

ЗЕМЛЕУСТРІЙ, КАДАСТР І МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ науково-виробничий журнал

№3 (2026)

щоквартальник

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)

ДО УВАГИ АВТОРІВ!

Вимоги до розміщення статті в журналі та на сайті журналу:

- назва статті;
- ім'я та прізвище автора (авторів);
- анотація від 150 слів;
- чітка постановка проблеми;
- стислі, але зрозуміло викладені результати інших дослідників;
- мета дослідження;
- матеріали і методи дослідження;
- виклад дослідження;
- чітко сформульовані та виділені головні думки;
- акцентоване подання наукової новизни, нового знання;
- висновки наприкінці статті (про досягнуті результати, користь від них та про подальші розробки).

Стаття має бути представлена із повною англійською версією зі збереженням змісту, структури та основних наукових положень українськомовного оригіналу. Англійська версія подається до редакції окремим файлом для розміщення на вебсайті журналу.

Обов'язковим є список використаних джерел наприкінці статті (праці не лише вітчизняних, а й зарубіжних авторів). Посилання на інших дослідників та на ту чи іншу працю мають позначатися в тексті у квадратних дужках порядковим номером цієї праці за списком використаних джерел.

Рекомендований обсяг статті – 16-28 тис. знаків, шрифти найпоширенішого типу, текстовий шрифт та шрифт формул повинні бути різними. Формули чіткі, із загальноприйнятим використанням символів. Таблиці компактні, з назвою та нумерацією. Ілюстративні матеріали повинні бути якісними, придатними для сканування.

Додатково надсилають: інформацію про автора (авторів): ім'я, прізвище, вчене звання, науковий ступінь, посада – усе це українською та англійською мовами (додатково: адреса з поштовим індексом, телефон); заяву з підписами авторів про те, що надіслану статтю не було надруковано і не подано до інших видань. Багато також супроводити матеріали рекомендаціями до друку науковців та фахівців у даній галузі.

Категорично не приймаються описові статті (сукупність загальновідомих характеристик та оцінок об'єкта дослідження або сукупність запозичених характеристик і тез).

Редакція залишає за собою право на скорочення, незначне редагування та виправлення статті (зі збереженням головних висновків та стилю автора).

Журнал включений до категорії «Б» Переліку наукових фахових видань України (наказ Міністерства освіти і науки України № 928 від 11.06.2026). Кластер: Промислові і будівельні технології, логістика, транспорт. Спеціальності: G17 Архітектура та містобудування, G18 Геодезія та землеустрій, G19 Будівництво та цивільна інженерія.

Журнал включений та індексується в наступних міжнародних бібліографічних базах даних: DOAJ, Index Copernicus, Ulrichsweb, CrossRef, ResearchBib, EBSCO Publishing, AGRIS, EuroPub, DRJI, PBN, JournalTOCs, WorldCat, Google Scholar, MIAR, BASE, EZB, SIS.

Державна реєстрація: ідентифікатор медіа R30-02300. Рішення Національної Ради України з питань телебачення і радіомовлення від 21.12.2023 р. № 1795, протокол № 31.

Засновники: Національний університет біоресурсів і природокористування України та Інститут землекористування НААН.

Рекомендовано до друку вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 1 від 26 серпня 2026 року).

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

Дорош Йосип, д. е. н., проф., акад. НААН України.

ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА:

Купріянич Ірина, д. екон. н., проф. (G17 Архітектура та містобудування);

Дорош Ольга, д. екон. н., проф. (G18 Геодезія та землеустрій);

Опенько Іван, д. екон. н., доц. (G19 Будівництво та цивільна інженерія).

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

Бутенко Євген, к. е. н., доц.

ЧЛЕНИ КОЛЕГІЇ

Гебрин-Байди Лілія, канд. техн. н., наук. співробітник (Велика Британія)

Завалінська Катажина, д. габ., проф. (Польща)

Ібатуллін Шаміль, д. екон. н., проф., акад. НААН України

Кемпа Ольгерд, д. інж. н., доц. (Польща)

Ковалишин Олександра, д. екон. н., проф.

Кохан Світлана, д. техн. н., проф.

Крупін Віталій, канд. екон. н., асист. проф. (Польща)

Купріянич Ірина, д. екон. н., проф.

Мартин Андрій, д. екон. н., проф., чл.-кор. НААН України

Онер Четін, д. н., проф. (Туреччина)

Палеха Юрій, д. геогр. н., проф.

Сакаль Оксана, д. екон. н., ст. наук. співроб.

Скрипник Лілія, д. філос., доц.

Станни Моніка, д. габ., проф. (Польща)

Ступень Роман, д. екон. н., проф.

Третяк Антон, д. екон. н., проф., чл.-кор. НААН України

Цибульська Юлія, канд. екон. н., асист. проф. (Польща)

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ

Видавець НУБІП України,

вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041.

Свід. ДК № 4097 від 17.06.2011.

МАКЕТ, ВЕРСТКА ТА ДРУК

Підписано до друку 30.09.26 року.

Формат 70х100/16 Умовн. друк. арк.: 19,8

Папір офсетний. Друк цифровий.

Гарнітура Times New Roman.

Наклад 100 прим. Зам. №260552

При передруку постання на «Землеустрій, кадастр і моніторинг земель» обов'язкове. Відповідальність за достовірність інформації несуть автори. Редакція журналу «Землеустрій, кадастр і моніторинг земель» залишає за собою право на незначне скорочення та літературне редагування авторських матеріалів зі збереженням стилю автора і головних висновків.

ЗМІСТ

G18 ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ. УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ

Й. М. Дорош, Ш. І. Ібатуллін, О. С. Дорош, А. В. Тарнопольський ЗЕМЛЕУСТРІЙ НА ШЛЯХУ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ: ДО ОБҐРУНТУВАННЯ НОВОЇ НАУКОВОЇ ПАРАДИГМИ БЕЗ ВТРАТИ ВІТЧИЗНЯНОЇ САМОБУТНОСТІ	6
А. М. Третяк, В. М. Третяк, І. П. Купріянич, Є. В. Бутенко, В. В. Литвин УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ - ФУНДАМЕНТАЛЬНА НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА ЗЕМЛЕВПОРЯДНИКІВ	23
Л. А. Гунько, А. Г. Мартин, І. Г. Колганова, О. В. Захаренко УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ РОБІТ ІЗ ЗЕМЛЕУСТРОЮ: СУТНІСТЬ, ІНСТРУМЕНТИ, МЕТРИКИ	35
Д. О. Кошель, А. О. Кошель ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ В УКРАЇНІ: ВІД ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ	56
В. Г. Парахненко, Ю. О. Кисельов, І. О. Удовенко ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ЗЕМЛЕУСТРОЮ І КАДАСТРОВИХ РОБІТ В КИРОВОГРАДСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	67
Р. А. Харитоненко, Н. В. Комарова, В. А. Салюта, Л. Р. Скрипник, Н. Ф. Іщенко НАУКОВІ ЗАСАДИ ІНСТИТУЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ПРОСТОРОВОГО ПЛАНУВАННЯ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ НА МІСЦЕВОМУ РІВНІ.....	80

G18 ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ. ЕКОНОМІКА ТА ЕКОЛОГІЯ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

А. Г. Мартин, Н. В. Мединська, О. В. Тихенко, О. М. Цвях, О. А. Коваленко ПЕРСПЕКТИВИ ЗАПРОВАДЖЕННЯ УНІФІКОВАНОГО ІДЕНТИФІКАТОРА ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОГО МАЙНА В УКРАЇНІ	92
О. В. Шевченко, Т. О. Євсюков, О. В. Соваков ЛІСОМЕЛІОРАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ КЛІМАТИЧНОЇ АДАПТАЦІЇ АГРОЛАНДШАФТІВ.....	111
М. Г. Сербов, А. В. Чугай, П. С. Нікітін РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ У КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ АСПЕКТІВ ЗЕМЛЕУСТРОЮ.....	127
А. Й. Дорош, О. М. Свиридов ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГО- ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ У ВИКОРИСТАННІ ОРНИХ ЗЕМЕЛЬ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ.....	140

G17 АРХІТЕКТУРА ТА МІСТОБУДУВАННЯ. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ГЕОСИСТЕМ

Б. Б. Заячківська, Р. П. Паламарчук, О. М. Грищенко, М. В. Заводяна, О. О. Мельничук СТАНДАРТИЗАЦІЯ КОЛІРНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ГЕОДАНИХ АГРОХІМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ҐРУНТІВ У СЕРЕДОВИЩІ ГІС.....	159
---	-----

В. А. Фоменко, В. Г. Парахненко
ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА GIS-ТЕХНОЛОГІЙ У ГЕОДЕЗІЇ..... 172

М. В. Бігун, Л. Л. Поляковська
ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЛАНУВАННЯ ТА ОБЛІКУ
ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У ГРОМАДАХ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ 183

**G19 БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ. ТОПОГРАФО-
ГЕОДЕЗИЧНЕ І КАРТОГРАФІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ**

Н. А. Колеснік, В. О. Петренко
ЦИФРОВИЙ РОБОЧИЙ ПРОЦЕС ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ ПРИРОДНО-
ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ НА ПРИКЛАДІ КАРПАТСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО
ПРИРОДНОГО ПАРКУ 198

В. А. Богданець, С. М. Бережняк, Д. Ю. Бровко
ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ТА ГЕОПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ
ВИЯВЛЕННЯ ВИПАДКІВ ПОКИНУТИХ ДІЛЯНОК ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ,
ПОРУШЕННЯ ТА ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ВНАСЛІДОК ВІЙНИ В
СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ: СИСТЕМАТИЧНИЙ ОГЛЯД 209

Є. Г. Хлиповка, В. В. Перегудов, А. Ю. Паламар, О. М. Новікова, К. Р. Назаренко
РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КРЕНУ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД
БАШТОВОГО ТИПУ 229

CONTENTS

G18 GEODESY AND LAND MANAGEMENT. LAND RESOURCE MANAGEMENT AND LAND PLANNING

Y. Dorosh, Sh. Ibatullin, O. Dorosh, A. Tarnopolskyi LAND MANAGEMENT ON THE PATH TO EUROPEAN INTEGRATION: TOWARD ESTABLISHING A NEW SCIENTIFIC PARADIGM WITHOUT LOSING NATIONAL IDENTITY	6
A. Tretiak, V. Tretiak, I. Kupriyanchyk, Ye. Butenko, V. Lytvyn LAND RESOURCE MANAGEMENT - A FUNDAMENTAL EDUCATIONAL DISCIPLINE FOR LAND PLANNERS	23
L. Hunko, A. Martyn, I. Kolhanova, O. Zakharenko QUALITY MANAGEMENT OF LAND MANAGEMENT WORKS: ESSENCE, TOOLS, METRICS	35
D. Koshel, A. Koshel DIGITAL TRANSFORMATION OF LAND RESOURCE MANAGEMENT IN UKRAINE: FROM GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS TO INTELLIGENT AGENTS	56
V. Parakhnenko, Yu. Kyselov, I. Udovenko THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF LAND MANAGEMENT AND CADASTRAL WORK IN THE KIROVOGRAD REGION	67
R. Kharytonenko, N. Komarova, V. Saliuta, L. Skrypnyk, N. Ishchenko THEORETICAL AND INSTITUTIONAL FOUNDATIONS OF REGULATORY SUPPORT FOR RURAL TERRITORIAL SPATIAL PLANNING AT THE LOCAL LEVEL	80

G18 GEODESY AND LAND MANAGEMENT. ECONOMICS AND ECOLOGY OF LAND USE

A. Martyn, N. Medynska, O. Tykhenko, O. Tsvyakh, A. Kovalenko PROSPECTS FOR INTRODUCING A UNIFIED REAL ESTATE IDENTIFIER IN UKRAINE	92
O. Shevchenko, T. Yevsyukov, O. Sovakov FOREST RECLAMATION AS A TOOL FOR CLIMATE ADAPTATION OF AGRICULTURAL LANDSCAPES	111
M. Serbov, A. Chugai, P. Nikitin RATIONAL USE OF LAND RESOURCES IN THE CONTEXT OF THE ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF LAND MANAGEMENT	127
A. Dorosh, O. Svyrydov ECONOMIC EFFICIENCY OF INTRODUCTION OF ECOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL RESTRICTIONS ON THE USE OF ARABLE LAND IN A TERRITORIAL COMMUNITY	140

G17 ARCHITECTURE AND URBAN PLANNING. GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR MODELING THE STATE OF GEOSYSTEMS

B. Zaiachkivska, R. Palamarchuk, O. Hryshchenko, M. Zavodiana, O. Melnychuk STANDARDIZATION OF COLOR VISUALIZATION FOR GEOSPATIAL DATA IN AGROCHEMICAL LAND PASSPORTIZATION	159
--	-----

V. Fomenko, V. Parakhnenko

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND GIS TECHNOLOGIES IN
GEODESY 172

M. Bihun, L. Poliakovska

GEOINFORMATION SUPPORT FOR ENERGY RESOURCE PLANNING AND
ACCOUNTING IN COMMUNITIES AS A TOOL FOR IMPROVING ENERGY
EFFICIENCY AND ENSURING SUSTAINABLE DEVELOPMENT 183

**G19 CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING. TOPOGRAPHIC-
GEODETIC AND CARTOGRAPHIC SUPPORT FOR LAND MANAGEMENT**

N. Kolesnik, V. Petrenko

A DIGITAL WORKFLOW FOR LAND INVENTORY IN THE NATURAL RESERVE
FUND: THE CASE OF THE CARPATHIAN NATIONAL NATURE PARK..... 198

V. Bogdanets, Ye. Berezhniak, D. Brovko

REMOTE SENSING AND GEOSPATIAL MODELING FOR THE DETECTION
OF WAR-INDUCED LAND USE ABANDONMENT, SOIL DISTURBANCE, AND
DEGRADATION IN SUMY REGION OF UKRAINE: A SYSTEMATIC REVIEW 209

Ye. Hlypovka, V. Perehudov, A. Palamar, E. Novikova, K. Nazarenko

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING THE TILT OF TOWER-TYPE
ENGINEERING STRUCTURES 229

G18 ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ. УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)

Отримано: 07.08.2026; Прийнято: 15.09.2026; Опубліковано: 30.09.2026;

УДК 332.2

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.01>

ЗЕМЛЕУСТРІЙ НА ШЛЯХУ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ: ДО ОБҐРУНТУВАННЯ НОВОЇ НАУКОВОЇ ПАРАДИГМИ БЕЗ ВТРАТИ ВІТЧИЗНЯНОЇ САМОБУТНОСТІ

Й.М. ДОРОШ,

доктор економічних наук, професор, академік НААН

E-mail: yosypdorosh@lmi.org.ua

ORCID ID: 0000-0002-1764-6188

Інститут землекористування НААН України

Ш.І. ІБАТУЛЛІН,

доктор економічних наук, професор, академік НААН

E-mail: shamilibatullin@lmi.org.ua

ORCID ID: 0000-0002-4032-6182

Інститут землекористування НААН України

О.С. ДОРОШ,

доктор економічних наук, професор,

E-mail: dorosh_o@nubip.edu.ua

ORCID ID: 0000-0003-2906-4174

Національний університет біоресурсів і природокористування України

А.В. ТАРНОПОЛЬСЬКИЙ,

E-mail: atarnopolskyi@lmi.org.ua

ORCID ID: 0000-0001-5313-6380

Інститут землекористування НААН України

Анотація. З огляду на глобальні виклики — зміну клімату, деградацію ґрунтів, цифровізацію економіки, втрату біорізноманіття, інтенсифікацію урбанізаційних процесів та зростання антропогенного навантаження на земельні ресурси — постає нагальна потреба переосмислення концептуальних засад науки землеустрою в Україні. З огляду на зазначену мету здійснено ретроспективний аналіз розвитку землевпорядної думки вітчизняними вченими протягом тривалого історичного

періоду, що дало змогу встановити необхідність критичного переосмислення накопиченого наукового доробку та його адаптації до сучасних реалій, не втрачаючи при цьому своєї методологічної цінності. Дослідженню й обґрунтуванню підлягали також питання поєднання класичних теоретичних і методологічних підходів вітчизняної наукової школи із чинними міжнародними стандартами й технологіями землеустрою. Проведений аналіз дозволив виявити концептуальні точки дотику між усталеними науковими традиціями та новітніми світовими практиками та визначити напрями їхнього взаємного збагачення. Водночас дослідники наголошують на принциповому аспекті: інтеграція вітчизняної науки землеустрою в міжнародний науковий дискурс має розглядатися не як підстава для втрати самобутніх здобутків, накопичених протягом тривалого розвитку землевпорядної думки в Україні, а як вагомий аргумент для їх збереження, актуалізації та утвердження на міжнародному рівні. Науковці стверджують, що саме цей підхід формує методологічну основу цілісного порівняльного аналізу розвитку науки землеустрою в українському та світовому науковому просторі, здійсненого з огляду на актуальні глобальні виклики та на засадах виваженого поєднання національних наукових традицій із найкращими світовими практиками.

