

ІНТЕНСИВНІСТЬ, ЕМІСІЯ CO₂ ТА БІОЛОГІЧНА АКТИВНІСТЬ ДРЕНОВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТІВ ЗАЛЕЖНО ВІД СПОСОБІВ ЇХНЬОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗА УМОВ ЗМІН КЛІМАТУ

І.Т. Слюсар¹, В.О. Сербенюк¹, В.М. Повидало¹,
О.А. Тарасенко², Г.А. Сербенюк³

¹ННЦ «ІЗ НААН» (с-ще Чабани, Фастівський р-н, Київська обл., Україна)

e-mail: slusarit@ukr.net; ORCID: 0000-0001-8980-5160

e-mail: serbenukvo@ukr.net; ORCID: 0000-0003-0175-6611

e-mail: povidalo4@ukr.net; ORCID: 0000-0002-8487-4463

²Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН»

(с. Панфили, Яготинський р-н, Київська обл., Україна)

e-mail: sanenia@ukr.net; ORCID: 0000-0003-2847-0939

³Національний університет біоресурсів і природокористування України

(м. Київ, Україна)

e-mail: bojruw@ukr.net; ORCID: 0000-0001-9187-0623

Процес мінералізації торфовищ в умовах гумідної зони України є важливим екологічним показником, що впливає на емісію вуглекислого газу і тому є надзвичайно важливим чинником з урахуванням якого проводиться вибір способу їх використання, підбір культур у сівозміні та проведення основного обробітку ґрунту. Площа органічних ґрунтів в Україні сягає близько 1 млн/га, що є вагомою складовою кругообігу вуглекислого газу в природі, та за великих показників його емісії можна впливати на зміну. Встановлено, що в умовах дренажних органічних ґрунтів інтенсивність емісії CO₂, як правило, істотно залежала від вологості ґрунту. Як пересушення ґрунту, так і його перезволоження негативно діють на біологічну активність ґрунту, оптимальні умови яких складаються за рівнів ґрунтових вод 60–120 см від поверхні ґрунту. Науковими дослідженнями виявлено, що виділення CO₂ та розкладу льонової тканини (методом алікації) на різних культурах у сівозміні за різних систем мінерального удобрення істотно впливають на мінералізацію і залежать від способів використання дренажних органічних ґрунтів. Дослідженнями визначено, що процеси біологічної активності дренажних органічних ґрунтів та розкладу льонового полотна в шарі ґрунту 0–30 см має прямий зв'язок та діє на виділення вуглекислого газу з ґрунту, що, своєю чергою, змінює формування поживного режиму ґрунту та продуктивність сільськогосподарських культур. Згідно з результатами наукових досліджень виявлено, що способи використання дренажних органічних ґрунтів істотно впливають на інтенсивність мінералізації торфовищ, та емісію CO₂ з ґрунту. Застосування дренажних органічних ґрунтів під залуження багаторічних травосумішей сприяє зниженню інтенсивності мінералізації органічної речовини торфовищ на 21–53%. Такі заходи впливають на збереження органічних ґрунтів, а також зменшення надлишкового виділення карбонових газів в атмосферу, до того ж кількість продуктів розкладу органічної речовини зменшується, що призводить до зниження вимивання та забруднення річкових і ґрунтових вод біогенними речовинами.

Ключові слова: біогенні речовини, дихання ґрунту, карбонові гази, мінералізація органічної речовини, удобрення, поживний режим, продуктивність, урожайність.

ВСТУП

Сталий розвиток меліорованих агроландшафтів перезволожених земель не

можливий без стратегічно збалансованого поєднання сільськогосподарського виробництва зі збереженням природних агроландшафтів, створення рекреаційних зон, розширення зон заказників, заповідників

та інших природоохоронних заходів [1–3]. Такі заходи забезпечують поліпшення різноманіття на дренованих ґрунтах, а також сприятимуть покращанню агрохімічних і водно-фізичних характеристик органігених ґрунтів та процесів, які в них і навколо їх проходять після меліоративних заходів та способів сільськогосподарського використання [4–6].

Особливого значення набувають процеси пов'язані з мінералізацією торфовищ, яка значною мірою залежить від біологічної активності торфового ґрунту [7–9], та способу сільськогосподарського використання [10–12].

Мега досліджень – виявити особливості емісії діоксиду вуглецю й показників біологічної активності органігених ґрунтів залежно від способів їхнього використання та мінерального удобрення.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Наприкінці минулого і на початку нинішнього століття спостерігається значна зміна клімату, пов'язана з потеплінням та зволоженістю окремих районів України [13–15], що також значно впливає на інтенсивність мінералізації торфовищ [15–17] та загалом біологічну активність меліорованих ґрунтів з істотним збільшенням виділення парникових газів [18–20].

Тому, важливо стратегію сталого розвитку зони Полісся України в ХХІ ст. залучити використання меліорованих земель із природоохоронними засобами, особливо торфових ґрунтів, щорічне накопичення яких у попередні тисячоліття не перевищували 1 мм в рік [21–24]. Основна роль у цього процесі належить біологічній активності ґрунту, яка і впливає на інтенсивність мінералізації торфовищ та визначає його спрацювання та забруднення навколишнього середовища продуктами мінералізації торфовищ і передусім виділення парникових газів [25].

В Україні цими питаннями займалась низка вчених (А.К. Бескровний, А.С. Гордійчук, Н.І. Серета, М.М. Шевченко, С.Т. Вознюк, Р.С. Трускавецький, І.Т. Слюсар та ін.).

За основу цих розробок покладено ефективне застосування органічної речовини торфу з одночасним використанням потенційної родючості дренованих ґрунтів. До того ж інтенсивне сільськогосподарське використання, потепління клімату зумовлюють зміни ґрунтоутворювального процесу, а, своєю чергою, до надлишкової мінералізації, вивільнення біогенних речовин та їх вимивання у ґрунтові та річкові води.

Отже, завданням наших досліджень було виявлення ефективних технологічних заходів вирощування сільськогосподарських культур спрямованих на зменшення інтенсивності мінералізації органічної маси, запобігання надлишкового накопичення рухомими формами азотних сполук у рослинницькій продукції та їхнього вимивання у ґрунтові води, що тісно пов'язано з біологічною активністю органігеного ґрунту.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в стаціонарному досліді у восьмипільній зерно-кормовій сівозміні на дренованих староорних органігених ґрунтах Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» (заплава р. Сушій Фастівського р-ну Київської обл.). Ґрунти дослідної ділянки – торф карбонатний, рогозово-осокового походження з високим ступенем розкладу – 45–55% та потужністю торфового шару 2,4–2,5 м; щільність складення ґрунту 0,215 г/см³, повна вологоємність 270–285%, зольність – 40%. Валовий вміст азоту – 2,93%; фосфору – 0,76–0,90%; калію – 0,09–0,15%; кальцію – 20–26%; рН водного розчину – 7,3–7,5. Підстилаюча материнська порода – оглеєні алювіальні суглинки.

