

Клименко М. О. [1; ORCID ID: 0000-0003-0892-0648],

д.с.-г.н., професор

Рабешко Я. І. [1; ORCID ID: 0009-0005-7262-9603],

здобувач третього рівня освіти

¹Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ОЦІНЮВАННЯ ДЕГРАДАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ БАСЕЙНУ Р. УСТЯ

У статті викладено матеріали досліджень оцінювання деградаційних процесів ґрунтового покриття басейну р. Устя.

Установлено, що частка ріллі у структурі сільськогосподарських ландшафтів басейну річки становить 59% і класифікується категорією незадовільного стану, потребує збільшення площ лісів та багаторічних насаджень. За показниками родючості сірі лісові та чорноземні ґрунти характеризуються середнім вмістом гумусу від 2,1 до 3,0%, від'ємним балансом гумусу, динаміка змін якого у Здолбунівському, Острозькому і Рівненському районах описується математичними моделями, які мають вид парабол третього порядку при коефіцієнтах детермінації від 0,72 до 0,77.

Динаміка від'ємного балансу гумусу характеризується наявністю чотирьох періодів, а саме: перший (1976–1995 рр.) формування позитивного балансу; другий (1995–2005 рр.) різко дефіцитний; третій (2005–2020 рр.) призупинення наростання від'ємного балансу; четвертий розпочався з 2020 р. – спостерігається тенденція зменшення від'ємного балансу.

Наявність у ґрунтах басейну річки дефіцитного балансу гумусу – 0,6 т/га зумовило у період 2010–2020 рр. формування в них площ з розбалансованими рівнями забезпеченості рослин вмістом гумусу, легкогідролізованого азоту, рухомого фосфору, обмінного калію і сірки. Так, низький ступінь забезпеченості ґрунтів гумусом складав площ: світло-сірих (51,3%), темно-сірих (50,6%), чорноземів (31%). Дуже низький і низький ступінь забезпеченості мали ґрунти за вмістом легкогідролізованого азоту: світло-сірі (30,1 і 61,5%), темно-сірі (31,8 і 65,2%), чорноземні (14,1 і 59,5%). Сполуками обмінного калію ґрунти басейну забезпечені дещо краще середнім і підвищеним ступенями, а саме: світло-сірі (47 і 1,5%), темно-сірі (55,3 і 12,4%), чорноземи (32,7 і

16,2%) відповідно.

Найвищі ступені забезпечення були виявлені для сполук рухомого фосфору: світло-сірих підвищеного ступеню (31,9%), високого (33%), темно-сірих 30,4% і 45,6%, чорноземів 20,6% і 17,9% відповідно.

Наявність порушення рівноваги елементів живлення у ґрунтах басейну було підтверджено аналізом даних з точкових відборів зразків у трьох районах у 2020 році. Встановлення рівноваги між елементами живлення пропонується здійснювати шляхом застосування розрахованих норм азотних і калійних добрив, які знаходяться у нестачі (першому і другому мінімумі).

Ключові слова: деградація; гумус; легкогідролізований азот; рухомий фосфор; обмінний калій; баланс гумусу; математичні моделі.

Постановка проблеми. Переведення землеробства України на засади сталого розвитку передбачає насамперед усунення проявів деградації ґрунтового покриву, які викликані дією антропогенних і природних факторів і супроводжуються зниженням вмісту гумусу, макро- і мікроелементів, руйнуванням структури, зменшенням родючості ґрунту.

Особливу загрозу в останні десятиріччя складають процеси антропогенної дегуміфікації, які зумовлюється зменшенням кількості гною і рослинних решток, що надходять у ґрунт, посиленням мінералізації органічної речовини, втратою гумусу через водну та вітрову ерозію, пригніченням мікробіологічних процесів гумусоутворення при застосуванні пестицидів. Одночасно має місце поступове збіднення ґрунтів на поживні речовини внаслідок зменшення норм внесення в орні землі мінеральних добрив. На сьогодні в Україні майже 2,7 млн га орних земель належать до агрономічних груп забезпеченості з дуже низьким, низьким вмістом сполук легкогідролізованого азоту, рухомого фосфору, обмінного калію.

Під час проведення агрохімічних обстежень ґрунтів порушення рівноваги елементів у ґрунтах, оскільки нестача одного елемента живлення зумовлює надлишок іншого чи кількох, і навпаки надлишок будь-якого елемента спричиняє нестачу одного або кількох інших елементів. Розбалансування вмісту у ґрунтах макроелементів від значень дуже низького і до дуже високого рівня забезпеченості рослин буде супроводжуватися зниженням врожайності сільськогосподарських культур впливом елемента, що знаходиться у мінімумі, а також погіршенням якості продукції і економічними втратами від непродуктивного використання мінеральних добрив на

переведення інших елементів у стан надлишку. Поряд з цим за умов наявності у ґрунтах надлишку рухомих форм фосфору і легкогідролізованого азоту на фоні дуже низького вмісту обмінного калію будуть формуватися передумови втрат сполук фосфору і азоту з поверхневим і дренажним стоком до поверхневих вод річок і водних об'єктів.

