

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2026-358-47>

УДК: 332.3:004.9:502.13(477-22)

JEL classification Q15, Q56, O33

ВЛАСЕНКО Тетяна

Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця

<https://orcid.org/0000-0002-9515-2423>

УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА ЕКОЛОГІЗАЦІЇ: ПАРАДИГМА СТАЛОГО РОЗВИТКУ

У статті здійснено теоретико-методологічне обґрунтування та структурно-змістовну розробку цілісної парадигми сталого управління земельними ресурсами сільських територій в умовах концепції «подвійного переходу» (digital and green transition). Доведено, що цифровізація надає високоточний інструментальний апарат для моніторингу й аналізу геопросторових даних, а екологізація визначає вектор сталого розвитку, встановлюючи гранично допустимі нормативи техногенного навантаження на агроландшафти. Обґрунтовано роль Комплексного плану просторового розвитку території територіальної громади (КПРТГ) у форматах баз геоданих (GDB/GeoJSON) як основного інструменту муніципального землепорядкування. Сформовано тривірневу цифрову архітектуру геопросторового управління земельними активами громади (базовий шар ортофотопланів та ЦМР, тематичні шари ґрунтів і водоохоронних зон, оперативні дані ДЗЗ і БПЛА). Систематизовано класифікацію цифрових інструментів (Sentinel-2, Landsat, SAR, LiDAR, Web-GIS), деталізовано їхнє значення для розробки протирозійних заходів і точного землеробства. Формалізовано математичну модель балансу органічного вуглецю ґрунту (SOC) та запропоновано цільову функцію для максимізації екологічно-економічного ефекту землекористування. Визначено алгоритми еколого-цифрової рекультивациі земель, деградованих унаслідок воєнних дій. Обґрунтовано організаційно-економічний механізм стимулювання сталого землекористування, що охоплює динамічне коригування ставок оренди залежно від якості ґрунту, розвиток вуглецевого фермерства (Carbon Farming), платежі за екосистемні послуги та використання смарт-контрактів на базі блокчейну.

Ключові слова: управління, земельні ресурси, управління земельними ресурсами, стале управління земельними ресурсами, сільські території, цифровізація, екологізація, комплексний план просторового розвитку, геоінформаційні системи (ГІС), органічний вуглець ґрунту (SOC), воєнна деградація земель, вуглецеве фермерство, смарт-контракти.

VLASENKO Tetiana

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

LAND RESOURCE MANAGEMENT IN RURAL TERRITORIES IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION AND GREENING: A SUSTAINABLE DEVELOPMENT PARADIGM

The article provides theoretical and methodological substantiation and a structural formulation of a holistic paradigm for sustainable land resource management in rural areas within the "twin transition" (digital and green) framework. The study proves that digitalization provides a high-precision instrumental toolkit for gathering, processing, and analyzing spatial data. At the same time, ecologization dictates the sustainable development trajectory by establishing critical environmental thresholds for anthropogenic loads on agroecosystems. The core role of the Comprehensive Spatial Development Plan of the Territorial Community (CSDP) formatted as File Geodatabases (GDB/GeoJSON) is conceptualized as the primary instrument for municipal spatial planning. The study establishes a three-tiered spatial data architecture for community land management, integrating base spatial layers (orthophotomaps and DEM), thematic environmental layers (soil variations, slope angles, water protection zones), and dynamic real-time data (remote sensing, UAVs, and IoT sensors). The paper systematizes the classification of digital tools (Sentinel-2, Landsat, SAR, LiDAR, Web-GIS), highlighting their practical applications in precision farming and erosion control. The paper formalizes a mathematical model for soil organic carbon (SOC) dynamics and presents an optimization objective to maximize the net eco-economic value of the community's land bank. The paper also elaborates specific protocols for eco-digital restoration of war-damaged lands (combining satellite analysis, bioremediation, and phytoremediation). Finally, an innovative organizational and economic mechanism is proposed that features dynamic rental rate adjustments based on soil quality metrics (ke), monetization of carbon farming credits, Payments for Ecosystem Services (PES), and blockchain-based smart contracts for land lease enforcement.

Keywords: management, land resources, land resource management, sustainable land resource management, rural territories, digitalization, greening, comprehensive spatial development plan, geographic information systems (GIS), soil organic carbon (SOC), land degradation due to war, carbon farming, smart contracts.

Стаття надійшла до редакції / Received 30.07.2026

Прийнята до друку / Accepted 25.08.2026

Опубліковано / Published 29.10.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© ВЛАСЕНКО Тетяна

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Сільські території є базовим просторовим, соціально-демографічним, виробничим та природно-ресурсним базисом розвитку національної економіки, а також ключовим стабілізаційним простором біосфери. Земля в межах сільських територіальних утворень виконує поліфункціональну роль, поєднуючи властивості

основного засобу виробництва в сільському господарстві, територіальній основі розселення населення та розміщення господарської інфраструктури, а також регулятора екологічної рівноваги. Земельні екосистеми забезпечують критично важливі екосистемні сервіси: депонування органічного вуглецю, збереження фіто- та зоорізноманіття, фільтрацію й регулювання стоку ґрунтових та поверхневих вод, регенерацію ґрунтової біоти й підтримку глобальної продовольчої безпеки.

Водночас багатовікова практика інтенсивного аграрного землекористування, що десятиліттями орієнтувалася на технократичну модель вилучення максимальної біологічної та економічної віддачі на одиницю площі, спричинила системну екологічну деструкцію земельного фонду. В Україні частка розораності сільськогосподарських угідь сягає понад 53% території держави, а в окремих аграрно освоєних степових і лісостепових зонах вона перевищує 75–80%, що суттєво перевищує екологічно безпечні межі ландшафтної рівноваги. Наслідком такої надмірної агрогенної концентрації стали прогресуюча втрата гумусу, масштабна дефляція та водна ерозія орного шару, руйнування ґрунтової структури, переущільнення ґрунтів важкою машинно-тракторною технікою, підкислення або вторинне засолення, а також деградація лісосмуг і водно-болотних угідь.