Дослід закладений у триразовому повторенні, як у просторі, так і в часі. Для визначення ефективності добрив та порівняння розрахунків у схему досліді додано ділянки: «без внесення добрив» та «без внесення добрив + біопрепарати для стимуляції росту та розвитку рослин». Рекомендовані дози добрив одержані на основі

аналізу даних багаторічних досліджень у сівозміні на дренованих органогенних ґрунтах, здійснених ННЦ «ІЗ НААН» з отримання найбільших урожаїв. Загальна площа ділянок – 20 м², облікова – 15 м².

Методи: польовий, кількісно-ваговий, візуальний, лабораторний, розрахунково-порівняльний та математично-статистичний методи застосування з використанням загальноприйнятих в Україні методик і методичних рекомендацій [26].

У ґрунтових зразках вологість визначали термостатно-ваговим методом (ДСТУ ISO 16586:2005), вміст нітратного азоту – за Грандвальд-Ляжу з дисульфифеноловою кислотою згідно з ДСТУ 4725-2007, вміст амонійного азоту – шляхом екстрагування фосфору і калію – методом полуменевої фотометрії вуглеамонійної витяжки за Б.Т. Мачигіним згідно з ДСТУ 4114-2002. Облік урожайності проводили в період стиглості культури подільняковим методом.

Дихання ґрунту виявляли методом абсорбції СО₂ відомий як метод В.І. Штатнова у модифікації Макарова, інтенсивність дихання кореневої системи – за методом Бойсен-Йенсена. Для перерахунку інтенсивності мінералізації органічної речовини використовували коефіцієнт 0,543, який відповідає – 50,2% вуглецю в органічній речовині торфу ДСТУ 4289:2004. Біологічну активність ґрунту здійснювали методом аплікації льонової тканини, яку закладали

на глибину 0–30 см і кількісно вимірювали інтенсивність її розкладання упродовж періоду експозиції [25].

Розрахунок доз добрив на запланований приріст урожайності проводили за формулою [2; 6]:

$$D = (Y_{\text{п}} - Y_{\text{к}}) \cdot B \cdot 100 / K_{\text{у}};$$

де $Y_{\text{п}}$ – запланована урожайність, т/га; $Y_{\text{к}}$ – багаторічна урожайність без добрив, т/га; B – винесення поживних речовин рослиною, кг/т; $K_{\text{у}}$ – коефіцієнт використання поживних речовин із добрив, %.

Коефіцієнт застосування поживних речовин із добрив розраховували на основі багаторічних даних отриманих на цих ґрунтах. Математичну обробку одержаних результатів польових досліджень здійснювали методом дисперсійного аналізу.

Погодні умови за період досліджень в районі Панфільської дослідної станції характеризувалися підвищеними середньомісячними показниками (температура повітря за квітень–вересень становила 16,2–17,4°C за середньобагаторічної – 15,2°C та опадів у 2021 р. – 298 мм; 2022 р. – 325 мм та 391,5 мм у 2023 р. за норми 327 мм). Загалом, погодні умови за роки досліджень були хорошими для створення в торфовому ґрунті мікрокліматичних умов сприятливих для розвитку мікробіологічної діяльності та біологічної активності ґрунту (табл. 1).

Таблиця 1. Метеорологічні показники в районі проведення досліджень, Яготинська ГМС за роками

Місяць	Температура повітря, °C				Опади, мм			
	2021 р.	2022 р.	2023 р.	середньобагаторічна	2021р.	2022 р.	2023 р.	середньобагаторічна
Квітень	7,4	7,9	9,6	11,6	49	66	83	35
Травень	14,3	14,0	14,9	15,9	90	18	10	49
Червень	20,5	20,9	19,3	19,7	84	45	60	62
Липень	23,7	20,0	20,7	21,3	51	67	162	69
Серпень	21,0	21,9	22,4	21,7	43	36	50	66
Вересень	12,9	12,2	17,6	16,0	30	122	27	46
Жовтень	7,3	7,2	10,6	8,2	38	41	72	35
Середня за квітень–жовтень	15,3	14,9	16,4	16,3	385	395	464	362

**РЕЗУЛЬТАТИ
ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ**

У формуванні сприятливих умов в активному шарі торфовищ для проходження повноцінних ґрунтотворних процесів водному та тепловому режимах відводяться надзвичайно важливе значення, особливо на дренованих органічних ґрунтах. Проведені спостереження за водним режимом ґрунту засвідчили, що рівні ґрунтових вод (табл. 2) в роки досліджень знаходились в оптимальних межах з середньою глибиною залягання ґрунтових вод за квітень–жовтень — 68–79 см від поверхні ґрунту, відповідає рекомендованим нормам осушення для досліджуваних культур [5; 9; 19].

Наведено глибину залягання ґрунтових вод забезпечувала і оптимальну вологість ґрунту (табл. 2, 3), як для дослідних культур, так і для проходження мікробіологічних процесів у ґрунті [9; 12; 17].

Вона практично не перевищувала верхню межу оптимальної вологості (80–85% повної вологості) і не опускалась за

Таблиця 2. Динаміка залягання рівнів ґрунтових вод на дослідному полі, см від поверхні ґрунту

Місяць	Рік			Середнє
	2021	2022	2023	
Квітень	31	30	30	30
Травень	42	49	55	49
Червень	55	64	68	62
Липень	93	100	48	80
Серпень	124	117	56	99
Вересень	129	96	97	107
Жовтень	84	35	84	68
Середнє за квітень–жовтень	79	70	68	71

межі нижніх показників ВРК (вологості розриву капілярів), яка сягає близько 40% ПВ для органічних ґрунтів [3; 10]. Така стабільність залягання рівнів ґрунтової води в оптимальних межах, як і шару

Таблиця 3. Динаміка вологості ґрунту залежно від мінерального удобрення та років вирощування на дренованих органічних ґрунтах, шар ґрунту 0–30 см, у середньому за 2021–2023 рр., % від повної вологості (ПВ)

Удобрення		Багаторічні трави			Однорічні культури		
Види удобрення	строки відбору	беззмінні посіви	першого року вирощування	третього року вирощування	ріпак ярий	тритикале озиме	соняшник
Без добрив (контроль)	весна	$\frac{66,8}{32,2-78,8}$	$\frac{70,5}{57,7-78,2}$	$\frac{71,9}{57,1-81,5}$	$\frac{73,5}{94,3-83,5}$	$\frac{59,2}{49,3-69,0}$	$\frac{73,1}{56,0-80,4}$
	осінь	$\frac{66,2}{55,8-80,7}$	$\frac{72,1}{62,5-78,4}$	$\frac{59,9}{43,5-80,7}$	$\frac{70,5}{60,3-77,8}$	$\frac{76,2}{69,5-82,8}$	$\frac{74,8}{72,3-84,7}$
Рекомендована доза добрив на основі дослідів (N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀₊₆₀ — багаторічні трави; P ₄₅ K ₆₀₊₆₀ — однорічні культури)	весна	$\frac{67,2}{50,5-81,2}$	$\frac{70,8}{62,5-78,4}$	$\frac{70,4}{54,1-82,7}$	$\frac{72,7}{53,5-83,0}$	$\frac{63,8}{59,2-68,4}$	$\frac{73,6}{52,8-85,0}$
	осінь	$\frac{63,4}{55,7-75,9}$	$\frac{65,3}{63,5-66,4}$	$\frac{59,5}{44,8-78,6}$	$\frac{73,9}{62,6-80,5}$	$\frac{75,1}{67,7-82,4}$	$\frac{70,2}{64,9-76,9}$
Розрахункова доза на приріст врожаю (N ₄₅ P ₈₄ K ₉₀₊₆₀ — багаторічні трави; P ₁₁₄ K ₅₀ — ріпак ярий; P ₆₄ K ₇₂ — соняшник)	весна	$\frac{68,2}{58,6-81,0}$	$\frac{70,8}{53,4-80,5}$	$\frac{71,8}{52,3-80,4}$	$\frac{71,5}{54,6-82,3}$	$\frac{61,0}{53,2-68,7}$	$\frac{70,2}{54,8-78,1}$
	осінь	$\frac{65,3}{58,0-78,4}$	$\frac{65,7}{59,4-73,6}$	$\frac{58,0}{46,5-72,4}$	$\frac{74,7}{64,6-85,0}$	$\frac{74,9}{68,9-80,9}$	$\frac{75,3}{68,6-80,1}$