Ключові слова: землеустрій, класичний землеустрій, теоретико-методологічні підходи, вітчизняна наукова школа, наукові традиції землевпорядної науки, вимоги євроінтеграції, міжнародний науковий дискурс.

Постановка проблеми

Наука землеустрою в Україні, незважаючи на багаторічну історію формування, в сучасних реаліях вимагає переосмислення з огляду на глобальні виклики – зміну клімату, деградацію ґрунтів, цифровізацію економіки, втрату біорізноманіття, інтенсифікацію урбанізаційних процесів та зростання антропогенного навантаження на земельні ресурси, – які актуалізують потребу в науковому обґрунтуванні сталого землекористування, інтеграції геопросторових технологій у процеси управління земельними ресурсами та формуванні адаптивних механізмів просторового планування на засадах поєднання класичних теоретико-методологічних підходів із сучасними міжнародними стандартами й технологіями. Водночас інтеграція в міжнародний науковий дискурс має розглядатися як засіб збереження самобутніх

наукових здобутків вітчизняної школи землеустрою, а не підстава для втрати її самобутніх напрацювань, здобутих упродовж тривалого розвитку землевпорядної думки в Україні. Актуальність дослідження зумовлена потребою у формуванні цілісної системи наукових поглядів про землеустрій як науку до сучасних земельних відносин в Україні. Попри значну кількість наукових праць у цій сфері, питання теоретико-методологічних засад землеустрою в умовах глобальних викликів залишаються недостатньо вивченими, що потребує подальшого дослідження із дотриманням балансу між національною науковою традицією та провідними світовими практиками.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

З метою обґрунтування концептуальних засад трансформації системи

землеустрою як класичного науково-го напрямку, доцільно розглянути наукові напрацювання, накопичені ученими впродовж десятиліть. Це дасть змогу простежити, як розвиток землеустрою забезпечує збереження вітчизняної наукової школи та її активну інтеграцію в міжнародний науковий дискурс. Зважаючи на це, звернемося до огляду наукових доробків вітчизняних і зарубіжних учених, які заклали теоретико-методологічне підґрунтя сучасного розуміння землеустрою як науки.

Зокрема, Новаковський Л.Я., Третьак А.М., Добряк Д.С. (2001) обстоюють позицію, згідно з якою землеустрій постає ключовим механізмом у забезпеченні територіальної організації виробництва з урахуванням якісних характеристик ґрунтів, просторового розміщення угідь та спеціалізації господарства. На їхню думку, цей інструмент набув особливого значення в умовах активного розвитку приватного землеволодіння та становлення нових аграрних формувань [1].

Дорош Й.М. (2011) доводить, що трансформація земельних відносин перетворює землеустрій на системоутворювальний чинник цього процесу, який має вийти за межі традиційного функціонального змісту: Поряд з базовими – інженерно-технічною, економічною та управлінською – функціями дедалі більшої ваги набувають соціальна, правова, екологічна, містобудівна, інноваційна, інвестиційна та інформаційна. Особливого значення серед них набуває прогнозно-планувальна функція, призначена гарантувати населенню територіальний простір для проживання й життєдіяльності, а ефективність землекористування є похідною від реалізації цієї стратегічної мети [2].

Необхідність трансформації землеустрою з технічної процедури на інструмент економічного та екологічного управління обґрунтовують Добряк Д.С., Мартин А.Г., Євсюков Т.О., Кузін Н.В. (2017). Відповідно реалізацію запропоновано здійснювати шляхом виконання таких завдань: формування ринкових агроструктур; розвиток земельного кадастру (проведення економічної, грошової та бонітетної оцінки із використанням ГІС-технологій); встановлення обмежень та обтяжень у землевпорядкуванні; створення екологічно стійких агроландшафтів; реабілітація деградованих земель. Стратегічним пріоритетом держави визначено завершення земельної реформи й перехід до сталого землекористування [3].

Третьак А.М., Третьак В.М., Гетманьчик І.П., Гунько Л.А. (2021) стверджують, що економічну ефективність землеустрою потрібно розглядати у трьох аспектах – щодо навколишнього середовища, матеріального виробництва та суспільства в цілому, – які реалізуються в таких блоках: 1) економічний – економічна (комерційна), бюджетна та соціальна ефективність; 2) соціальний – інституційна ефективність; 3) екологічний – екологічна та еколого-економічна ефективність. Аргументовано доцільність надання економіці землеустрою та землевпорядкування статусу фундаментального наукового напрямку. В прикладному аспекті економіку землеустрою доцільно розглядати як сферу науково-технічної, виробничої та управлінської діяльності органів державної влади, місцевого самоврядування, юридичних і фізичних осіб щодо реалізації державної земельної політики, вдосконалення земельних відносин, науково-обґрунтованого

розподілу земель за цільовим призначенням та формування раціональної системи землеволодіння й землекористування [4].

Дорош Й.М., Мартин А.Г., Новаківська І.О. (2021) здійснили ретроспективний аналіз розвитку землепорядної науки в Україні, на основі якого обґрунтували, що базисом для її подальшої трансформації відповідно до нових глобальних викликів є 60-річний досвід інституційного розвитку – починаючи від заснування спеціалізованих науково-дослідних і проєктно-вишукувальних установ. У межах цього аналізу з'ясовано історичні передумови формування землепорядної науки як самостійного наукового напрямку, а також простежено еволюцію її пріоритетних завдань на різних історичних етапах. Ученими встановлено, що створення спеціалізованої установи заклала фундамент вітчизняної землепорядної наукової школи, спроможної розв'язувати проблеми землекористування. Окреслено також завдання середньострокової перспективи: цифровізація землеустрою, розробка інструментів планування та охорони земель в умовах ринкових відносин [5].

Третяк А.М., Третяк В.М., Третяк Н.А. (2024) виокремлюють три етапи еволюції концепцій землеустрою в Україні: 1991-2000 рр. – етап роздержавлення та приватизації земель; 2001–2010 рр. – етап встановлення меж земельних ділянок; сучасний етап – пов'язаний із просторовим плануванням землекористування територіальних громад, що ґрунтується на зонуванні земель за типами (підтипами) їх використання. Така еволюція засвідчує трансформацію землепорядкування із суто технічної процедури на повноцінну інституцію. Ними

доведено, що концептуальне ядро сучасної системи землепорядкування становить методологічний ланцюг: «простір – територія – система землекористування – режим землекористування – земельна ділянка», реалізація якого відбувається засобами територіально-просторового планування землекористування територіальних громад [6].

Домбровською О. А. (2024) досліджено роль інтелектуальної власності у сфері землеустрою, геодезії та кадастру, що полягає в забезпеченні правового захисту інноваційних технічних рішень, технологій і даних. Авторкою проаналізовано наявні механізми регулювання та правову базу захисту інтелектуальної діяльності в Україні. Встановлено, що впровадження сучасних технологій потребує вдосконалення стандартів і технічних регламентів. Водночас цифровізація управління земельними ресурсами супроводжується новими викликами, пов'язаними із захистом даних, програмного забезпечення та геодезичних інформаційних систем від кіберзагроз. Підкреслюється значний інноваційний потенціал землеустрою: кожен проєкт є унікальним результатом креативного мислення розробника, а землепорядна документація – важливою інвестицією в соціально-економічні перетворення території, що зумовлює необхідність її правового захисту. Авторкою запропоновано підходи до захисту інтелектуальної власності на новітні технології та методи досліджень у сфері землеустрою, геодезії та кадастру [7].

Прядка Т.М., Гримайло М.О. (2026) здійснили комплексний історичний аналіз еволюції землеустрою, що вказує на тривалий і неоднозначний шлях розвитку нау-

кового дискурсу щодо раціонального землекористування. Чимало принципів, які нині асоціюють зі сталим розвитком, мають глибоке історичне коріння, сформоване практичним досвідом попередніх поколінь у балансуванні продуктивності земель з їх довгостроковим збереженням. Дослідженням встановлено, що еволюція землеустрою відбувалася під впливом економічних, екологічних, соціальних та технологічних чинників – від примітивних форм землекористування давніх цивілізацій до складних систем просторового планування. Перспективи подальших досліджень вбачають в адаптації традиційних практик землекористування до сучасних умов та розробленні інноваційних методів землеустрою на основі цифрових технологій і штучного інтелекту [8].

Дорош Й.М., Ібатуллін Ш.І., Дорош О.С., Сакаль О.В., Тарнопольський А.В. (2026) ґрунтовно опрацювали теоретико-методологічні засади науки землеустрою в контексті трансформації земельних відносин в Україні, при цьому особливу увагу приділено розкриттю її предмета і об'єкта дослідження, обґрунтовано методологічні засади землеустрою як науки й сформовано його теоретичну систему у контексті сталого розвитку. Землеустрій постає як фундаментальна міждисциплінарна наука та прикладна галузь знань, що вивчає закономірності й принципи розподілу земель, а також методи та механізми організації їх використання й охорони у багатовимірному просторі, об'єкт якої є багаторівневою системою: земельний фонд країни; процеси організації територій і землекористувань; ринковий обіг земельних ділянок; території терито-

ріальних громад; землі, пошкоджені внаслідок воєнних дій [9].

Грасієла Меттерніхт (2018) у своїй праці узгоджує конкуруючі та іноді суперечливі форми землекористування, заразом пропагуючи варіанти сталого землекористування. Дослідниця розглядає просторове планування, планування землекористування, територіальне (регіональне) планування та екосистемне планування землекористування як комплекс інструментів, що сприяють зміцненню системи управління земельними ресурсами, а також демонструє, як застосовувати ці типи планування для покращення економічних можливостей на засадах сталого управління земельними ресурсами. Зростаюча конкуренція за землю (продовольча безпека, відновлювальна енергетика, урбанізація, біорізноманіття) актуалізує потребу в ефективному просторовому плануванні для розподілу земельних ресурсів [10].

У дослідженні Йоахіма Томаса (2021) розкрито сучасний стан науки і техніки у сфері землеустрою та консолідації земель на сільських територіях Німеччини на етапі трансформації земельних відносин. Автор системно висвітлює німецький досвід у методичному, правовому та інженерно-технічному аспектах, розглядаючи консолідацію земель як комплексний інструмент просторового розвитку сільських територій. Дослідженню підлягають інструменти формуючого землеустрою, які виступають засобом забезпечення суспільного, економічного та інфраструктурного розвитку. На думку автора, німецька модель землеустрою вирізняється поєднанням усталених правових механізмів із гнучкими інженерно-технічними рішеннями, що

дозволяє оперативно реагувати на нові виклики без докорінної перебудови інституційної системи. Методологічну цінність цього підходу для вітчизняної науки землеустрою зумовлено тим, що він розкриває можливості перетворення класичних інструментів консолідації земель на багатофункціональний механізм просторового планування [11].

Едуардо Гомес, Едуарда Маркес да Коста, Патрісія Абрантес на матеріалі тематичних досліджень з Європи, Південної Америки та Азії обґрунтували роль просторового планування та управління землекористуванням у забезпеченні сталого територіального розвитку для досягнення балансу між якістю життя громад, охороною навколишнього середовища та сталим розвитком, а також сприяють виробленню альтернативних сценаріїв землекористування, здатних задовольнити соціально-економічні, культурні й екологічні запити суспільства. Обґрунтовано потребу в інклюзивних, системно-орієнтованих інструментах територіального розвитку, здатних сформувати основу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо формування стійких практик землекористування [12].

Згідно з дослідженнями Верени Лемброк (Verena Lehmbruck) новаторська концепція «раціонального землеробства» (Rationale Landwirtschaft) запропонована німецьким вченим Альбертом Таером (1752–1828) набула значення еталонного орієнтира для багатьох європейських країн, продемонструвавши можливість поєднання економічної ефективності науково-обґрунтованого землекористування з соціальною та екологічною збалансованістю, що

узгоджується з сучасними триєдиними принципами сталого розвитку та підтверджує спадкоємність наукових ідей від історичних практик до сучасних концептуальних підходів у землевпорядній науці [13].

Асеф Дарвіші, Марям Юсефі, Сеїд Мохсен Мусаві, Хадві Борхані, Майкл Ширрманн (2026) обґрунтують модель просторового планування сільськогосподарських ландшафтів на основі ГІС-технологій і методу аналізу ієрархій (АНР), що засвідчує перехід на повну цифровізацію землеустрою. На основі інтегрованих показників якості ґрунтів, рельєфу та екологічної чутливості територій розроблено методику побудови цифрових карт придатності земель для сталого сільськогосподарського використання, яка забезпечує запобігання деградації ґрунтів і точне зонування територій на рівні територіальних громад [14].

Узагальнення наукових поглядів дозволяє розглядати землеустрій не лише як практичний інструмент організації землекористування, а й як самостійну наукову дисципліну, що потребує системного оновлення відповідно до трансформаційних процесів у земельних відносинах України. З метою максимального охоплення релевантних літературних джерел, для їх пошуку використовувалась мовна модель Claude Sonnet 5.

Метою дослідження є обґрунтування необхідності формування сучасної парадигми землеустрою, що інтегрує принципи сталого розвитку, вимоги євроінтеграції та стандарти міжнародних організацій, розглядаючи їх як інструмент взаємного наукового збагачення, а не як підставу для втрати самобутніх наукових напрацювань вітчизняної землевпорядної науки.

Матеріали і методи дослідження

Методологічну основу дослідження становить діалектичний метод наукового пізнання, застосований для комплексного вивчення стану та тенденцій розвитку сучасної землевпорядної науки. Для опрацювання наукових праць із питань землеустрою використано методи систематизованого огляду та концептуального аналізу. Монографічний метод застосовано під час аналізу наукових робіт, науково-технічних публікацій, статистичних даних і нормативно-правової бази. Історико-генетичний метод використано для дослідження еволюції землевпорядної науки та її теоретичної системи. Абстрактно-логічний метод став основою для формування Теоретичні узагальнення стосовно предмета, об'єкта й методології науки землеустрою сформовано на основі абстрактно-логічного методу, а систематизацію результатів дослідження та формулювання висновків і пропозицій здійснено методом узагальнення.