Дослідженню цих питань і присвячені наші дослідження в системі *добрива – ґрунт – рослина – вода*, що визначає їх наукову значимість та актуальність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нині сучасне реформоване землеробство України стикається з численними викликами, серед яких наявність деградаційних процесів в ґрунтах посідає одне з провідних місць. Зарубіжні науковці підкреслюють, що деградація земель є результатом не одного чинника, а взаємодії природних і антропогенних факторів, тому її оцінювання має бути багатофакторним [3]. Першопричинами проявів деградаційних процесів у ґрунтах України є високі відсотки їх розораності та інтенсивне їх використання за умов дефіцитного балансу гумусу, наявності розбалансованого вмісту у ґрунтах макро- і мікроелементів за рівнями забезпеченості вимог рослин, проявів ерозійних процесів [7; 8]. Загальновідомо, що Україна володіє унікальними ґрунтовими ресурсами, оскільки близько 60% орних земель представлено чорноземними ґрунтами, а 7,5% сірими лісовими ґрунтами. На сьогодні основну масу рослинницької продукції отримують в Україні внаслідок застосування на цих ґрунтах інтенсивних органо-мінеральних систем удобрення з повною нормою NPK і приорюванням різних органічних решток (соломи, стебел кукурудзи, соняшника, сої тощо), без внесення гною.

За цих обставин в орних землях формується від'ємний баланс надходження до ґрунтів органічної речовини існує реальна загроза їх виснаження та посилення деградаційних процесів, зокрема дегуміфікації, водної ерозії, розбалансування вмісту елементів живлення [7; 8]. За даними паспортизації земель в Україні було встановлено у 1986–2005 роках зменшення вмісту в них гумусу на 0,5% в абсолютних одиницях [8], а баланс гумусу зазнав втрат у 2013 році – 0,13 т/га, у 2014 році – 0,20 т/га, у 2015 році – 0,13 т/га [10]. Поступове зменшення надходження до ґрунту органічної речовини буде супроводжуватись не лише зменшенням вмісту гумусу, але й

погіршенням їх властивостей [6], в тому числі агрохімічних [5].

Насамперед, зміни динаміки балансу гумусу впродовж тривалого часу є драйверами деградації, що зумовлює необхідність використання математичних моделей для прогнозування майбутніх тенденцій [2].

Реальними чинниками деградації виступає структура землекористування. Слід зазначити, що Україна має дуже високий рівень освоєння території, на частку площ під багаторічними насадженнями припадає 2,2%, сіножатями – 5,8%, пасовищами – 13,2% при показнику сільськогосподарського освоєння земельного фонду – 71%.

Враховуючи, що важливу роль в родючості ґрунтів відіграють рівні забезпеченості рослин елементами живлення, оскільки згідно із законом мінімуму і максимуму вмісту у ґрунтах доступного рослинам елементу зменшує ефективність інших, внаслідок цього врожайність культур знижується, а якість продукції погіршується. Важливим показником деградації можуть бути показники забезпеченості ґрунтів макроелементами.

За даними авторів [9], результати агрохімічних обстежень VIII–XI турів встановлено тенденцію до зниження забезпеченості ґрунтів Бердичівського району рухомими сполуками фосфору та обмінного калію, а також домінування площ земель із дуже низьким і низьким рівнем (мінімум) вмісту легкогідролізованого азоту, що вказує на розбалансування вмісту цих макроелементів.

Дані агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення також свідчать про повсюдне розбалансування вмісту макро- і мікроелементів у ґрунтах У Чернівецькій області [4] орні землі характеризувалися переважно дуже низьким (61,3%) та низьким (35,8%) рівнями забезпеченості легкогідролізованим азотом. За вмістом рухомого фосфору 35,8% орних земель мали підвищений рівень забезпеченості, тоді як за вмістом обмінного калію 63,3% земель характеризувалися дуже високим рівнем забезпеченості.

Таким чином аналіз наявних публікацій підтверджує потребу в обґрунтуванні набору показників для оцінки деградаційних процесів ґрунтового покриву басейну річки.

Мета і завдання досліджень. Мета досліджень полягала в оцінюванні деградаційних процесів ґрунтового покриву басейну р. Устя. Досягнення мети передбачало вивчення наступних завдань: проведення кореляційного і регресійного аналізу показників балансу гумусу ґрунтів районів басейну річки; аналіз ступенів забезпеченості рослин показниками родючості і елементами живлення ґрунтів

басейну річки за 10 тур (2010–2015 рр.) агрохімічної паспортизації; аналіз ступенів забезпеченості і стану розбалансування показників родючості і елементів живлення ґрунтів басейну річки; оцінити рівні забруднення поверхневих вод річки Устя сполуками азоту амонійного і фосфору.

Об'єкт дослідження – процеси змін показників родючості і елементів живлення ґрунтів басейну річки.

Предмет дослідження – ґрунти, показники, які характеризують родючість ґрунтів басейну річки.

Методи та методики досліджень. Лабораторні аналізи проводились за наступними методиками: вміст гумусу – за Тюрніним (ДСТУ 4289:2004), рН – потенціометрично (ГОСТ 26485–85), лужногідролізований азот – за Корнфілдом (ДСТУ 4729:2007), рухомого фосфору і обмінного калію в ґрунті – за Кірсановим (ДСТУ 4405:2005).

Баланс гумусу в землеробстві районів басейну річки розраховували як різницю між кількістю гумусу, що утворився в ґрунті (статті надходження), та кількістю гумусу, який витратився на мінералізацію (статті витрат). Залежно від переважання першої статті баланс гумусу стає позитивним, а у випадку переважання другої – дефіцитним.

Кореляційний і регресійний аналіз динаміки показників балансу гумусу здійснювали з використанням програми Microsoft Excel.

