

## БАЛАНС КАЛЬЦІУ В АГРОЦЕНОЗАХ ЛІСОСТЕПУ (НА ПРИКЛАДІ АПК ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

С.Ю. Булигін<sup>1</sup>, О.В. Демиденко<sup>2</sup>, Ю.І. Кривда<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України  
(м. Київ, Україна)

e-mail: s.bulygin@ukr.net; ORCID: 0000-0002-1525-595X

<sup>2</sup> Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція ННЦ «Інститут землеробства НААН» (с. Холоднянське, Смілянський р-н, Черкаська обл., Україна)  
e-mail: agrogitmys@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5334-1154

<sup>3</sup> Черкаська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів»  
(с. Холоднянське, Смілянський р-н, Черкаська обл., Україна)  
e-mail: krivda61@ukr.net

Статистичний аналіз показав, що обіг Са в землеробстві АПК Черкаської обл. прямо корелює зі зміною структури посівних площ та виду внесених органічних добрив. За внесення гною за наростаючим трендом складаються умови зростання ємності балансу Са, але за насичення структури посівних площ кормовими культурами та виносом побічної продукції на господарські цілі, винос кальцію зростає до 36–47%, а за внесення побічної продукції загальний винос знижується до 28–35% за зниження ємності балансу Са. Встановлено що, при заміні гною на побічну продукцію співвідношення між новоутвореним гумусом і кальцієм залишилося сталим на фоні зменшення кількості новоутвореного гумусу та обігового кальцію (до 12 до 1 в період 2016–2019 рр.) за одночасного зниження середнього вмісту гумусу й площ ґрунтів із кислою реакцією, що свідчить про недостатню кількість кальцію на одиницю утвореного гумусу за критичної трансформації структури посівних площ та посиленням мінералізації його надлишку, що слід компенсувати внесенням вапна. Аналіз динаміки господарського балансу Са засвідчує про те, що поголів'я тварин і птиці виступає агресивним фактором відносно агроценозів у плані виносу Са. При розвинутому тваринництві вдається вийти на бездефіцитність балансу Са за досягнення поголів'я близько 9,56 млн гол., а подальше нарощування поголів'я до 12,2 млн гол. робить баланс від'ємним. При трансформації поголів'я у бік птахівництва відбувається зростання дефіцитності господарського балансу в перерахунку на площу земель сільськогосподарського використання, що свідчить про необхідність вапнування ґрунтів.

**Ключові слова:** структура посівних площ, гумус, обмінна кислотність, декальцинація, гній, побічна продукція.

### ВСТУП

Причиною нестабільної діяльності аграрного сектору є не вирішені проблеми забезпечення раціонального та екологічно безпечного в Україні використання земельних ресурсів, зокрема в АПК Черкаської обл. У ХХІ ст. значно зменшилась кількість внесення мінеральних та органічних добрив, зазнала трансформації структура посівних площ до критичного співвідношення культур, що негативно впливає на якість орних земель, а відтак, і на ефек-

тивність господарювання в землеробстві. Рівень використання земель в АПК області нині настільки критичний, що подальша деградація потенціалу орних земель у сільському господарстві може мати катастрофічні наслідки, що відповідним чином, позначається на загальному рівні продовольчої безпеки в АПК Черкаської обл. і є загальною проблемою Лісостепу України [1–4].

Актуальним є визначення кількісних величин накопичення органічної маси побічної продукції, кореневих і пожнивних решток та залученого в них кальцію,

а також винос його з урожаєм, тому що виявлені закономірності обігу мають велике практичне значення для обґрунтування заходів, пов'язаних із підвищенням родючості ґрунтів, ефективного використання мінеральних добрив, формування структури посівних площ, розміщення культур по попередниках та іншими елементами системи землеробства. Роль сільськогосподарської сівозміни в структурі посівних площ у підтримці балансу кальцію зростає в умовах спеціалізації і концентрації сільськогосподарського виробництва в умовах Центрального Лісостепу України, де географічно розташована Черкаська обл.

Тому, метою наших досліджень було встановити закономірності формування балансу кальцію залежно від надходження і вилучення складових біомаси сільськогосподарських культур за умов трансформації структури посівних площ, заміни гною на побічну продукцію, наростаючого й спадного внесення мінеральних і органічних добрив та виявити перспективи відтворення родючості земель сільськогосподарського призначення в умовах Центрального Лісостепу України.

### АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Родючість ґрунтів і підвищення врожайності сільськогосподарських культур тісно пов'язано з регулюванням кругообігу поживних елементів у землеробстві. Це особливо відноситься до макроелементів азотом, фосфором і калієм, а також до такого важливого макроеlementу, як кальцій, який В.Р. Вільямс та О.Н. Соколовський [5; 6] й інші дослідники називали та називають «зберігачем» родючості [7; 8]. У ґрунтах чорноземного типу немає міцного механізму фіксації кальцію, а тому Са займає пріоритетне місце зі здатності до міграції з кореневого шару. Нестача кальцію в ґрунтах зумовлює надлишкове кисле середовище для сільськогосподарських культур, зниження вмісту й рухомості елементів живлення, біологічної активності ґрунту, зменшення вмісту гумусу, погір-

шення фізико-хімічних і фізико-механічних властивостей ґрунтів. Сільськогосподарське виробництво зі стійкими високими врожайми культур веде до різкого підвищення витрат кальцію з орних ґрунтів, що пояснює прогресивне розширення площ кислих ґрунтів, які підлягають вапнуванню [9; 10].

Кальцієвий режим ґрунтів значною мірою визначає продуктивність сільськогосподарських культур у структурі сівозмін, а також стан складових компонентів агрофітоценозів. Погіршення кальцієвого режиму ґрунтів пов'язане з недостатнім внесенням у ґрунт вапна, органічних добрив у вигляді гною, забрудненням повітряного і водного середовищ, порушеннями технології вирощування сільськогосподарських культур і структури сівозмін [11; 12]. Оптимізація технологій вирощування сільськогосподарських культур та структури сівозмін дає можливість підвищити ефективність внесення в ґрунт мінеральних добрив і сприяє стабілізації родючості в землеробстві. Теоретичне обґрунтування прийомів стабілізації і оптимізації кальцієвого режиму ґрунтів є одним з необхідних умов для досягнення поставлених цілей підвищення родючості ґрунтів та стабілізації прогресивної продуктивності сільськогосподарських угідь [13; 14].

