сівозміни	Рівень удобрення	Втрати гумусу				Утворилося гумусу:					Баланс гумусу	
		Винос азоту врожаєм	Винос азоту з урахуванням гранулометричного складу ґрунту	Винос азоту завдяки мінералізації гумусу	Мінералізація гумусу	з рослинних решток	з гною	з побічної продукції культур	з сидеральної маси	Всього	За виносу побічної продукції з поля	За використання побічної продукції на добриво
1. Соя	0	72,4	34,8	20,9	418	329		282		611	-89	+193
	1	137,7	66,1	39,7	793	511		562		1073	-282	+280
	2	204,5	98,2	58,9	1178	727		882		1609	-451	+431
	3	259,9	124,8	74,9	1498	948		1164		2112	-550	+614
2. Пшениця озима	0	99,4	95,4	57,2	1144	1054		688	349	1742	-90	+598
	1	165,9	159,3	95,6	1912	1446		1214	518	2660	-466	+748
	2	224,4	215,4	129,2	2584	1754		1718	634	3472	-830	+888
	3	270,2	259,4	155,6	3112	2018		2130	714	4148	-1094	+1036
2. Гірчиця біла на сидерат	0	32,6	26,1	15,7	314	420				769		+455
	1	48,2	38,6	23,2	464	621				1139		+675
	2	59,2	47,4	28,4	568	757				1391		+823
	3	66,7	53,4	32,0	640	849				1563		+923
3. Соняшник	0	69,1	99,5	59,7	1194	343		342		685	-851	-509
	1	129,4	186,3	111,8	2236	546	1080	686		2312	-610	+76
	2	173,3	249,6	149,8	2995	685	1620	964		3269	-690	+274
	3	219,1	315,5	189,3	3786	851	2160	1250		4261	-775	+475
4. Ячмінь ярий	0	64,7	62,1	37,3	746	737		603		1340	-9	+594
	1	96,8	92,9	55,7	1114	944		942		1886	-170	+772
	2	121,7	116,8	70,1	1402	1128		1241		2369	-274	+967
	3	142,3	136,6	82,0	1640	1269		1494		2763	-371	+1123
5. Кукурудза	0	164,6	237,0	142,2	2844	1020		1432		2452	-1824	-392
	1	264,2	380,4	228,3	4565	1626	1080	2362		5068	-1859	+503
	2	336,3	484,3	290,6	5811	2062	1620	3064		6746	-2129	+935
	3	393,0	565,9	339,6	6791	2384	2160	3652		8196	-2229	+1405

ка гумусу, що утворився з побічної продукції культур на неудобрених варіантах, удобрених першою, другою і третьою нормами добрив, становила відповідно 46,2; 52,4; 54,8 і 55,1 % в агрофітоценозі сої, 39,5; 45,6; 49,5 і 51,4 % – пшениці озимої, 45,0; 50,0; 52,4 і 54,1 % – ячменю ярого, 49,9; 29,7; 29,5 і 29,3 % – соняшнику, 58,4; 46,6; 45,4 і 44,6 % – кукурудзи.

Частка гумусу, що утворився з гною за внесення його в дозі 20, 30 і 40 т/га, становила відповідно 46,7; 49,6 і 50,7 % під соняшником, 21,3; 24,0 26,4 % – кукурудзою. Частка гумусу з рослинних решток гірчиці білої становила в середньому 54 %, а зеленої маси – 46 %.

Загалом по сівозміні на неудобрених ділянках, удобрених 8 т/га гною +  $N_{76}P_{64}K_{57}$ , 12 т/га гною –  $N_{95}P_{82}K_{72}$  і 16 т/га гною +  $N_{112}P_{100}K_{86}$ , частка гумусу становила відповідно завдяки гуміфікації: рослинних решток – 51,4; 40,3; 37,7 і 36,1 %, гною – 0; 15,3; 17,2 і 18,7 %, нетоварної частини врожаю – 44,0; 40,8; 41,7 і 42,1 %, зеленої маси гірчиці білої – 4,6; 3,6; 3,4

і 3,1 %. Ці дані доводять, що за високої культури рільництва сільськогосподарські рослини є не лише споживачами, а й досить ефективними творцями ґрунтової родючості. На кожному гектарі сівозміни неудобрених ділянок і удобрених 16 т гною +  $N_{112}P_{100}K_{86}$  утворилося гумусу відповідно 0,78 і 1,66 т завдяки гуміфікації рослинних решток, 0,67 і 1,94 т – побічної продукції рільництва, 0,07 і 0,14 т – зеленої маси гірчиці білої. Отже, з рослинними рештками, нетоварною продукцією агрофітоценозів сівозміни і сидеральною масою надійшла до ґрунту така кількість гумусу, яка рівноцінна внесенню відповідно таких норм гною: 14–33, 12–36 і 1,3–2,6 т на гектар ріллі.