Результати дослідження та їх обговорення

Збереження та розвиток науки землеустрою в сучасних умовах визначаються взаємодією двох взаємодоповнюваних процесів підтриманням наступності вітчизняної наукової школи, з одного боку, та її інтеграції в міжнародний науковий простір з іншого. Проаналізуємо характер взаємодії цих процесів і їхнє значення для формування сучасної концепції землеустрою.

Спираючись на наявні напрацювання науковців у цьому напрямі,

здійснено спробу цілісного порівняльного аналізу розвитку науки землеустрою в українському науковому просторі та її інтеграції в міжнародний контекст з урахуванням актуальних глобальних викликів. Аналіз структуровано за дев'ятьма взаємопов'язаними розділами, кожен з яких є самостійним напрямом наукових досліджень у сфері землеустрою й водночас формує цілісну систему знань про організацію використання земель:

Цілісний порівняльний аналіз розвитку науки землеустрою в українському науковому просторі та її інтеграції в міжнародний контекст з урахуванням актуальних глобальних викликів наведено в табл. 1.

Наведена структура розвитку науки землеустрою в українському та міжнародному науковому просторі відображає авторське бачення, сформоване станом на час підготовки статті, і слугує основою для подальшого системного дослідження її складових. Результати таких досліджень дозволять розширити, уточнити та деталізувати запропоновану структуру й змістовне наповнення окремих її елементів.

Висновки та пропозиції

Таким чином, з огляду на глобальні виклики сучасності — зміну клімату, деградацію ґрунтів, цифровізацію економіки, втрату біорізноманіття, урбанізацію та зростання антропогенного навантаження на земельні ресурси — наука землеустрою в Україні потребує переосмислення концептуальних засад свого подальшого розвитку. Проведений ретроспективний аналіз дав підстави стверджувати, що науковий доробок вітчизняних учених не втра-

1. Порівняльна структура розвитку науки землеустрою в українському та міжнародному науковому просторі з урахуванням сучасних глобальних викликів

Україна	Міжнародний аналог	Примітка
1. ТЕОРІЯ І-МЕТОДОЛОГІЯ		
1.1 Загальна теорія землеустрою		
Предмет, об'єкт землеустрою	Land Management Theory, Property Theory	Цілісна теорія землеустрою — особливість пострадянської школи
Принципи землеустрою	Land Management Principles	Принципи частково збігаються, але українські мають нормативний характер
Понятійний апарат	Land Terminology (FAO, FIG glossaries)	Міжнародна уніфікація термінів через FAO та FIG
1.2 Історія землеустрою		
Земельні відносини	Land Relations, Tenure History	
Земельні реформи	Land Reform Studies, Agrarian History	Значний міжнародний досвід порівняльних досліджень
Еволюція інститутів	Property History, Institutional Analysis	
1.3 Методологія землеупорядного проєктування		
Методи проєктування	Design Science, Planning Methodology	
Наукові підходи	Research Methods in Land Studies	
Стандартизація	ISO/TC 211, OGC Standards	Міжнародні стандарти геопросторових даних
2. КАДАСТР		
2.1 Земельний кадастр		
Реєстрація землекористувань та прав на земельні ділянки	Land Registration, Title Registration	Системи Топпенса vs deed registration
Облік кількості та якості земель і землекористувань	Land Administration, Cadastral Systems	Ключовий термін FAO/World Bank/FIG
2.2 Інвентаризація земель для наповнення відомостей земельного кадастру		
Виявлення земельних ділянок що не зареєстровані в земельному кадастрі	Land Inventory, Land Resource Assessment	
Актуалізація даних земельного кадастру	Cadastral Update, Data Maintenance	
2.3 Оцінка земель		
Нормативна грошова оцінка земельних ділянок	Statutory Valuation, Mass Appraisal	
Експертна оцінка земельних ділянок	Property Valuation, Market Valuation (IVSC)	Стандарти IVSC, RICS
Масова оцінка земельних ділянок	Mass Appraisal, CAMA	Стандарти IAAO
2.4 Обмеження у використанні земель та обтяження прав		
Обтяження прав на земельну ділянку	Encumbrances	

Продовження табл. 1

Обмеження у використанні земель	Land Use Restrictions, PLR Cadastré	PLR — сучасний європейський підхід
Сервітути	Easements, Servitudes	
Охоронні зони	Buffer Zones, Protection Zones	
Зони з особливими умовами	Special Condition Zones, Overlay Zones	
2.5 Класифікація та районування земель		
Природно-сільськогосподарське районування	Agro-Ecological Zoning (AEZ), Agricultural Land Classification	AEZ — методологія FAO, широко застосовується глобально
Агровиробничі групи ґрунтів	Soil Classification, WRB, Soil Taxonomy (USDA)	WRB — міжнародний стандарт, Soil Taxonomy — американський
Придатність земель до вирощування сільськогосподарських культур	Land Suitability Assessment, Crop Suitability Analysis, Land Capability Classification	FAO Framework for Land Evaluation (1976, оновлення 2007)
Бонітування ґрунтів	Soil Quality Rating, Soil Productivity Index	Пострадянська система бонітування унікальна за деталізацією
3. ПЛАНУВАННЯ ТА СХЕМИ ЗЕМЛЕУСТРОЮ		
3.1 Національний рівень		
Генеральна схема планування території України	National Spatial Strategy, National Land Use Framework	
Загальнодержавна програма використання та охорони земель		
Національна земельна політика	National Land Policy	Рекомендації FAO VGGT, AU Land Policy Initiative
Стратегічні пріоритети	Strategic Land Planning	
3.2 Регіональний рівень		
Регіональні схеми землеустрою	Regional Land Use Planning, Regional Spatial Strategy	
Районні схеми землеустрою	Sub-regional Planning	
Регіональні програми використання та охорони земель	Strategic Spatial Planning, Land Use Master Plans	
Зонування земель		
3.3 Місцевий рівень		
Програми використання та охорони земель	Municipal Land Use Planning, Local Spatial Planning	
Схеми землеустрою територіальних громад	Municipal Land Use Planning, Local Spatial Planning	
Комплексні плани просторового розвитку території територіальної громади	Comprehensive Plans, Local Development Plans	Інтеграція землеустрою і містобудування
Генеральний план населеного пункту		Не відповідає призначенню землеустрою
Детальні плани території	Detailed Development Plans, Site Planning, Zoning	Не відповідає призначенню землеустрою
	Spatial Planning (загальна рамка)	Парасольковий термін ЄС для всіх рівнів планування

Продовження табл. 1

4. ЗЕМЛЕВПОРЯДНЕ ПРОЕКТУВАННЯ		
4.1 Міжгосподарський землеустрій		
Розподіл земель за категоріями	Land Allocation, Land Distribution	
Формування землекористувань	Land Reallocation, Parcel Formation	
Встановлення меж	Boundary Demarcation, Delimitation	
4.2 Внутрішньогосподарський землеустрій		
Організація території землекористувань	Farm Planning, Farm Layout Design Farm Unit Organization	Часткова відповідність
Організація території Сівозміни	Crop Rotation Planning	На Заході — агрономічне рішення фермера
Впорядкування угідь	Land Use Arrangement	Немає прямого аналога — унікальність української школи
4.3 Землеустрій зрошуваних та осушуваних земель		
Землеустрій зрошуваних земель	Irrigation Land Management, Irrigated Agriculture Planning	
Землеустрій осушуваних земель	Drainage Land Planning, Polder Management	
4.4. Землеустрій ерозійно небезпечних земель		
Контурно-меліоративна організація території	Contour Farming Design, Conservation Planning	
Противерсійна організація території землекористувань	Soil Erosion Control, Integrated Watershed Management	IWM — термін FAO/IWMI
4.5 Робочі проекти землеустрою		
Рекультивация земель	Land Reclamation, Mine Land Rehabilitation	
Консервация земель	Land Retirement, Set-aside Programs	
Поліпшення сільськогосподарських угідь	Land Improvement, Land Amelioration	
Захист земель від ерозії	Soil Conservation Projects, Erosion Control	
5. КОНСОЛІДАЦІЯ ЗЕМЕЛЬ		
5.1 Комасація		
Об'єднання земельних ділянок	Land Consolidation	Європейська традиція (Німеччина, Нідерланди, Польща)
Усунення черезсмулля	Parcel Restructuring, Defragmentation	
Оптимізація конфігурації землекористувань в складі консолідації земель	Land Reallocation	
5.2 Обмін та перерозподіл		
Обмін земельними ділянками	Voluntary Land Exchanges	
Добровільний перерозподіл	Land Readjustment	Японська/корейська модель
Ринкові механізми	Market-assisted Land Reform	Модель World Bank
	Land Pooling	Азійський механізм, відрізняється від європейської комасації

Продовження табл. 1

5.3 Резерв земель		
Резервування земель	Land Banking, Public Land Reserves	Land Banking — також муніципальний викуп для розвитку
Формування масивів земель сільськогосподарського призначення	Strategic Land Acquisition	
6. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНІ ТА КАРТОГРАФІЧНІ РОБОТИ ПРИ ЗДІЙСНЕННІ ЗЕМЛЕУСТРОЮ		
6.1 Землевпорядні зйомки		
Топографічні зйомки	Topographic Surveying, Topographic Mapping	
Кадастрові зйомки	Cadastral Surveying	Стандарти FIG
	Fit-for-Purpose Surveying	Спрощені методи для країн, що розвиваються
6.2 Геодезичне забезпечення		
Координатні системи	Reference Systems, Datum	
Геодезичні мережі	Geodetic Networks, CORS	
Точність вимірювань	Survey Accuracy, Positioning Standards	
6.3 ГІС та картографія		
Геоінформаційні системи	GIS, Geographic Information Systems	
Картографічні матеріали	Cartography, Mapping	
Просторові бази даних	Spatial Databases, SDI	SDI — Spatial Data Infrastructure
	Geomatics, Geoinformatics	Парасолькові терміни для всього розділу
7. ПРАВОВА ОСНОВА ЗЕМЛЕУСТРОЮ		
7.1 Земельне законодавство		
Земельне право	Land Law, Property Law	
Нормативна база землеустрою	Legal Framework for Land	
Правове регулювання землеустрою	Land Legislation, Real Estate Law	
7.2 Правовий режим земель		
Категорії земель	Land Use Categories, Land Use Zoning	Українська система категорій — специфічна
Цільове призначення	Designated Land Use, Permitted Use	
Форми власності	Property Rights Regimes, Tenure Types	
	Land Tenure Systems	Загальний термін для систем володіння
7.3 Захист прав та земельні спори		
Захист прав	Property Rights Protection, Tenure Security	
Земельні спори	ProLand Disputes, Land ConflictsLand Disputes, Land Conflictsperty Rights Protection,	
Медіація	Land Mediation, ADR (Alternative Dispute Resolution)	

Продовження табл. 1

	Land Conflict Management	Ширший термін, включає превенцію
7.4 Державний і самоврядний контроль за здійсненням землеустрою		
Державний контроль за здійсненням землеустрою		
Саморегулювання у сфері землеустрою		
7.5 Землевпорядний процес		
Землевпорядний процес в сфері земельних відносин	Land Documentation, Land Records Management Title Documents, Deeds Survey Records, Technical Land Records	
7.6 Неформальні землекористування		
	Informal Settlements, Tenure Regularization	Актуально для приміських зон, дачних масивів
	Customary Tenure	Менш актуально для України, важливо глобально
8. ЕКОЛОГІЧНА ТА ПРИРОДООХОРОННА СКЛАДОВІ В ЗЕМЛЕУСТРОЇ		
8.1 Охорона та моніторинг земель		
Охорона земель	Land Protection, Soil Conservation	
Моніторинг якісного стану земель	Land Monitoring, Soil Monitoring	
Моніторинг деградації ґрунтів	Land Degradation, Soil Degradation (UNCCD)	UNCCD — профільна конвенція ООН
8.2 Рекultyвація та консервація земель		
Рекultyвація земель	Land Reclamation, Land Restoration	
Консервація деградованих земель	Land Retirement, Set-aside Programs	
Відновлення сільськогосподарських угідь	Land Rehabilitation, Ecosystem Restoration	UN Decade on Ecosystem Restoration
8.3 Спеціальні природоохоронні території		
Природно-заповідний фонд	Protected Areas, IUCN Categories	Категорії IUCN — міжнародний стандарт
Водоохоронні зони	Water Protection Zones, Riparian Buffers	
Прибережні смуги	Coastal Zone Management, Shoreline Protection	
Зони відчуження	Exclusion Zones, Restricted Areas	Специфіка Чорнобильської зони
9. КЛІМАТИЧНА ТА ЕКОСИСТЕМНА СКЛАДОВІ В ЗЕМЛЕУСТРОЇ		
9.1 Зміни у землекористуванні		
Динаміка землекористування	Land Change Science	Міждисциплінарний напрям
Зміни земельного покриття	LULCC (Land Use/Land Cover Change)	Глобальні програми моніторингу
Трансформації земельних угідь	Land Transition Analysis	
9.2 Вуглецевий облік		

Продовження табл. 1

Вуглецевий баланс	LULUCF Accounting	Офіційна термінологія UNFCCC/IPCC
Секвестрація вуглецю	Carbon Sequestration, Carbon Stock Assessment	
	Soil Organic Carbon (SOC) Monitoring	Актуальний напрям для сіль-госпземель
9.3 Екосистемні послуги		
Оцінка екосистемних послуг	Ecosystem Services Assessment (TEEB, SEEA)	TEEB, SEEA — міжнародні методології
Природний капітал	Natural Capital Accounting	
Компенсаційні механізми	Payment for Ecosystem Services (PES)	
	Nature-based Solutions (NbS)	Актуальний термін політики ЄС
10. УПРАВЛІНСЬКА СКЛАДОВА В ЗЕМЛЕУСТРОЇ		
10.1 Державне і місцеве управління землями		
Органи управління в галузі земельних відносин, землеустрою	Land Agencies, Land Administration Institutions	
Повноваження органів в галузі земельних відносин землеустрою, та ведення Державного земельного кадастру в Україні	Mandates, Competencies	
Адміністративні послуги	Land Administration Processes	
Електронні сервіси	E-Land Administration	Цифровізація адмінпослуг
10.2 Земельна політика		
Стратегії	Land Policy, Land Strategy	
Програми	Land Programs	
Реформи	Land Reform	Великий масив порівняльних досліджень
	Land Governance	Парасольковий термін FAO VGGT, World Bank LGAF
	Responsible Land Governance	Принципи VGGT
10.3 Контроль за використанням земель		
Державний контроль	Land Use Control, Enforcement	
Самоврядний контроль	Municipal Land Use Enforcement	Скасований в Україні проте діє в країнах Європи
Громадський контроль	Compliance Monitoring, Public Oversight	
11. ЕКОНОМІЧНА СКЛАДОВА В ЗЕМЛЕУСТРОЇ		
11.1 Економіка землекористування		
Ефективність використання земель	Land Use Efficiency	
Продуктивність земель	Land Productivity	
Оптимізація структури	Land Use Optimization	
Економіка землекористування	Land Economics	Академічна дисципліна
11.2 Земельний ринок		
Обіг земельних ділянок	Land Transactions, Land Transfers	
Ціноутворення	Land Pricing, Price Formation	

Закінчення табл. 1

Інфраструктура ринкового обігу земельних ділянок	Land Market Infrastructure	
	Real Estate Economics	Ширший контекст нерухомості
	Land Price Analysis, Hedonic Pricing	Методи аналізу цін
11.3 Рента та оподаткування		
Земельна рента	Land Rent, Land Rent Theory	Класична економічна теорія
Плата за землею	Land Fees, Land Charges	
Фіскальна політика	Land Taxation	
	Land Value Capture	Механізми захоплення приросту вартості
	Land Value Tax (LVT)	Георгістська традиція
12. ЗЕМЛЕУСТРІЙ ПОСТРАЖДАЛИХ ТЕРИТОРІЙ		
Класифікація постраждалих територій		Необхідно розробити Концепцію відновлення постраждалих територій, орієнтовану на розроблення теоретичних засад і методичних підходів до відновлення земель методом землеустрою, що постраждали внаслідок воєнних дій, техногенних катастроф та інших негативних впливів
Комплексна оцінка завданих збитків		
Розмінування земель		
Реабілітація забруднених територій		
Реінтеграція в господарський обіг		

тив методологічної цінності, однак потребує адаптації до сучасних викликів через поєднання класичних теоретико-методологічних підходів із міжнародними стандартами й технологічними інноваціями. При цьому інтеграція вітчизняної науки землеустрою в міжнародний науковий дискурс має розглядатися не як підстава для втрати її самобутніх здобутків, а як інструмент їхнього збереження

й утвердження на глобальному рівні. Саме баланс між національною науковою традицією та найкращими світовими практиками формує методологічну рамку цілісного порівняльного аналізу розвитку науки землеустрою в українському та міжнародному науковому просторі.