Аналізувалися дані 10 туру агрохімічних обстежень філії Інституту охорони ґрунтів України за період 2010–2015 рр.

Екологічний стан сільськогосподарських ландшафтів оцінювали за ступенем порушення рівноваги у співвідношенні основних типів угідь площі ріллі (дестабілізуючий чинник) і сумарної площі природних компонентів ландшафту [7].

Результати досліджень. Земельний фонд у межах басейну річки згідно з формою 6 розподілений наступним чином: всього земель (загальна площа) – 30807 га, власників землі та землекористувачів – 13530 ос. Сільськогосподарських земель всього – 20252,97 га, в тому числі ріллі – 16049,53 га, багаторічних насаджень (сади, інші) – 299,8 га, сіножаті – 1923,98 га, пасовища – 1354,90 га, господарські двори та шляхи – 624,76 га, заболочені землі (низинні болота) – 564,35 га, (яри, піски, каменисті пляжі) – 272,56 га, забудовані землі (житлова і промислова забудови) – 2732,96 га, (торфовища, кар'єри) –

120,94 га, ліси – 6379,25 га, води – 601 га, природоохоронні землі – 489 га, землі оздоровчого призначення – 369 га.

Питому вагу показників Р (питома вага ріллі) і ЕСУ (сума площ природних компонентів агроландшафту: ліси, луки, пасовища, чагарники, болота, водойми) розраховували у відсотках від загальної сумарної площі S_P і $S_{ЕСУ}$ за формулами:

$$P = \frac{S_P}{S_P + S_{ЕСУ}} \times 100 = \frac{16049}{16049 + 11120} \times 100 = 59\%; \quad (1)$$

$$ЕСУ = \frac{S_{ЕСУ}}{S_P + S_{ЕСУ}} \times 100 = \frac{11120}{16049 + 11120} \times 100 = 41\%. \quad (2)$$

Згідно із загальноприйнятою шкалою сільськогосподарські ландшафти басейну р. Устя, частка ріллі у структурі яких змінюється в межах 50–70%, належать до незадовільного стану та деградованих агроландшафтів, що вимагає вжиття невідкладних заходів щодо зменшення розораності території басейну річки та збільшення площ лісів та багаторічних насаджень.

Чисельність худоби на території басейну річки у 1990 році сягала 47724 голів і на 1 га ріллі вносилося 18,6 т/га органічних добрив. У 2012 році на території басейну кількість худоби зменшилась до 13 тис. голів, а внесення органічних добрив знизилось до 6,8 т/га.

Ґрунтовий покрив басейну річки сформувався переважно на лесовидних суглинках і лесах, і представлений в основному сірими лісовими та чорноземами малогумусними типами зі слідами опідзолення, а у заплавах річки – торфоболотними ґрунтами.

За показниками родючості, на період 2010–2015 рр. ґрунти басейну річки, згідно з табл. 1, характеризуються як світло-сірі і сірі опідзолені з середнім вмістом гумусу, низьким вмістом легкогідролізованого азоту, високим вмістом фосфору і низьким калію; темно-сірі опідзолені при середньому вмісті гумусу мають дуже низький вміст легкогідролізованого азоту, високий вміст рухомого фосфору і низький вміст обмінного калію; чорноземи опідзолені мають середній вміст гумусу, низький легкогідролізованого азоту, дуже високий вміст рухомого фосфору і підвищений вміст обмінного калію. Реакція ґрунтового розчину сірих лісових опідзолених ґрунтів близька до нейтральної, чорноземів опідзолених нейтральна.

Таблиця 1

Групування ґрунтів за ступенями забезпеченості рослин
показниками родючості

Назва методу	Показники родючості	Ступінь забезпеченості					
		ДН	Н	С	П	В	ДВ
	Гумус, %	<1,1	1,1–2,0	2,1–3,0	3,1–4,0	4,1–5,0	>5,0
Корнфілд	Легкогідролізований азот, мг/кг	<101	101–150	151–200	>200		
Кірсанов	Рухомий фосфор, мг/кг	<25	26–50	51–100	101–150	151–250	>250
Кірсанов	Обмінний калій, мг/кг	<41	41–80	81–120	121–170	171–250	>250
	Рухома сірка, мг/кг	<3,1	3,1–6,0	6,1–9,0	9,1–12,0	12,1–15,0	>15

Примітка: ДН – дуже низька, Н – низька, С – середня, П – підвищена, В – висока, ДВ – дуже висока забезпеченість.

Основною причиною середнього вмісту гумусу, дуже низького і низького вмісту легкогідролізованого азоту і обмінного калію на фоні високого і дуже високого забезпечення рослин рухомими сполуками фосфору в ґрунтах басейну річки є наявність в них від'ємного балансу гумусу (рисунок).