Кальцій значною мірою визначає екологічні властивості ґрунтів, що використовуються в АПК та створює умови для трансформації органічної речовини в гумус, впливає на природу гумусових комплексів, агрегацію ґрунту, реакцію ґрунтового розчину і пов'язаної з ними інтенсивності біологічних процесів та рухливості поживних речовин. «Будучи досить сильним коагулятором, що стимулює згортання колоїдів, — писав А.А. Шмук [15], — кальцій утворює той цемент, який склеює окремі ґрунтові агрегати, надаючи їм достатню міцність та водостійкість, обумовлюючи бажану для землеробства міцну грудкувату структуру. Втрата з ґрунту кальцію, витіснення його з ґрунтового поглинаючого комплексу іншими катіонами, особливо натрієм воднем, дуже швидко позначається на зміні фізич-

них властивостей і структурності ґрунту в небажану сторону».

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ґрунти Черкаської обл. вважаються найбільш родючими в Україні, а сільськогосподарські землі становлять 69% від загальної площі області. Серед сільськогосподарських земель провідне місце належить ріллі (87,7%). Ґрунтовий покрив представлений чорноземами типовими та чорноземами опідзоленими різного ступеня реградації (53,6%), темно-сірими опідзоленими і реградованими (29), ясно-сірими та сірими лісовими ґрунтами (10,8), а за гранулометричним складом вони легкосуглинкові (21,4), середньосуглинкові (41,3) та важкосуглинкові (34,4), а решта (2,9%) — супіщані й піщані ґрунти. Середньозважений вміст гумусу в ґрунтах сільськогосподарського використання станом на 2019 р. дорівнює 3,03%.

Урожайні дані, структура посівних площ за 1956–2019 рр. проаналізовано за даними Головного управління статистики Черкаської обл. Агрохімічна характеристика ґрунтів Черкаської обл. за 1976–2019 рр. проведено Черкаською філією державної установи «Інститут охорони ґрунтів України». Уміст загального гумусу — за І.В. Тюріним у модифікації М.В. Сімакова (ДСТУ 4289:2004); рН<sub>KCl</sub> — потенціометрично (ДСТУ ISO 10390:2007). Балансові розрахунки Са проведено за загальноприйнятою методикою ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» [16]. За С.А. Балуком, Р.С. Трускавецьким, Ю.Л. Цапком використано методику групування ґрунтів за ступенем кислотності та лужності [17].

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Важливим в оцінці балансу кальцію (Са) у землеробстві АПК Черкаської обл. є структура посівних площ, яка за останні 64 роки зазнала істотних змін: у період 1956–1960 рр. зернові культури займали 52,8%, у т.ч. озимі — 23,0%, кукурудза — 9,0, технічні — 13,9, а кормові культури —

24,0% у структурі посівних площ. За 1971–1975 рр., 1976–1980 рр. та 1981–1985 рр. площа зернових культур становила 50,8–52,3%, у т.ч. пшениця озима займала 18,8–21,6%; технічні культури — 16,2–16,5, у т.ч. буряки цукрові — 12,5–17,5, а кормові культури займали 29,4–30,6%. У період за 1986–1990 рр., період найвищої продуктивності землеробства АПК області, структура посівних площ відповідала найбільш оптимальному співвідношенню посівних площ. Зернові займали 57,5%, у т.ч. озимі зернові — 20,4, ярі колосові — 11,1 (кукурудза — 6,0), а з кукурудзою — 17,1%. Технічні культури займали 14,3% площ, а кормові культури — 30,0%. За період з 1986 по 1995 рр. на зернобобові культури приходилося 7,8–9,2%. Порівняно з 1956–1960 рр. площа зернобобових зросла майже у 2 рази.

За висновками [18], якщо співвідношення відсотка площ кормових культур до площ технічних культур перевищує 1,5, то досягається найвища віддача від внесених добрив і продуктивності самої структури посівних площ. У період з 1956 по 1980 рр. співвідношення зазначених площ мало зростаючий характер від 1,7 до 1 та 2,21 і до 1, а за 1981–1990 рр. стабілізувалося на рівні 1,85–2,17 до 1 на користь відсотка площ під кормовими культурами. Загалом, за період з 1956 по 1990 рр. структуру посівних площ формувало 29 культур. За цей період у землеробстві АПК Черкаської області по зростаючому тренду вносилися органічні добрива у вигляді гною (табл. 1).

У 1986–1990 рр. насичення гноем ріллі досягало 11,0 т/га, що є достатньою умовою розширеного відтворення родючості ґрунтового покриву. При цьому, зростання внесення гною супроводжувалося зростанням площ, які було провапановані, а кількість внесеного вапна досягала 702–757 тис. т, що прийнято пов'язувати з посиленням декальцинації від внесених мінеральних добрив, насичення якими досягло 150–177 кг/га азоту, фосфору і калію.

У 1991–1995 рр. структура посівних площ області визначалася 24 культурами і зберігалася в оптимальному співвідношен-

Таблиця 1. Внесення мінеральних добрив, гною та вапна в АПК Черкаської обл. за 1956–2019 рр.

Роки	НРК кг на 1 га	Гній на 1 га т	Усього грою, тис. т	Внесено вапна, т/га	Усього вапна, тис. т
1956–1960		<4,0	–	–	–
1960–1965		<4,0	–	–	–
1966–1970	65,0	4,9	6399	–	–
1971–1975	104	6,5	84955	–	–
1976–1980	136	9,2	12446	5,5	757
1981–1985	148	10,4	12565	5,6	479
1986–1990	173	11,0	13077	6,0	702
1991–1995	87,0	7,0	7739	6,0	586
1996–2000	25,0	3,4	3660	518	124
2001–2005	34,0	1,6	1489	6,7	24,5
2006–2010	76,0	1,1	1031	5,4	37,0
2011–2015	102	1,2	1108	5,3	51,5
2016–2019	106	1,3	1117	–	–