Наведена структура розвитку науки землеустрою відображає авторське бачення станом на час підготовки статті та слугує основою для подальшого системного дослідження. Отримані

результати дозволять розширити, уточнити й деталізувати як саму структуру, так і зміст її окремих складових.

Список використаної літератури

1. Новаковський Л. Я., Третяк А. М., Добряк Д. С. Земельна реформа і землеустрій в Україні. Київ, 2001. 138 с.
2. Дорош Й. М. Прогнозно-планувальні функції землеустрою та перспективи розвитку територій. *Землевпорядний вісник*. 2011. № 12. С. 20–27.
3. Добряк Д. С., Мартин А. Г., Євсюков Т. О., Кузін Н. В. Економічні проблеми сучасного землеустрою в Україні. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 4. С. 80–85.
4. Третяк А. М., Третяк В. М., Гетманьчик І. П., Гунько Л. А. Поняття та сутність економіки землеустрою та землевпорядкування в Україні. *Агросвіт*. 2021. № 11. С. 3–10. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.11.3>.

5. Дорош Й. М., Мартин А. Г., Новаковська І. О. Розвиток землевпорядної науки в Україні: історія, сучасність, перспективи. *Вісник аграрної науки*. 2021. Т. 99, № 4. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-09>.
6. Третяк А. М., Третяк В. М., Третяк Н. А. Концепції і закономірності розвитку землеустрою в Україні. *Агросвіт*. 2024. № 14. С. 3–11. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2024.14.3>.
7. Домбровська О. А. Інтелектуальна власність у сфері землеустрою, геодезії та кадастру. *Journal of Management, Economics and Technology*. Харків : ДБТУ, 2024. № 2. С. 120–135. DOI: <https://doi.org/10.69803/2312-3427-2024-2-120>.
8. Прядка Т. М., Гримайло М. О. Еволюція землеустрою в контексті становлення парадигми сталого землекористування: аналіз трансформації в часі. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2026. С. 141–151. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.215.2026.358924>.
9. Дорош Й. М., Ібатуллін Ш. І., Дорош О. С., Сакаль О. В., Тарнопольський А. В. Землеустрій як наука та його значення в умовах сучасних земельних відносин в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2026. Т. 104, № 6. С. 15–25. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202606-02>.
10. Metternicht G. Land Use and Spatial Planning: Enabling Sustainable Management of Land Resources. Cham : Springer, 2018. 124 p. (SpringerBriefs in Earth Sciences).
11. Йоахім Томас. Землеустрій і консолідація земель на сільських територіях Німеччини. Київ ; Ніжин : Видавець Лисенко М. М., 2021. 428 с.
12. Gomes E., Marques da Costa E., Abrantes P. Spatial Planning and Land Use Management. Basel : MDPI, 2023. 270 p. URL: <https://www.mdpi.com/books/reprint/8760-spatial-planning-and-land-use-management> (дата звернення: 01.08.2026).
13. Lehm Brock V. Elevated to the ranks of a science: manual labor and Albert Thaeer's doctrine of rational agriculture. *Science in Context*. 2023. No. 36(1). P. 60–75. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0269889725000493>.
14. Darvishi A., Yousefi M., Mousavi S. M., Khoshnamvand H., Borhani F., Schirrmann M. GIS-AHP-based land suitability assessment for sustainable agricultural planning on Qeshm Island. *Scientific Reports*. 2026. Vol. 16. Art. 23085. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-026-63402-5>.

References

1. Novakovskiy, L. Ya., Tretiak, A. M., & Dobriak, D. S. (2001). *Zemelna reforma i zemleustrii v Ukraini* [Land reform and land management in Ukraine]. Kyiv. 138.
2. Dorosh, Y. M. (2011). *Prohnozno-planuvalni funktsii zemleustroi ta perspektyvy rozvytku terytorii* [Forecasting and planning functions of land management and prospects for territorial development]. *Zemlevporiadnyi Visnyk*, (12), 20–27.
3. Dobriak, D. S., Martyn, A. H., Yevsiukov, T. O., & Kuzin, N. V. (2017). *Ekonomichni problemy suchasnoho zemleustroi v Ukraini* [Economic problems of modern land management in Ukraine]. *Zbalansovane Pryrodokorystuvannia*, (4), 80–85.
4. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Hetmanchyk, I. P., & Hunko, L. A. (2021). *Poniattia ta sutnist ekonomiky zemleustroi ta zemlevporiadkuvannia v Ukraini* [The concept and essence of land management and land surveying economics in Ukraine]. *Ahrosvit*, (11), 3–10. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.11.3>
5. Dorosh, Y. M., Martyn, A. H., & Novakovska, I. O. (2021). *Rozvytok zemlevporiadnoi nauky v Ukraini: Istoriia, suchasnist, perspektyvy* [Development of land management science in Ukraine: History, present, and prospects]. *Visnyk Ahrranoi Nauky*,

- 99(4). DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202104-09>
6. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., & Tretiak, N. A. (2024). Kontseptsii i zakonomirnosti rozvytku zemleustroi u Ukraini [Concepts and patterns of land management development in Ukraine]. *Ahrosvit*, (14), 3–11. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2024.14.3>
7. Dombrovska, O. A. (2024). Intelktualna vlasnist u sferi zemleustroi, heodezii ta kadastru [Intellectual property in the field of land management, geodesy, and cadastre]. *Journal of Management, Economics and Technology*, (2), 120–135. DOI: <https://doi.org/10.69803/2312-3427-2024-2-120>
8. Priadka, T. M., & Hrymailo, M. O. (2026). Evoliutsiia zemleustroi v konteksti stanovlennia paradyhmy staloho zemlekorystuvannia: Analiz transformatsii v chasi [Evolution of land management in the context of the formation of the sustainable land use paradigm: Analysis of transformation over time]. *Zbirnyk Naukovykh Prats Ukrainskoho Derzhavnoho Universytetu Zaliznychnoho Transportu*, 141–151. DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.215.2026.358924>
9. Dorosh, Y. M., Ibatullin, Sh. I., Dorosh, O. S., Sakal, O. V., & Tarnopolskyi, A. V. (2026). Zemleustrii yak nauka ta yoho znachennia v umovakh suchasnykh zemelnykh vidnosyn v Ukraini [Land management as a science and its significance under modern land relations in Ukraine]. *Visnyk Ahrarnoi Nauky*, 104(6), 15–25. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202606-02>
10. Metternicht, G. (2018). Land use and spatial planning: Enabling sustainable management of land resources. Springer. 124. (SpringerBriefs in Earth Sciences).
11. Thomas, J. (2021). Zemleustrii i konsolidatsiia zemel na silskykh terytoriakh Nimechchyny [Land management and land consolidation in rural areas of Germany]. Vydavets Lysenko M. M. 428 p.
12. Gomes, E., Marques da Costa, E., & Abrantes, P. (2023). Spatial planning and land use management. MDPI. 270. Available at: <https://www.mdpi.com/books/reprint/8760-spatial-planning-and-land-use-management>
13. Lehmbrock, V. (2023). Elevated to the ranks of a science: Manual labor and Albert Thaeer's doctrine of rational agriculture. *Science in Context*, 36(1), 60–75. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0269889725000493>
14. Darvishi, A., Yousefi, M., Mousavi, S. M., Khoshnamvand, H., Borhani, F., & Schirmann, M. (2026). GIS–AHP-based land suitability assessment for sustainable agricultural planning on Qeshm Island. *Scientific Reports*, 16, Article 23085. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-026-63402-5>

Dorosh Y., Ibatullin Sh., Dorosh O., Tarnopolskyi A.

LAND MANAGEMENT ON THE PATH TO EUROPEAN INTEGRATION: TOWARD ESTABLISHING A NEW SCIENTIFIC PARADIGM WITHOUT LOSING NATIONAL IDENTITY

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 6-22

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.01>

Abstract. *In light of global challenges—climate change, soil degradation, the digitalisation of the economy, biodiversity loss, the intensification of urbanisation processes, and the growing anthropogenic pressure on land resources—there is an urgent need to rethink the conceptual foundations of land management science in Ukraine. With this objective in mind, a retrospective analysis*

was conducted of the development of land management thought by Ukrainian scholars over a long historical period, which made it possible to establish the need for a critical reevaluation of the accumulated body of scientific work and its adaptation to contemporary realities, without losing its methodological value. The study also examined and substantiated the integration of the classical theoretical and methodological approaches of the domestic scientific school with current international standards and land management technologies. The analysis revealed conceptual points of convergence between established scientific traditions and the latest global practices and identified avenues for their mutual enrichment. At the same time, the researchers emphasise a fundamental point: the integration of domestic land management science into the international scientific discourse should be viewed not as a reason to lose the unique achievements accumulated over the long history of land management thought in Ukraine, but as a compelling argument for their preservation, updating, and recognition at the international level. Researchers argue that it is precisely this approach that forms the methodological foundation for a comprehensive comparative analysis of the development of land management science in the Ukrainian and global academic spheres, conducted in light of current global challenges and based on a balanced combination of national scientific traditions and international best practices.

Keywords: *land management, classical land management, theoretical and methodological approaches, domestic scientific school, scientific traditions of land management science, requirements of European integration, international scientific discourse*

*До 60-річчя доктора економічних наук, професора,
10 річного завідувача кафедри «Управління земельними ресурсами»
Національного університету біоресурсів і природокористування
Дорош Ольги Степанівни*

УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ - ФУНДАМЕНТАЛЬНА НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА ЗЕМЛЕВПОРЯДНИКІВ

А. М. ТРЕТЯК,

доктор економічних наук, професор,

член-кореспондент НААН

E-mail: tretyak2@ukr.net

ORCID ID: 0000-0002-1154-4797

Білоцерківський національний аграрний університет

В. М. ТРЕТЯК,

доктор економічних наук, професор,

E-mail: tretyak2@ukr.net

ORCID ID: 0000-0001-6779-1941

Сумський національний аграрний університет

І. П. КУПРІЯНЧИК,

доктор економічних наук, професор,

Національний університет біоресурсів і природокористування, м. Київ

E-mail: Kupriyanchuk_i@nubip.edu.ua

ORCID ID: 0000-0003-1348-2128

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Є. В. БУТЕНКО,

кандидат економічних наук, доцент

Email: butenko@nubip.edu.ua

ORCID ID: 0000-0002-5923-5838

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В. В. ЛИТВИН,

асистент

E-mail: litvin_valyav@ukr.net

ORCID ID: 0009-0002-5490-0859

Черкаський державний технологічний університет

Анотація. У статті досліджено сучасні теоретичні та методичні засади управління земельними ресурсами та землекористуванням в Україні в умовах післявоєнного відновлення, реформування земельних відносин і трансформації системи землевпорядкування. Проаналізовано еволюцію наукових підходів до трактування поняття управління земельними ресурсами, узагальнено вітчизняний і міжнародний досвід формування багатофункціональних систем управління землею. Обґрунтовано необхідність переходу від традиційної моделі управління, орієнтованої на окрему земельну ділянку, до новітньої концепції, що базується на просторовому підході та реалізується за принципом «від загального до часткового» – від національного рівня до рівня територіальної громади й окремого землекористування. Визначено ключові функції та управлінські інструменти на різних ієрархічних рівнях, а також роль землевпорядкування як базового механізму реалізації державної земельної політики. Особливу увагу приділено інтеграції інструментів просторового планування, цифрових геоінформаційних технологій, кадастрових систем і сучасних механізмів інформаційного забезпечення управлінських рішень, що забезпечують підвищення прозорості та ефективності управління земельними ресурсами. Показано, що впровадження комплексної багатофункціональної системи управління земельними ресурсами та землекористуванням сприятиме підвищенню ефективності використання земель, забезпеченню їх охорони, розвитку територіальних громад, зміцненню екологічної безпеки, удосконаленню державного управління земельною сферою та створенню умов для сталого соціально-економічного розвитку України.

Ключові слова: управління земельними ресурсами та землекористуванням, землевпорядкування, новітня концепція управління.

Постановка проблеми

Земельний фонд України «є основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави» [2], тому без дієвої системи управління раціональне використання землі є неможливим. Значення цієї системи особливо зростає в періоди масштабних земельних перетворень – масового перерозподілу та приватизації земель, реорганізації наявних об'єктів земельних відносин [7], зокрема й у повоєнний період України. Оскільки земля, попри традиційні якості (засіб виробництва, територіальний базис, природне тіло), водночас є об'єктом правовідносин, нерухомості та унікальним природним

активом, економічні перетворення в Україні визначають напрям розвитку земельних відносин і управління земельними ресурсами. У період повоєнного відновлення економіки, на тлі кризових соціальних, екологічних та економічних явищ, змінюється й роль держави – органів виконавчої влади, територіальних громад, громадських об'єднань – у цій сфері.

Звідси випливає потреба не просто вдосконалення, а по суті парадигмальної зміни теоретичних і методичних положень управління земельними ресурсами та землекористуванням – такої, що дасть змогу знизити кризову напругу соціальних, екологічних та економічних проблем, розширити базу оподаткування й наповнення бю-

джетів, залучити інвестиції у розвиток територіальних громад і регіонів та вибудувати дієву систему гарантій прав суб'єктів земельних відносин.

Основними складовими управління земельними ресурсами та землекористуванням, згідно розділу 7 «Управління в галузі використання і охорони земель» Земельного кодексу України є: 1) встановлення та зміна меж адміністративно-територіальних одиниць; 2) планування використання земель; 3) землеустрій; 4) контроль за використанням та охороною земель; 5) моніторинг земель; 6) державний земельний кадастр; 7) економічне стимулювання раціонального використання та охорони; 8) відшкодування втрат лісгосподарського виробництва (на жаль сільськогосподарського виключено) [2]. Також велике значення має розвиток правового, адміністративно-нормативного, економічного та соціально-психологічного методів, які утворюють систему раціонального та ефективного землекористування, що враховує реальний стан та пріоритети розвитку економіки.