Удобрення		Багаторічні трави			Однорічні культури		
Види удобрення	строки відбору	безмінні посіви	першого року вирощування	третього року вирощування	ріпак ярий	тририкале озиме	соняшник
Органічно-мінеральне добриво – 2,0 л/га	весна	67,5 56,6–80,4	70,5 54,8–81,8	72,4 53,3–80,3	74,5 58,4–82,8	66,7 58,1–75,3	70,9 56,4–84,3
	осінь	67,0 60,0–80,2	64,3 59,0–73,7	59,1 43,4–78,1	72,4 56,1–82,1	68,7 62,7–74,7	70,5 58,1–80,5
НІР ₀₅	2,9	3,1	3,0	3,2	3,1	3,2	

Примітка: чисельник – середні показники; знаменник – коливання за роками.

грунту, безумовно пов'язана з роботою влаштованої осушувально-зволожувальної меліоративної системи, яка забезпечує в бездощові періоди додаткове зволоження дослідних полів шляхом подачі води по каналах із водонакопичувачів, а за надлишкового накопичення води на дренажних територіях її відведення.

Створивши оптимальні за вологістю ґрунтові умови для росту і розвитку сільськогосподарських культур та проходження мікробіологічних процесів у ньому, нами були проведені спостереження з виділенням CO₂ з ґрунту залежно від виду культури та удобрення (табл. 4).

Дослідження в середньому за 2021–2023 рр. показали, що виділення вуглекислого газу з поверхні ґрунту, як наслідок мікробіологічної діяльності в торфі залежить від його мінералізації, а також включає виділення його кореневою системою. До того ж різні сільськогосподарські культури мають досить різні показники дихання і виділення вуглекислого газу з ґрунту.

Динаміка виділення CO₂ та мінералізація органічної речовини. Дослідженнями встановлено, що найменші показники виділення вуглекислого газу спостерігали на полях з багаторічними травами (40,5–52,3 кг/га за добу), а з полів з однорічними культурами виділення CO₂ було в 1,3–1,6 раза вищим порівняно з багаторічними травами. Це свідчить про те, що багаторічні трави мають більш стабільний і менш інтенсивний вплив на процеси дихання ґрунту, ніж однорічні культури.

До того ж виділення вуглекислого газу істотно залежало від типу однорічних культур. Найбільше CO₂ виділялося на посівах сої (76,6–84,1 кг/га за добу), що може бути пояснено високою активністю бульбочкових бактерій на кореневій системі цієї культури, які активно сприяють азотфіксації. Найменші показники серед однорічних культур були під ріпаком ярим (54,7–70,7 кг/га), що можливо пов'язано з особливостями кореневої системи та мінералізаційними процесами в ґрунті.

Щодо мінералізації торфової залежі, яку оцінювали за виділенням CO₂, найбільше мінералізувалося органічної маси на посівах однорічних культур (4,48–7,61 т/га за вегетаційний період у 186 діб). Для порівняння, на посівах багаторічних трав мінералізація органічної маси була на 2,8–74,0% меншою на удобрених ділянках, що свідчить про значний вплив добрив на процеси мінералізації. Зокрема, на неудобрених ділянках під багаторічними травами спостерігали посилену мінералізацію, що може бути пов'язано з природними процесами відновлення ґрунту та більшою його аерацією. Внесення мінеральних добрив на посівах багаторічних трав зумовлювало зниження виділення CO₂, тоді як на полях з однорічними культурами виділення вуглекислого газу збільшувалося, що вказує на різну реакцію культур на удобрення.

Загалом, дослідженнями виявлено, що інтенсивність мінералізації органічної маси змінюється залежно від способу використання ґрунту та внесення добрив, а також

Таблиця 4. Динаміка виділення CO₂ з поверхні торфяного ґрунту та мінералізація органічної маси торфу залежно від способу його використання та удобрення, середнє за 2022–2023 рр.

Культура	Удобрення	Виділення CO ₂ з ґрунту за добу				Мінералізація торфу	
		кг/га	у т. ч. дихання кореневої системи, кг/га	за добу виділення CO ₂ кореневої системи, кг/га	частка виділення CO ₂ кореневою системою, %	за добу, кг/га	за вегетацію, 186 днів, т/га
Безмішне вирощування багаторічних трав	Без добрив (контроль)	52,3	5,52	46,72	10,5	25,37	4,72
	Рекомендована доза добрив на основі дослідів (N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀₊₆₀)	50,0	7,02	42,98	14,4	23,34	4,34
	Розрахункова доза на приріст урожаю (N ₄₅ P ₈₄ K ₉₀₊₆₀)	49,9	7,92	41,96	15,9	22,80	4,24
Багаторічні трави 1-го року	Без добрив (контроль)	47,2	13,20	34,00	28,0	18,46	3,43
	Рекомендована доза добрив на основі дослідів (N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀₊₆₀)	40,5	15,84	24,66	39,1	13,39	2,49
	Розрахункова доза на приріст урожаю (N ₄₅ P ₈₄ K ₉₀₊₆₀)	—	—	—	—	—	—
Ріпак ярий	Без добрив (контроль)	54,7	10,32	44,38	18,9	24,10	4,48
	Рекомендована доза добрив на основі дослідів (P ₄₅ K ₆₀₊₆₀)	56,6	12,48	44,12	29,0	23,96	4,46
	Розрахункова доза на приріст урожаю (P ₁₁₄ K ₅₀)	70,7	8,92	61,78	12,6	33,55	6,24
Соняшник	Без добрив (контроль)	77,1	12,24	64,86	15,9	35,22	6,55
	Рекомендована доза добрив на основі дослідів (P ₄₅ K ₆₀₊₆₀)	77,5	13,20	64,30	17,0	34,91	6,49
	Розрахункова доза на приріст урожаю (P ₆₄ K ₇₂)	78,9	9,83	69,07	12,5	37,50	6,98
Соя	Без добрив (контроль)	76,6	71,0	65,60	14,4	35,62	6,63
	Рекомендована доза добрив на основі дослідів (P ₄₅ K ₆₀₊₆₀)	84,1	9,36	74,74	11,1	40,58	7,55
	Розрахункова доза на приріст урожаю (P ₁₁₄ K ₅₀)	83,3	7,92	75,38	9,51	40,93	7,61
	НІР ₀₅	2,9			1,3		

упродовж усього вегетаційного періоду. Спостереження за ділянками з багаторічними травами понад 20 років висвітлюють тривале беззмінне вирощування, що сприяє ущільненню ґрунту та зниженню його аерації, що, своєю чергою, призводить до зниження мікробіологічної активності та, відповідно, мінералізаційних процесів.