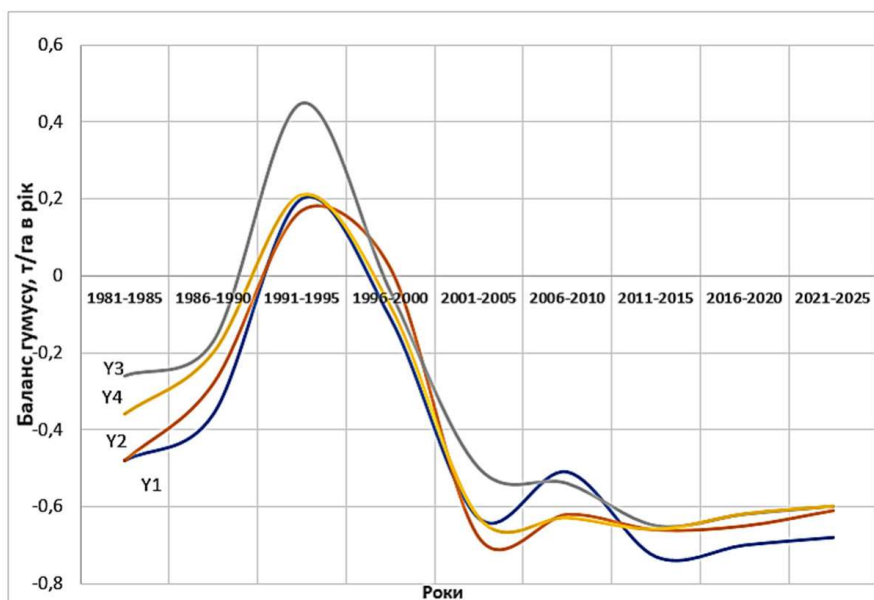


Рисунок. Динаміка змін балансу гумусу у ґрунтах басейну р. Устя
✓ для світло-сірих опідзолених лісових ґрунтів Здолбунівського

району:

$$Y_1 = 0,0129x^3 - 0,2064x^2 + 0,8798x - 1,2012; R^2 = 0,7333 \quad (3)$$

✓ для чорноземів опідзолених Острозького району:

$$Y_2 = 0,0146x^3 - 0,2288x^2 + 0,9567x - 1,2406; R^2 = 0,7224 \quad (4)$$

✓ для темно-сірих опідзолених лісових ґрунтів Рівненського району:

$$Y_3 = 0,0145x^3 - 0,2259x^2 + 0,9125x - 0,9914; R^2 = 0,7678 \quad (5)$$

✓ для ґрунтового покриву зони Лісостепу:

$$Y_4 = 0,0133x^3 - 0,2047x^2 + 0,8146x - 0,9871; R^2 = 0,7705 \quad (6)$$

$Y_1 \dots Y_4$ – балансу гумусу у ґрунтах районів, т/га; x – роки.

Як видно з рисунку, динаміка зміни балансу гумусу в ґрунтах трьох районів басейну річки і ґрунтів зони Лісостепу впродовж 1976–2020 рр. описується математичними моделями, які мають вид парабол третього порядку при коефіцієнтах детермінації від 0,72 до 0,77.

Динаміка балансу гумусу у Рівненській області формувалась залежно від динаміки внесення в них органічних добрив, а саме: у перший період з 1971–1975 рр. по 1986–1995 рр. норма їх зростала з 9,6 до 16,2 т/га (формувався позитивний баланс); у другий період з 1995 до 2005 рр. норма внесення органічних добрив різко знижувалася до норми менше 3 т/га в рік при переході орендаторів на п'ятипільні сівозміни з вирощуванням пшениці озимої, кукурудзи, сої, соняшника, ріпака (формувався різко дефіцитний баланс); у третій період з 2005 до 2020 рр. – при низьких нормах до 2 т/га внесення органічних добрив розпочалось повсемісне приорювання соломи, рослинних решток, поживних культур, як наслідок відбулося призупинення наростання від'ємного балансу гумусу і намітилась тенденція його зменшення у четвертому етапі з 2020 року.

Наявність в ґрунтах басейну річки дефіцитного балансу гумусу на рівні – 0,6 т/га зумовило у період 2010–2015 рр. формування у ґрунтах басейну річки значних площ ґрунтів з дуже низьким і низьким рівнем забезпеченості рослин вмістом гумус, легкогідролізованого азоту і обмінного калію, сірки.

Як видно з табл. 2, низький ступінь забезпеченості рослин гумусом у світло-сірих ґрунтах досягав 51,3% обстежених площ, у темно-сірих – 50,6%, а у чорноземів – 31%, тоді як частка підвищеного рівня становила лише у світло-сірих – 5,2%, темно-сірих – 1,5%, чорноземів – 12,4%. Дуже низький і низький ступінь забезпеченості рослин легкогідролізованим азотом мають світло-сірі ґрунти 30,1% і 61,5%, темно-сірі 31,8% і 65,2%, чорноземні 14,1% і 59,5% відповідно. Сполуками обмінного калію ґрунти басейну річки забезпечені значно краще і забезпеченість рослин відповідає ступеням середньому і

підвищеному для світло-сірих 47,0% і 1,5%, темно-сірих 55,3% і 12,4%, чорноземів 32,7% і 16,2% відповідно.

Дуже низький і низький вміст сірки при обстеженні було виявлено лише у світло і темно-сірих ґрунтах у межах світло-сірих 35,9% і 39,5%, темно-сірих 45,6% і 33,8% відповідно, а у чорноземах вміст сірки знаходився на рівні середньої 32,7% і підвищеної забезпеченості 16,2% площ. Найвищі ступені забезпеченості ґрунтів басейну поживними речовинами встановлено за вмістом рухомих сполук фосфору. Для світло-сірих ґрунтів частка площ із підвищеним і високим рівнями забезпеченості становила відповідно 31,9 та 33,0%, для темно-сірих – 30,4 та 45,6%, а для чорноземів – 20,6 та 17,9% відповідно.