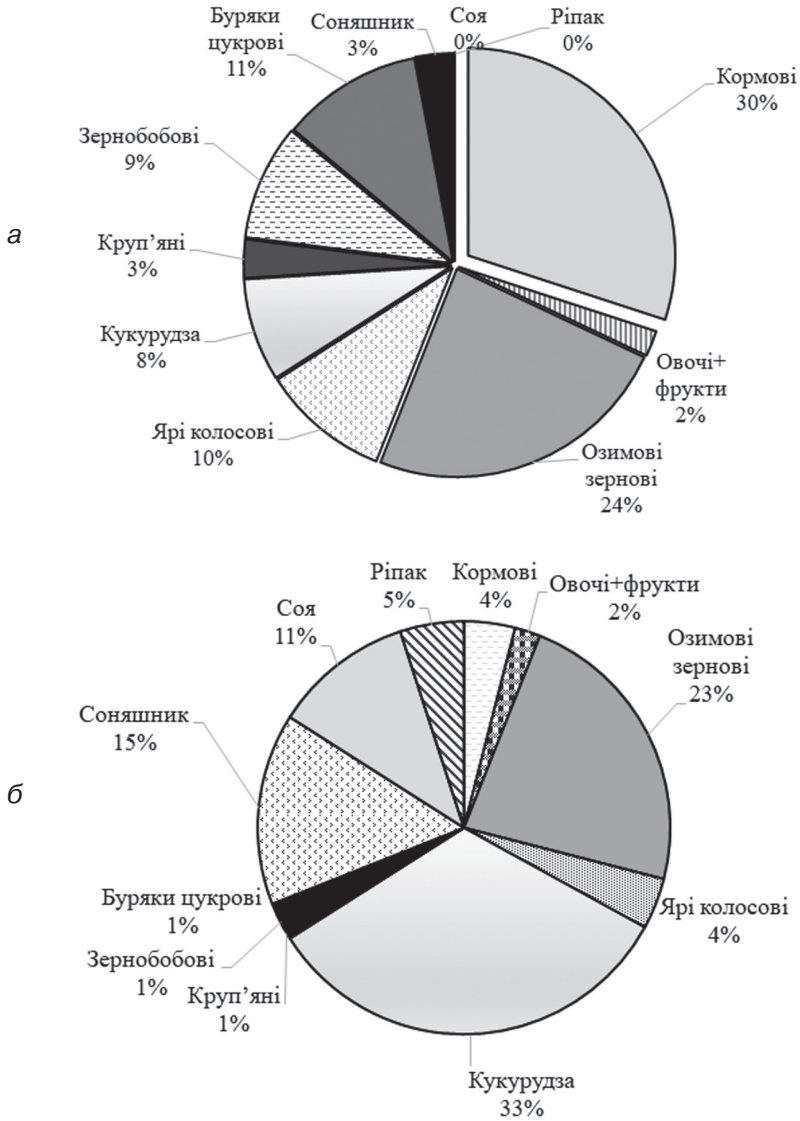
ні між групами культур. Співвідношення кормових культур до технічних становило 2,20 до 1. Насиченість гноєм ріллі становила 7,0 т/га, а внесення гною досягло 7,7 млн т. Кількість мінеральних добрив становила 87 кг/га, що майже у 2 рази менше, ніж за попередній п'ятирічний період.

У період 1996–2000 рр. почалася трансформація структури посівних площ. Співвідношення площ кормової групи до площ технічних культур знизилася від 1,34 до 1. Відсоток площ під кукурудзою зріс до 13,4% і перевищив площі ярих колосових культур. Площі технічних культур зросли (соняшник) до 5,89%, кормових культур знизилася на 3,2%. За 2001–2005 рр. відбулася істотна трансформація структури посівних площ. Відсоток площ під зерновими культурами зріс відносно попереднього періоду в 1,23 рази за рахунок зростання відсотка площ ярих колосових та кукурудзи в 1,37 рази. Площі посіву зернобобових знизилася у 2,16 рази, а відсоток площ під технічними культурами досяг 19%. Площі посіву соняшнику зросли у 2,81 рази, а відсоток площ під озимим рі-

паком та соєю становили 1,76% та 2,48% відповідно. Співвідношення відсотка площ під кормовими культурами становило 0,84 до 1, що свідчить про істотну трансформацію посівних площ відносно 1986–1990 років (рис.).

За період 2016–2019 рр. відбулася подальша трансформація структури посівних площ до критичних показників. Відсоток площ під зерновими зупинився на рівні 58,9%. Частка кукурудзи досягла 32%, що перевищило відсоток площ у період 1986–1995 рр. у 4,67 рази. Площі зернобобових скоротилися в 8,9 рази, а технічних культур зросли у 2,23 рази. Відсоток площ соняшнику, ріпаку та сої відносно 2001–2005 рр. зросли в 1,39, 2,59 і 4,36 рази. Відсоток площ кормових культур скоротився в 6,7 рази відносно базового періоду, а співвідношення з технічними культурами звузилося від рівня 0,14 до 1.

Починаючи з 1996–2000 рр. відбулося різке зменшення внесення органічних добрив: вносилося 3,4 т/га гною і 24,6 кг/га азоту, фосфору та калію. У 2006–2015 рр. різко скоротилися у 15 разів площі вап-



Зміна структури посівних площ в АПК Черкаської обл.: а — 1986–1990 рр., б — 2016–2019 рр.

нування ґрунтів відносно 1986–1990 рр., а внесення вапна — у 7,2 раза. Впродовж 2011–2017 рр. спостерігалася слабка тенденція зростання площ під вапнуванням, яка в 2015 р. досягла 12,7 тис. га, а вапна було внесено близько 64–65 тис. т.

Оцінка вилучення та надходження біомаси сільськогосподарських культур у

структурі посівних площ і господарському обігу показала (табл. 2), що у період розвитку й становлення тваринництва баланс біомаси був від'ємним (1956–1990 рр.) з наростаючою у 2,15 раза дефіцитністю.

При цьому інтенсивність надходження побічної продукції становила 24–42%, а відчуження перевищувало надходження

Таблиця 2. Господарський обіг складових біомаси польових культур у структурі посівних площ АПК Черкаської обл. за 1956–2019 рр.