Внесення мінеральних добрив на полях із багаторічними травами зумовило збільшення виділення CO_2 на 13–32%, а на полях із соєю внесення добрив, навпаки, знижувало виділення вуглекислого газу. Водночас, загалом виділення CO_2 з ґрунту під однорічними культурами збільшувалося на 8,9–9,8% порівняно з контролем без добрив, що свідчить про посилення мінералізації торфу.

Інтенсивність мінералізації органічної маси на ділянках з однорічними культурами в зерно-просапній сівзміні була вищою, ніж на ділянках із беззмінним вирощуванням багаторічних трав, що вказує на важливість сівзміни для підтримання родючості та біологічної активності ґрунтів.

Загалом, дослідженнями зазначено, що тривале використання органогенних ґрунтів під посівами багаторічних трав сприяє зменшенню мікробіологічної активності ґрунту, що призводить до зниження інтенсивності мінералізації органічної речовини. Це може бути пов'язано з погіршенням аерації ґрунту й ущільненням його структури внаслідок постійного вирощування одних і тих самих культур, що обмежує доступ кисню та пригнічує розвиток мікроорганізмів.

Для оцінки біологічної активності ґрунту, зокрема виділення вуглекислого газу, було також виявлено активність целюлозоруйнівних бактерій за допомогою методу аплікацій. З цією метою використовували льонову тканину, яку закопували на глибину 0–30 см, та кількісно визначали інтенсивність її розкладання за вегетаційний період (у % до закладеної в ґрунт маси). Результати цього дослідження дають змогу зробити висновки про ступінь активності ґрунтових мікроорганізмів і здатність

ґрунту до розкладання органічних речовин, що може вказувати на потенціал ґрунту для відновлення або його деградацію залежно від способу застосування. У *табл. 5* продемонстровані ці результати, що дає можливість порівняти різні методи обробітку та рівень мікробіологічної активності в ґрунті.

Дослідженнями встановлено, що інтенсивність розкладання льонкової тканини за різних способів використання ґрунтів та під різними сільськогосподарськими культурами значно відрізняється. Кожна культура формує свої унікальні мікробіологічні процеси в ґрунті, залежно від її біологічних особливостей, що спричиняє або посилення, або зниження цих процесів. Важливо зазначити, що інтенсивність розкладання льонкової тканини також змінювалася залежно від внесення мінеральних добрив, що підтверджує важливість удобрення для підтримки ґрунтової активності.

Найменший рівень розкладання льонкової тканини за період експозиції 130 днів (18,05–25,09%) спостерігався під посівами багаторічних трав за умови їхнього беззмінного вирощування, де частка розкладання тканини становила 43,3–56,0% від початкової маси, закопаної на глибину 0–30 см в орний шар ґрунту. Трохи вищі показники розкладу були під травами, які періодично перезалужувалися (раз на 8 років), де частка розкладання сягала 52,2–63,0%. Найбільш інтенсивне розкладання льонкової тканини було під однорічними культурами – від 67,5 до 80,5%.

Досить високі показники розкладу льонкової тканини також спостерігалися на ділянках із багаторічними травами після їхнього переорювання в перший рік використання – 71,7–74,0%. Загалом, дослідження вказують на те, що зі старінням травостою відбувається поступове зниження активної діяльності мікрофлори та біологічної активності органогенних ґрунтів, що проявляється як у зменшенні виділення вуглекислого газу, так і у зниженні інтенсивності розкладання льонкової тканини.

До того ж закладання льонкової тканини у зимовий період 2022–2023 рр. розкрило,

Таблиця 5. Вплив способів використання та удобрення на розклад льонової тканини в шарі ґрунту 0–30 см за 2021–2023 рр. (період експозиції травень – вересень), %

Удобрення	Багаторічні трави		Сівозміна з однорічними культурами		Травопільна сівозміна				
	безмінні посіви	перезалуження через 8 років	ріпак ярій	триликале яре	багаторічні трави			соняшник	ріпак ярій
					1-го року	3-го року	6-го року		
Без добрив (контроль)	43,3	52,2	54,0	61,2	62,3	58,0	59,3	54,7	67,3
Розрахункова доза на приріст урожаю (N ₄₅ P ₈₄ K ₉₀₊₆₀ – багаторічні трави; P ₁₁₄ K ₅₀ – ріпак ярій; P ₆₄ K ₇₂ – соняшник; P ₁₁₅ K ₅₅ – триликале озиме)	52,7	63,0	60,0	80,5	71,7	54,7	60,0	56,0	65,7
Рекомендована доза добрив на основі дослідів (N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀₊₆₀ – багаторічні трави; P ₄₅ K ₆₀₊₆₀ – однорічні культури) + органо-мінеральне добриво – 2,0 л/га	56,0	62,0	56,2	67,5	74,0	48,7	65,3	64,3	65,0
НР ₀₅	2,2	2,3	1,2	2,8	1,6	1,5	1,3	2,7	3,1

що процес біологічної активності ґрунту та мінералізації торфової залежі триває і взимку, однак показники розкладу тканини були значно нижчими. Це пояснюється низькими температурами ґрунту та його перезволоженням, які негативно діють на мікробіологічну активність, знижуючи темпи мінералізації органічної речовини.

Динаміка поживного режиму залежно від процесів мінералізації. Щодо впливу внесення мінеральних добрив на розклад льонової тканини, можна чітко спостерігати, що в більшості випадків, як на посівах багаторічних трав, так і однорічних культур, як у травопільних сівозмінах, так і в сівозміні лише з однорічними культурами, внесення повного комплексу мінеральних добрив (НРК) сприяє посиленню розкладу органічної речовини торфу. Ці показники є досить значними на окремих ділянках. Наприклад, за безмінного вирощування багаторічних трав, розклад льонової тканини після внесення НРК збільшується на 21,7% та 29,3%. У разі перезалуження ці показники зростають на 18,8% і 20,7%.

Для однорічних культур, як-от соняшник, простежується підвищення на 2,4% і 17,6%, а для ріпаку ярого – на 4,1% і 11,1%. Найвищі показники відзначено на полях з триликале ярим, де приріст розкладу льонової тканини досяг 10,3–30,9%. На інших культурах дія мінеральних добрив на розклад льонової тканини була менш вираженою.