Аналіз останніх наукових досліджень та публікацій

Відмітимо, що питанням управління земельними ресурсами, в Україні займалися значна кількість вітчизняних вчених, та зокрема Дорош О.С.. Так, у навчальному посібнику «Управління земельними ресурсами» 2006 р. А.М. Третяк і О.С. Дорош під управлінням земельними ресурсами розуміли систематичний, свідомий, цілеспрямований вплив держави і суспільства на раціональне використання землі через ринкові земельні відносини, що охоплює планування, регулювання, організацію

і контроль за використанням земель [13]. У 2019 р. Г.І. Шарий, В.В. Тимошевський, Р.А. Міщенко, І.А. Юрко трактують управління земельними ресурсами як діяльність, орієнтовану на досягнення поставленої мети, тоді як земельний менеджмент розглядають лише як один із інструментів (процесів) досягнення цієї мети [11]. У 2022 р. А.С. Попов зазначає, що поняття управління земельними ресурсами не отримало достатньої формалізації в українському законодавстві, яка б дала змогу сформулювати його чітко й однозначне визначення [12]. Далі він трактує процес управління як організацію соціальної системи, завданням якої є організація використання і охорони екосистеми земельних ресурсів [12].

В цьому ж 2022 р. в колективній праці «Управління земельними ресурсами та землекористуванням» українські вчені А.М. Третяк, В.М. Третяк, Р.М. Курильців, Т.М. Прядка, Н.О. Капінос, Н.А. Третяк визначають управління земельними ресурсами як систематичний, свідомий, цілеспрямований вплив держави і суспільства на земельні відносини та процес землекористування [10]. Управління земельними ресурсами та землекористування, з огляду на процеси розподілу (перерозподілу) земель і земельних ділянок, а також організацію використання й охорони земель та інших природних ресурсів, становлять складноорганізовану систему, яка має комплексний характер і зачіпає інтереси широкого кола суб'єктів земельних відносин.

Мета дослідження. Дослідження новітніх особливостей управління земельними ресурсами та землекористуванням в Україні з врахуванням умов відбудови економіки з врахуван-

ням наслідків воєнних дій, тим що «земля» згідно статті 14 Конституції України «є основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави» [3], а нами земля розглядається як унікальний природний актив – простір, у якому відбуваються економічна діяльність і природні процеси та в межах якого зосереджені активи навколишнього середовища й економічні активи [5], та наявної управлінської кризи.

Матеріали і методи наукового дослідження

В процесі дослідження авторами використано наукові публікації, пов'язані із особливостями управління земельними ресурсами та землекористуванням в Україні.

Результати дослідження та їх обговорення

Управління земельними ресурсами та землекористуванням – складноорганізована система, яку вивчають різні науки і яка реалізується багатьма методами та засобами; вона виявляється в таких взаємопов'язаних вимірах [14, 15, 16]:

- у політичному вимірі держава реалізує соціально-політичні, економічні та екологічні завдання, пов'язані з раціональним використанням землі як основного національного багатства й унікального природного активу, забезпечуючи його особливу охорону;

- з адміністративно-управлінського боку йдеться про побудову системи державних органів і органів територіальних громад, розмежування їхньої компетенції та узгодження виконуваних функцій у сфері управ-

ління земельними ресурсами і землекористуванням;

- правова складова полягає в раціональному використанні та охороні земель на підставі норм, закріплених у чинних законодавчих актах, державних і галузевих стандартах, нормах і правилах;

- наукова складова передбачає вироблення обґрунтованих рекомендацій з управління земельними ресурсами і землекористуванням з урахуванням змін суспільних (земельних) відносин та науково-технічного прогресу;

- еколого-економічна складова окреслює умови, за яких використання та охорона земель є водночас ефективними й екологічно безпечними;

- впроваджувальна складова охоплює розроблення й застосування економічних, екологічних, соціальних та інших важелів, стимулів і заходів, спрямованих на раціональне використання й охорону земель.

В цьому зв'язку, важливим є визначення терміну «управління земельними ресурсами та землекористуванням» і його сутності на сучасному етапі розвитку українського суспільства.

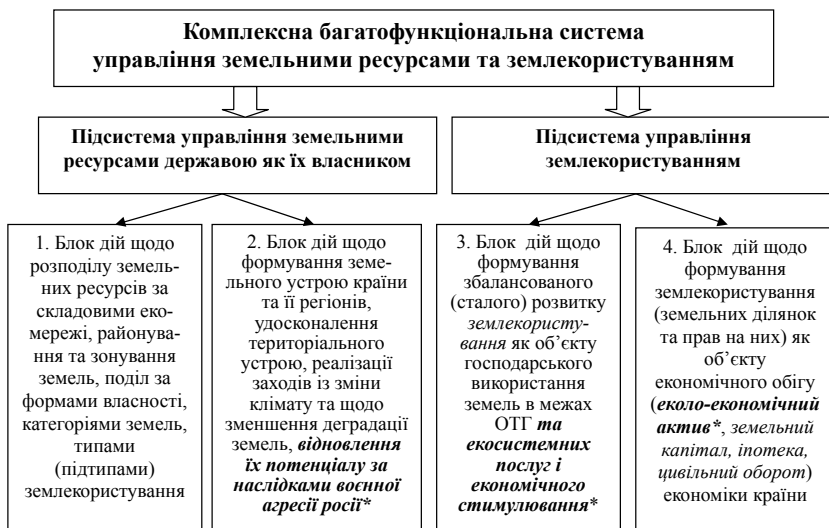
Ще в 2004 р. Дорош О.С. зазначала, що під управлінням земельними ресурсами слід розуміти систематичну, ціленаправлену дію держави і суспільства на земельні відносини і землекористування, яка має базуватися на пізнанні об'єктивних закономірностей та інформації з метою забезпечення ефективного функціонування земельних ресурсів країни в цілому, регіонів та конкретних територій [1]. На її думку, ефективно діюча система управління може бути побудована лише за умови достатньо високого результативного впливу на економічний розвиток усіх інших

складових державного регулювання – нормативно-правових, економічних, соціальних тощо [1]. В 2005 р. Європейська економічна комісія ООН у праці «Управління земельними ресурсами в Європі. Тенденції розвитку та основні принципи» визначає управління земельними ресурсами (land administration) як процеси визначення, реєстрації та поширення інформації про право власності на землю, її вартість та використання під час реалізації політики раціонального використання земельних ресурсів [9].

Виходячи з цього, управління земельними ресурсами та землекористуванням постає як сукупність дій держави – законодавчої, виконавчої влади, органів територіальних громад і громадських професійних об'єднань, – спрямованих на організацію та реалізацію землепорядних процесів (у розумінні джерела [4, 17]): визначення, реєстрацію, облік і по-

ширення відомостей про право власності на землю, оцінку екосистемних послуг та вартості землекористування і земельних ділянок, організацію використання й охорони земель, а також оптимізацію земельного устрою та земельних відносин з урахуванням потреб розвитку суспільства.

Відповідно, А.М. Третяком та іншими дослідниками визначено необхідність запровадження в Україні моделі комплексної багатофункціональної системи управління земельними ресурсами та землекористуванням. Ця новітня система третього типу дає змогу вирішувати питання ефективності використання земельних ресурсів та розвитку землекористування за принципом від загального до часткового (від національного рівня до місцевого) та від часткового до загального (від земельної ділянки до території країни), тобто в їх діалектичній єдності (рис. 1) [10; 14].



* авторське доповнення

Рис. 1. Логічно-змістовна модель комплексної багатофункціональної системи управління земельними ресурсами та землекористуванням в Україні (адаптовано за [10; 14])

Спираючись на логічно-змістовну модель комплексної багатофункціональної системи управління земельними ресурсами та землекористуванням в Україні, наведемо (за джерелом [14], у прямому цитуванні) основний перелік функцій управлінських дій та документів формування і оптимізації управлінських рішень, що належать до необхідних знань фахівців із землепорядкування (табл.). Аналіз даних таблиці засвідчує: управління земельними ресурсами та землекористуванням в Україні має здійснюватися за моделлю від загального до часткового (від національного рівня до місцевого), а не за моделлю від часткового до загального (від земельної ділянки до території країни), яка притаманна управлінню нерухомістю.

На жаль, Держгеокадастр України, мотивуючи запровадженням ринку землі, реалізовує модель від земельної ділянки до території країни. Ще більш негативною є ситуація із підготовкою землепорядних кадрів, яка теж побудована на моделі від часткового до загального.

Разом з тим, група українських дослідників під керівництвом професора Третяка А.М. запропонувала нову концепцію новітнього землепорядкування, яка передбачає перехід від наявної методології землепорядного проєктування (земельна ділянка – режим її використання – землекористування як сукупність земельних ділянок – територія) до новітньої (простір – територія – система землекористування – режим землекористування – земельна ділянка) [8]. Оскільки система землепорядкування є основоположним механізмом управління земельними ресурсами та землекористуванням в Україні, система управління повинна вибудовува-

тися і функціонувати на цій новітній концепції, саме на моделі від загального до часткового (від національного рівня до місцевого).

Зокрема, новітнє землепорядкування, що спирається на конституційну вимогу особливої охорони земель і на принцип сталого (збалансованого) землекористування, розкривається через категорію відтворення земельних та інших природних благ, яку в широкому розумінні варто трактувати як триєдиний процес, що охоплює:

- 1) відновлення (охорону) екологічних систем землекористування;
- 2) використання (експлуатацію) земельних та інших природних ресурсів;
- 3) раціональне (розумне) землегосподарювання.

Відповідно, група українських вчених розглядає систему землепорядкування як сукупність загальнодержавних заходів (управлінських дій), що всебічно забезпечують регулювання земельних відносин та раціональне використання й охорону земельних ресурсів країни як основи життя і діяльності людини, найважливішого природного ресурсу, загального територіального базису, засобу виробництва в сільському і лісовому господарстві та інших сферах [4]. Сучасний розвиток системи землепорядкування, що приведена на рис. 2, обумовлює не тільки новітній розвиток самої системи землепорядкування але і професії землепорядника, що нами пов'язується з землепорядними управлінськими діями (процесуальними та діяльністю) [6].

Наші судження узгоджуються із висновками Європейської економічної комісії ООН, яка у праці «Управління земельними ресурсами в Європі» визначила землепорядкування як діяль-

1. Основний перелік функцій управлінських дій та документів формування і оптимізації управлінських рішень» (пряме цитування за [14])

Ієрархічні рівні	Основні функції управлінських дій	Документи формування та оптимізації управлінських рішень
<i>Підсистема управління земельними ресурсами</i>		
Національний	1) дії щодо формування та реалізації державної земельної політики і розвитку земельного устрою із науково обґрунтованого перерозподілу земель, формування раціональної системи землеволодіння і землекористувань, створення екологічно сталих ландшафтів і агросистем	Стратегія земельної політики та розвитку земельного устрою
	2) дії щодо прогнозування, планування, організації раціонального використання та охорони земель, розвитку земельних відносин	Загальнодержавна програма використання і охорони земель
	3) дії щодо формування національної екологічної мережі як екологічного каркасу системи землекористування	Зведена схема екологічної мережі України
	4) дії щодо природно-сільськогосподарського районування земель	Національна схема природно-сільсько-господарського районування земель
	5) дії щодо розроблення нормативно-правових актів, методичних рекомендацій із інформаційного забезпечення правового, економічного, екологічного і містобудівного механізму регулювання земельних відносин	Система державного земельного кадастру (в т.ч. обліку), оцінки та моніторингу земель
Регіональний	1) дії щодо формування та реалізації державної земельної політики і розвитку земельного устрою із науково обґрунтованого перерозподілу земель, формування раціональної системи землеволодіння і землекористувань, створення екологічно сталих ландшафтів і агросистем	Регіональна стратегія земельної політики та розвитку земельного устрою
	2) дії щодо прогнозування, планування, організації раціонального використання та охорони земель, розвитку земельних відносин	Регіональна програма використання і охорони земель
	Схема землеустрою	
	3) дії щодо формування регіональної екологічної мережі як екологічного каркасу системи землекористування	Регіональна схема екологічної мережі
	4) дії щодо природно-сільськогосподарського районування земель	Регіональна схема природно-сільсько-господарського районування земель
	5) дії щодо прогнозування, планування, організації раціонального використання та охорони земель, розвитку земельних відносин, розробки системи заходів по формуванню землекористування природоохоронних, рекреаційних, оздоровчих та територій виробництва екологічно чистої продукції, збереженню і поліпшенню природних ландшафтів	Регіональна схема землеустрою
	6) дії щодо формування та встановлення на місцевості меж адміністративно-територіальних утворень, територій з особливим природоохоронним, рекреаційним і заповідним режимами	Проекти землеустрою
	7) дії щодо інформаційного забезпечення правового, економічного, екологічного і містобудівного механізму регулювання земельних відносин, капіталізації, екологізації та економічного стимулювання розвитку землекористування	Регіональна система ведення державного земельного кадастру (в т.ч. обліку), оцінки та моніторингу земель

Територіальних громад	1) дії щодо формування та реалізації державної земельної політики і розвитку земельного устрою із науково обґрунтованого перерозподілу земель, формування раціональної системи землеволодінь і землекористувань, створення екологічно сталих ландшафтів і агросистем	Стратегія земельної політики та розвитку земельного устрою як складова стратегії розвитку територіальної громади
	2) дії щодо прогнозування, планування, організації раціонального використання та охорони земель, розвитку земельних відносин, розробки системи заходів по формуванню землекористування природоохоронних, рекреаційних, оздоровчих та територій виробництва екологічно чистої продукції, збереженню і поліпшенню природних ландшафтів, інвестиційного забезпечення та стимулювання інвестицій у розвиток землекористування	Місцева програма використання і охорони земель
	Окремий розділ комплексного плану територіального розвитку	
	3) дії щодо формування місцевої екологічної мережі як екологічного каркасу системи землекористування	Проекти землеустрою формування екологічної мережі
	4) дії щодо формування та встановлення на місцевості меж територіальної громади та сільських старистинських округів, сіл, селищ, міст, районів у містах	Проекти землеустрою
	5) дії щодо зонування земель за типами (підтипами) землекористування, формування об'єктів (масивів земель) екосистемних послуг та їх оцінка	Проекти землеустрою
	6) дії щодо консолідації сільськогосподарських земель для оптимізації обігу земельних ділянок власників земельних часток (паїв) та формування територій землекористувань сільськогосподарських підприємств і фермерських господарств	Проекти землеустрою
	7) дії щодо інформаційного забезпечення правового, економічного, екологічного і містобудівного механізму регулювання земельних відносин, капіталізації, екологізації та економічного стимулювання розвитку та інвестицій у землекористування, обігу земельних ділянок, вирішення земельних спорів	Система ведення земельного кадастру (в т.ч. обліку), оцінки та моніторингу земель
	8) дії щодо розробки системи заходів встановлення нормативів співвідношення та інтенсивності використання земельних угідь, системи сівозмін, сінокосно- і пасовищезмін, по відновленню і підвищенню родючості ґрунтів, рекультиватії порушених земель і землюванню малопродуктивних угідь, захисту земель від ерозії, підтоплення, висушення, зсувів, вторинного засолення і заболочення, ущільнення, забруднення промисловими відходами і хімічними речовинами та інших видів деградації, по консервації деградованих і малопродуктивних земель, попередженню інших негативних явищ;	Проекти землеустрою

ність, пов'язану з управлінням землею як ресурсом одночасно з екологічного та економічного поглядів [9].

Також, слід зазначити, що будь-які теоретичні бачення управління земельними ресурсами та землекористуванням зможуть досягти реалізації лише будучи донесеними до

потенційних землевпорядників в процесі їх професійної підготовки. В цьому зв'язку, хочеться відзначити роль – доктора економічних наук, професора Дорош Ольги Степанівни напередодні її 60-річчя – завідувача



Рис. 2. Логічно-змістовна модель фундаментального розуміння системи новітнього землепорядкування в Україні

кафедри управління земельними ресурсами Національного університету біоресурсів і природокористування (2008 р. та впродовж 2015–2025 рр.), декана факультету землепорядкування (2009–2013 рр.); директора ННІ земельних ресурсів та правознавства (2014 р.). Вона проблематикою управління земельними ресурсами займається з 2000-х років, захистивши в 2005 році кандидатську дисертацію зі спеціальності 08.08.01 економіка природокористування та охорони навколишнього середовища на тему: «Удо-

сконалення управління земельними ресурсами на регіональному рівні».