Роки	Відчуження-А		Надходження-В		В-А, млн т т/га	Інтенсивність надходження біомаси, %	В до А
	млн т	%	млн т	%			
1956– 1965	7,72	73,8	2,75	26,2	$\frac{-4,992}{-2,48}$	35,0	2,8 до 1
1966– 1970	10,67	74,0	3,81	26,0	$\frac{-6,862}{-0,007}$	35,7	2,8 до 1
1971– 1975	13,4	71,0	5,60	29,0	$\frac{-7,784}{-0,006}$	42,0	2,4 до 1
1976– 1980	16,30	73,0	6,04	27,0	$\frac{-10,26}{-0,008}$	37,0	2,7 до 1
1981– 1985	12,59	88,0	3,03	22,0	$\frac{-9,563}{-0,008}$	24,1	4,2 до 1
1986– 1990	16,88	71,0	6,21	29,0	$\frac{-10,68}{-0,008}$	37,0	2,7 до 1
1991– 1995	12,89	65,0	7,03	35,0	$\frac{-5,86}{-0,005}$	55,0	1,9 до 1
1996– 2000	8,11	61,0	5,18	49,0	$\frac{-2,93}{-0,002}$	63,0	1,6 до 1
2001– 2005	5,10	42,0	7,21	58,5	$\frac{+2,10}{+0,002}$	141	0,7 до 1
2006– 2010	5,83	43,0	7,62	57,0	$\frac{+1,79}{+0,002}$	131	0,80 до 1
2011– 2015	6,03	56,0	5,12	44,0	$\frac{-0,938}{-0,001}$	85,0	0,85 до 1
2016– 2019	7,62	49,0	7,09	49,0	$\frac{-0,53}{-0,0001}$	93,0	0,98 до 1

в 2,7–4,2 раза. У подальшому, коли скорочувалося поголів'я тварин, відбулося зростання інтенсивності надходження побічної продукції від 55–63% (1991–2000 рр.) до 131–141 (2001–2010 рр.) з подальшим зниженням до 85–95% (2011–2019 рр.). У період становлення і розвитку тваринництва (1956–1990 рр.) винос біомаси становив 71,6–79,4% а при його згортанні винос біомаси становив 65,4–66,4 (1991–2000 рр.), 45,7–58,0 (2001–2010 рр.) та 68,6–68,2% у період 2011–2019 років (див. табл. 2).

При наростанні об'ємів тваринництва ємність балансу Са зросла до 137,5 тис. т, а у період з 1966–1970 рр. по 1991–1995 рр. ємність балансу Са зросла від 199,9 тис. т до 236,5 тис. т. У подальші періоди: 1996–2000 рр. знизилася в 1,33 раза, 2001–2010 рр. – у 2 рази, а за 2011–2019 рр. – у 2,3–2,4 раза. За останні 8 років ємність балансу Са виявилася меншою порівняно з періодом 1956–1970 рр. Негативним є те, що за 2016–2019 рр. баланс Са був від'ємним порівняно з 1956–1960 рр.

Інтенсивність надходження Са за період становлення тваринництва (1956–1970 рр.) зросла в 1,25 раза і в період розвитку досягла 169–176%, але у період, коли зменшувалося внесення гною (1991–1995 рр.), інтенсивність знижувалася до 128% (табл. 3).

У період 1996–2005 рр., коли збереглася оптимальна структура посівних площ, а побічна продукція за зростаючим трендом поверталася на поле, інтенсивність надходження Са зростала до 181–213% на фоні зниження ємності балансу Са. Максималь-

ний рівень інтенсивності надходження Са в обіг досягнуто в 2006–2010 рр. (249%) за зменшення самої ємності балансу. У період 2016–2019 рр. за критичного рівня трансформації структури посівних площ інтенсивність надходження Са знизилася в 1,9 раза за формування від'ємного балансу Са, що гірше за показники обігу Са в період 1956–1960 рр. (див. табл. 3).

Оцінка структури ємності балансу Са показує, що у період внесення гною (1981–1990 рр.) на Са з гною приходиться

Таблиця 3. Баланс кальцію в структурі посівних площ АПК Черкаської обл. за 1956–2019 рр.

Роки	Баланс Са		Інтенсивність надходження Са, %	Ємність балансу Са, тис. т
	тис. т	т/га		
1956–1965	<u>+6,01</u> –6,02	<u>+0,005</u> –0,005	<u>111,0</u> 89,0	<u>113,2</u> 101,2
1966–1970	<u>+21,91</u> +1,620	<u>+0,019</u> +0,001	<u>139,0</u> 103,0	<u>137,5</u> 114,2
1971–1975	<u>+66,17</u> +61,17	<u>+0,055</u> +0,051	<u>169,0</u> 111,0	<u>197,9</u> 155,3
1976–1980	<u>+45,90</u> +17,08	<u>+0,03</u> +0,013	<u>159,0</u> 121,0	<u>199,9</u> 171,1
1981–1985	<u>+17,30</u> –23,16	<u>+0,012</u> –0,016	<u>120,0</u> 73,0	<u>191,0</u> 150,3
1986–1990	<u>+68,93</u> +18,75	<u>+0,052</u> +0,015	<u>176,0</u> 123,0	<u>220,5</u> 178,3
1991–1995	<u>+29,31</u> –24,05	<u>+0,024</u> –0,019	<u>128,0</u> 78,0	<u>236,5</u> 183,2
1996–2000	<u>+51,30</u> –26,79	<u>+0,042</u> –0,002	<u>181,0</u> 95,0	<u>178,1</u> 124,1
2001–2005	<u>+42,34</u> +12,25	<u>+0,03</u> +0,009	<u>213,0</u> 133,0	<u>117,8</u> 87,1
2006–2010	<u>+49,72</u> +19,44	<u>+0,06</u> +0,023	<u>249,0</u> 158,0	<u>116,3</u> 86,0
2011–2015	<u>+15,30</u> –7,577	<u>+0,018</u> –0,009	<u>139,0</u> 78,0	<u>90,0</u> 61,13
2016–2019	<u>–34,31</u> –11,00	<u>–0,035</u> –0,011	<u>98,5</u> 31,7	<u>103,9</u> 80,56

Примітка: \* чисельник — баланс з урахуванням кореневої маси; знаменник — без урахування кореневої маси.