Зазначені негативні процеси загострюються через глобальні кліматичні флуктуації, наростання дефіциту вологи, зміщення природно-кліматичних зон у північному напрямку та зростання частоти посух. Додатковим масштабним фактором деструкції земельного фонду сільських громад України стали повномасштабні бойові дії, внаслідок яких мільйони гектарів родючих угідь зазнали мінно-вибухового ураження, фізичного руйнування ґрунтового профілю воронками від розривів боєприпасів і траншеями, а також небезпечного хімічного забруднення важкими металами та токсичними залишками вибухових сполук.

Традиційні адміністративно-командні підходи до управління земельними ресурсами, орієнтовані на фіскальний облік і фрагментарну кадастрову реєстрацію, виявилися неспроможними адекватно реагувати на ці виклики. Історично сформована вітчизняна система управління землями страждала від роздрібненості геопросторових масивів інформації, повільності паперових бюрократичних процедур, непрозорості ухвалення рішень і відсутності надійного оперативного моніторингу екологічного стану земель.

У таких реаліях єдино можливою стратегією збереження просторового потенціалу сільських територій є перехід до нової парадигми сталого управління земельними ресурсами, яка базується на синергетичній конвергенції двох домінуючих світових процесів: цифровізації (digital transition) та екологізації (green transition). Реалізація концепції «подвійного переходу» вимагає формування сучасного інструментарію планування та охорони земель, де цифрові технології обробки просторових даних високої точності стають інструментом імплементації жорстких екологічних стандартів, а принципи сталого розвитку визначають цільовий вектор економічної активності органів публічного управління та приватних суб'єктів землекористування.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Формування теоретико-методологічних засад управління земельними ресурсами та екологічно безпечного землекористування ґрунту ґрунтується на широкій базі фундаментальних і прикладних досліджень вітчизняних і зарубіжних науковців.

Вагомий внесок у концептуалізацію земельних відносин, економіки землеустрою та інституційного управління земельними ресурсами зробив А. М. Третяк. У наукових розробках вченого управління земельними ресурсами трактується як комплексна інституційна система, що охоплює процеси реєстрації та поширення інформації про власність на землю, вартісну оцінку та раціональне використання ґрунтового капіталу в ринкових умовах [1]. А. М. Третяком запропоновано теоретичні засади функціонального зонування територій за типами землекористування, а також розкрито передумови інституційного забезпечення реалізації екологічно-економічних складових сталого просторового розвитку. Н. А. Третяк доповнила ці концептуальні позиції, виокремивши управління земельними ресурсами як самостійну й основоположну економічну функцію держави та територіальних спільнот як суб'єктів земельної власності [2].

Дослідженню трансформації земельного менеджменту під впливом інформаційно-комунікаційних систем присвячено праці О. В. Гамової [3]. Науковицею ґрунтовно доведено, що запровадження електронних кадастрових порталів, супутникового моніторингу угідь та технології розподіленого реєстру (блокчейну) докорінно оптимізує адміністрування земельного фонду, мінімізує транзакційні витрати й виступає превентивним бар'єром проти проявів корупції у земельних відносинах. Систематизацію міжнародного досвіду та українських реалій цифровізації сфери земельних ресурсів здійснено П. Р. Пуцентейлом, Я. І. Костецьким та М. М. Бриком [4].

Питання побудови геопросторових баз даних як інструменту оптимізації землеустрою та консолідації фрагментованих земельних ділянок висвітлені в дослідженнях М. Малашевського, А. Тарнопольського та О. Малашевської [5]. Сучасний технологічний стек геоінформаційних систем і програмних комплексів у контексті муніципального землекористування детально висвітлено в роботах А. Кошеля та Д. Кошеля [6]. Прикладні аспекти цифрової трансформації кадастрової інформації на рівні сільських територіальних громад досліджували Є. Бутенко та І. Немченко [7], тоді як І. Томін акцентував увагу на специфіці інформатизації управління аграрними земельними активами в агробізнесі [8]. М. О. Білявський довів необхідність інтеграції

кадастрових даних, топографічних особливостей ландшафту та показників екологічного стану ділянок за допомогою ГІС для формування обґрунтованих управлінських рішень [9].

Фундаментальне значення для розвитку цифрового землеустрою мають роботи у сфері картографування ґрунтів і дистанційного моніторингу. Методологічні засади великомасштабного цифрового картування ґрунтового покриву України на основі багатозональних космічних знімків високої роздільної здатності та цифрових моделей рельєфу (DEM) сформулював С. Трускавецький [10]. Сучасні методи ґрунтового картографування та оптимізації системи точного землеробства викладені в дослідженнях Д. І. Бідолаха та В. І. Дині [11], а також у роботах В. А. Горбаня, О. В. Хмеленка, А. О. Гуслистого й О. Г. Тетюхи [12], присвячені аналізу спектральної відбивної здатності та моніторингу вмісту гумусу в чорноземах під впливом рослинного покриву. Імовірно-статистичні підходи до виявлення меж просторової неоднорідності агробіологічних параметрів орних земель математично формалізовано О. О. Броварцем [13].

Просторове планування як інтегральний важіль стійкого місцевого розвитку всебічно проаналізовано С. Бортником і Т. Лаврук, які довели, що лише взаємоузгоджене функціональне планування дозволяє досягти гармонізації між агропромисловими інтересами та збереженням екосистемних коридорів [14]. Практико-орієнтовані алгоритми розроблення та впровадження комплексних планів просторового розвитку сільських громад на основі просторових баз геоданих (GDB) та відкритих веб-стандартів висвітлені у дослідженнях Клюки О. М. [15] та співавторів, а також в матеріалах проєктів децентралізації [16].

У світовій науковій практиці взаємодія процесів цифрової трансформації села та зеленого зростання є предметом активних досліджень. Дослідники Ден Цз., Лі С., Чжан Н. (Deng J., Li X., Zhang N.) [17] на емпіричному рівні довели, що цифровізація сільських територій безпосередньо підвищує екологічну ефективність використання сільськогосподарських земель (Agricultural Land Green Utilization Efficiency — ALGUE), забезпечуючи скорочення непродуктивних викидів парникових газів, прецизійну адресність використання добрив та оптимізацію структури польових угідь. Дослідження експертів Світового банку та Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO) фокусуються на ролі стійкого управління земельними ресурсами (Sustainable Land Management — SLM) та цифрових технологій у подоланні бідності сільського населення, стримуванні деградації біорізноманіття й адаптації до кліматичних ризиків [18].