Висновки

Узагальнюючи викладене, управління земельними ресурсами та землекористуванням постає як цілісна дія держави – її законодавчої й виконавчої влади, органів територіальних громад та громадських професійних об'єднань, – зорієнтована на впорядкування відомостей про право власності на землю (їх визначення, реє-

страцію, облік і поширення), оцінку екосистемних послуг та вартості землекористування і земельних ділянок, організацію використання й охорони земель, а також на оптимізацію земельного устрою й земельних відносин з урахуванням потреб розвитку суспільства. Новітня система управління земельними ресурсами та землекористуванням в Україні має вибудовуватися й функціонувати на основі концепції простір – територія – система землекористування – режим землекористування – земельна ділянка, тобто за моделлю від загального до часткового (від національного рівня до місцевого).

Список використаної літератури

1. Дорош О. С. Управління земельними ресурсами на регіональному рівні : монографія. Київ : ТОВ «ЦЗРУ», 2004. 146 с.
2. Земельний кодекс України : Кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 27.06.2026).
3. Конституція України : Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 12.05.2026).
4. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Гунько Л. А., Третяк Н. А. Землевпорядкування в Україні: розвиток на засадах новітньої інституціонально-поведінкової теорії : монографія / за заг. ред. А. М. Третяка. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2023. 213 с.
5. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Капінос Н. О., Третяк Н. А. Концепція проекту закону України «Про землевпорядкування». *Агросвіт*. 2025. № 5. С. 3–15. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.5.3>.
6. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Капінос Н. О., Третяк Р. А. Наукові засади обґрунтування напрямів підготовки професійних землевпорядників та формування їх інституту в Україні. *Агросвіт*. 2026. № 5. С. 15–25. (DOI буде додано після реєстрації випуску).
7. Третяк А. М., Третяк В. М., Третяк Н. А. Земельна реформа в Україні: тенденції та наслідки у контексті якості життя і безпеки населення : монографія / за заг. ред. А. М. Третяка. Херсон : Гринь Д. С., 2017. 522 с.
8. Третяк А. М., Третяк В. М., Третяк Н. А., Прядка Т. М., Гунько Л. А. Трансформація Закону України «Про землеустрій»: проблеми і перспективи. *Ефективна економіка*. 2024. № 4. URL: <https://www.nayka.com.ua/index.php/ee/issue/view/142> (дата звернення: 27.06.2026). DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.4>.
9. Управління земельними ресурсами в Європі. Тенденції розвитку і основні принципи. Нью-Йорк; Женева : Європейська економічна комісія ООН, 2005. 116 с.
10. Третяк А. М., Третяк В. М., Курильців Р. М., Прядка Т. М., Капінос Н. О., Третяк Н. А. Управління земельними ресурсами та землекористуванням : навч. посіб. / за заг. ред. А. М. Третяка. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2022. 432 с.
11. Шарий Г. І., Тимошевський В. В., Міщенко Р. А., Юрко І. А. Управління земельними ресурсами : навч. посіб. Полтава : ПолтНТУ, 2019. 172 с.
12. Попов А. С. Управління земельними ресурсами : навч. посіб. Миколаїв : Миколаївський національний аграрний університет, 2022. 214 с.
13. Третяк А. М., Дорош О. С. Управління земельними ресурсами : навч. посіб. Київ : ТОВ «ЦЗРУ», 2006. 462 с.
14. Третяк А. М., Третяк В. М., Курильців Р. М., Прядка Т. М., Третяк Н. А. Управління земельними ресурсами та землекористуванням: базові засади теорії, інституціалізації, практики : монографія / за

- заг. ред. А. М. Третяка. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2021. 227 с.
15. Третяк Н. А. Управління земельними ресурсами та землекористуванням як економічна функція права власності на землю : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.06. Київ, 2013. 210 с.
 16. Бутенко Є. В., Вовна М. Ю., Приходько М. Л. Просторове планування як інструмент управління земельними ресурсами у територіальних громадах. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2024. № 2. С. 37–45. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.02.05>
 17. Kupriianchuk I., Stetsiuk M., Bratinova M., Kharytonenko R., Shtohryn H. Data Collection Methods for Land Evaluation in Ukraine. International Conference of Young Professionals "GeoTerrace 2023". 2023. Vol. 2023, Iss. 1. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023510096>
-
- References**
1. Dorosh, O. S. (2004). Upravlinnia zemelnymy resursamy na rehionalnomu rivni [Land resource management at the regional level]. TOV «TsZRU». 146.
 2. Verkhovna Rada of Ukraine. (2001). Zemelnii kodeks Ukrainy [Land Code of Ukraine] (No. 2768-III). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14>
 3. Verkhovna Rada of Ukraine. (1996). Konstytutsiia Ukrainy [Constitution of Ukraine] (No. 254к/96-ВР). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>
 4. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., Hunko, L. A., & Tretiak, N. A. (2023). Zemlevporiadkuvannya v Ukraini: rozvytok na zasadakh novitnoi instytutsionalno-povedinkovoi teorii [Land management in Ukraine: Development based on the latest institutional and behavioral theory] (A. M. Tretiak, Ed.). TOV «Bilotserkivdruk». 213 p.
 5. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., Kapinos, N. O., & Tretiak, N. A. (2025). Kontsepsiia proiektu zakonu Ukrainy «Pro zemlevporiadkuvannya» [Concept of the draft Law of Ukraine "On Land Management"]. *Ahrosvit*, 5, 3–15. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.5.3>
 6. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., Kapinos, N. O., & Tretiak, R. A. (2026). Naukovi zasady obgruntuvannya napriamiv pidhotovky profesiinykh zemlevporiadnykiv ta formuvannya yikh instytutu v Ukraini [Scientific foundations for substantiating the directions of professional land surveyor training and the formation of their institution in Ukraine]. *Ahrosvit*, 5, 15–25.
 7. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., & Tretiak, N. A. (2017). Zemelna reforma v Ukraini: tendentsii ta naslidky u konteksti yakosti zhyttia i bezpeky naselennia [Land reform in Ukraine: Trends and consequences in the context of quality of life and public safety] (A. M. Tretiak, Ed.). Hrin D. S. 522 p.
 8. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Tretiak, N. A., Priadka, T. M., & Hunko, L. A. (2024). Transformatsiia Zakonu Ukrainy «Pro zemleustrii»: problemy i perspektyvy [Transformation of the Law of Ukraine "On Land Management": Problems and prospects]. *Efektivna ekonomika*, 4. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.4>. <https://www.nayka.com.ua/index.php/ee/issue/view/142>
 9. United Nations Economic Commission for Europe. (2005). Upravlinnia zemelnymy resursamy v Yevropi. Tendentsii rozvytku i osnovni pryntsypy [Land administration in Europe: Trends in development and main principles]. United Nations. 116.
 10. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Kuryltsev, R. M., Priadka, T. M., Kapinos, N. O., & Tretiak, N. A. (2022). Upravlinnia zemelnymy resursamy ta zemlekorystuvanniam [Land resource and land use management] (A. M. Tretiak, Ed.). TOV «Bilotserkivdruk». 432.
 11. Sharyi, H. I., Tymoshevskiy, V. V., Mishchenko, R. A., & Yurko, I. A. (2019). Up-

- ravlinnia zemelnymy resursamy [Land resource management]. PoltNTU. 172.
12. Popov, A. S. (2022). Upravlinnia zemelnymy resursamy [Land resource management]. Mykolaiv National Agrarian University. 214.
13. Tretiak, A. M., & Dorosh, O. S. (2006). Upravlinnia zemelnymy resursamy [Land resource management]. TOV «TsZRU». 462.
14. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Kuryltsiv, R. M., Priadka, T. M., & Tretiak, N. A. (2021). Upravlinnia zemelnymy resursamy ta zemlekorystuvanniam: bazovi zasady teorii, instytutsionalizatsii, praktyky [Land resource and land use management: fundamental principles of theory, institutionalization, and practice] (A. M. Tretiak, Ed.). TOV «Bilotserkivdruk». 227.
15. Tretiak, N. A. (2013). Upravlinnia zemelnymy resursamy ta zemlekorystuvanniam yak ekonomichna funktsiia prava vlasnosti na zemliu [Land resource and land use management as an economic function of land ownership] (Candidate dissertation). Kyiv. 210.
16. Butenko, Ye. V., Vovna, M. Yu., & Prykhodko, M. L. (2024). Prostorove planuvannia yak instrument upravlinnia zemelnymy resursamy u terytorialnykh hromadakh [Spatial planning as a tool for land resource management in territorial communities]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel (Land Management, Cadastre and Land Monitoring)*, (2), 37–45. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.02.05>
17. Kuprianchyk, I., Stetsiuk, M., Bratynova, M., Kharytonenko, R., & Shtohryn, H. (2023). Data collection methods for land evaluation in Ukraine. *International Conference of Young Professionals "GeoTerrace 2023"*, 2023(1), 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023510096>

Tretiak A., Tretiak V., Kuprianchyk I., Butenko Ye., Lytvyn V.

LAND RESOURCE MANAGEMENT - A FUNDAMENTAL EDUCATIONAL DISCIPLINE FOR LAND PLANNER

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 23-34.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2025.03.02>

Abstract. *The article examines the modern theoretical and methodological principles of land resources and land use management in Ukraine in the context of post-war reconstruction, land relations reform and transformation of the land management system. The evolution of scientific approaches to the interpretation of the concept of land resources management is analyzed, and domestic and international experience in the formation of multifunctional land management systems is summarized. The need to transition from the traditional management model, focused on a separate land plot, to a new concept based on a spatial approach and implemented according to the principle of "from general to partial" - from the national level to the level of a territorial community and individual land use is substantiated. Key functions and management tools at different hierarchical levels are identified, as well as the role of land management as a basic mechanism for implementing state land policy. Special attention is paid to the integration of spatial planning tools, digital geoinformation technologies, cadastral systems and modern mechanisms for information support of management decisions, which ensure increased transparency and efficiency of land resources management. It is shown that the implementation of a comprehensive multifunctional system of land resources and land use management will contribute to increasing the efficiency of land use, ensuring their protection, developing territorial communities, strengthening environmental safety, improving state land management and creating conditions for sustainable socio-economic development of Ukraine.*

Keywords: *land resources and land use management, land management, new management concept.*

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ РОБІТ ІЗ ЗЕМЛЕУСТРОЮ: СУТНІСТЬ, ІНСТРУМЕНТИ, МЕТРИКИ

Л.А. ГУНЬКО, доктор економічних наук, доцент,

Email: gunko_l@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0002-9454-744X

Національний університет біоресурсів і природокористування України

А.Г. МАРТИН,

доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Email: martyn@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0002-6905-2445

Національний університет біоресурсів і природокористування України

І.Г. КОЛГАНОВА,

кандидат економічних наук, доцент,

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Email: kolganova_i@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0001-7771-2696

Національний університет біоресурсів і природокористування України

О.В. ЗАХАРЕНКО,

заступник начальника Управління сертифікації та нагляду у сфері
землеустрою

Email: ovz-21@ukr.net

ORCID: 0009-0000-8200-837X

Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру

Анотація. У статті досліджено якість робіт із землеустрою як складну багатовимірну категорію, що не зводиться до формальної відсутності помилок, дотримання встановленої форми документації чи її мінімальної відповідності нормативно-правовим вимогам. Обґрунтовано, що в сучасних умовах цифровізації земельно-кадастрових, реєстраційних і планувальних процедур якість документації із землеустрою має розглядатися як інтегральна властивість професійного результату, яка поєднує повноту землевпорядних вишукувань, точність топографо-геодезичної основи, обґрунтованість проектного рішення, нормативну коректність, а також здатність документації мінімізувати ризики набуття, підтвердження та реалізації прав на землю. Показано, що чинна практика контролю в Україні історично найбільшою мірою зосереджена на перевірці технічної валідності електронних документів, топологічної зв'язності, логічної

узгодженості та форматної придатності гео даних, тоді як питання повноти вишукувань, доказовості проектного рішення та післяпроектної стійкості правового результату залишаються методологічно значно менш розробленими. Метою дослідження є теоретико-методологічне обґрунтування сутності якості робіт із землеустрою, формування системи її структурних елементів, розроблення кваліметричного підходу до оцінювання документації із землеустрою та визначення інструментів управління якістю, придатних для професійного, адміністративного й автоматизованого цифрового контролю. Методологічну основу становлять системний, структурно-функціональний, формально-юридичний, порівняльно-правовий та кваліметричний підходи, а джерельну базу — законодавство України, міжнародні стандарти якості географічної інформації, документи у сфері адміністрування земель, а також чинні процедури електронної валідації землевпорядної документації. Запропоновано модель якості документації із землеустрою, що включає п'ять взаємопов'язаних вимірів: повноту вишукувань, точність геодезичних робіт, обґрунтованість проектного рішення, нормативну відповідність і практичну придатність до досягнення правового результату. Розроблено систему кількісних метрик та інтегральний підхід до оцінювання якості, придатні для впровадження у системах автоматизованого проектування, Державному земельному кадастрі, містобудівному кадастрі та суміжних державних інформаційних ресурсах. Окремо обґрунтовано перспективи використання штучного інтелекту для інтелектуального аналізу документації, виявлення аномалій, перевірки фактичного існування об'єктів, підтримки проектних рішень і побудови ризик-орієнтованого контролю, за умови недопущення підміни ним професійного та владного розсуду. Практична цінність статті полягає у формуванні концептуально цілісної та інструментально придатної рамки для переходу від формального контролю документації до системного управління якістю робіт із землеустрою в Україні.

Ключові слова: *якість робіт із землеустрою; документація із землеустрою; управління якістю; кваліметрія; метрики якості; Державний земельний кадастр; геопросторові дані; топологічна зв'язність; повнота землевпорядних вишукувань; обґрунтованість проектного рішення; цифровізація землеустрою; штучний інтелект.*

Постановка проблеми

Управління якістю робіт із землеустрою в Україні перестало бути вузькопрофесійним питанням внутрішнього контролю виконавця і перетворилося на одну з ключових проблем функціонування всієї системи земельних відносин. Це зумовлено тим, що документація із землеустрою є не лише технічним або графічним продуктом, а юридично значущою

основою для формування земельних ділянок, встановлення їх меж, визначення обмежень у використанні земель, підготовки рішень щодо надання, вилучення, зміни цільового призначення земель, а також для подальшої державної реєстрації прав. Закон України «Про землеустрій» прямо визначає землеустрій як сукупність соціально-економічних та екологічних заходів, спрямованих на регулювання земельних відносин і

раціональну організацію території, а також закріплює види документації із землеустрою та її правове значення [1]. Водночас Закон України «Про державну реєстрацію речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень» пов'язує стабільність набуття та реалізації прав із належною правовою визначеністю об'єкта нерухомості, а отже і з якістю вихідної землевпорядної документації [2].