22,1–23,8%. При поступовому зменшенні внесення гною частка кальцію з гною знижується від 10,6% до 4,3–4,7%. У структурі балансу значну частку займає Са, який надходить із коренів: 17,8–24,6% у період внесення гною та 22,8–95,6% при заміні гною на побічну продукцію. З 2004–2005 рр. частка Са, який надходить із побічної продукції знижується від 30,8% до 11,2% у період 2016–2019 рр., а частка Са, яка надходить з атмосферними опадами зростає від 15,3% до 22,2%. Негативним є той факт, що за глибокої трансформації структури посівних площ зростає частка виносу Са за рахунок декальцинації: від 21,4% до 31,1%, тоді як за наростаючого внесення гною частка Са від декальцинації знижується від 37,1% (1956–1960 рр.) до 21,1% (1986–1990 рр.). По суті рівень декальцинації в 2016–2019 рр. зрівнявся з рівнем в 1956–1960 рр., що є край негативним явищем і корелює з процесами деградації ґрунтів.

У період наростання внесення гною (1956–1990 рр.) утворення гумусу з гною

зросло у 5,8 разів, а у період його заміни на побічну продукцію знизилося у 7,35 раза. В оберненій залежності утворювалося гумусу з побічної продукції в період з 2000 по 2019 рр. 653,3–761,3 тис. т. Сумарне утворення гумусу найвищим було у період з 1976 по 1995 рр.: 1075–1392 тис. т, а найменше утворювалося з 2000 по 2019 рр.: у середньому вихід гумусу зменшився в 1,48 раза. Відповідно, надходження Са найвищим було в період з 1976 по 1995 рр.: у середньому 135 тис. т. При заміні гною на побічну продукцію надходження Са в середньому знизилося в 1,79 раза. У середньому на 1 га сівозміни в період внесення гною утворювалося 0,83–1,08 т гумусу, тоді як у період застосування побічної продукції гумусу утворювалося 0,65–0,88 т/га. Співвідношення гумусу до Са, починаючи з 1976–1988 рр. сформувалося на рівні 8,0–9,8 до 1, але в останній чотирирічний період (2016–2019 рр.) співвідношення досягло від 12 до 1, що є негативним явищем в плані посилення декальцинації ґрунтів (табл. 4).

Таблиця 4. Утворення органічної речовини та її співвідношення з кальцієм в АПК Черкаської обл. за 1986–2019 рр.

Роки	Внесено гною, тис. т	Утворено гумусу з гною, тис. т	Внесено побічної продукції, тис. т	Утворено гумусу з побічної продукції, тис. т	Утворено гумусу разом тис. т / т/га	Надійшло Са, тис. т	Співвідношення гумусу до Са
1986–1990	14,300	752,2	6,761	640,0	$\frac{1392,3}{1,07}$	140,2	9,9 до 1
1991–1995	8,617	500,3	6,890	585,6	$\frac{1085,9}{0,86}$	132,9	8,1 до 1
1996–2000	4,165	100,9	6,086	653,3	$\frac{751,2}{0,65}$	69,61	10 до 1
2001–2005	1,257	68,00	8,183	696,0	$\frac{763,6}{0,86}$	79,75	9,6 до 1
2006–2010	0,936	51,04	7,800	700,0	$\frac{751,5}{0,88}$	81,02	9,5 до 1
2011–2015	1,021	55,13	7,000	659,0	$\frac{741,1}{0,85}$	75,65	9,6 до 1
2016–2019	1,255	67,78	8,037	761,3	$\frac{829,1}{0,79}$	71,10	12 до 1



Між балансом кальцію і зміщенням реакції ґрунтового середовища існує тісний взаємозв'язок. Для зниження ґрунтової кислотності необхідно, щоб баланс кальцію в ґрунті був позитивним, а запас Са в обігу був достатнім для зміщення реакції ґрунтового середовища в оптимальні межі. За узагальненими даними багаторічних агрохімічних обстежень 1,2 т/га СаСО<sub>3</sub> зміщує рН на 0,3 одиниці, а при втраті кальцію з ґрунту для підтримки реакції на рівні рН=5,6–6,0 необхідно щороку вносити близько 1 т/га СаСО<sub>3</sub> [11; 12; 19; 20].

У період зростання обсягів тваринництва (1971–1990 рр.), на фоні зростаючо-

го внесення органічних добрив (табл. 5) відбувалося зростання в 2,57 раза площ із кислою реакцією, а площі ґрунтів близьких до нейтральної реакції зменшилися в 2,0 рази. Починаючи з 1996 р. кількість площ із кислою реакцією станом на 2005 р. зросли в 1,47 раза, а площі з близькою до нейтральної та нейтральною реакцією зменшилися в 1,1 і 1,77 раза.

Співвідношення площ із кислою реакцією до площ близьких до нейтральних і нейтральних в 1991–1995 рр. становило 1 до 1,4 до 2,8, тоді як в 2001–2005 рр. співвідношення змінилося: 1 до 0,9 до 1,1, що свідчить про незворотні процеси під-

**Таблиця 5. Динаміка площ орних земель сільськогосподарського призначення в АПК Черкаської обл. за ступенем кислотності, середнім значенням обмінної кислотності та вмістом гумусу за 1971–2019 рр.**

Роки	Площі ґрунтів за ступенем кислотності:						$\frac{pH_{kcl}}{\text{вміст гумусу, \%}}$
	Всього кислих $pH_{kcl} < 5,1$		Близьких до нейтральних $pH_{kcl} = 5,6 - 6,0$		Нейтральні $pH_{kcl} > 6,0$		
	тис. га	%	тис. га	%	тис.га	%	
1971–1975	87,7	7,6	626,3	54,0	446,6	38,5	$\frac{6,01}{>3,27}$
1976–1980	62,0	5,1	566,4	46,8	580,7	48,0	$\frac{5,89}{>3,27}$
1981–1985	202,3	16,8	596,8	49,6	405,0	33,6	$\frac{5,90}{3,27}$
1986–1990	225,0	18,5	544,0	44,8	448,5	36,7	$\frac{6,06}{3,24}$
1991–1995	218,7	19,1	310,6	27,1	618,0	53,9	$\frac{6,10}{3,24}$
1996–2000	288,4	28,5	300,8	29,7	424,7	41,9	$\frac{5,90}{3,21}$
2001–2005	321,6	33,6	287,9	30,1	348,3	36,4	$\frac{5,81}{3,04}$
2006–2010	225,6	24,9	307,5	34,0	372,4	41,1	$\frac{5,97}{3,05}$
2011–2015	162,2	23,6	246,3	35,8	279,1	40,6	$\frac{5,98}{3,04}$
2016–2018	121,7	24,8	183,8	37,5	184,9	37,7	$\frac{5,93}{3,03}$

кислення земель сільськогосподарського призначення. До того ж, рівень обмінної кислотності зріс до  $pH_{kcl} = 6,06-6,10$  одиниць, а вміст гумусу в середньому становив 3,24–3,27%.