Важливою характеристикою біологічної активності органогенних ґрунтів є їх вплив на зміну родючості ґрунту, зокрема на поживний режим ґрунту, що залежить від способу використання, вирощування культур та внесення добрив. Наші дослідження показали, що вміст рухомого азоту в активному шарі ґрунту значно зростає зі внесенням мінеральних добрив, що активізує мікробіологічну діяльність і посилює процеси розкладу органічної речовини на посівах усіх досліджуваних культур (табл. 6). Зокрема, вміст нітратного азоту збільшується під посівами всіх культур за внесення азотних добрив на 24–45% порівняно з контрольними ділянками, що свідчить про ефективність азотних добрив у покращанні

Таблиця 6. Вміст рухомого азоту під посівами сільськогосподарських культур у шарі ґрунту 0–30 см залежно від способу використання та удобрення, мг/кг сухого ґрунту, середнє за 2021–2023 рр.

Удобрєння	Види рухомого азоту	Беззмінні посіви багаторічних трав	Багаторічні трави		Соняшник	Жито озиме	Ріпак ярий
			1-го року	3-го року			
Без добрив (контроль)	N-NO ₃	45,3	58,3	69,7	93,7	66,3	61,7
	N-NH ₄	40,7	40,1	39,3	41,8	39,8	32,7
Рекомендована доза добрив на основі дослідів (N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀₊₆₀ – багаторічні трави; P ₄₅ K ₆₀₊₆₀ – однорічні культури) + органо-мінеральне добриво – 2,0 л/га	N-NO ₃	60,7	80,7	89,3	105,7	66,3	67,7
	N-NH ₄	44,1	37,6	383,3	38,8	39,3	32,8
Розрахункова доза на приріст урожаю (N ₄₅ P ₈₄ K ₉₀₊₆₀ – багаторічні трави; P ₁₁₄ K ₅₀ – ріпак ярий; P ₆₄ K ₇₂ – соняшник; P ₁₁₅ K ₅₅ – тритикале озиме)	N-NO ₃	56,3	74,3	101,3	107,0	74,7	81,3
	N-NH ₄	44,2	35,4	41,0	39,2	42,7	30,4
НІР ₀₅	2,0	2,1	4,1	2,5	1,9	1,7	

поживного режиму ґрунту. Водночас вміст аміачного азоту в ґрунті мав незначні коливання і переважно мало залежав від виду культур та внесених добрив.

Це підтверджує важливість раціонального використання мінеральних добрив для підтримання високого рівня родючості та біологічної активності ґрунтів, особливо на органогенних ґрунтах, де активні мікробіологічні процеси сприяють поліпшенню ґрунтового середовища та забезпеченню сталого розвитку сільськогосподарських систем.

Однак, чітко спостерігали більше накопичення нітратного азоту під просапними культурами (до 93,7–107,0 мг/кг сухого ґрунту) порівняно з посівами багаторічних трав за беззмінного їх вирощування (45,3–56,3 мг/кг), що є наслідком надмірної мінералізації органічної маси під посівами однорічних культур. Цей процес пояснюється інтенсивнішим розкладанням органічної речовини ґрунту під дією мікроорганізмів, стимульованих високими дозами мінеральних добрив і активним обробітком ґрунту під однорічні культури. Надмірне накопичення нітратного азоту може вказувати на

посилення мінералізаційних процесів, що, своєю чергою, впливатиме на якість ґрунту і його потенціал для вирощування культур у майбутньому.

Щодо вмісту рухомих форм фосфору (табл. 7), можна відзначити, що його кількість істотно залежала від внесених мінеральних добрив на посівах багаторічних трав за умови їхнього беззмінного вирощування. Однак, коли було проведено перезалуження (висівання трав першого року вирощування), кількість рухомого фосфору різко зросла, що простежувалося і на посівах однорічних культур.

Це збільшення пояснюється активізацією ґрунтової мікрофлори, спричиненою оновленням травостою та високою доступністю поживних речовин у перші роки після перезалуження. Однорічні культури, завдяки інтенсивному використанню поживних елементів, також стимулюють накопичення рухомих форм фосфору в ґрунті, що позитивно впливає на їх ріст і розвиток.

Тому, ці дані свідчать про те, що перезалуження трав та вирощування однорічних культур здатні значно посилити вміст рухомих форм фосфору та нітратного азоту,

Таблиця 7. Вміст рухомих форм фосфору і калію під посівами сільськогосподарських культур у шарі ґрунту 0–30 см залежно від способу використання та удобрення, мг/кг сухого ґрунту, середнє за 2021–2023 рр.

Удобрєння	Види рухомих форм	Беззмінні посіви багаторічних трав	Багаторічні трави		Соняшник	Жито озиме	Ріпак ярий
			1-го року	3-го року			
Без добрив (контроль)	P ₂ O ₅	28,0	34,0	32,0	40,0	43,0	38,0
	K ₂ O	97,0	113,0	86,0	98,0	132,0	119,0
Рекомендована доза добрив на основі дослідів (N ₄₅ P ₄₅ K ₆₀₊₆₀ – багаторічні трави; P ₄₅ K ₆₀₊₆₀ – однорічні культури) + органіно-мінеральне добриво – 2,0 л/га	P ₂ O ₅	38,0	36,0	34,0	41,0	41,0	44,0
	K ₂ O	117,0	117,0	124,0	154,0	102,0	176,0
Розрахункова доза на приріст урожаю (N ₄₅ P ₈₄ K ₉₀₊₆₀ – багаторічні трави; P ₁₁₄ K ₅₀ – ріпак ярий; P ₆₄ K ₇₂ – соняшник; P ₁₁₅ K ₅₅ – тритикале озиме)	P ₂ O ₅	38,0	37,0	46,0	43,0	37,0	48,0
	K ₂ O	120,0	116,0	121,0	173,0	95,0	167,0
НІР ₀₅	2,4	2,3	2,4	2,5	1,9	2,7	

що є важливим чинником для підвищення продуктивності культур, але може також вплинути на баланс поживних елементів у ґрунті. Це пов'язано не з розкладанням органічної маси торфу та підвищенням мікробіологічної активності в ньому, а з вивертанням торфового шару з нижнім шаром, де дане торфовище багате на прошарки віваніту. Віваніт, стикаючись із киснем, гарантує перехід закисних форм у рухомі фосфорні сполуки. Такі процеси забезпечили збільшення рухомого фосфору не тільки на ділянках з внесенням мінеральних добрив, а й на посівах без його внесення. Мікробіологічна активність ґрунту мало впливала на вміст рухомого фосфору у ґрунті.

Щодо вмісту рухомого калію в ґрунті, то його кількість за варіантами дослідів повністю залежала від внесених мінеральних добрив; інші чинники мали незначний вплив на його режим у ґрунті. Це підтверджує те, що калій у такій формі, як він наявний у добривах, є основним джерелом для рослин, який потребує особливої уваги під час планування системи живлення.