Найбільші втрати гумусу спостерігалися під кукурудзою, які на неудобрених ділянках і за найвищої норми добрив відповідно в 2,38 і 1,79 рази перевищували цей показник під соняшником. Достатньо високі втрати гумусу і під пшеницею озимою, які в середньому на 14,3 % нижчі, ніж під соняшником.

Одним із невід'ємних складників екологічного землеробства є оптимізація застосування органічних і мінеральних добрив. Для цього науковцями запропонований показник індекс екологізації землеробства, який визначають за співвідношенням суми внесених у ґрунт мінеральних добрив (N,P,K) у діючій речовині (кг/га) до фізичної маси органічних добрив (т/га). Вчені вважають, що на кожну тону органічних добрив має бути внесено не більше 15 кг діючої речовини мінеральних [4].

На неудообрених ділянках, удообрених 8 т/га гною + N<sub>76</sub>P<sub>64</sub>K<sub>57</sub>, 12 т/га гною + N<sub>95</sub>P<sub>82</sub>K<sub>72</sub> і 16 т/га гною + N<sub>112</sub>P<sub>100</sub>K<sub>86</sub>, надійшло до ґрунту відповідно 3,8; 14,4; 20,6 і 26, 5 т/га органічних добрив (побічна продукція рослинництва, гній і зелена маса гірчиці білої). Отже, коефіцієнт екологізації землеробства становить відповідно 0; 13,7; 12,1 і 11,2. За нормами застосування органічних добрив та індексом екологізації удообрени варіанти дослідів належать до народно-стачного стану екологічного землеробства.

Продуктивність сівозміни за нульового, першого, другого і третього рівнів удообрення становила відповідно 2,10; 3,55; 4,61 і 5,63 т/га сухої речовини, 2,94; 4,97; 6,43 і 7,84 т/га кормових одиниць, 0,233; 0,405; 0,542 і 0,671 т/га перетравного протеїну.

За внесення на гектар ріллі 8 т гною + N<sub>76</sub>P<sub>64</sub>K<sub>57</sub>, 12 т гною + N<sub>95</sub>P<sub>82</sub>K<sub>72</sub> і 16 т гною + N<sub>112</sub>P<sub>100</sub>K<sub>86</sub> від кожного кілограма діючої речовини цих добрив отримано відповідно 11,6; 11,2; і 10,9 кг сухої речовини товарної продукції, 16,3; 15,6 і 15,2 кг кормових одиниць, 1,33; 1,32 і 1,30 кг перетравного протеїну.

Економічно доцільним виявилось застосування 12 т/га гною + N<sub>95</sub>P<sub>82</sub>K<sub>72</sub>.

**Висновки.** 1. Важливим джерелом утворення ґрунтового гумусу є рослинні рештки і нетоварна продукція сільськогосподарських культур. На неудообрених ділянках, удообрених 8 т/га гною + N<sub>76</sub>P<sub>64</sub>K<sub>57</sub>, 12 т/га гною + N<sub>95</sub>P<sub>82</sub>K<sub>72</sub> і 16 т/га гною + N<sub>112</sub>P<sub>100</sub>K<sub>86</sub>, частка гумусу, утвореного завдяки гуміфікації рослинних решток, становила відповідно 51,4; 40,3; 37,7 і 36,1 %, гною – 0; 15,3; 17,2 і 18,7 %, побічної продукції рільництва – 44,0; 40,8; 41,7 і 42,1 %, зеленої маси гірчиці білої – 4,6; 3,6; 3,4 і 3,1 %. З підвищенням рівня внесених добрив цей показник щодо рослинних решток і зеленого добрива зменшується, а гною – дещо зростає.