Екологічний вимір управління ґрунтовим капіталом, перш за все щодо збереження та накопичення органічного вуглецю ґрунту (Soil Organic Carbon — SOC), зменшення ерозійних втрат та впровадження ресурсозберігаючих практик (No-Till, сидерація, біомеліорація), детально обґрунтовано в рамках європейської дослідницької програми EJP SOIL [19], ініціативи щодо економіки деградації земель ELD [20], а також у науково-виробничих регламентах ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» (ДУ «Держґрунтоохорона») [20]. Питання екологічно безпечного відновлення деградованих та забруднених унаслідок військових дій ґрунтів на основі застосування гумінових комплексів, декарбонізації та самовідновлювальних процесів висвітлено агрохіміком С. Сальніковим та фахівцями у сфері пермакультури [21].

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ СТАТТЯ

Водночас у наявних наукових працях цифровізація та екологізація здебільшого розглядаються як паралельні напрями модернізації аграрного сектору. Залишається недостатньо формалізованою цілісна концептуальна парадигма, яка б розглядала цифрові системи не просто як комерційний інструмент оптимізації витрат агрохолдинґів, а як основу муніципальної політики сталого управління земельними ресурсами на базовому рівні сільської територіальної громади.

ФОРМУЛЮВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою статті є теоретико-методологічне обґрунтування та структурно-змістовна побудова цілісної парадигми сталого управління земельними ресурсами сільських територій на засадах конвергенції цифровізації та екологізації, орієнтованої на запобігання деградації ґрунтів, стимулювання низьковуглецевого просторового розвитку та підвищення інституційної спроможності територіальних громад.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Парадигма сталого розвитку сільського землекористування базується на подоланні фундаментального протиріччя між економічними цілями отримання врожаю та біосферними вимогами щодо самовідновлення ґрунтового покриву. Класична модель управління земельними ресурсами, орієнтована на концепцію необмеженої продуктивності хімізованого землеробства, призвела до екстерналізації екологічних витрат: зневоднення річкових басейнів, дегуміфікації орного шару та евтрофікації водойм тривалий час не відображалися у балансах сільськогосподарських підприємств і бюджетах територіальних громад.

Перехід до нової парадигми спирається на філософію коеволюції природних і соціотехнічних систем, концепцію досягнення нейтрального рівня деградації земель (Land Degradation Neutrality — LDN) та ключові положення Європейського зеленого курсу (European Green Deal). За такого підходу управління земельними ресурсами розглядається не просто як адміністрування прав власності чи перерозподіл земельних ділянок, а

як системне управління біогеохімічним і агроекологічним потенціалом простору сільської громади.

Конвергенція цифровізації та екологізації формує якісно нові можливості для подолання зазначених викликів. Цифровізація надає інструментальний апарат для швидкого збору, структурування, математичного аналізу та просторової візуалізації динамічних масивів даних про характеристики природного середовища. Екологізація, у свою чергу, формує вектор цілепокладання, визначаючи граничні нормативи техногенного втручання в біосферу, захищаючи природний ґрунтовий покрив від виснаження та встановлюючи критерії стійкості локальних агроєкосистем.

Синергія цих компонентів полягає в тому, що екологічні імперативи набувають інструментальної спроможності лише за наявності цифрових систем прецизійного вимірювання, моделювання та контролю. Натомість цифрові інструменти без чіткого екологічного цілепокладання ризикують перетворитися лише на механізм прискореного виснаження природних активів заради короткострокових фінансових дивідендів.

Зіставлення традиційної та пропонованої системи управління земельними ресурсами сільських територій наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика традиційної та цифрово-екологічної парадигми управління земельними ресурсами сільських територій

Параметр порівняння	Традиційна модель землекористування	Цифрово-екологічна парадигма сталого розвитку
Базова цільова орієнтація	Максимізація поточної рентабельності та врожайності на одиницю площі без урахування ерозійних втрат	Забезпечення стійкої продуктивності за умови розширеного відтворення ґрунтової родючості та генерації екосистемних послуг
Просторово-інформаційна основа	Статичні паперові планшети, рідкісні аналогові обстеження, розрізнені локальні архіви	Геопортали територіальних громад, мультиспектральні знімки супутників і БПЛА, бази просторових даних GDB
Діагностика якісного стану ґрунту	Усереднені показники бонітування ґрунтів минулих десятиліть за масивами угідь	Високоточне цифрове агрохімічне картування просторової неоднорідності ґрунтового покриву за десятками параметрів
Система обробітку ґрунту	Суцільна глибока полицева оранка, спалювання стерні, внесення усереднених норм мінеральних туків	Регенеративні ґрунтозахисні технології (No-Till, Strip-Till), технології змінних норм внесення добрив (VRT), сидерація
Методологія просторового планування	Фрагментарне відведення окремих ділянок поза контекстом водозбірного басейну чи ландшафту	Розробка комплексних планів просторового розвитку громад на векторній картографічній основі
Механізм екологічного нагляду	Епізодичні виїзні перевірки інспекцій із суб'єктивним чинником оцінки	Автоматизований супутниковий скринінг індексів вегетації, порушень сівозмін та фактів розорювання схилів

Джерело: розроблено автором за [16, 18, 22].

Аналітичне моделювання інтегрального еколого-економічного ефекту сталого управління земельними ресурсами сільської громади (*EELUE*) може бути формалізоване через цільову функцію максимізації чистої дисконтованої цінності функціонування земельного банку протягом розрахункового часового горизонту T :

$$EELUE = \int_0^T \left[\sum_{i=1}^n (Y_i(t) \cdot P_i(t) - C_i(t)) + E_{es}(t) - D_{env}(t) - I_{dig}(t) \right] e^{-rt} dt \rightarrow \max \quad (1)$$

де $Y_i(t)$ — фізичний обсяг вирощеної агропродукції i -го виду в період t ;

$P_i(t)$ — середня ринкова ціна реалізації одиниці i -го виду продукції;

$C_i(t)$ — виробничі витрати на вирощування відповідних культур на конкретних ґрунтових відмінах;

$E_{es}(t)$ — вартісний еквівалент продуктованих агроландшафтом екосистемних послуг (секвестрація вуглецю, захист біорізноманіття, фільтрація води);

$D_{env}(t)$ — економічна оцінка шкоди, завданої навколишньому середовищу (деградаційні втрати гумусу, змив орного шару зливовими водами, витрати на очищення замулених водойми);

$I_{dig}(t)$ — капітальні та поточні інвестиції у формування цифрової геопросторової інфраструктури громади;

r — соціальна норма дисконтування капіталу;

T — часовий горизонт планування розвитку сільської території.