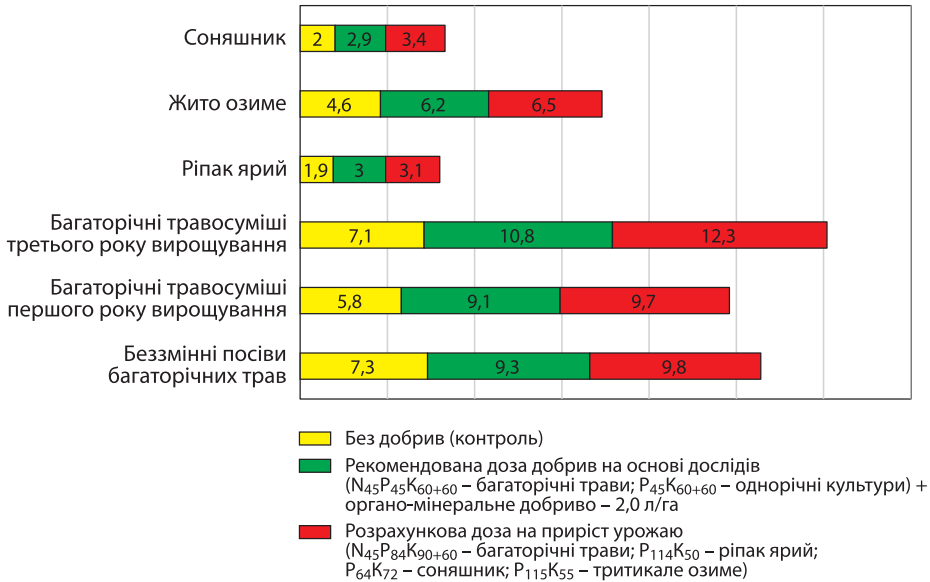
Важливо зазначити, що недостатність калію може зумовити зниження врожай-

ності та якості продукції, а також підвищення чутливості рослин до стресових чинників.

Отже, контроль над вмістом рухомого фосфору і калію в ґрунті є критично важливим для досягнення високих агрономічних показників. Ефективне використання мінеральних добрив і їх комбінування з органічними добривами може сприяти поліпшенню структури ґрунту, підвищенню його родючості та збереженню екологічного балансу в агроєкосистемах. Тому, оптимізація добрив у системах землеробства є запорукою стійкого розвитку сільського господарства в умовах глобальних змін клімату та зростаючого попиту на продовольство.

Результати досліджень щодо врожайності різних сільськогосподарських культур залежно від мінерального удобрення за період 2021–2023 рр. представлено на рис.

Багаторічні трави (першого та третього року вирощування) демонструють чітке зростання врожайності за збільшення доз добрив. Зокрема, за внесення рекомендованої дози добрив урожайність багаторічних трав третього року вирощування зростає



Урожайність сільськогосподарських культур залежно від мінерального удобрення, середнє за 2021–2023 рр.

до 10,8 т/га, тоді як за використання розрахункової дози цей показник досягає 12,3 т/га. Це свідчить про те, що багаторічні травосуміші особливо чутливі до внесення мінеральних добрив, і правильний підбір дозування забезпечує максимальну ефективність живлення.

Ріпак ярий показує значний приріст урожайності від 1,9 т/га на контрольному варіанті (без добрив) до 3,1 т/га за використання розрахункової дози, що підтверджує його чутливість до рівнів фосфорного та калійного живлення. Важливо відзначити, що рекомендовані дози добрив для ріпаку також сприяють значному збільшенню врожайності (до 3,0 т/га), що вказує на ефективність оптимального живлення для цієї культури.

Жито озиме – поступове збільшення врожайності від 4,6 т/га на контролі до 6,5 т/га за внесення розрахункових доз добрив, що визначає позитивний вплив збалансованого фосфорного та калійного живлення на ріст і розвиток цієї культури. Подібні результати спостерігаються і для соняшника, де врожайність зростає

з 2,0 т/га на контролі до 3,4 т/га за застосування розрахункових доз.

Отже, результати доводять про високу ефективність збалансованого внесення мінеральних добрив, що забезпечує істотний приріст урожайності, особливо за використання розрахункових доз для конкретних культур. Це підкреслює важливість індивідуального підходу до живлення сільськогосподарських культур, враховуючи їхні специфічні потреби в елементах живлення для максимізації продуктивності та підтримання родючості ґрунту.

ВИСНОВКИ

Дослідженнями біологічної активності дренажних органічних ґрунтів та їхньої мінералізації встановлено, що інтенсивність цих процесів істотно впливає на виділення вуглекислого газу та спрацювання торфовищ, яка в кінцевому результаті впливало і на поживний режим ґрунту та врожайність культур. Способом використання дренажних органічних ґрунтів можна змінити інтенсивність мінералізації торфовищ. Заміна оранки ґрунту на по-

верхневий обробіток, як і використання торфовищ під посівами багаторічних трав, проти висівання однорічних культур зменшує інтенсивність мінералізації торфовищ майже на 20,5–52,7%, що є важливим за-

ходом збереження органічних ґрунтів, знижує надлишкове виділення карбонових газів в атмосферу та запобігає забрудненню річкових і ґрунтових вод біогенними речовинами.