2. На неудообрених варіантах баланс гумусу під просапними (соняшником і кукурудзою) від'ємний, під рештою культур сівозміни – додатний. На удообрених ділянках під всіма агрофітоценозами цей показник додатний. За внесення найвищої норми добрив щорічний

приріст маси ґрунтового гумусу становить 1,1 т/га. За умови відчуження з полів сівозміни нетоварної продукції рільництва баланс гумусу від'ємний на всіх варіантах дослідів.

3. З рослинними рештками, побічною рослинницькою продукцією і зеленою масою гірчиці білої надійшла до ґрунту така кількість гумусу, яка рівноцінна внесенню відповідно 14–33, 12–36 і 1,3–2,6 т гною на гектар ріллі.

4. За нульового, першого, другого і третього рівнів удообрення до ґрунту надійшло відповідно 4,08; 5,98; 7,46 і 8,73 т рослинних решток, з яких 68–71 % кореневі, а решта (29–32 %) – наземні.

5. З підвищенням рівня внесених добрив зростає частка побічної продукції культур сівозміни. У сої, пшениці озимої, соняшнику і ячменю ярого з підвищенням норм добрив більший приріст наземної, ніж кореневої маси.

6. Найвища продуктивність одного гектара ріллі сівозміни (5,63 т сухої речовини, 7,84 т кормових одиниць, 0,671 т перетравного протеїну) отримана за внесення 16 т гною + N<sub>112</sub>P<sub>100</sub>K<sub>86</sub>, однак найбільш економічно доцільною нормою добрив є 12 т гною + N<sub>95</sub>P<sub>82</sub>K<sub>72</sub>.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Балюк С.А., Даниленко А.С., Фурдичко О.І. Звернення до керівництва держави щодо подолання кризової ситуації у сфері охорони земель. Вісник с.-г. науки, 2017. № 11. С. 5–8.
- Періодична доповідь. Про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України / ред. Яцука І.П. Київ. 2015. 118 с.
- Заришняк А.С., Цвей Я.П., Іваніна В.В. Оптимізація удообрення та родючості ґрунту в сівозмінах / за ред. А.С. Заришняка. Київ: Аграр. наука, 2015. С. 48–49, 185 с.
- Танчик С.П., Цюк О.А., Центило Л.В. Наукові основи систем землеробства: монографія. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2015. С. 97–98, С. 255–256.
- Цвей Я.П. Родючість ґрунтів і продуктивність сівозмін: монографія. Київ: Компринт, 2014. С. 78–87, 331 с.
- Кривенко А.І. Агробіологічні основи технологій вирощування озимих зернових культур у Південному Степу України: монографія. Вінниця: Нілан-ЛТД, 2018. С. 106–108.
- Бойко П.І., Коваленко Н.П., Опара М.М. Ефективні різноротаційні сівозміни у сучасному землеробстві. Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2014. № 3. С. 20–32.
- Скрильник Є.В., Кутова А.М., Гетманенко В.А. Зміни органічної речовини чорноземів під впливом тривалого сільськогосподарського використання. Посібник українського хлібороба. 2016. Т. 1. С. 121–123.
- Материнський П.В. Агротехнічне значення зернобобових культур у короткоротаційних сівозмінах. Корми і кормовиробництво. 2010. Вип. 67. С. 82–87.
- Гангур В.В. Агробіологічні основи формування сівозмін різної ротації в Лівобережному Лісостепу України: автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук: 06.01.01. Чабани, 2019. 54 с.
- Панченко О.Б. Відтворення родючості чорнозему типового залежно від систем основного обробітку ґрунту і удообрення в зернопросапній сівозміні Правобережного Лісостепу України: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук:

06.01.01. Київ, 2016. 22 с.

12. Сайко В.Ф. Проблема забезпечення ґрунтів органічною речовиною. Вісник аграрної науки. 2003. № 5. С. 5–8.

13. Гриник І.В., Бакун Ю.О., Єгоров О.В. Продуктивність сівозмін Полісся залежно від способів використання соломи на добриво. Зб. наук. пр. ІЗ НААН. Київ, 2003. Спец. вип. С. 42–48.

14. Драган М.І. Ефективність соломи при удобренні проса в Лісостепу. Зб. наук. пр. ІЗ НААН. Київ, 2003. Спец. вип. С. 99–105.

15. Заришняк А.С., Руцька С.І., Колібабчук Т.В. Добрива, врожайність та внос елементів живлення. Цукрової буряки. 2002. № 1. С. 6–7.