У період 2006–2010 рр. співвідношення площ із кислою реакцією близьких до нейтральних та нейтральних сягала 1 до 1,4 до 1,65; у період 2011–2015 рр. — 1 до 1,52 до 1,72, а за 2016–2018 рр. — 1 до 1,5 до 1,5, що свідчить про певну стабілізацію і

стримання підкислення земель сільськогосподарського призначення. При цьому, обмінна кислотність стабілізувалася на рівні  $pH_{kcl} = 5,94-5,97$ , що вказує про слабо виражену тенденцію до підкислення ґрунтів.

Порівняно з 1991–1995 рр. обмінна кислотність знизилася на 0,17 одиниць на фоні зменшення середнього вмісту гумусу на 0,21%, що є явищем негативним і свідчить про те, що заміна гною на побічну продукцію в якості органічного удобрення за умов

Таблиця 6. Динаміка господарського балансу Са в АПК Черкаської обл. за 1956–2019 рр.

Роки	Загальне поголів'я тварин і птахів, тис. гол.	Винос Са поголів'ям тварин і птахів	Вихід Са з гноєм	Баланс Са, ±	Ємність балансу Са	Інтенсивність балансу Са, %
1956–1960	<u>*7399</u> 1:1,2:9,2	38,5	13,4	–25,1	51,9	34,8
1961–1965	<u>7138</u> 1:1,23:7,3	37,0	16,2	–20,8	53,2	43,7
1966–1970	<u>7424</u> 1:1,1:7,2	38,3	22,7	–15,6	61,0	59,2
1971–1975	<u>8643</u> 1:1,3:7,9	44,5	33,8	–10,7	78,3	76,0
1976–1980	<u>9582</u> 1:1,1:8,0	49,0	49,8	2,5	98,8	101,7
1981–1985	<u>11777</u> 1:1,1:9,5	60,1	50,2	–9,9	110,3	83,5
1986–1990	<u>12248</u> 1:1,1:9,6	62,5	52,5	–10,0	115,0	84,0
1991–1995	<u>10552</u> 1:1:9,4	52,8	30,0	–22,8	82,8	56,9
1996–2000	<u>7613</u> 1:1,15:10	38,1	35,0	–3,1	73,1	92,0
2001–2005	<u>7500</u> 1:1,8:23	37,5	30,0	–7,5	67,5	80,0
2006–2010	<u>15432</u> 1:1,8:59	77,2	45,0	–32,2	122,2	58,3
2011–2015	<u>*25676</u> 1:2,3:122	128,4	50,0	–78,4	178,4	38,9
2016–2019	<u>*25042</u> 1:2,1:143	125,2	55,0	–70,2	180,2	43,9

Примітка: \* знаменник — співвідношення ВРХ–свині–птиця.

критичної трансформації структури посівних площ не забезпечує умов відтворення родючості земель сільськогосподарського призначення АПК області.

Відомо, що близько 99% кальцію знаходиться в кістковій тканині, яка і є основним його депо в організмі сільськогосподарських тварин, а загальний вміст Са у кістках молочної корови з масою тіла 500–550 кг може становити 7,5 кг. Корови в першу стадію лактації використовують від 20 до 40% мінеральних речовин скелета (залежно від забезпеченості раціонів Са), які потім поновлюються до середини сухостійного періоду [21]. Залежно від віку і призначення поголів'я свиней в кістках накопичується до 5–6 кг Са, а в раціоні годівлі передбачено від 5,8 до 12 г кальцію, а для поголів'я птиці — від 2,0 до 3,5 г Са на 1 кг корму. Залучений до годівлі Са безповоротно виноситься з поля, а повертається з гноєм у кількості 2,0–5,0 кг на 1 т гною [18].

Для оцінки господарського балансу Са в АПК області слід оцінити поголів'я тварин та птиці й дати співвідношення категорій тварин і птахів. Виявилось, що у період з 1956 по 1995 рр. поголів'я загалом зросло в 1,59–1,66 раза, але структура поголів'я залишалася сталою і змінювалася у співвідношенні ВРХ — свині — птахи як 1 до 1,1–1,3 до 7,2–9,8. У період 1996–2000 рр. поголів'я тварин загалом скоротилося відносно 1986–1990 рр. в 1,6 раза зі збереженням співвідношення категорій тварин і птахів як 1 до 1,2 до 10,4. У подальші інтервали часу відбувалося нарощування поголів'я птахів, яке зросло відносно 1996–2000 рр. у 14 разів в 2016–2019 рр., а поголів'я свиней — у 2,0–2,3 раза за одночасного скорочення поголів'я ВРХ відносно 1986–1990 рр. у 5,99 разів, а відносно 1996–2000 рр. — у 3,46 раза.

Нарощування поголів'я тварин і птахів супроводжується наростаючим виносом Са, який відносно 1956–1960 рр. в 1986–1990 рр. зріс в 1,6 раза, а за трансформації поголів'я у бік нарощування птахівництва зріс у 3,2 та 1,9 раза відносно зазначених періодів. До того ж, повернення Са з гноєм

і пташиним послідом було в рази меншим, чим винос, що істотно вплинуло на господарський баланс Са, який був за всі роки від'ємним і дефіцитність якого зростала при наростанні обсягів птахівництва за скорочення поголів'я ВРХ. Лише у період 1976–1980 рр. баланс Са був додатним. У 2016–2019 рр. дефіцитність балансу Са зросла відносно 1986–1990 рр. у 7 разів. Інтенсивність балансу Са за утримання найбільшого поголів'я (1986–1990 рр.) становила 84,5%, тоді як у період 2016–2019 рр. інтенсивність балансу Са сягала 43,9%, а зниження інтенсивності балансу Са супроводжувалося зростанням ємності балансу, що свідчить про негативні процеси у формуванні господарського балансу Са за останні 4–5 років в АПК Черкаської обл.