ЛІТЕРАТУРА

- Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Соляник О.П., Тарасенко О.А. Агробіологічні засади природоохоронного та ефективного використання дренажних органічних ґрунтів за змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 4 (841). С. 67–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-09>.
- Стан і завдання подальших досліджень боліт, торфових відкладів і ґрунтів Полісся та Лісостепу північно-західного регіону України: екологічні, енергетичні та практичні аспекти використання, збереження і відновлення. *Меліорація та облаштування Українського Полісся* / за ред. Я.М. Гадзала, В.А. Сташука, А.М. Рокочинського. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. Т. 1. С. 36–85.
- Строкаль В.П., Бережняк Є.М., Наумовська О.І., та ін. Вплив російської агресії на стан природних ресурсів України: моногр. Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2023. 218 с.
- Режимно-технологічні, гідрологічні та екологічні аспекти меліорацій. *Меліорація та облаштування Українського Полісся* / за ред. Я.М. Гадзала, В.А. Сташука, А.М. Рокочинського. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. Т. 2. С. 12–59. URL: https://ep3.nuwm.edu.ua/18525/1/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%202020_1.pdf.
- Volkogon V.V., Pyrig O.V., Dimova S.B. and Volkogon K.I. Focus of mineralization-synthesis processes of the organic matter in the leached chernozem while cultivating potatoes on different fertilization backgrounds. *Agricultural Science and Practice*. 2020. № 7 (1). P. 40–48. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp7.01>.
- Слюсар І.Т. Вплив осушуваних меліорацій на трансформацію органічних ґрунтів. Посібник Українського хлібороба, Український чорнозем на початку третього тисячоліття. Київ: 2016. Т. 1. С. 295–305.
- Слюсар І.Т., Рижук С.М. Комплексне обстеження осушуваних торфових і торфоболотних ґрунтів. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель (методично-нормативне забезпечення) / за ред. В.П. Патики, О.Г. Тараріко. Київ: Міністерство АПУ, УААН. 2002. С. 76–82.
- Малиновська І.М., Слюсар І.Т., Черниш О.О. Мікробіологічний моніторинг інтенсивності мінералізації органічної речовини торфового ґрунту. Моніторинг та індикатор нейтрального рівня деградації земель в Україні. Київ: Простір-М, 2018. С. 24–32.
- Тараріко Ю.О., Дацько Л.В., Стецюк М.Г., Зосимчук М.Д. Трансформація осушуваних торфових ґрунтів Західного Полісся за довгострокового сільськогосподарського використання. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 9. С. 56–60. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201609-11>.
- Примак І.Д., Ткачук В.М., Демидас Г.І. та ін. Наукові основи підвищення продуктивності систем землеробства в Україні / за ред. І.Д. Примака. Вінниця: ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 190 с. ISBN978-617-7212-33-0.
- Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Сербенюк Г.А. Екологічні аспекти мінерального удобрення багаторічних травосумішей на дренажних органічних ґрунтах. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 2. С. 100–108. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283702>.
- Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Сербенюк Г.А. Зосимчук О.А. Вплив способів сільськогосподарського використання органічних ґрунтів на вимивання біогенних речовин у дренажні води. *Агроекологічний журнал*. 2023. № 4. С. 80–88. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293757>.
- Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: моногр. / за ред. Я.М. Гадзала, В.Ф. Камінського. Київ: Аграрна наука, 2016. С. 27–90.
- Slyusar I.T., Solyanik O.P., Serbenyuk V.O. et al. Effect of the water regime, crop rotation and fertilizers in biogenic matters leaching into ground water and surface water. *Ukrainian J. of Ecology*. 2020. № 10 (3). P. 197–200. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_154. URL: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000576691500013>.
- Lennartz B., Cambinda R., Liu H. and Rezaezhad F. Pore-Size-Class Dependent Carbon Turnover in Peat Soils, EGU General Assembly 2024. Vienna, Austria, 14–19 Apr. 2024. EGU24-15930. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-15930>.
- Linden F., Fereidou R., Mehdi G. et al. Relationship between soil CO₂ fluxes and soil moisture: Anaerobic sources explain fluxes at high water content. *Geoderma*. 2023. Vol. 434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116493>.
- Гаврилюк В.А., Ковальчук Н.С., Мелимука Р.Я., Долюк А.В. Емісія CO₂ як причина зниження продуктивності меліорованих ґрунтів зони Західного Полісся в умовах змін клімату та заходи щодо їх адаптації. *Матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, присвяченої пам'яті та 95-річчю з Дня народження професора С.Т. Возняка* (м. Рівне, 29–30 верес. 2022 р.). Рівне: НУВГП, 2022. С. 86–90. URL: <https://nuwm.edu.ua/university/ads/naukovo-innovatsiyni-suprovid-zbalansovanoho-pryrodokorystuvannia>.

18. IPCC, 2007: Summary for Policymakers. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. URL: summary_report_maket.indd (ipcc.ch).
19. Шумлянський В. Клімат. Виклики глобалізації. *Світгляд*. 2008. № 3(1). С. 26–30. URL: svit-1-11.qxd (mao.kiev.ua)
20. Земельні ресурси України / за ред. В.В. Медведєва, Т.М. Лактіонова. Київ: Аграрна наука, 1998. 150 с.
21. Медведєв В.В., Лісовал М.Б. Стан родючості ґрунтів України і шляхи їх поліпшення. Харків: «Штрих», 2001. 98 с.
22. Трускавецький Р.С. Торфові ґрунти і торфовища в Україні. Харків, 2010. 201 с.
23. Вознюк С.Т., Галкіна А.О. Водно-фізичні властивості вироблених торфовищ Полісся і Лісостепу України та Передкарпаття. *Вісник с.-г. наук*. 1974. № 9. С. 48–53.
24. Доменек К., Кантоні-Гомес Е., Уорд П. та ін. Роль спостереження за Землею в оцінці та управлінні багатьма (небезпечними) ризиками. Відень, Австрія, 14–19 квітн. 2024, EGU24-3392. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-3392>.
25. Єщенко В.О., Копитко П.Г., Опришко В.П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії / за ред. В.О. Єщенка. Київ: Дія, 2005. 288 с.

REFERENCES

1. Sliusar, I.T., Serbeniuk, V.O., Solianyk, O.P. & Tarasenko, O.A. (2023). Ahrobiolohichni zasady pryrodookhoronnoho ta efektyvnoho vykorystannia drenovanykh orhanohennykh ґruntiv za zmin klimatu [Agrobiological principles of environmental protection and effective use of drained organic soils under climate change]. *Visnyk ahrarynoi nauky – Herald of Agrarian Science*, 4 (841), 67–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-09> [in Ukrainian].
2. Gadzala, Y.M., Stashuka, V.A. & Rokochinsky, A.M. (Eds.). (2017). Stan i zavdannia podalshykh doslidzhen bolit, torfovykh vidkladiv i ґruntiv Polissia ta Lisostepu pivnichno-zakhidnoho rehionu Ukrainy: ekolohichni, enerhetychni ta praktichni aspekty vykorystannia, zberezhennia i vidnovlennia [The state and tasks of further research of swamps, peat deposits and soils of Polissia and Forest-Steppe of the north-western region of Ukraine: ecological, energetic and practical aspects of use, preservation and restoration]. *Melioratsiia ta oblashtuvannia Ukrainiskoho Polissia [Reclamation and development of the Ukrainian Polissia]*. (pp. 36–85). URL: https://ep3.nuwm.edu.ua/15540/1/Polissya_ukr_T2.pdf [in Ukrainian]
3. Stokal, V.P., Berezniak, Ye.M., Naumovska, O.I. et al. (2023). *Vplyv rosiiskoi ahresii na stan pryrodnykh resursiv Ukrainy: monohrafiia [The impact of Russian aggression on the state of Ukraine's natural resources]*. Kyiv. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u341/monografiya-ostanniy_variant_isbn_5.pdf [in Ukrainian].
4. Gadzala, Y.M., Stashuka, V.A. & Rokochinsky, A.M. (Eds.). (2018). Rezhymno-tekhnologichni, hidrolohichni ta ekolohichni aspekty melioratsiy [Regime-technological, hydrological and ecological aspects of land reclamation]. *Melioratsiia ta oblashtuvannia Ukrainiskoho Polissia [Reclamation and development of the Ukrainian Polissia]*. (pp. 12–59). URL: https://ep3.nuwm.edu.ua/18525/1/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%202020_1.pdf [in Ukrainian].
5. Volkogon, V.V., Pyryg, O.V., Dimova, S.B. & Volkogon, K.I. (2020). Focus of mineralization-synthesis processes of the organic matter in the leached chernozem while cultivating potatoes on different fertilization backgrounds. *Agricultural Science and Practice*, 7 (1), 40–48. DOI: <https://doi.org/10.15407/agrisp7.01> [in English].
6. Sliusar, I.T. (2016). Vplyv osushuvanykh melioratsii na transformatsiiu orhanohennykh ґruntiv [The influence of drained land reclamation on the transformation of organic soils]. *Posibnyk Ukrainiskoho khliboroba, Ukrainskiy chornozem na pochatku tretoho tysiacholittia [Handbook of the Ukrainian farmer, Ukrainian chernozem at the beginning of the third millennium]*. (pp. 295–305). [in Ukrainian].
7. Sliusar, I.T. & Ryzhuk, S.M. (2002). Kompleksne obstezhennia osushuvanykh torfovykh i torfobolotnykh ґruntiv [Comprehensive examination of drained peat and peat bog soils]. *Ahroekolohichniy monitorynh ta pasportyzatsiia silskohospodarskykh zemel (metodychno-normatyvne zabezpechennia) [Agro-ecological monitoring and certification of agricultural land (methodological and regulatory support)]*. (pp. 76–82). [in Ukrainian].
8. Malynovska, I.M., Sliusar, I.T. & Chernysh, O.O. (2018). Mikrobiolohichni monitorynh intensyvnosti mineralizatsii orhanichnoi rechovyny torfovoho ґruntu [Microbiological monitoring of the intensity of mineralization of organic matter in peat soil]. *Monitorynh ta indykyator neitralnoho rivnia dehradatsii zemel v Ukraini [Monitoring and indicator of the neutral level of land degradation in Ukraine]*. (pp. 24–32). [in Ukrainian].
9. Tararyko, Yu.O., Datsko, L.V., Stetsiuk, M.H. & Zosymchuk, M.D. (2016). Transformatsiia osushuvanykh torfovykh ґruntiv Zakhidnoho Polissia za dovhostrokovoho silskohospodarskoho vykorystannia [Transformation of drained peat soils of the Western Polissia under long-term agricultural use]. *Visnyk ahrarynoi nauky – Herald of Agrarian Science*, 9, 56–60. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201609-11> [in Ukrainian]
10. Prymak, I.D., Tkachuk, V.M., Demydas, H.I. et al. (2015). *Naukovi osnovy pidvyshchennia produktyvnosti system zemlerobstva v Ukraini [Scientific basis of predicting the productivity of agricultural systems in Ukraine]*. [in Ukrainian].