Таблиця 2

Аналіз ступенів забезпеченості рослин показниками родючості і елементами живлення ґрунтів басейну р. Устя за 10 тур (2010–2015 рр.) агрохімічної паспортизації

Назва ґрунту	Показники родючості	Обстеж. площа, га	Розподіл ґрунтів по групах					
			ДН	Н	С	П	В	ДВ
Світло-сірі і сірі опідзолені легкосуглинкові Здолбунівський р-н	Гумус, %	22286	–	11425 51,3	9583 43,0	1157 5,2	120 0,5	–
	Кислотність од. рН	Нейтральні 6,1						
	Рухома сірка, мг/кг	22304	8014	8815	4114	1176	99	87
			35,9	39,5	18,4	5,3	0,4	0,4
	Легкогідр. азот, мг/кг	22304	6712 30,1	13726 61,5	1669 7,5	197 0,9		
	Рухомий фосфор, мг/кг	22304	65,4 0,3	428,7 1,9	6105 27,4	7117 31,9	7364 33,0	1225 5,5
	Обмінний калій, мг/кг	22304	477 2,1	6419 28,8	10203 45,7	3826 17,2	1288 5,8	92 0,4
	Гумус, %	42339	431 1,0	21416 50,6	19854 47,0	626 1,5	13 0	
	Кислотність од. рН	Нейтральні 6,5						
	Рухома сірка, мг/кг	41562	18973 45,6	14037 33,8	4948 11,9	2186 11,9	833 2,0	584 1,4
Рівненський р-н	Легкогідр. азот, мг/кг	42431	13502 31,8	27661 65,2	1049 2,5	219 0,5		

продовження табл. 2

	Рухомий фосфор, мг/кг	42432	2	706	7163	12892	19342	2327
			0	1,7	16,9	30,4	45,6	5,5
	Обмінний калій, мг/кг	42432	896	12990	14884	9950	3424	288
			2,1	30,6	35,1	23,4	8,1	0,7
Чорноземи опідзолені слабодегратовані та темно-сірі сильнодегратовані середньосуглинкові Острозький р-н	Гумус, %	30807	19,1	9535	17029	3834	363	26,4
			0,1	31,0	55,3	12,4	1,2	1,2
	Кислотність од. рН	Нейтральні 6,4						
	Рухома сірка, мг/кг	31083	212	2078	4059	7278	8910	3546
			0,7	6,7	13,1	23,4	28,7	27,5
	Легкогідр. азот, мг/кг	31083	4369	18492	7091	1130		
			14,1	59,5	22,8	3,6		
	Рухомий фосфор, мг/кг	31083	972	4247	12698	6394	5579	1194
			3,1	13,7	40,9	20,6	17,9	3,8
	Обмінний калій, мг/кг	31083	2105	12065	10177	5036	1480	221
			6,8	38,8	32,7	16,2	4,8	0,7

Примітка: Дн – дуже низька; Н – низька; С – середня; П – підвищена; В – висока; ДВ – дуже висока забезпеченість.

Отже, аналіз даних агрохімічних обстежень ґрунтів басейну річки переконливо доводить про порушення у них рівноваги між показниками родючості і елементами живлення. Виявлена нестача в ґрунтах вмісту гумусу, легкогідролізованого азоту, і надлишок вмісту рухомого фосфору, що свідчить про наявність деградаційних процесів і можливих їх негативних впливів на врожайність сільськогосподарських культур.

Наявність стану порушення рівноваги елементів живлення у ґрунтах басейну річки було підтверджено також аналізом даних з точкових відборів зразків ґрунту у 2015 і 2020 роках (табл. 3, 4). Як видно з табл. 3 у 2015 р. у світло-сірих опідзолених ґрунтах порушення рівноваги зумовлюється тим, що вміст легкогідролізованого азоту і обмінного калію знаходиться на ступені низької забезпеченості, а рухомий фосфор на високій забезпеченості. У темно-сірих ґрунтах і чорноземах опідзолених нестача (мінімум) установлена для вмісту легкогідролізованого азоту, а надлишок (максимум) для вмісту рухомого фосфору.

Таблиця 3

Аналіз ступенів забезпеченості рослин і стану розбалансування показниками родючості і елементами живлення ґрунтів басейну р. Устя (2015 р.)

Назва ґрунту	Показники родючості	Групи забезпеченості					
		ДН	Н	С	П	В	ДВ
Світло-сірі опідзолені легкосуглинкові с. Орестів Здолбунівський р-н	Гумус, %			2,4			
	Кислотність од. рН	Близька до нейтральних 5,8					
	Рухома сірка, мг/кг			6,7			
	Легкогідр. азот, мг/кг		115				
	Рухомий фосфор, мг/кг					180	
	Обмінний калій, мг/кг		65				
Темно-сірі опідзолені легкосуглинкові с. Забороль Рівненський р-н	Гумус, %			2,3			
	Кислотність од. рН	Близька до нейтральних 5,7					
	Рухома сірка, мг/кг			6,8			
	Легкогідр. азот, мг/кг	89					
	Рухомий фосфор, мг/кг					187	
	Обмінний калій, мг/кг		71				
Чорноземи опідзолені слабодegradовані легкосуглинкові с. Оженин Острозький р-н	Гумус, %			3			
	Кислотність од. рН	Нейтральні 6,8					
	Рухома сірка, мг/кг			6,3			
	Легкогідр. азот, мг/кг		137				
	Рухомий фосфор, мг/кг						356
	Обмінний калій, мг/кг				142		

Примітка: Дн – дуже низька; Н – низька; С – середня; П – підвищена; В – висока; ДВ – дуже висока забезпеченість.