Головним екологічним критерієм оптимізації виступає вимога збереження або накопичення органічного вуглецю у кореневмісному шарі ґрунту (*SOC*):

$$\Delta SOC(t) = SOC(t) - SOC(t-1) \geq 0 \quad (2)$$

Якщо під дією агресивних методів землекористування показник $\Delta SOC(t)$ стає від'ємним, екосистема переходить у режим чистої деградації, що у середньо- та довгостроковій перспективі призводить до падіння природного капіталу території, незалежно від поточних показників рентабельності рослинництва [20].

У процесі реформи децентралізації територіальні громади України отримали статус повноправних суб'єктів права комунальної власності на землю. Проте ефективне адміністрування земельними масивами площею в десятки тисяч гектарів неможливе за відсутності сучасного цифрового геоінформаційного середовища.

Сучасна цифрова інфраструктура управління земельними активами формується на стику Національної інфраструктури геопросторових даних (НІГД), Державного земельного кадастру (ДЗК), Державного реєстру речових прав на нерухоме майно та Державного аграрного реєстру (ДАР). Базовим просторовим інструментом територіальної громади став Комплексний план просторового розвитку території територіальної громади (КППРТГ), який законодавчо поєднує функціонал містобудівної документації на місцевому рівні та документації із землеустрою.

Комплексний план просторового розвитку виступає не статичним графічним кресленням, а багатовимірною базою геопросторових даних у форматах File Geodatabase (GDB) або GeoJSON. КППРТГ інтегрує десять окремих видів планувальної та землевпорядної документації, встановлюючи просторові режими землекористування для всієї території громади [16].

Цифрова архітектура геопросторового управління земельними ресурсами громади будується як трирівнева система збирання, аналізу та оперативного використання даних.

Перший рівень — це базовий шар геоданих, що охоплює високоточну єдину цифрову ортофотопланову основу (масштабу 1:10 000 для відкритих міжселищних територій та 1:2 000 для забудованих меж населених пунктів), цифрову модель рельєфу (Digital Elevation Model — DEM), актуальні межі адміністративно-територіальних утворень, межі сформованих кадастрових ділянок, а також мережу доріг, водних об'єктів та інженерних комунікацій.

Другий рівень — тематичні просторові шари, що включають просторову диференціацію ґрунтових відмін, класифікацію схилів земель за крутизною та експозицією, межі водоохоронних зон, прибережних захисних смуг річок і водойм, мережу поєднаних лісосмуг, об'єкти природно-заповідного фонду, історико-культурні ареали та території формування екологічних коридорів.

Третій рівень — оперативні динамічні дані, що оновлюються на регулярній основі за допомогою засобів дистанційного зондування Землі (супутники сімейства Sentinel-2, Landsat-8/9, надвисокоточні комерційні сенсори PlanetScope), зйомки з безпілотних літальних апаратів (БПЛА), а також матеріалів регулярного агрохімічного моніторингу та IoT-сенсорів.

Інтеграція зазначених рівнів реалізується в єдиній муніципальній геоінформаційній системі (Web-GIS), функціонування якої забезпечує взаємодію між центральними державними кадастровими реєстрами та щоденними потребами громади. Через захищені програмні інтерфейси (API) система здійснює автоматизовану синхронізацію відомостей про правовий статус ділянок, ставки орендної плати та наявні обтяження.

Поєднання просторових шарів комплексної землевпорядної моделі КППРТГ із даними супутникового спектрального сканування формує систему підтримки прийняття управлінських рішень (Decision Support System — DSS). Такий комплексний геоінформаційний механізм дозволяє муніципалітету в напівавтоматичному режимі виявляти фактори нецільового використання земель, ідентифікувати випадки самовільного захвату територій комунальної власності, відслідковувати розорювання заліснених балок чи прибережних смуг, а також здійснювати точний розрахунок бази оподаткування для наповнення місцевого бюджету [3].

Класифікація цифрових інструментів та їхня роль у процесах сталого землекористування сільських територій наведені в таблиці 2.

Екологізація системи управління земельними ресурсами сільських територій визначається необхідністю збереження та розширеного відтворення біопродуктивного шару ґрунту, який є незамінним природним капіталом. В умовах наростаючої аридності та температурних аномалій здатність агроландшафтів протистояти кліматичним стресам майже лінійно залежить від вмісту органічного вуглецю в ґрунті (*SOC*). Органічна речовина ґрунту не тільки виступає джерелом поживних елементів для рослин, а й обумовлює агрегатну стабільність ґрунтових часток, водопроникність, пористість та вологоутримуючу здатність орного горизонту.

Динаміку запасів органічного вуглецю в кореневмісному шарі ґрунту описує класичне диференціальне рівняння балансу органічної речовини:

$$\frac{d(SOC)}{dt} = h \cdot C_{input} - k \cdot SOC \quad (3)$$

де C_{input} — сумарне щорічне надходження органічного вуглецю в ґрунт із післязливними кореневими та стебловими рештками, сидератами, листовим опадом та органічними добривами;

h — коефіцієнт гуміфікації, що визначає частку біомаси, яка трансформується у стійкі гумусові сполуки специфічної будови;

k — коефіцієнт мінералізації гумусу, значення якого залежить від інтенсивності механічного обробітку, аерації, температурного режиму та ступеня зволоженості ґрунтового горизонту [19].