11. Sliusar, I.T., Serbeniuk, V.O. & Serbeniuk, H.A. (2023). Ekologichni aspekty mineralnogo udobrennia bahatorichnykh travosumishei na drenovanykh orhanohennykh gruntakh [Ecological aspects of mineral fertilization of perennial grass mixtures on drained organic soils]. *Ahroekologichniy zhurnal – Achroecological journal*, 2, 100–108. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283702> [in Ukrainian].
12. Sliusar, I.T., Serbeniuk, V.O., Serbeniuk, H.A. & Zosymchuk, O.A. (2023). Vplyv sposobiv silskohospodarskoho vykorystannia orhanohennykh gruntiv na vymyvannia biogenykh rehovyn u drenovani vody [The influence of methods of agricultural use of organic soils on the leaching of biogenic substances into drained waters]. *Ahroekologichniy zhurnal – Achroecological journal*, 4, 80–88. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2023.293757> [in Ukrainian].
13. Gadzala, Y.M. & Kaminsky, V.F. (Eds.). (2016). *Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoi produktsii v Ukraini: monohrafiia [Scientific basis of production of organic products in Ukraine: monograph]*. (pp. 27–90). URL: <https://dspace.organic-platform.org/xmlui/handle/data/117> [in Ukrainian].
14. Sliusar, I.T., Solyanik, O.P., Serbenyuk, V.O. et al. (2020). Effect of the water regime, crop rotation and fertilizers in biogenic matters leaching into ground water and surface water. *Ukrainian J. of Ecology*, 10 (3), 197–200. DOI: https://doi.org/10.15421/2020_154. URL: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000576691500013> [in English].
15. Lennart, B., Cambinda, R., Liu, H. & Rezanezhad, F. (2024). Pore-Size-Class Dependent Carbon Turnover in Peat Soils, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU24-15930. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-15930> [in English].
16. Linden, F., Fereidoun, R., Mehdi, G. et al. (2023). Relationship between soil CO₂ fluxes and soil moisture: Anaerobic sources explain fluxes at high water content. *Geoderma*, 434. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116493> [in English].
17. Havryliuk, V.A., Kovalchuk, N.S., Melymuka, R.Ia. & Doliuk, A.V. (2022). Emisiia CO₂ yak prychna znyzhennia produktyvnosti meliorovanykh gruntiv zony Zakhidnogo Polissia v umovakh zmin klimatu ta zakhody shchodo yikh adaptatsii [CO₂ emission as a reason for the decrease in the productivity of reclaimed soils of the Western Polissia zone in the conditions of climate change and measures for their adaptation]. *Materialy III Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi internet-konferentsii, prysviachenoj pamiaty ta 95-richchii z Dnia narodzhennia profesora S.T. Vozniuka [Materials of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference dedicated to the memory and 95th anniversary of the birth of Professor S.T. Vozniuk]*. (pp. 86–90). Rivne. URL: <https://nuwm.edu.ua/university/ads/naukovo-innovatsiyni-suprovit-dzbalansovanoho-pryrodokorystuvannia> [in Ukrainian].
18. IPCC, 2007: Summary for Policymakers. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. URL: [summary_report_maket.indd \(ipcc.ch\)](https://www.ipcc.ch/publications_and_products/ar4_wg1) [in English].
19. Shumlianskyi, V. (2008). Klimat Vyklyky globalizatsii [Climate Challenges of globalization]. *Svitohliad – Svitogliad*, 3 (1), 26–30 [in Ukrainian].
20. *Zemelni resursy Ukrainy [Land resources of Ukraine]*. (1998). 150 p. [in Ukrainian].
21. Medvedev, V.V. & Lisoval, M.B. (2001). *Stan rodiiuchosti gruntiv Ukrainy i shliakhy yikh polipshennia [The state of soil fertility in Ukraine and ways to improve it]*. Kharkiv [in Ukrainian].
22. Truskavetskyi, R.S. (2010). *Torfovi grunty i torfovysshcha v Ukraini [Peat soils and peatlands in Ukraine]*. Kharkiv [in Ukrainian].
23. Vozniuk, S.T. & Halkina, A.O. (1974). Vodno-fizychni vlastyivosti vyrobnykh torfovysshch Polissia i Lisostepu Ukrainy ta Peredkarpattia [Water-physical properties of produced peatlands of Polissia and Forest-Steppe of Ukraine and Precarpathia]. *Visnyk s.-h. nauk – Herald of Agrarian Science*, 9, 48–53 [in Ukrainian].
24. Domenek, K., Kantoni-Homes, E., Uord, P. et al. (2024). *Rol sposterezhennia za Zemleiu v otsynsi ta upravlinni bahatma (nebezpechnymy) ryzykamy, Heneralna asambleia EGU 2024 [The role of Earth observation in the assessment and management of multiple (hazardous) risks, EGU General Assembly 2024]*. Viden. DOI: <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-3392> [in Ukrainian].
25. Yeshchenko, V.O., Kopytko, P.H., Opryshko, V.P. & Kostohryz, P.V. (2005). *Osnovy naukovykh doslidzhen v ahronomii [Basics of scientific research in agronomy]*. [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 11.09.2024