У 2020 році відбулися зміни у порушенні рівноваги між елементами живлення, а саме: у світло-сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтах нестача на рівні дуже низької забезпеченості була встановлена для вмісту легкогідролізованого азоту, а надлишок для рухомого фосфору. У чорноземів опідзолених нестача стала характерною для сполук сірки і легкогідролізованого азоту, а надлишок для сполук рухомого фосфору (табл. 4).

Таблиця 4

Аналіз ступенів забезпеченості рослин і стану розбалансування показниками родючості і елементами живлення ґрунтів басейну р. Устя (2020 р.)

Назва ґрунту	Показники родючості	Групи забезпеченості					
		ДН	Н	С	П	В	ДВ
Світло-сірі опідзолені легкосуглинкові с. Орестів Здолбунівський р-н	Гумус, %			2,1			
	Кислотність один. рН	Слабокислі 5,3					
	Рухома сірка, мг/кг		5,3				
	Легкогідр. азот, мг/кг	81					
	Рухомий фосфор, мг/кг					181	
	Обмінний калій, мг/кг		57				
Темно-сірі опідзолені легкосуглинкові с. Забороль Рівненський р-н	Гумус, %			2,4			
	Кислотність один. рН	Нейтральні 6,2					
	Рухома сірка, мг/кг		4,4				
	Легкогідр. азот, мг/кг	81					
	Рухомий фосфор, мг/кг					160	
	Обмінний калій, мг/кг		77				
Чорноземи опідзолені слабкодеградовані легкосуглинкові	Гумус, %				3,1		
	Кислотність один. рН	Нейтральні 6,5					
	Рухома сірка, мг/кг		4,6				
	Легкогідр. азот, мг/кг		115				

продовження табл. 4

с. Оженин Острозький р-н	Рухомий фосфор, мг/кг						281
	Обмінний калій, мг/кг			91			

Примітка: Дн – дуже низька; Н – низька; С – середня; П – підвищена; В – висока; ДВ – дуже висока забезпеченість.

Встановлене порушення рівноваги між елементами живлення у ґрунтах – азотом, фосфором, калієм і сіркою – внаслідок виносу їх з урожаєм або дренажним чи поверхневим стоком, застосування добрив чи з інших причин потребує здійснення заходів з метою її відновлення. Найдоцільніше відновлювати баланс цих елементів шляхом внесення розрахованих норм добрив, що містять елементи, вміст яких у ґрунті є недостатнім, з урахуванням їх співвідношення з елементами, наявними у надлишковій кількості та такими, що не потребують додаткового внесення. Водночас за порушення балансу макроелементів необхідно запобігати надходженню сполук азоту та фосфору з поверхневим і дренажним стоком до поверхневих вод ставків та річки Устя, оскільки це може спричиняти їх евтрофікацію.

З метою оцінки біогенного навантаження на водні екосистеми р. Устя ми розраховували показники Редфілда за формулою $R = \left(\frac{NO_3}{PO_4} \right) \times 1,5$ з використанням даних табл. 5, де наведені концентрації нітратів NO_3 і фосфатів PO_4 у мг/дм³.

Як свідчать розрахунки даних створу відбору зразку води з річки Устя в с-ще Квасилів, співвідношення Редфілда на дати відборів становили: 07.10.2013 р. – 17,4; 03.12.2013 р. – 9,8; 09.12.2025 р. – 6,45, що свідчить за умов $N/P \times 1,5$ про надлишок фосфору та нестачу азоту.

За таких умов у фітопланктонних угрупованнях починають переважати синьо-зелені водорості. У створі с. Малий Олексин співвідношення азоту до фосфору були дещо іншими: 09.10.2013 р. – 76,2; 04.12.2013 р. – 0,42; 09.12.2025 р. – 21,9. Такі значення свідчать про значне переважання азоту над фосфором у першому та третьому випадках, коли співвідношення N:P перевищує 30, тому лімітуючим елементом для розвитку фітопланктону є фосфор. За таких умов у фітопланктонних угрупованнях можуть переважати зелені водорості.

Відтак високий вміст сполук рухомого фосфору у ґрунтах басейну і поверхневих водах річки відіграє негативну роль не лише у розбалансуванні макроелементів, але і сприяє поширенню синьо-зелених водоростей.

Таблиця 5

Розрахунок показника Редфілда для оцінки біогенного навантаження на водні екосистеми р. Устя

Назва забруд. реч	Одиниці вим.	с-ще Квасилів			с. Малий Олексин		
		7.10.2013	3.12.2013	9.12.2025	9.10.2013	4.12.2023	9.12.2025
Трофо-сапробіологічний фон							
Азот амонійний	мг/дм³	0,437	0,103	0,73	0,392	0,148	3,55
Азот нітритний	мг/дм³	4,16	0,69	0,43	3,3	0,12	4,68
Азот нітратний	мг/дм³	0,078	0,044	0,52	0,128	0,07	0,95
Фосфати	мг/дм³	0,086	0,106	0,10	0,065	0,421	0,32
Показник рН	Од.	8,2	8,1	7,75	8,35	8,45	7,7
Завислі речовини	мг/дм³	21,0	14,8	4,3	9,2	8,9	2,6
Залізо загальне	мг/дм³	0,237	0,044	0,45	0,168	0,044	0,094

Висновки:

1. Встановлено, що частка ріллі у структурі сільськогосподарських ландшафтів в басейну річки Устя сягає 59% і класифікується як така, що перебуває в незадовільному стані, що вимагає зменшення площ орних земель і збільшення площ екологостабілізуючих угідь.