Традиційні підходи до обробітку ґрунту, засновані на щорічній глибокій оранці з обертанням скиби, багаторазово підвищують значення коефіцієнта k , насичуючи орний шар киснем та викликаючи спалах мікробіологічного окислення стійких гумусових сполук. Результатом є швидка дегуміфікація чорноземів, коли за останні 50–70 років вміст гумусу в українських ґрунтах знизився в середньому з 4,0–4,5 % до 2,7–3,2 %. Натомість нова парадигма вимагає широкомасштабного впровадження систем мінімального (Mini-Till),

нульового (No-Till) та смугового (Strip-Till) ґрунтозахисного обробітку. Збереження поживних решток на поверхні поля у вигляді мульчі знижує перегрів ґрунту у літній період на 6–14 °С, практично усуває дефляційні явища та зменшує втрати вологи через фізичне випаровування.

Таблиця 2

Класифікація та прикладне значення цифрових інструментів у системі сталого землекористування сільських громад

Цифровий інструмент	Платформи та апаратні засоби	Технічні характеристики	Прикладне значення для землевпорядку-вання громади	Очікуваний екологічний ефект
Мульти-спектральний супутниковий моніторинг	Європейська космічна агенція (Sentinel-2), NASA (Landsat-8/9)	Просторова роздільність 10–30 м, періодичність зйомки 3–5 днів, спектральні діапазони VNIR-SWIR	Ідентифікація структури посівів, контроль дотримання просторових сівозмін, моніторинг забур'яненості	Попередження монокультурного виснаження родючого шару, виявлення пожеж на стерні та перелогах
Радіолока-ційне зондування (SAR)	Супутникові місії Sentinel-1 (C-band)	Всепогодне сканування, роздільність 10–20 м, висока чутливість до діелектричної проникності	Розрахунок показників поверхневої вологості ґрунту, моніторинг деформацій рельєфу та підтоплення	Запобігання виходу важкої техніки на перезволожений ґрунт, уникнення критичного переущільнення
Аерофото-зйомка з БПЛА та LiDAR	Дрони літакового та мультироторного типу (RTK/PPK), лідарні сканери	Надвисока просторова роздільність до 2–5 см/піксель, щільність лідарних точок >30 т/м²	Створення цифрових матриць рельєфу (ЦМР), виявлення ерозійних промоїн, інвентаризація лісосмуг	Прецизійне планування протирозійних рубежів, залуження водотоків, відновлення захисних насаджень
Цифрове агрохімічне картування	Мобільні пробовідбирачі з GPS-контролем, спектрометричні лабораторії ДУ «Держґрунтоохорона»	Сітка відбору проб 1–5 га, оцінка понад 70 агрофізичних і хімічних параметрів	Побудова цифрових карт розподілу N, P, K, pH та вмісту гумусу для систем точного землеробства	Зниження надлишкового локального внесення добрив на 20–30%, зниження нітратного навантаження на води
Муніципальні геопортали та Web-GIS	Хмарні платформи (ArcGIS Enterprise, QGIS Server), відкриті бібліотеки Leaflet, OpenLayers	Веб-доступ на основі ролей, відкриті стандарти OGC (WMS, WFS), формати GDB та GeoJSON	Публічний доступ до КППРТГ, електронний облік договорів оренди, автоматизація нарахування земельного податку	Виключення тіньового використання земель, прозоре формування мережі екологічного відновлення ландшафтів

Джерело: розроблено автором за [11, 18].

Невід'ємним екологічним складником сучасного землеустрою виступає адаптивно-ландшафтна та контурно-меліоративна організація території сільських громад. Просторова неоднорідність рельєфу диктує необхідність диференціації режимів використання земель за крутизною схилів:

- на рівнинних і пологохвилястих плакорах із крутизною до 1° дозволяється високоінтенсивне рослинництво з обов'язковим забезпеченням бездефіцитного балансу гумусу та макроелементів;
- на схилах крутизною від 1 до 3° обробіток ґрунту, сімба та догляд за рослинами мають вестися виключно вздовж горизонталей місцевості (контурне землеробство), з обов'язковим чергуванням культур суцільної сівки та просапних;
- на схилах крутизною 3–5° орні землі підлягають виведенню зі стандартних сівозмін та переведенню в ґрунтозахисні зернотрав'яні або кормові сівозміни з часткою багаторічних трав не менше 50–70 %;
- схили понад 5–7°, тальвеги балок, яружні мережі та прируслові смуги підлягають обов'язковій консервації шляхом залуження або заліснення місцевими видами деревно-чагарникової рослинності [11].

Окремим пріоритетним викликом нової парадигми управління є подолання наслідків масштабної воєнної деградації агроландшафтів. Механічні пошкодження від фортифікаційного облаштування та вибухів десятків тисяч артилерійських снарядів і ракет зруйнували природний ґрунтовий профіль, перемішавши гумусовий горизонт із підстилаючими малородючими суглинками.

Хімічна деструкція супроводжується локальним токсичним забрудненням важкими металами (кадмій, нікель, свинець, мідь) та контамінацією токсичними залишками вибухових речовин, які розкладаються протягом десятиліть і здатні мігрувати у підземні води або поглинатися кореневими системами сільськогосподарських рослин.

Відновлення таких земель вимагає комплексної еколого-цифрової реабілітації:

- застосування високоточних супутникових знімків і БПЛА для автоматичного картографування зон воронок, пожеж і фортифікаційних споруд;
- проведення детального польового агрохімічного та радіологічного обстеження з визначенням глибини та ареалу забруднення небезпечними речовинами за методиками спеціалізованих лабораторій;
- проведення інженерної та біологічної рекультивації, яка включає засипання воронок з укладанням

родючого шару, внесення високих доз органічних сполук, гуматів та фульвокислот для активації мікробіологічного зв'язування поллютантів, а також кількарічний висів фіторе mediaційних рослин (буркун, гірчиця, міскантус, коноплі технічні), які здатні екстрагувати залишки токсинів або переводити важкі метали у водонерозчинні форми.

Імплементація пропонованої парадигми вимагає системної перебудови фінансово-економічних та правових стимулів землекористування на муніципальному рівні. Нинішнє адміністрування плати за землю (земельного податку та орендної плати) спирається на нормативну грошову оцінку (НГО), яка є статичною та не враховує реальних змін ґрунтової родючості. За такої системи орендар не несе матеріальної відповідальності за поступове спрацювання природного капіталу землі й позбавлений мотивації вкладати кошти у довгострокові ґрунтозахисні заходи.