## ВИСНОВКИ

За 63 роки в АПК Черкаської обл. відбулася кардинальна трансформація структури посівних площ, коли весь період можна розділити на період зростання інтенсивності тваринницької галузі (1956–1995 рр.), перехідний період (1996–2005 рр.) від інтенсивного тваринництва до інтенсивного виробництва зернових культур та 2006–2019 рр. — період бізнесового управління структурою посівних площ і слабким розвитком тваринницької галузі. Подібні зміни у господарюванні зумовлюють те, що у землеробстві основним засобом управління родючості є побічна продукція рослинництва, вихід якої прямо залежить від сформованої структури посівних площ.

Обіг Са в землеробстві АПК Черкаської обл. прямо корелює зі зміною структури посівних площ та виду внесених органічних добрив. За внесення гною за наростаючим трендом складаються умови зростання ємності балансу Са, але за насичення структури посівних площ кормовими культурами та виносом побічної продукції на господарські цілі, винос кальцію зростає до 36–47%, а за внесення побічної продукції загальний винос знижується до 28–35% за зниження ємності балансу Са. Якщо не враховувати в балансі вміст Са у кореневій системі, то балансові показники погіршу-

ються, як у період внесення гною, так і за його заміни побічною продукцією.

Встановлено, що в період зростання виходу обсягів гною за наростаючого тваринництва, співвідношення між новоутвореним гумусом і залученим кальцієм зберігалось у межах 8,1–9,9 до 1 за зростання складових співвідношення, а наростання площі обсягів вапнування в цей період слід пов'язувати з надлишком надходження свіжої органічної речовини з гною та одностороннім вилученням кальцію поголів'ям тварин та недостатнім його поверненням в агроценоз, що потребувало збільшення площі вапнування для закріплення надлишку новоутвореного гумусу. При заміні гною на побічну продукцію співвідношення між новоутвореним гумусом і кальцієм залишилося сталим на фоні зменшення кількості новоутвореного гумусу і обігового кальцію (до 12 до 1 в період 2016–2019 рр.) за одночасного зниження середнього вміс-

ту гумусу та площі ґрунтів із кислою реакцією, що свідчить про недостатню кількість кальцію на одиницю утвореного гумусу за критичної трансформації структури посівних площ та посиленням мінералізації його надлишку, що слід компенсувати внесенням вапна.

Аналіз динаміки господарського балансу Са засвідчує про те, що поголів'я тварин і птиці постає агресивним чинником відносно агроценозів у плані виносу Са. При розвинутому тваринництві вдається вийти на бездефіцитність балансу Са за досягнення поголів'я близько 9,56 млн гол., а подальше нарощування поголів'я до 12,2 млн гол. робить баланс від'ємним. За трансформації поголів'я у бік птахівництва відбувається зростання дефіцитності господарського балансу в перерахунку на площу земель сільськогосподарського використання, що свідчить про необхідність вапнування ґрунтів.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. Київ, 2010. 112 с. URL: [http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan\\_gruntiv.pdf](http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan_gruntiv.pdf).
2. Медведев В.В. Земельні ресурси України / за ред. В.В. Медведева. Київ: Аграрна наука, 1998. 148 с.
3. Медведев В.В., Булігін С.Ю., Балюк С.А. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства. Харків: ШТРИХ, 2001. 100 с.
4. Балюк С.А. Ґрунтові ресурси України: стан і заходи поліпшення. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 6. С. 6–7.
5. Вільямс В.Р. Земледелие с основами почвоведения. Москва: Сельхозгиз, 1949. 210 с.
6. Соколовский А.Н. Сельскохозяйственное почвоведение. Москва, 1956. 356 с.
7. Шеуджен А.Х. Кальций — дефицитный элемент питания растений на почвах рисовых полей. *Труды Кубанского Государственного Агарного Университета*. 2005. Вып. 4. С. 136–141.
8. Шильников И.А., Ермакова С.А., Аканова Н.И. Баланс кальция и динамика кислотности пахотных почв в условиях известкования. Москва: ООО «Технология», 2006. 158 с.
9. Аканова Н.И., Темников В.Н., Гришина Г.Б., Шафранова О.Д. Вопросы оптимизации кислотности и баланс кальция. *Нива Поволжья*. 2011. № 1(18). С. 1–6.
10. Богдевич И.М., Таврыкина О.М. Динамика степени кислотности, обеспеченности кальцием и магнием пахотных и луговых почв Беларуси в результате известкования. *Почвоведение и агрохимия*. 2014. № 1(52). С. 159–172.
11. Мазур Г.А., Кондратюк І.М. Баланс кальцію у сірому лісовому ґрунті за різних систем удобрення та хімічної меліорації. *Вісник аграрної науки*. 2010. № 4. С. 19–22.
12. Мазур Г.А., Ткаченко М.А., Кондратюк І.М. Міграція кальцію і магнію в сірому лісовому ґрунті. *Землеробство*. 2019. Вип.1. С. 3–9.
13. Effron D., Jimenez M., La Hora A. Capacidad de intercambio cationic al pH del suelo, para suelos acidos: metodo de determinacion. *Agrochimica*. 2000. Vol. 44. № 1. P. 61–68.
14. Noble A.D., Cillman G.P. A cation exchange index for assessing degradation of acid soil by further acidification under permanent agriculture in the tropics. *European Journal of Soil Science*. 2000. Vol. 51. № 2. P. 233–243.
15. Шмук А.А. Динамика режима питательных веществ в почве. Москва: Пищепромиздат, 1950. 372 с.
16. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління / уклад. С.А. Балюк. Харків: Миська друкарня, 2011. 30 с.
17. Відношення сільськогосподарських культур до реакції ґрунту. URL: <http://pidruchniki.com>.
18. Лапа В.В. и др. Система применения удобрений / под ред. В.В. Лапа. Гродно: ГГАУ, 2011. 418 с.
19. Влияние известкования и систем удобрения на агрохимические свойства чернозема выщелоченного и продуктивность звена севооборота / Г.Е. Гришин. *Вопросы известкования почв*. Москва: Агроконсалт, 2002. С. 64–70.

20. Гришин Г.Е., Кузин Е.Н., Курносова Е.В., Кузина Л.А. Повышение плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур при использова-

нии кальцийсодержащих материалов и удобрений: моногр. ПензГСХА, 2009. 234 с

21. Єфімов В.Г. Обмін мінеральних речовин в нормі та при патології. Дніпропетровськ, 2008. 32 с.