16. Попов П.Д., Дерев'ягин В.А. Солома – органическое удобрение. Москва: Агропромиздат, 1988. С. 92–106.

17. Іваніна В.В. Біологізація удобрення культур у сівозмінах: монографія. Київ: Компринт, 2016. С. 63–82, С. 282–283.

18. Органические удобрения: справочник / П.Д. Попов и др. Москва: Агропромиздат, 1988. С. 18–22.

19. Станков Н.З. Корневая система полевых культур. Москва: Колос, 1964. 280 с.

20. Чесняк Г.Я., Бацула О.О., Дерев'янюк Р.Г. Параметри гумусового стану ґрунтів. Забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті. Київ: Урожай, 1987. С. 77–91.

#### REFERENCES

1. Baliuk, S.A., Danylenko, A.S., Furdychko, O.I. (2017). Zvernennja do kerivnytva derzhavy shhodo podolannja kryzovoi' situacii' u sferi ohorony zemel' [Addressing to the government with reference to the resolution of critical situation of land protection]. Agriculture newsletter, no. 11, pp. 5–8.

2. Yatsuk, I.P. (2015). Periodychna dopovid'. Pro stan ґruntiv na zemljah sil'skogospodars'kogo pryznachennja Ukraїny [Periodic report. State of the soil on farmlands of Ukraine]. Kyiv, 118 p.

3. Zaryshniak, A.S., Tsvei, Ya.P., Ivanina, V.V. (2015). Optymizacija udobrennja ta rodjuchosti ґruntu v sivozminah [Optimization of fertilization and fertility of soil in crop rotations]. Kyiv, Agrarian science, pp. 48–49, 185 p.

4. Tanchyk, S.P., Tsiuk, O.A., Tsentylo, L.V. (2015). Naukovi osnovy system zemlerobstva: monografija [Scientific grounds of farming systems]. Vinnytsia, Nilan-LTD, pp. 97–98, pp. 255–256.

5. Tsvei, Ya.P. (2014). Rodjuchist' ґruntiv i produktyvnist' sivozmin: monografija [Soil fertility and crop rotation productivity]. Kyiv, Komprint, pp. 78–87, 331 p.

6. Kryvenko, A.I. (2018). Agrobiologichni osnovy tehnologij vyroshhuvannja ozymyh zernovyh kul'tur u Pivdenomu Stepu Ukraїny: monografija [Agrobiological grounds of winter small-grain crops production technologies in Southern Steppe of Ukraine]. Vinnytsia, Nilan-LTD, pp. 106–108.

7. Boiko, P.I., Kovalenko, N.P., Opara, M.M. (2014). Efektyvni riznorotacijni sivozminy u suchasnomu zemlerobstvi [Effective different crop rotations in modern farming]. Poltava state agrarian academy newsletter, no. 3, pp. 20–32.

8. Skrylnyk, Ye.V., Kutova, A.M., Hetmanenko, V.A. (2016). Zminy organichnoi' rehovyny chornozemiv pid vplyvom tryvalogo sil'skogospodars'kogo vykorystannja [Changes of organic matter of chernozemic soil under the influence of longstanding agricultural usage]. Posibnyk ukrai'ns'kogo hliboroba [Manual of Ukrainian grain grower], Vol. 1, pp. 121–123.

9. Materynskyi, P.V. (2010). Agrotehnichne znachennja zernobovoyh kul'tur u korotkorotacijnyh sivozmina [Agro technical importance of grain legume crops in short term crop rotation]. Kormy i kormovyrobnytvo [Feeds and feed production], Issue 67, pp. 82–87.

10. Hanhur, V.V. (2019). Agrobiologichni osnovy formu-

vannja sivozmin riznoi' rotacii' v Livoberezhnomu Lisostepu Ukraїny: avtoref. dys. ... d-ra s.-g. nauk: 06.01.01 [Agrobiological grounds of formation of different crop rotations in the Left Bank Forest Steppe of Ukraine: extended abstract of thesis for obtaining Doctor of Science in Agriculture scientific degree: 06.01.01]. Chabany, 54 p.