Еколого-орієнтований організаційно-економічний механізм управління земельними ресурсами громади передбачає впровадження чотирьох взаємопов'язаних інструментів:

1. *Динамічне екологічне коригування ставок плати за землю.* Ставка орендної плати за земельні ділянки комунальної власності має мультиплікуватися на цифровий коефіцієнт стану ґрунту (k_e), що розраховується за матеріалами періодичного цифрового агрохімічного паспортування ділянки (один раз на 3–5 років). Якщо за результатами агрохімічного аудиту зафіксовано приріст вмісту гумусу ($SOC \uparrow$) та збереження структури ґрунту, для орендаря автоматично застосовується знижувальний коефіцієнт орендної ставки (екологічний бонус). У разі фіксації падіння показників гумусу, проявів водної ерозії внаслідок розорювання вздовж схилу або забруднення ґрунту пестицидами застосовується підвищувальний коефіцієнт разом із обов'язковим приписом на реалізацію протиерозійних заходів.

2. *Вуглецеве фермерство (Carbon Farming) та сертифікація карбонових кредитів.* Застосування ґрунтозахисних безвідвальних технологій обробітку, використання покривних культур та оптимізація сівозмін дозволяють перетворити орні землі громади на поглиначі вуглецю. Обсяг щорічного депонування вуглецю в ґрунті може досягати від 0,5 до 1,5–2,0 т С/га на рік залежно від природно-кліматичної зони. Сільська територіальна громада через власний геопортал здатна сформувані інтегрований пул земель (зокрема пасовищ, залужених балок, угідь фермерських господарств), верифікувати обсяги додаткового поглинання вуглецю через міжнародні стандарти сертифікації (наприклад, Gold Standard чи Verra) та вивести верифіковані вуглецеві кредити (Carbon Credits) на добровільний вуглецевий ринок. Отримані фінансові ресурси стають джерелом наповнення спеціальних місцевих фондів відновлення довкілля.

3. *Платежі за екосистемні послуги (Payments for Ecosystem Services — PES).* Органам місцевого самоврядування необхідно законодавчо надати право впроваджувати локальні компенсаційні механізми для землекористувачів. Фермери, які добровільно консервують малопродуктивні та еродовані схили, відновлюють полезахисні лісосмуги, створюють буферні смуги для збереження бджіл і запилювачів уздовж посівів або утримують водно-болотні угіддя, повинні отримувати прямі виплати з місцевого бюджету або суттєві податкові пільги за рахунок коштів, отриманих громадою від екологічного податку та карбонових програм.

Інтеграція геоінформаційної системи громади з технологією розподіленого реєстру (Blockchain) дозволяє перевести типові договори оренди земель у форму самовиконуваних смарт-контрактів. Обмеження землекористування (наприклад, заборона посіву соняшнику або ріпаку частіше одного разу на 4 роки на одному полі, збереження 50-метрової прибережної захисної смуги) фіксуються в коді контракту. Автоматизовані алгоритми аналізу супутникових знімків у разі виявлення порушень надсилають сповіщення до системи, яка автоматично нараховує штрафні санкції або ініціює процедуру розірвання договору оренди через систематичне порушення природоохоронних умов.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Узагальнення теоретичних засад, міжнародного досвіду та українських реалій управління земельними ресурсами сільських територій дозволяє дійти таких висновків:

1. Доведено, що цифровізація та екологізація є двома взаємозалежними сторонами єдиної парадигми сталого розвитку просторових систем сільських територій. Цифровізація формує технологічний каркас для високоточного, прозорого та об'єктивного моніторингу природних ресурсів громади, а екологізація визначає якісні цілі просторового планування, спрямовані на запобігання деградації ґрунтів і мінімізацію негативного антропогенного навантаження.

2. Комплексний план просторового розвитку території територіальної громади (КППРТГ) у форматі структурованих просторових баз геоданих (GDB/GeoJSON) є базовим інструментом нової парадигми. Він гармонізує містобудівні потреби розселення з агроекологічним захистом ландшафтів, дозволяючи громадам встановити науково обґрунтоване функціональне зонування території та створити захищені екологічні коридори.

3. Ключовим екологічним орієнтиром сталого землекористування визначено підтримку позитивного або бездефіцитного балансу органічного вуглецю в ґрунті (). Застосування ґрунтозахисних безвідвальних систем обробітку (No-Till, Strip-Till), сидерації та контурно-меліоративної організації схилів

земель не лише захищає ґрунти від ерозії та підвищує їхню вологоємність, а й перетворює аграрний сектор громади на інструмент декарбонізації.

4. Відновлення порушених наслідком військових дій земельних угідь України вимагає створення спеціалізованої еколого-цифрової системи управління. Вона передбачає супутниковий та безпілотний аудит вирв і фортифікацій, картографування ареалів токсичного забруднення та проведення комбінованої інженерно-біологічної рекультиваци з широким використанням гумінових препаратів і фіторе mediaційних культур.

5. Практичне впровадження парадигми потребує переходу від статичної фінансової моделі до стимулюючого земельного адміністрування. Запровадження динамічної орендної плати залежно від динаміки якості ґрунту (k_e), розвиток ринку місцевих карбонових кредитів, фінансування платежів за екосистемні послуги та автоматизація земельного контролю на базі блокчейн-технологій і смарт-контрактів забезпечать збалансоване поєднання інтересів територіальних громад, приватного агробізнесу та довгострокових екологічних імперативів суспільства.