Проблема полягає в тому, що в практиці землеустрою якість документації нерідко сприймається редуковано – як формальна відповідність комплекту документів установленим вимогам або як відсутність очевидних технічних помилок. Такий підхід є методологічно недостатнім. Якість документації із землеустрою не вичерпується належним оформленням текстових і графічних матеріалів. Вона охоплює, принаймні, п'ять взаємопов'язаних вимірів: повноту землевпорядних вишукувань; точність топографо-геодезичної основи; обґрунтованість проектного рішення; відповідність нормативно-правовим актам, стандартам, нормам і правилам; а також здатність документації мінімізувати ризики набуття, підтвердження та реалізації прав на землю. Саме в цій багатовимірності полягає фундаментальна складність проблеми: дефект у будь-якому з названих вимірів може не проявитися на стадії підготовки документа, але породити відмову в погодженні, блокування затвердження, спір щодо меж, конфлікт із містобудівною документацією чи неможливість повноцінної реалізації права в майбутньому [1–3].

Особливої гостроти ця проблема набуває в умовах цифровізації земельно-кадастрових, реєстраційних і планувальних процедур. Закон Укра-

їни «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» закладає інституційну основу для функціонування геопорталів, геопросторових даних, метаданих і сервісів доступу до них [4]. Це означає, що землевпорядна документація дедалі більше існує не лише як текстово-графічний документ, а як структурований набір геопросторових даних, який має бути сумісним, інтероперабельним, машинчитаним і придатним до автоматизованої перевірки. Водночас міжнародні стандарти ISO 19157:2013 та ISO 19157-1:2023 прямо виходять із того, що якість географічних даних повинна описуватися через систему визначених компонентів, процедур оцінювання та правил звітування [8; 9]. Отже, цифровізація не знімає питання якості, а, навпаки, радикально загострює його: будь-яка цифрова процедура потребує чіткої формалізації того, що саме вважається якісним результатом.

В українських умовах ця проблема має також виразний інституційний вимір. Документація із землеустрою створюється на перетині кількох інформаційних і нормативних контурів: матеріалів Державного фонду документації із землеустрою, геодезичних і картографічних матеріалів, даних державної реєстрації речових прав, містобудівної документації, відомостей про обмеження у використанні земель, природоохоронні, інженерні та інші режими територій [1–7]. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» прямо встановлює, що містобудівна діяльність має здійснюватися з урахуванням державних, громадських та приватних інтересів і спрямовуватися на сталий розвиток територій [3]. Це означає, що землевпорядне

рішення не може вважатися якісним, якщо воно є локально коректним, але не узгодженим із просторово-планувальним контекстом, не враховує обмежень території або суперечить логіці збалансованого використання земель.

Ще одна складність полягає в асиметрії інтересів між замовником, виконавцем і кінцевими користувачами результату. Замовник землевпорядних робіт часто зацікавлений передусім у швидкому проходженні процедур та набутті права, а не у високій якості дослідницької й проектної частини документації. Проте безпосереднім «споживачем» якості є не лише замовник, а й державний кадастр, система реєстрації прав, органи публічної влади, суміжні землевласники, інвестори, суди та суспільство загалом. Саме тому якість документації із землеустрою має розглядатися не як приватна характеристика послуги, а як публічно значуща характеристика надійності земельного порядку. У цьому контексті Framework for Effective Land Administration (FELA), розроблена в системі ООН, підкреслює, що ефективне land administration має забезпечувати довіру, безпеку володіння, ефективність ринку землі та інституційну надійність управління [10]. Отже, низька якість землевпорядної документації є не просто професійним недоліком, а фактором системної правової та економічної невизначеності.

Суттєвою є і методологічна прогалина: у вітчизняній практиці досі недостатньо розроблене питання кількісного вимірювання якості землевпорядних робіт. Поки якість не має системи операційних показників, її контроль залишається або декларативним, або вибірково-суб'єктивним.

Тим часом міжнародні підходи до управління якістю геопросторових даних базуються саме на вимірюваних категоріях – повноті, логічній узгодженості, позиційній точності, часовій якості, тематичній коректності та придатності до використання [8; 9]. Для землеустрою це означає потребу переходу від загальних оціночних суджень до кваліметричної моделі, у межах якої якість документації може бути декомпозована на окремі параметри, кожен з яких піддається оцінюванню, порівнянню і подальшій алгоритмізації в цифрових сервісах.

Таким чином, наукова проблема полягає не лише в необхідності підвищення якості робіт із землеустрою, а насамперед у потребі фундаментально уточнити сам зміст категорії «якість документації із землеустрою», визначити її структурні елементи, встановити межі застосування міжнародних підходів і стандартів до цієї сфери та сформулювати систему кількісних метрик, придатних для професійного, адміністративного і цифрового контролю. Без цього неможливо ані побудувати сучасну систему управління якістю землевпорядних робіт, ані забезпечити ефективну інтеграцію землеустрою з кадастром, реєстрацією прав, містобудуванням і національною інфраструктурою геопросторових даних [1–10].

Метою статті є теоретико-методологічне обґрунтування сутності якості робіт із землеустрою як багатовимірної характеристики, що поєднує повноту землевпорядних вишукувань, точність топографо-геодезичної основи, обґрунтованість проектних рішень, їх нормативно-правову коректність і придатність до мінімізації

ризиків набуття та реалізації прав на землю, а також розроблення сучасного інструментарію управління цією якістю на засадах кваліметрії, міжнародних підходів до оцінювання геопросторових даних і потреб цифровізації земельно-кадастрових та планувальних процедур, з формуванням системи кількісних метрик, придатних для професійного контролю, алгоритмізації перевірок, застосування у публічному адмініструванні та використання в процедурах публічних закупівель землевпорядних робіт.

Матеріали і методи наукового дослідження

Матеріалами дослідження стали чинні нормативно-правові акти України у сфері землеустрою, ведення Державного земельного кадастру, державної реєстрації речових прав на нерухоме майно, містобудівної діяльності, функціонування національної інфраструктури геопросторових даних, а також підзаконні й методичні документи, що регламентують електронний обіг результатів землевпорядних робіт, їх структурну та форматну валідність, порядок перевірки електронних документів і інформаційну взаємодію між кадастровими та реєстраційними системами [1–4; 12–14; 18–21]. Поряд із цим використано міжнародні стандарти та концептуальні документи, що визначають підходи до оцінювання якості географічної інформації, ефективного адміністрування земель і належного використання цифрових технологій, зокрема ISO 19157:2013, ISO 19157-1:2023, документи INSPIRE, Framework for Effective Land Administration (FELA), а також аналітичні матеріали щодо застосування штучного інтелекту в

публічному управлінні [8–11; 22]. Методологічну основу дослідження становить поєднання діалектичного, системного, структурно-функціонального, формально-юридичного, порівняльно-правового та логіко-семантичного підходів. Для виявлення сутності категорії «якість документації із землеустрою» застосовано метод концептуальної декомпозиції, за допомогою якого виокремлено її основні складові; для аналізу процедур контролю – метод функціонального моделювання; для формування системи кількісних показників – елементи кваліметричного підходу, нормування індикаторів, експертно-аналітичне групування критеріїв та побудову інтегральної моделі оцінювання.

Водночас дослідження має низку методологічних застережень, які необхідно враховувати при інтерпретації його результатів. По-перше, запропонована модель метрик якості має теоретико-методичний характер і спрямована на формування рамки для подальшої апробації, а не на проголошення остаточно усталених нормативів для всіх видів документації із землеустрою. По-друге, через різномірність видів землевпорядної документації, відмінність їх функціонального призначення та неоднаковий рівень цифрової зрілості інформаційних систем вагові коефіцієнти, порогові значення та набір індикаторів мають розглядатися як адаптивні, а не універсальні. По-третє, дослідження свідомо не отожднює формальну відповідність документації вимогам законодавства з її повною якістю, оскільки частина визначальних параметрів – насамперед повнота вишукувань, доказовість проектного рішення та ризик подальшої дефектної реалізації прав – лише частково

піддаються прямій автоматизованій перевірці й потребують поєднання цифрових, експертних та післяпроєктних способів оцінювання. З огляду на це отримані висновки слід розуміти як науково обґрунтовану методологічну основу для подальшої розробки галузевих стандартів, цифрових контрольних процедур і прикладних моделей оцінювання якості робіт із землеустрою, а не як завершену регуляторну модель, що може бути механічно імплементована без додаткової апробації та інституційного узгодження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз сучасного наукового й нормативно-методичного масиву дає підстави стверджувати, що проблематика якості у сфері землеустрою розроблена вкрай нерівномірно. Найбільш опрацьованим є той сегмент, де якість розуміється як властивість геопросторових даних і цифрових моделей: логічна узгодженість, топологічна зв'язність, форматна валідність, позиційна точність, повнота набору даних у вузькому технічному сенсі та придатність до машинної обробки [8; 9]. Саме в цій площині міжнародні підходи є концептуально зрілими: у рамках ISO 19157 та ISO 19157-1 якість географічної інформації декомпонується на окремі елементи і піделементи, серед яких прямо виокремлюються completeness, logical consistency, у тому числі topological consistency, positional accuracy, temporal validity та usability, причому для них передбачаються процедури оцінювання й документування [8; 9]. Аналогічно в методології INSPIRE якість геоданих мислиться як формалізована й вимірювана характе-

ристика, що повинна бути представлена у вигляді метаданих і перевірюваних показників на рівні набору даних, типу просторового об'єкта або окремого об'єкта [9; 11].

Для української землевпорядної практики показово, що саме цей – техніко-формальний – вимір якості почав інституціоналізуватися раніше за інші. Ще на етапі становлення електронного документообігу в земельно-кадастровій сфері наказ Держкомзему України від 23.05.2003 № 136 запровадив вимоги до структури, змісту та формату файлу обміну даними результатів землевпорядних робіт, а вже в подальших методичних документах перевірка відповідності обмінних файлів цим вимогам була закріплена як окрема процедура [11; 12]. Згодом цей підхід був розвинений наказом Держкомзему від 02.11.2009 № 573, яким затверджено вимоги до структури, змісту та формату оформлення результатів робіт із землеустрою в електронному вигляді, а в сучасній моделі ведення Державного земельного кадастру перевірка електронного документа XML, сформованого відповідно до Порядку ведення ДЗК, уже реалізована як окремий сервіс електронного кабінету для сертифікованих інженерів-землевпорядників [12–14]. Це свідчить, що поняття якості в частині валідності електронного документа, структури файлу, синтаксичної коректності, частини атрибутивної логіки та базових геометричних/топологічних перевірок у вітчизняній системі не є новим або невідомим; навпаки, саме воно виявилось найбільш придатним до ранньої формалізації та алгоритмізації [12–14].

Водночас наукова й практична розробленість цього сегмента не повинна створювати ілюзію, що про-

блема якості документації із землеустрою загалом уже вирішена. Наявні стандарти та процедури переважно відповідають на питання, чи є геодані технічно коректними, чи може електронний документ бути прийнятий системою, чи не містить він внутрішньої логічної суперечності, чи сумісний із заданою моделлю даних [8; 9; 13; 14]. Однак ці підходи значно слабше охоплюють ті характеристики, які в землевпорядній документації мають не менше, а часто й більше значення: повноту землевпорядних вишукувань як достатність опрацювання всіх релевантних джерел; доказовість проектного рішення як обґрунтованість саме такого, а не іншого просторового і правового рішення; виявлення латентних конфліктів між кадастровою, правовою та містобудівною інформацією; а також здатність документації мінімізувати ризики подальшого блокування або дефектної реалізації прав [1–4; 10]. У цьому сенсі сучасний корпус джерел добре пояснює, як перевіряти правильність геометрії, але значно менше – як перевіряти повноту професійного пізнання об'єкта й раціональність самого проектного судження.

Окремої уваги потребує питання повноти. У міжнародних документах з якості геоданих completeness здебільшого трактується як наявність або відсутність потрібних об'єктів, атрибутів чи записів у наборі даних, тобто як commission/omission у структурі даних [9; 11]. Для землеустрою ж цього недостатньо. Повнота землевпорядних вишукувань має значно ширший зміст: вона включає не лише відсутність пропусків у наборі координат або атрибутів, а повноту опрацювання Державного фонду документації із землеустрою, матеріалів

Державного картографо-геодезичного фонду, відомостей державної реєстрації речових прав, містобудівної документації, природоохоронних, інженерних, режимних та інших обмежень. Саме ця ширша, міжсистемна й доказова повнота сьогодні описана значно слабше, ніж повнота в сенсі інформаційної моделі. У наявних стандартах вона лише частково відбивається через категорії usability або fitness for purpose, але не розгортається до рівня спеціальної методики землевпорядного контролю [8–10].

Ще менш розробленою є проблема доказовості проектного рішення. У працях і стандартах, присвячених якості просторових даних, увага закономірно зосереджена на якості даних як таких, тоді як проектне рішення у землеустрої є не просто наслідком обробки даних, а результатом професійного судження, яке має одночасно технічний, правовий, планувальний і соціальний вимір [8–10]. Для документації із землеустрою принципово важливо не лише те, чи правильно описано межу, а й чому вона запропонована саме так; не лише чи відображено обмеження, а й чи коректно вбудовано їх у конфігурацію прав та режимів використання; не лише чи узгоджений документ із чинними нормами, а й чи є рішення внутрішньо переконливим, пропорційним і конфліктостійким. У виявленому масиві джерел ця тема присутня переважно імпліцитно – через загальні вимоги раціональності, сталості, інтервованості land administration і spatial planning, але не як спеціально розроблена методологія вимірювання якості проектного рішення саме в документації із землеустрою [3; 4; 10].

Не менш показовою є ситуація з кваліметрією. У суміжних сферах

– зокрема в оцінюванні якості урбанізованого простору або в окремих напрямках оцінки нерухомості – кваліметричні підходи застосовувалися, що демонструє принаймні принципову можливість переведення складних просторових характеристик у систему ваг, критеріїв і інтегральних індексів [15]. Проте в межах власне землеустрою, а саме щодо оцінювання якості землепорядної документації, землепорядних вишукувань, проектних рішень та процедур їх підготовки, у доступному профільному науковому масиві не виявляється сформованої традиції спеціального кваліметричного аналізу. Інакше кажучи, існують розроблені інструменти для оцінювання окремих технічних властивостей геоданих і окремі приклади використання кваліметрії в суміжних галузях, але відсутня цілісна теорія і методика кваліметричного вимірювання якості документації із землеустрою як комплексного правово-інженерного продукту [8; 9; 15]. Саме ця прогалина, на наш погляд, є однією з ключових причин того, що дискусія про якість у землеустрої досі часто залишається або нормативно-декларативною, або зводиться до перевірки формату й геометрії.

Отже, огляд останніх досліджень і публікацій дає змогу зробити три принципові висновки. По-перше, поняття якості в частині топологічної зв'язності, логічної узгодженості, форматної валідності та загалом якості геоданих досліджене достатньо ґрунтовно як у міжнародній стандартизації, так і в українській кадастровій практиці, де відповідні перевірки давно набули процедурної форми [8; 9; 11–14]. По-друге, коли мова переходить від технічної коректності даних до повноти землепорядних вишуку-

вань і доказовості проектного рішення, ступінь розробленості проблеми різко знижується, а наявні підходи не забезпечують повної методологічної відповіді на потреби землеустрою [1–10]. По-третє, кваліметрія як спеціальний інструмент вимірювання якості землепорядних робіт і документації фактично не сформована як окремий дослідницький напрям, що й обумовлює актуальність розроблення відповідної системи критеріїв, показників і метрик.