## REFERECES

- Natsional'na dopovid' pro stan rodyuchosti gruntiv Ukrainy. (2010). [National report on the state of soil fertility in Ukraine]. URL: [http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan\\_gruntiv.pdf2](http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan_gruntiv.pdf2) [in Ukrainian].
- Medvedev, V.V. (Ed.). (1998). *Zemel'ni resursy Ukrainy [Land resources of Ukraine]*. Kyiv: Agrarian Science [in Ukrainian].
- Medvedev, V.V., Bulygin, S.Yu. & Balyuk, S.A. (2001). *Stan rodyuchosti gruntiv Ukrainy ta prohnomyo zmin za umov suchasnoho zemlerobstva [The state of soil fertility of Ukraine and the forecast of its changes under modern agriculture]*. Kharkiv: SHTRIKH [in Ukrainian].
- Balyuk, S.A. (2010). Gruntovi resursy Ukrainy: stan i zakhody polipshennya [Soil resources of Ukraine: condition and improvement measures]. *Visnyk ahromoyi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 6, 6–7 [in Ukrainian].
- Williams, V.R. (1949). *Zemledelye s osnovamy pochvovedenyya [Agriculture with the basics of soil science]*. Moscow: Selkhozgiz [in Russian].
- Sokolovsky, A.N. (1956). *Sel'skokhozyaystvennoe pochvovedenye [Agricultural soil science]*. Moscow [in Russian].
- Sheudzhen, A.Kh. (2005). Kal'tsyy – defytsytnyy 'lement pytannya rastenyi na pochvakh rysovykh pol' [Calcium is a deficient plant nutrient in the soils of rice fields]. *Trudy Kubanskogo Gosudarstvennogo Agarnogo Universiteta – Proceedings of the Kuban State Agar University*, 4, 136–141 [in Russian].
- Shilnikov, I.A., Ermakova, S.A. & Akanova, N.I. (2006). *Balans kal'tsyya y dynamyka kyslotnosti pakhotnykh pochv v uslovyakh yzvestkovanyia [Calcium balance and dynamics of acidity of arable soils under liming conditions]*. Moscow: OOO «Technology» [in Russian].
- Akanova, N.I., Temnikov, V.N., Grishina, G.B. & Shafanova O.D. (2011). Voprosy optymyzatsyy kyslotnosti y balans kal'tsyya [Optimization of acidity and calcium balance]. *Niva Povolzh'ya – Niva of the Volga region*, 1 (18), 1–6 [in Russian].
- Bogdevich, I.M. & Tavrykina, O.M. (2014). Dynamyka stepeny kyslotnosti, obespechennosti kal'tsyem y mahnyem pakhotnykh y luhovykh pochv Belarusy v rezul'tate yzvestkovanyia [Dynamics of the degree of acidity, provision of calcium and magnesium of arable and meadow soils in Belarus as a result of liming]. *Pochvovedenye y ahrokhymyya – Soil science and agrochemistry*, 1(52), 159–172 [in Russian].
- Mazur, G.A. & Kondratyuk, I.M. (2010). Balans kal'tsyyu u siromu lisovomu gruntі za riznykh system udobrennyia ta khimichnoyi melioratsiyi [The balance of calcium in the gray fossil soil is due to the growing systems of fertilization and chemical melioration]. *Visnyk ahromoyi nauky – Bulletin of Agrarian Science*, 4, 19–22 [in Ukrainian].
- Mazur, G.A., Tkachenko, M.A. & Kondratyuk, I.M. (2019). Mihratsiya kal'tsyyu i mahniyu v siromu lisovomu hruntі [Migration of calcium and magnesium in gray forest soil]. *Zemlerobstvo – Agriculture*, 1, 3–9 [in Ukrainian].
- Effron, D., Jimenez, M. & La Hora, A. (2000). Capacidad de intercambio cationic al pH del suelo, para suelos acidos: metodo de determinacion. *Agrochimica*, 44, 1, 61–68 [in English].
- Noble, A.D. & Cillman, G.P. (2000). A cation exchange index for assessing degradation of acid soil by further acidification under permanent agriculture in the tropics. *European Journal of Soil Science*, 51, 2, 233–243 [in English].
- Shmuk, A.A. (1950). *Dynamyka rezhyma pytatel'nykh veshchestv v pochve [Dynamics of the nutrient regime in the soil]*. Moscow: Pishchepromizdat [in Russian].
- Balyuk, S.A. (Ed.). (2011). *Rozrakhunok balansu humusu i pozhynykh rechovyn u zemlerobstvi Ukrainy na riznykh riynnykh upravlinnyia [Calculation of the balance of humus and nutrients in agriculture of Ukraine at different levels of government]*. Kharkiv: City Printing House [in Ukrainian].
- Vidnoshennya sil's'kohospodars'kykh kul'tur do reaktsiyi gruntu [The attitude of crops to the reaction of the soil]. URL: <http://pidruchniki.com> [in Ukrainian].
- Lapa, V.V. (Ed.). (2011). *Systema pryimenenyya udobrennyy [System of application of fertilizers]*. Grodno: GGAU [in Russian].
- Grishin, G.E. (2002). Vlyyanye yzvestkovanyia y system udobrennyia na ahrokhymycheskye svoystva chernozema vyshchelochennoho y produktyvnost' zvena sevooborota [Influence of liming and fertilization systems on agrochemical properties of leached chernozem and productivity of the crop rotation link]. *Voprosy yzvestkovanyia pochv – Soil liming issues*. Moscow: Agroconsult [in Russian].
- Grishin, G.E., Kuzin, E.N., Kurnosova, E.V. & Kuzina L.A. (2009). *Povyshenye plodorodyya pochv y urozhaynosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur pry yspol'zovannyi kal'tsyyosoderzhashchykh materiyalov y udobrennyy: monohrafiya [Increasing soil fertility and crop yields when using calcium-containing materials and fertilizers: monograph]*. PenzGSKhA. [in Russian].
- Yefimov, V.G. (2008). *Obmin mineral'nykh rechovyn v normi ta pry patolohiyi [Mineral metabolism is normal and in pathology]*. Dnipropetrovsk [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 31.07.2020