Література

1. Третяк А.М. Землеустрій в Україні: теорія, методологія: монографія. — Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2013. 488 с.
2. Третяк Н. А. Управління земельними ресурсами - основоположна і самостійна економічна функція держави як власника землі. Актуальні проблеми економіки. 2013. № 9(147).
3. Гамова О. Цифровізація управління земельними ресурсами: перспективи для аграрного сектору України. Фінансові стратегії інноваційного розвитку економіки. 2025. № 4 (68), С. 36-40. DOI: <https://doi.org/10.26661/2414-0287-2025-4-68-06>
4. Пуценгейло П. Р., Костецький Я. І., Брик М. М. Цифровізація управління земельними ресурсами: світовий досвід та вітчизняні реалії. Інноваційна економіка. 2022. № 4 [92]. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2022.4.3>
5. Малашевський М. А., Тарнопольський А. В., Малашевська О. А. Застосування бази геопросторових даних для завдань консолідації земель в Україні. Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. 2021. № 2. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2021.02.09>
6. Кошель А. О., Кошель Д. О. Сучасні цифрові технології у системах управління земельними ресурсами. Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. 2024. № 4. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.04.09>
7. Бутенко Є. В., Немченко І. М. Цифровізація інформації про земельні ділянки: проблеми і перспективи для територіальних громад. Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. 2022. № 1. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.10>
8. Томін І. О. Цифровізація та управління земельними ресурсами у сільському господарстві. Матеріали до 81-ї звітної студентської наукової конференції ОНУ імені І. І. Мечникова. Секція «Гідрометеорологія і екологія». (Одеса, 23–25 квіт. 2025 р.). Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2025. С. 54–56. URL: <https://dspace.onu.edu.ua/handle/123456789/41919>
9. Білявський М. О. Розробка методики цифрового моделювання землекористувань та землеволодінь громади. Український журнал прикладної економіки та техніки. 2025. Том 10, № 1. С. 133–139. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-1-22>
10. Truskavetsky S. The Digital Mapping of Ukrainian Soils on the Base of High Resolution Space Images. 2015. DOI: <https://doi.org/10.17265/2332-8223/2015.04.006>
11. Bidolakh D. I., Dynia V. I. Картографування ґрунтів як один із засобів оптимізації точного землеробства. Journal of Agrobioengineering. Том 24 № 97. С. 181–190. DOI: <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9731>
12. Горбань В. А., Хмеленко О. В., Гуслистий А. О., Тетюха О. Г. Картографування ґрунтів як один із засобів оптимізації точного землеробства. Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія: Сільськогосподарські науки. 2022. Том 24 № 97. С. 25-37. DOI: <https://doi.org/10.15421/441903>
13. Зацерковний В., Ворох В., Глоба О., Мірончук Т., Сюйва І. Агрохімічний аналіз ґрунтів у технологіях прецизійного землеробства на прикладі Чернігівської області. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. 2025. Том 1, № 108. С. 85-93. DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2713.108.12>
14. Бортник С. Ю., Лаврук Т. М., Олещенко А. В., Тимуляк Л. М. Просторове та ландшафтне планування: навчальний посібник. / Електронне видання, третє, оновлене та доповнене. Київ, 2022, 155 с. URL: <https://library.megu.edu.ua:9443/jspui/handle/123456789/4056>
15. Клюка О. М., Бахарев В. С., Гальченко Н. П., Шелковська І. М., М. А. Васильєв. Методичні підходи щодо розроблення комплексного плану просторового розвитку території територіальної громади. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. 2024. Вип. 208. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.208.2024.308224>
16. Комплексні плани просторового розвитку: порядок розроблення, зміст, необхідність. Практичний посібник для об'єднаних територіальних громад. <https://uma.od.gov.ua/wp-content/uploads/2023/08/kppr.pdf>
17. Deng J.; Li X.; Zhang N. The impact of digital rural construction on rural revitalization-empirical evidence from Chinese county panel data. Agriculture. 2024. No. 14, 1903. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14111903>
18. Sustainable Land Management : Challenges, Opportunities, and Trade-offs. Agriculture and Rural Development. World Bank. 2006. URL: <http://hdl.handle.net/10986/7132>
19. Sustainable Land Management. URL: <https://ejpsol.eu/sustainable-land-management/>
20. The economics of soil organic carbon. URL: https://www.eld-initiative.org/fileadmin/ELD_Filter_Tool/Case_Study_Kenya_2024/Kenya_Soil-Organic-Carbon_2025_report_EN.pdf
21. Екологічно дружнє розмінування: чи існує воно та як відновити забруднені ґрунти. URL:

<https://nakypilo.ua/teksty/ekolohichno-druzhnie-rozminuvannia-chy-isnuie-vono-ta-yak-vidnovyty-zabrudneni-grunty/>

22. Полтавець А. Теоретичні основи управління земельними ресурсами в системі менеджменту ресурсного потенціалу аграрного підприємства. Modeling the development of the economic systems. 2022. № 2, С. 189–194. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2022-4-25>