2. Баланс гумусу в світло-сірих, темно-сірих і чорноземних опідзолених ґрунтах описується стохастичними математичними моделями, які мають вид парабол третього порядку при коефіцієнтах детермінації від 0,72 до 0,77.

3. Результатами агрохімічних обстежень орних земель басейну р. Устя Рівненської області встановлено, що за вмістом гумусу переважають площі з низьким і середнім вмістом: світло-сірих (51,3% і 43,0%), темно-сірих (50,6% і 47,0%), чорноземах (31,0% і 55,3%).

4. За рівнем кислотності переважають ґрунти нейтральні рН 6,1–6,5. За вмістом азоту, що легко гідролізується найбільше орних земель мають дуже низький і низький ступінь забезпеченості: світло-сірі ґрунти (30,1% і 61,5%), темно-сірі (31,8% і 65,2%), чорноземні (14,1% і 59,5%). В басейні річки переважають землі з вмістом рухомого фосфору на рівнях забезпечення: світло-сірі підвищеного (31,9%), високого (33,0%), темно-сірих (30,4%) і (45,6%), чорноземів (20,6%) і (17,9%) відповідно. За вмістом обмінного калію ґрунти басейну забезпечені середнім і підвищеним ступенями забезпечення: світло-сірі (47% і 1,5%), темно-сірі (55,3% і 12,4%), чорноземи (32,7% і 16,2%) відповідно.

5. За період 2015–2020 роки деградаційні процеси у ґрунтах басейну річки Устя не призупинилися, оскільки на фоні незначного зростання вмісту гумусу у темно-сірих і чорноземних ґрунтах на 0,1%, спостерігається розбалансування елементів живлення азоту, фосфору і калію з незначним зменшенням їх вмісту.

6. Пропонується оцінювати деградацію орних земель басейнів річок через набір індикаторів, зокрема кількісними і якісними показниками: балансу гумусу, часткою ріллі у структурі сільськогосподарських ландшафтів, ступенями забезпеченості ґрунтів гумусом, легкогідролізованим азотом, рухомий фосфор, обмінним калієм, наявністю порушень рівноваги між макроелементами, оцінкою стану водних екосистем співвідношення Редфілда.

1. Arroyo I., Cervantes V., Tamaríz-Flores V., Castelán R. Land degradation neutrality: State and trend of degradation at the subnational level in Mexico. *Land*. 2022. Vol. 11(4). P. 562. DOI: <https://doi.org/10.3390/land11040562>. 2. Feng S., Zhao W., Zhan T., Yan Y., Pereira P. Land degradation neutrality: A review of progress and perspectives. *Ecological Indicators*. 2022. Vol. 144. Art. 109530. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109530>. 3. Lukić S., Baumgertel A., Obradović S., Kadović R., Beloica J., Pantić D., Miljković P., Belanović Simić S. Assessment of land sensitivity to degradation using MEDALUS model: A case study of Grdelica Gorge and Vranjska Valley (southeastern Serbia). *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 2022. Vol. 15. P. 163–170. DOI: <https://doi.org/10.3832/ifor3871-015>. 4. Гунчак М. В., Пасічняк В. І., Грищенко О. М., Колесник Т. М. Стан родючості ґрунтів лісостепової зони Чернівецької області. *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. 2(110). С. 80–93. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220256>. 5. Зайцев Ю. О., Гунчак М. В., Романова С. А. Стан родючості ґрунтів Чернівецької області. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 4. С. 66–75. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273250>. 6. Клименко М. О., Колесник Т. М., Сорока В. С., Налобіна О. О.,

Ковальчук Н. С., Голотюк М. В. Моделювання зміни родючості ґрунту під впливом багаторічного вирощування пшениці озимої. *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. 2(110). С. 94–106. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220257>.
7. Клименко М. О., Прищепа А. М., Варжель О. В. Обґрунтування технології забезпечення екологічної безпеки агросфери Рівненської області: монографія. Рівне : НУВГП, 2024. 184 с.
8. Медведев В. В., Лісовий М. В. Стан родючості ґрунтів України та прогноз його змін за умов сучасного землеробства. Харків : «Штрих», 2000. 100 с.
9. Романчук Л. М., Дрозд Б. Є., Вівчаренко Г. В., Грищенко О. М., Лико Д. В. Динаміка макроеlementів у ґрунтах сільськогосподарських угідь Бердичівського району Житомирщини. *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2025. Вип. 3(111). С. 171–182. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs3202512>.
10. Ярмоленко Є. В., Глущенко М. К., Запасний В. С., Хмара Т. І., Крупко Г. Д. Стабілізація і перспективи забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунті. *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2016. Вип. 4(76). URL: <https://visnyk.nuwm.edu.ua/index.php/agri/article/view/194> (дата звернення: 10.04.2026).