11. Panchenko, O.B. (2016). Vidtvorennja rodjuchosti chornozemu tyпового zalezno vid system osnovnogo obrobitku ґruntu i udobrennja v zernoprosapnij sivozmini Pravo-berezhnogo Lisostepu Ukraїny: avtoref. dys. ... kand. s.-g. nauk: 06.01.01 [Reproduction of typical chernozemic soil fertility depending on the main tillage systems and fertilization in grain row crop rotation of the Right Bank Forest Steppe of Ukraine: extended abstract of thesis for obtaining Doctor of Science in Agriculture scientific degree: 06.01.01]. Kyiv, 22 p.

12. Saiko, V.F. (2003). Problema zabezpechennja ґruntiv organichnoju rehovynnoju [The problem of organic matter provision to the soil]. Visnyk agrarnoi' nauky [Agrarian science newsletter], no. 5, pp. 5–8.

13. Hrynyk, I.V., Bakun, Yu.O., Yehorov, O.V. (2003). Produktyvnist' sivozmin Polissja zalezno vid sposobiv vykorystannja solomy na dobrovo [Crop rotation productivity in Polissia depending on the methods of straw usage as a fertilizer]. Zb. nauk. pr. IZ NAAN [Collection of research paper. Arable farming institute of The National academy of agrarian sciences]. Kyiv, Special edition, pp. 42–48.

14. Drahan, M.I. (2003). Efektyvnist' solomy pry udobrenni prosa v Lisostepu [Straw efficiency within panic grass fertilization in the Forest Steppe]. Zb. nauk. pr. IZ NAAN [Collection of research paper. Arable farming institute of The National academy of agrarian sciences]. Kyiv, Special edition, pp. 99–105.

15. Zaryshniak, A.S., Rutska, S.I., Kolibabchuk, T.V. (2002). Dobryva, vrozhajnist' ta vynos elementiv zhyvlennja [Fertilizers, crop productivity and fertilizers elements removal]. Cukrovi burjaky [Sugar beets], no. 1, pp. 6–7.

16. Popov, P.D., Dereviahin, V.A. (1988). Soloma – organycheskoe udobrenye [Straw as an organic fertilizer]. Moscow, Agropromizdat, pp. 92–106.

17. Ivanina, V.V. (2016). Biologizacija udobrennja kul'tur u sivozminah: monografija [Biologization of crops fertilizers for crop rotations]. Kyiv, Komprint, pp. 63–82, pp. 282–283.

18. Popov, P.D. (1988). Organycheskye udobrennja: spravochnyk [Organic fertilizers: guide]. Moscow, Agropromizdat, pp. 18–22.

19. Stankov, N.Z. (1964). Kornevaja sistema polevyh kul'tur [Root system of field crops]. Moscow, Kolos, 280 p.

20. Tcheshniak, G.Ya., Batsula, O.O., Derevianko, R.G. (1987). Parametry gumusovogo stanu ґruntiv [Characteristics of the state of humus in soil]. Zabezpechennja bezdeficytnogo balansu gumusu v ґrunti [Providing debt-neutral balance of humus in soil]. Kyiv, Harvest, pp. 77–91.

**Баланс гумуса в короткоротационном севообороте Правобережной Лесостепи Украины в зависимости от систем удобрения чернозема типичного**

**Примак И.Д., Панченко А.Б., Войтовик М. В., Ображий С.В., Панченко И.А.**

Четырехлетними (2015–2018 гг.) исследованиями Белоцерковского НАУ доказано, что важным источником образования почвенного гумуса являются растительные остатки и нетоварная продукция культур полевого пятипольного зернопропашного севооборота. На неудобренных участках, удобренных 8 т/га навоза +  $N_{76}P_{64}K_{57}$ , 12 т/га навоза +  $N_{95}P_{82}K_{72}$  и 16 т/га навоза +  $N_{112}P_{100}K_{86}$  доля гумуса, который образовался за счет гумификации растительных остатков, составляла соответственно 51,4; 40,3; 37,7 и 36,1 %, навоза – 0; 15,3; 17,2 и 18,7 %, побочной продукции земледелия – 44,0; 40,8; 41,7 и 42,1 %,



зеленой массы горчицы белой – 4,6; 3,6; 3,4 и 3,1 %. С повышением уровня вносимых удобрений этот показатель относительно растительных остатков и зеленого удобрения уменьшается, а навоза – несколько повышается.

На удобренных вариантах баланс гумуса под пропашными (подсолнечником и кукурузой) отрицательный, а под остальными культурами севооборота – положительный. На удобренных участках под всеми культурами этот показатель положительный. При внесении наивысшей нормы удобрений ежегодный прирост массы почвенного гумуса составляет 1,1 т/га.