References

1. Tretiak, A. M. (2013) *Zemleustrii v Ukraini: teoriia, metodolohiia* [Land management in Ukraine: theory, methodology]. Monograph. Kherson: OLDI-PLIUS [in Ukrainian].
2. Tretiak, N. A. (2013) Upravlinnia zemelnymy resursamy - osnovopolozhna i samostijna ekonomichna funktsiia derzhavy yak vlasnyka zemli [Land resource management - a fundamental and independent economic function of the state as a landowner], *Aktualni problemy ekonomiky*, no. 9 (147), pp. 210–218 [in Ukrainian].
3. Hamova, O. (2025) Tsyfrovizatsiia upravlinnia zemelnymy resursamy: perspektvyv dlia aharnoho sektoru Ukrainy [Digitalization of land resource management: prospects for the agricultural sector of Ukraine], *Finansovi stratehii innovatsiinoho rozvytku ekonomiky*, no. 4 (68), pp. 36–40. <https://doi.org/10.26661/2414-0287-2025-4-68-06> [in Ukrainian].
4. Putsenteilo, P. R., Kostetskyi, Ya. I. and Bryk, M. M. (2022) Tsyfrovizatsiia upravlinnia zemelnymy resursamy: svitovi dosvid ta vitchyzniani realii [Digitalization of land management: world experience and domestic realities], *Innovatsiina ekonomika*, no. 4 [92], pp. 21–28. <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2022.4.3> [in Ukrainian].
5. Malashevskiy, M. A., Tarnopolskyi, A. V. and Malashevskaya, O. A. (2021) Zastosuvannia bazy heoprosorovykh danykh dlia zavdan konsolidatsii zemel v Ukraini [Application of geospatial database for land consolidation tasks in Ukraine], *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, no. 2. <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2021.02.09> [in Ukrainian].
6. Koshel, A. O. and Koshel, D. O. (2024) Suchasni tsyfrovi tekhnolohii u systemakh upravlinnia zemelnymy resursamy [Modern digital technologies in land management systems], *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, no. 4. <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.04.09> [in Ukrainian].
7. Butenko, Ye. V. and Nemchenko, I. M. (2022) Tsyfrovizatsiia informatsii pro zemelni dilianky: mekhanizmy i perspektvyv dlia terytorialnykh hromad [Digitalization of information on land plots: mechanisms and prospects for territorial communities], *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, no. 1. <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.10> [in Ukrainian].
8. Tomin, I. O. (2025) Tsyfrovizatsiia ta upravlinnia zemelnymy resursamy u silskomu hospodarstvi [Digitalization and land management in agriculture], in *Materialy do 81-i zvitnoi studentskoi naukovo konferentsii ONU imeni I. I. Mechnykova. Sektsiia "Hidrometeorolohiia i ekolohiia"* [Proceedings of the 81st Student Scientific Conference of Odesa I. I. Mechnikov National University], April 23–25, 2025. Odesa: Odesa I. I. Mechnikov National University, pp. 54–56. Available at: <https://dspace.onu.edu.ua/handle/123456789/41919> [in Ukrainian].
9. Biliavskiy, M. O. (2025) Rozrobka metodyky tsyfrovoho modeliuvannia zemlekorystuvan ta zemlevolodin hromady [Development of a methodology for digital modeling of land use and land ownership of a community], *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky ta tekhniky*, vol. 10, no. 1, pp. 133–139. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-1-22> [in Ukrainian].
10. Truskavetsky, S. (2015) The Digital Mapping of Ukrainian Soils on the Base of High Resolution Space Images, *Journal of Agricultural Science and Technology A*, vol. 5, no. 4, pp. 280–288. <https://doi.org/10.17265/2332-8223/2015.04.006>
11. Bidolakh, D. I. and Dynia, V. I. (2022) Kartohrafuvannia hruntiv yak odyn iz zasobiv optymizatsii tochnoho zemlerobstva [Soil mapping as a means of precision agriculture optimization], *Journal of Agrobioengineering*, vol. 24, no. 97, pp. 181–190. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-a9731> [in Ukrainian].
12. Horban, V. A., Khmelenko, O. V., Huslysty, A. O. and Tetiukha, O. H. (2022) Kartohrafuvannia hruntiv yak odyn iz zasobiv optymizatsii tochnoho zemlerobstva [Soil mapping as a means of precision agriculture optimization], *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Agricultural Sciences*, vol. 24, no. 97, pp. 25–37. <https://doi.org/10.15421/441903> [in Ukrainian].
13. Zatserkovnyi, V., Vorokh, V., Hloba, O., Mironchuk, T. and Siuiva, I. (2025) Ahrokhimichniy analiz hruntiv u tekhnolohiakh pretsysiinoho zemlerobstva na prykladi Chernihivskoi oblasti [Agrochemical soil analysis in precision farming technologies on the example of Chernihiv region], *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiia*, vol. 1, no. 108, pp. 85–93. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.108.12> [in Ukrainian].
14. Bortnyk, S. Yu., Lavruk, T. M., Oleschenko, A. V. and Tymuliak, L. M. (2022) *Prostorove ta landshafne planuvannia* [Spatial and landscape planning]. 3rd edn. Study guide. Kyiv. Available at: <https://library.megu.edu.ua:9443/jspui/handle/123456789/4056> [in Ukrainian].
15. Kliuka, O. M., Bakharev, V. S., Halchenko, N. P., Shelkovska, I. M. and Vasyliiev, M. A. (2024) Metodychni pidkhody shchodo rozroblennia kompleksnoho planu prostorovoho rozvytku terytorii terytorialnoi hromady [Methodological approaches to developing a comprehensive spatial development plan for territorial community], *Zbirnyk naukovykh prats UkrDUZT*, issue 208. <https://doi.org/10.18664/1994-7852.208.2024.308224> [in Ukrainian].
16. Ukrainian Spatial Management Association (2023) *Kompleksni plany prostorovoho rozvytku: poriadok rozroblennia, zmist, neobkhdnist* [Comprehensive spatial development plans: procedure for preparation, content, necessity]. Practical handbook for territorial communities. Odesa: UMA. Available at: <https://uma.od.gov.ua/wp-content/uploads/2023/08/kppr.pdf> [in Ukrainian].
17. Deng, J., Li, X. and Zhang, N. (2024) The impact of digital rural construction on rural revitalization-empirical evidence from Chinese county panel data, *Agriculture*, vol. 14, no. 11, art. 1903. <https://doi.org/10.3390/agriculture14111903>
18. World Bank (2006) *Sustainable Land Management: Challenges, Opportunities, and Trade-offs*. Agriculture and Rural Development. Washington, DC: World Bank Group. Available at: <http://hdl.handle.net/10986/7132>
19. EJP SOIL (2024) *Sustainable Land Management*. European Joint Programme on Agricultural Soil Management. Available at: <https://ejpsol.eu/sustainable-land-management/>
20. ELD Initiative (2025) *The economics of soil organic carbon*. Economics of Land Degradation Initiative. Available at: https://www.eld-initiative.org/fileadmin/ELD_Filter_Tool/Case_Study_Kenya_2024/Kenya_Soil-Organic-Carbon_2025_report_EN.pdf
21. Nakypilo (2024) *Ekolohichno druzhnie rozminuvannia: chy isnuie vono ta yak vidnovyty zabrudneni khrunty* [Environmentally friendly demining: does it exist and how to restore contaminated soils]. Available at: <https://nakypilo.ua/teksty/ekolohichno-druzhnie-rozminuvannia-chy-isnuie-vono-ta-yak-vidnovyty-zabrudneni-grunty/> [in Ukrainian].
22. Poltavets, A. (2022) Teoretychni osnovy upravlinnia zemelnymy resursamy v systemi menedzhmentu resursnoho potentsialu aharnoho pidpriiemstva [Theoretical foundations of land management in the management system of resource potential of an agricultural enterprise], *Modeling the Development of the Economic Systems*, no. 2, pp. 189–194. <https://doi.org/10.31891/mdes/2022-4-25> [in Ukrainian].