REFERENCES:

1. Arroyo I., Cervantes V., Tamaríz-Flores V., Castelán R. Land degradation neutrality: State and trend of degradation at the subnational level in Mexico. *Land*. 2022. Vol. 11(4). P. 562. DOI: <https://doi.org/10.3390/land11040562>.
2. Feng S., Zhao W., Zhan T., Yan Y., Pereira P. Land degradation neutrality: A review of progress and perspectives. *Ecological Indicators*. 2022. Vol. 144. Art. 109530. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109530>.
3. Lukić S., Baumgertel A., Obradović S., Kadović R., Beloica J., Pantić D., Miljković P., Belanović Simić S. Assessment of land sensitivity to degradation using MEDALUS model: A case study of Grdelica Gorge and Vranjska Valley (southeastern Serbia). *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 2022. Vol. 15. P. 163–170. DOI: <https://doi.org/10.3832/ifor3871-015>.
4. Hunchak M. V., Pasichniak V. I., Hryshchenko O. M., Kolesnyk T. M. Stan rodichosti gruntiv lisostepovoi zony Chernivetskoï oblasti. *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2025. Vyp. 2(110). S. 80–93. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220256>.
5. Zaitsev Yu. O., Hunchak M. V., Romanova S. A. Stan rodichosti gruntiv Chernivetskoï oblasti. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2022. № 4. S. 66–75. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273250>.
6. Klymenko M. O., Kolesnyk T. M., Soroka V. S., Nalobina O. O., Kovalchuk N. S., Holotiuk M. V. Modeliuvannia zminy rodichosti gruntu pid vplyvom bahatorichnoho vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi. *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2025. Vyp. 2(110). S. 94–106. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220257>.
7. Klymenko M. O., Pryshchepa A. M., Varzhel O. V. Obgruntuvannia tekhnolohii zabezpechennia ekolohichnoi bezpeky ahrosfery Rivnenskoï oblasti : monohrafiia. Rivne : NUVHP, 2024. 184 s.
8. Medvediev V. V., Lisovyi M. V. Stan rodichosti gruntiv Ukrainy ta prohnaz yoho zmin za umov suchasnoho zemlerobstva. Kharkiv : «Shtrykh», 2000. 100 s.
9. Romanchuk L. M., Drozd B. Ye., Vivcharenko H. V., Hryshchenko O. M., Lyko D. V. Dynamika makroelementiv u gruntakh silskohospodarskykh uhid Berdychivskoho raionu Zhytomyrshchyny. *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2025. Vyp. 3(111). S. 171–182. DOI: <https://doi.org/10.31713/vs3202512>.
10. Yarmolenko Ye. V., Hlushchenko M. K., Zapasnyi V. S., Khmara T. I., Krupko H. D. Stabilizatsiia i perspektyvy zabezpechennia

bezdefitsytnoho balansu humusu v grunti. *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2016. Vyp. 4(76). URL: <https://visnyk.nuwm.edu.ua/index.php/agri/article/view/194> (data zvernennia: 10.04.2026).

Klymenko M. O. [1; ORCID ID: 0000-0003-0892-0648],
Doctor of Agricultural Sciences, Professor
Rabeshko Y. I. [1; ORCID ID: 0009-0005-7262-9603],
Post-graduate Student

¹*National University of Water and Environmental Engineering, Rivne*

ASSESSMENT OF DEGRADATION PROCESSES OF THE SOIL COVER OF THE USTYA RIVER BASIN

The article presents the results of studies on the assessment of degradation processes of the soil cover within the Ustya River Basin.

It was established that arable land accounts for 59% of the structure of agricultural landscapes within the river basin and is classified as being in an unsatisfactory condition, which necessitates an increase in forested areas and perennial plantations. According to fertility indicators, gray forest and chernozem soils are characterized by a medium humus content ranging from 2.1 to 3.0%, as well as a negative humus balance. The dynamics of its changes in Zdolbuniv, Ostroh, and Rivne districts are described by third-order parabolic mathematical models with coefficients of determination ranging from 0.72 to 0.77.

The dynamics of the negative humus balance are characterized by four periods: the first period (1976–1995) involved the formation of a positive balance; the second period (1995–2005) was sharply deficient; the third period (2005–2020) was marked by the stabilization of the increasing negative balance; and the fourth period, beginning in 2020, demonstrates a tendency toward a reduction in the negative balance.

The presence of a deficient humus balance in the soils of the river basin, amounting to 0.6 t/ha, led during 2010–2020 to the formation of areas with imbalanced levels of plant nutrient supply in terms of humus, easily hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, exchangeable potassium, and sulfur. In particular, a low level of humus supply was observed in light-gray soils (51.3%), dark-gray soils (50.6%), and chernozems (31%). Very low and low levels of easily hydrolyzable nitrogen supply were recorded in light-gray soils (30.1 and 61.5%), dark-gray soils (31.8 and 65.2%), and chernozem soils

(14.1 and 59.5%). The soils of the basin were somewhat better supplied with exchangeable potassium compounds, mainly at medium and increased levels: light-gray soils (47 and 1.5%), dark-gray soils (55.3 and 12.4%), and chernozems (32.7 and 16.2%), respectively.

The highest levels of supply were identified for available phosphorus compounds: increased and high levels were observed in light-gray soils (31.9% and 33%), dark-gray soils (30.4% and 45.6%), and chernozems (20.6% and 17.9%), respectively.

The presence of nutrient imbalance in the soils of the basin was confirmed by the analysis of point-sampled data collected in three districts in 2020. The establishment of equilibrium among nutrient elements is proposed through the application of calculated rates of nitrogen and potassium fertilizers, which are deficient and represent the first and second limiting factors.

Keywords: degradation; humus; easily hydrolyzable nitrogen; available phosphorus; exchangeable potassium; humus balance; mathematical models.

Отримано / Received: 11.04.2026
Прийнято до друку / Accepted: 13.05.2026
Опубліковано / Published: 29.05.2026



© 2026 [Klymenko M. O., Rabesko Y. I.]. Licensee {NUWEE}. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license (creativecommons.org)