При условии отчуждения с полей севооборота нетовой продукции земледелия баланс гумуса отрицательный на всех вариантах опыта.

С растительными остатками, побочной растительной продукцией и зеленой массой горчицы белой поступило в почву такое количество гумуса, которое равноценно внесению соответственно 14–33, 12–36 и 1,3–2,6 т навоза на гектар пашни.

При нулевом, первом, втором и третьем уровнях удобрений в почву поступило соответственно 4,08; 5,98; 7,46 и 8,73 т растительных остатков, с которых 68–71 % корневые, а остальные (29–32 %) – надземные.

С повышением уровня вносимых удобрений возрастает доля побочной продукции культур севооборота. У сои, пшеницы озимой, подсолнечника и ячменя ярового с повышением норм удобрений больший прирост надземной, чем корневой массы.

Наивысшая продуктивность одного гектара пашни севооборота (5,63 т сухого вещества, 7,84 т кормовых единиц, 0,671 т переваримого протеина) получена при внесении 16 т/га навоза +  $N_{112}P_{100}K_{86}$ , однако наиболее экономически целесообразной нормой есть 12 т/га навоза +  $N_{95}P_{82}K_{72}$ .

**Ключевые слова:** баланс гумуса, почва, удобрения, урожай, побочная продукция, растительные остатки, севооборот, культуры, коэффициент экологизации, продуктивность.

#### Humus balance in a short crop rotation of Right Bank Forest Steppe of Ukraine depending on fertilization systems of typical chernozemic soil

Prymak I., Panchenko A., Voitovyk M., Obrazhii S., Panchenko I.

Four year research (2015–2018) at Bila Tserkva National Agrarian University proved that plant residues and non-market products of the field five course grain row

rotation are important sources for soil humus formation. On the unfertilized areas, fertilized with 8 t/ha of animal manure +  $N_{76}P_{64}K_{57}$ , 12 t/ha of animal manure +  $N_{95}P_{82}K_{72}$  and 16 t/ha of animal manure +  $N_{112}P_{100}K_{86}$  humus percentage formed due to humification of plants matter was correspondently 51.4; 40.3; 37.7 and 36.1 %, with animal manure – 0; 15.3; 17.2 and 18.7 %, with by-products of farming – 44.0; 40.8; 41.7 and 42.1 %, with herbage of white mustard – 4.6; 3.6; 3.4 and 3.1 %. With the increase of fertilizers level this index regarding plants matter and green manure decreases, while animal manure provides for the index slight increase.

On the unfertilized areas humus balance under cultivated crops as sunflower and corn is negative, but under other crops in rotation it is positive. On the fertilized areas under all crops this index is positive. When applying the biggest amount of fertilizers, annual gain in soil humus is 1.1 t/ha.

Humus balance is negative on all the variants of research under the condition of disposal of non-market products from the fields of crop rotation.

Along with plants matter, plant by-products and herbage of white mustard the amount of humus provided to the soil was equal to the application of correspondently 14–33, 12–36 and 1.3–2.6 t of animal manure per hectare of tilled field.

Under zero, the first, the second and the third levels of soil fertilization, soil received correspondently 4.08; 5.98; 7.46 and 8.73 t of plants matter 68–71 % of which are root and the others are above surface.

The percentage of by-products of crops in the rotation increases with fertilizers amount increase. Soy, winter wheat, sunflower and spring barley have a bigger gain in above surface rather than root mass due to increase of fertilizers amount.

The highest productivity from one hectare of tilled field in a crop rotation (5.63 t of dry matter, 7.84 t of fodder units, 0.671 t of digestible protein) is gained due to application of 16 t/ha of animal manure +  $N_{112}P_{100}K_{86}$ , though the most economically viable amount is 12 t/ha animal manure +  $N_{95}P_{82}K_{72}$ .

**Key words:** humus balance, soil, fertilizers, crop, by-products, plants matter, crop rotation, grain crops, index of ecologization, productivity.



Copyright: © Prymak I., Panchenko A., Voitovyk M., Obrazhii S., Panchenko I.



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ПРИМАК І.Д., <http://orcid.org/0000-0002-0094-3469>

ОБРАЗЖІЙ С.В., <https://orcid.org/0000-0002-3532-6655>