Виклад основного матеріалу дослідження

Якість документації із землеустрою є категорією, яку не можна зводити до формальної безпомилковості. Відсутність помилок, порушень законодавства або технічних дефектів є лише мінімальною умовою прийнятності документації, але ще не свідчить про її високу якість. Документація може бути оформлена без явних відхилень, пройти формальну перевірку та водночас залишатися неповною за джерельною базою, недостатньо точною у топографо-геодезичній частині, слабо обґрунтованою у проектному рішенні або ризикованою з точки зору подальшого набуття і реалізації прав на землю. Тому якість документації із землеустрою доцільно розуміти як інтегральну властивість професійного результату, що відображає ступінь його пізнавальної достатності, інженерної точності, правової коректності, проектної переконливості та практичної придатності до безпечного включення в кадастрові, реєстраційні, містобудівні та правозастосовні процедури [1–10].

У цьому сенсі документація із

землеустрою має подвійну природу. Вона одночасно є результатом вишукування, тобто професійного пізнання фактичного та правового стану території, і результатом проектування, тобто обґрунтованого вибору просторового рішення. Саме тому її якість завжди має дві взаємопов'язані сторони: якість даних, на яких вона побудована, і якість судження, яке з цих даних виводиться. Перша сторона у сучасних кадастрових системах уже значною мірою формалізована: електронний документ перевіряється на відповідність даним Державного земельного кадастру, вимогам до змісту, структури і технічних характеристик, а також даним самої документації із землеустрою [13]. Друга сторона – повнота виявлення режимоутворюючих об'єктів, правових підстав суміжного землекористування, коректність ідентифікації будівель і споруд, переконливість вибору конфігурації меж, обмежень чи функціонального призначення – залишається значно менш формалізованою і тому менш контрольованою [1–4].

Саме тут проявляється фундаментальна межа чинної моделі контролю. Кадастровий реєстратор або посадова особа органу, що погоджує чи затверджує документацію, за чинним правовим режимом перевіряє поданий документ на предмет його відповідності вимогам законів, прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів, документації із землеустрою або містобудівної документації; підставою для відмови у погодженні та затвердженні документації може бути лише така невідповідність [20]. Отже, контроль за своєю юридичною конструкцією переважно спрямований на те, що вже потрапило до документації, а

не на те, що могло залишитися поза нею. Тому сама процедура перевірки не дає автоматичної відповіді на питання, чи були повністю виявлені та досліджені всі релевантні режимоутворюючі об'єкти, чи встановлено існування правовстановлюючих документів на суміжні ділянки, які не відображені в кадастрі, чи коректно ідентифіковані будівлі та споруди, на які спирається проектне рішення. Це не вада окремого реєстратора; це структурне обмеження системи, яка здатна перевірити подане, але не завжди здатна виявити неподолану неповноту вихідного пізнання. Саме цим пояснюється поява законопроекту № 10095 щодо запровадження уніфікованого переліку питань, тобто чек-листа, для встановлення відповідності або невідповідності положень документації; однак картка законопроекту фіксує, що після проходження комітетської стадії він станом на 21.03.2024 був відхилений і знятий з розгляду [20; 16].

Показово, що суспільно резонансні корупційні практики у земельній сфері виникають саме на межі між формальною валідністю документу і змістовною якістю вихідних передумов. За інформацією НАБУ про операцію «Чисте місто», слідство інкримінувало схему, в якій на підконтрольних осіб реєстрували право власності на споруди, яких на відповідних ділянках фактично не існувало, після чого на цій підставі ініціювалося надання прав на землю без торгів; у публічному дискурсі такі практики дістали назву так званих «туалетних схем» [17]. Для теорії якості документації із землеустрою цей приклад принциповий: він демонструє, що формальна присутність об'єкта у поданому пакеті

даних і документах ще не тотожна його фактичній та правовій достовірності. Інакше кажучи, якість документації починається не з перевірки того, чи правильно заповнено файл, а з перевірки того, чи справді документ виражає реальний стан об'єкта та правової ситуації, а не штучно сконструйовану видимість.

З огляду на викладене, якість документації із землеустрою доцільно моделювати як систему з п'яти взаємопов'язаних вимірів: 1) повнота землевпорядних вишукувань; 2) точність топографо-геодезичних вишукувань; 3) обґрунтованість проектного рішення; 4) нормативна відповідність; 5) задоволення потреб споживача через мінімізацію ризиків набуття та реалізації прав на землю. Така модель спирається, з одного боку, на українську нормативну конструкцію землеустрою, кадастру, реєстрації прав і містобудівної діяльності, а з другого – на міжнародний підхід до якості географічних даних, за яким якість описується через множину окремих компонентів і процедур їх оцінювання [1–9].

У філософському сенсі ця п'яти-компонентна модель відображає різні форми істинності документації. Повнота вишукувань є істинністю джерельною: вона відповідає на питання, чи достатньо ми знаємо про об'єкт. Точність геодезичних робіт є істинністю метричною: вона відповідає на питання, наскільки правильно об'єкт описано в просторі. Обґрунтованість проектного рішення є істинністю практичного судження: вона відповідає на питання, чи впливає запропоноване рішення з наявних даних і чи є воно найкращим серед припустимих альтернатив. Нормативна відповідність є істинністю правовою.

Нарешті, задоволення потреб споживача є істинністю функціональною: чи виконує документація ту суспільну й приватну роль, заради якої вона створювалася. Якщо хоча б один із цих вимірів є дефектним, документація може залишатися формально прийнятною, але бути сутнісно неякісною.

Для того щоб управління якістю можна було перевести з площини загальних оцінок у площину цифрового адміністрування, необхідна кваліметрія, тобто система кількісного вимірювання складного об'єкта через набір часткових показників. Оскільки у профільній літературі спеціальної кваліметрії землевпорядної документації фактично не сформовано, доцільним є побудова авторської моделі інтегрального показника якості на основі нормованих індикаторів [15].

Пропонується інтегральний індекс якості документації із землеустрою:

$$IQ_x = \sum_{i=1}^n w_i \cdot S_i$$

де S_i – нормований показник окремого виміру якості у шкалі від 0 до 1;

w_i – вага відповідного виміру;

$$\sum w_i = 1.$$

Для типових випадків, на думку авторів, можуть бути запропоновані такі базові ваги: повнота вишукувань – 0,25; точність топографо-геодезичних вишукувань – 0,20; обґрунтованість проектного рішення – 0,20; нормативна відповідність – 0,15; ризик-безпечність для набуття і реалізації прав – 0,20. Однак ваги не повинні вважатися універсальними: для проектів формування меж адміністративно-територіальних одиниць або обмежень у використанні земель вагомість проектною обґрунтованості може бути вищою; для технічної документації щодо встановлення меж

– вищою може бути вага геодезичної точності.

Нижче подано пропоновану систему часткових показників, придатних для використання в системах автоматизованого проектування, у Державному земельному кадастрі, містобудівному кадастрі та суміжних державних інформаційних системах (табл. 1).

Ця таблиця має принципове значення. Вона переводить дискусію про якість із площини інтуїції у площину операціоналізації. Найважливішим тут є те, що лише частина показників від початку належить до класичних властивостей геоданих – валідність формату, топологічна цілісність, точність, несуперечність. Інша частина стосується більш складних вимірів: доказовості, повноти пошуку джерел, післяпроектної стабільності права. Саме в поєднанні цих двох груп показників і виникає справжня кваліметрія землеустрою.

В умовах повної або переважної цифровізації процесів ініціювання, складання, погодження, затвердження та реалізації документації із землеустрою виникає ключове методологічне правило: автоматизувати можна лише те, що попередньо концептуально визначено і формально описано. Якщо якість залишається невизначеним професійним відчуттям, її неможливо перетворити на алгоритм. Якщо ж вона розкладена на окремі властивості, для кожної з яких визначено показник, джерело даних, допустимий поріг і наслідок відхилення, контроль може бути вбудований у цифрові сервіси. Саме на цій логіці побудовано міжнародні стандарти якості географічних даних: вони не просто констатують, що дані можуть бути «якісними», а задають структуру показників, процеду-

ри оцінювання та правила звітності [8; 9].

Для землевпорядної сфери це означає, що контроль якості повинен бути багаторівневим:

1) Перший рівень – синтаксичний та структурний контроль. Тут перевіряються формат електронного документа, заповненість обов'язкових полів, відповідність XML-схемам, підписання, правильність структури архіву, відсутність дублювань, формальна коректність атрибутів. Цей рівень в Україні вже значною мірою реалізований у сервісах перевірки електронного документа XML і в Порядку ведення Державного земельного кадастру [13; 14].

2) Другий рівень – геометричний і топологічний контроль. Тут перевіряються самоперетини, розриви контурів, накладки, логічна узгодженість меж, несуперечність геометрії атрибутам, відповідність базовим правилам просторової моделі. Ця сфера також добре алгоритмізується і вже має усталені стандарти як у міжнародній практиці, так і в українській системі кадастрового приймання даних [8; 9; 11–14].

3) Третій рівень – міжреєстровий логічний контроль. Його завданням є виявлення конфліктів між землевпорядною документацією, даними кадастру, реєстру прав, містобудівної документації, реєстрів обмежень, інженерних мереж, природоохоронних зон. Саме тут у найближчі роки має відбутися головний розвиток цифрових сервісів. Формальна можливість такої взаємодії закладена як у правовому режимі національної інфраструктури геопросторових даних, так і в актах про інформаційну взаємодію між кадастром і реєстрацією прав [4; 21].

1. Складові якості документації із землеустрою та пропоновані кількісні метрики

Складова якості	Зміст складової	Кількісна метрика	Формула / логіка розрахунку	Джерело даних для автоматизації	Рівень автоматизації
Повнота землевпорядних вишукувань	Охоплення всіх релевантних джерел та обставин	Індекс повноти джерел (IPJ)	$IPJ = Nf / Nr$, де Nf — кількість фактично опрацьованих релевантних джерел, Nr — кількість джерел, обов'язкових за типом документації	журнал звернень до фондів, реєстрів, містобудівного кадастру, реєстру прав	висока
Повнота землевпорядних вишукувань	Виявлення режимують-рюючих об'єктів	Коефіцієнт невиявлених обмежень (KNO)	$KNO = Nlate / Nall$, де Nlate — обмеження, виявлені після пошуку документації або на стадії реалізації прав	шари обмежень, містобудівна документація, природоохоронні реєстри	середня
Повнота землевпорядних вишукувань	Виявлення суміжних прав, не відбитих у ДЗК	Індекс правової повноти суміжності (IPPS)	частка суміжних ділянок, щодо яких підтверджено аналіз реєстру прав, архівних документів і фактичного користування	ДРП, архівні фонди, акти погодження меж, польові акти	середня
Точність топографо-геодезичних вишукувань	Метрична коректність координат	Середньоквадратична похибка (СКП)	обчислюється за контрольними вимірами	польові журнали, GNSS/тахеометричні файли, контрольні точки	висока
Точність топографо-геодезичних вишукувань	Відповідність точок нормативним допускам	Частка точок у допуску (ЧТД)	$ЧТД = Nok / Nr$	журнали вимірювань, автоматичні звіти САПР	висока
Точність топографо-геодезичних вишукувань	Топологічна коректність геометрії	Індекс топологічної цілісності (ІТЦ)	$ІТЦ = 1 - Ne / Nc$, де Ne — число топологічних помилок, Nc — число перевірок	XML/GML, кадастрові шари, правила топології	дуже висока
Обґрунтованість проектного рішення	Наявність причинно-наслідкового зв'язку між даними і рішенням	Індекс доказовості проекту (ІДП)	частка проектних тез, що мають посилення на джерело, розрахунок або просторовий аналіз	текст документа, електронні посилання на джерела, шари обмежень	середня
Обґрунтованість проектного рішення	Перевірка альтернатив	Індекс альтернативності (ІА)	відношення кількості розглянутих альтернатив до мінімуму, визначеного методикою	пояснювальна записка, аналітичні модулі САПР	низька/середня
Обґрунтованість проектного рішення	Просторова неуперечність рішення	Індекс конфліктності рішення (ІКР)	кількість конфліктів з містобудівною документацією, обмеженнями, інфраструктурними зонами на одиницю проекту	містобудівний кадастр, охоронні шари, транспортні та інженерні мережі	висока
Нормативна відповідність	Відповідність складу і змісту документації	Індекс нормативної відповідності (ІНВ)	$ІНВ = 1 - (2Ncrit + Nminor) / Nchh$	машинні правила, чек-листи, електронні форми	дуже висока
Нормативна відповідність	Коректність електронного документа	Індекс формативної валідності (ІФВ)	частка успішно пройдених синтаксичних і семантичних перевірок	XML-схеми, валідатори ДЗК	дуже висока

Складова якості	Зміст складової	Кількісна метрика	Формула / логіка розрахунку	Джерело даних для автоматизації	Рівень автоматизації
Практична придатність	Ймовірність безпроблемного проходження процедур	Індекс процедурної успішності (ІПУ)	композит з показників: прийняття з першого подання, відсутність відмов, строк проходження	ДЗК, ДРРП, електронні кабінети	висока
Практична придатність	Ризик подальшого спору або корекції	Індекс післяпроектної стабільності (ІПС)	$ІПС = 1 - (Ndisputes + Nfix) / Nall$ за визначений період	судові реєстри, статистика виправлень, дані скарг	середня
Сложивча цінність	Придатність до досягнення правового результату	Індекс реалізованості права (ІРП)	частка проектів, що завершилися набуттям або належною реалізацією права без повторного виготовлення документації	ДРРП, ДЗК, реєстри рішень	середня

Примітка: авторська розробка.

4) Четвертий рівень – контроль повноти вишукувань. Він значно складніший, але також частково піддається алгоритмізації. Для кожного виду документації може бути сформовано цифровий профіль обов'язкових джерел: чи звертався розробник до Державного фонду документації із землеустрою; чи досліджував матеріали Державного картографо-геодезичного фонду; чи перевіряв дані реєстру прав; чи інтегрував містобудівну документацію; чи опрацював дані про обмеження та інженерні мережі. Тут контроль має працювати не як оцінка «правильності думки», а як оцінка доказової повноти професійного пошуку.

5) П'ятий рівень – контроль проектної обґрунтованості. Він найменш придатний до повної автоматизації, але може бути суттєво підсилений цифровими засобами: порівнянням альтернатив, автоматичним виявленням конфліктів, просторовим аналізом доступу, накладанням багатьох шарів режимів, фіксацією джерел, на які спирається кожне проектне положення. Тут автоматизація має не замінювати інженера-землевпорядника, а робити його судження прозорим, відтворюваним і перевірюваним.

У порядку обговорення авторами здійснено спробу комплексно систематизувати відомі методи контролю якості документації із землеустрою в рамках однієї системної рамки (табл. 2).

Особливого значення набуває саме останній метод – аналітика аномалій. Більшість незаконних або маніпулятивних практик у земельній сфері не обов'язково проявляються як груба технічна помилка. Вони часто проявляються як статистично нетипова поведінка: повторювані невеликі будівлі, під які ініціюються великі ділянки; однакові шаблони конфігурації

2. Методи контролю якості документації із землеустрою

Метод контролю	Сутність методу	Що перевіряє	Чи може бути алгоритмізований	Де може бути реалізований
Форматно-структурна валідація	Перевірка електронного документа на відповідність схемі, структурі, обов'язковим полям	ІФВ, базова нормативна коректність	так, повністю	ДЗК, САПР, електронні кабінети
Топологічна перевірка	Контроль геометричних і топологічних помилок	ІТЦ, конфлікти контурів	так, повністю	САПР, GIS, ДЗК, містобудівний кадастр
Геодезичний контроль	Контроль похибок, замикань, координат, відповідності класу точності	СКП, ЧТД	так, переважно	САПР, польові програми, системи приймання
Перехресна міжреєстрова перевірка	Зіставлення з кадастром, реєстром прав, містобудівним кадастром, охоронними зонами	ІКР, ІППС, KNO	так, значною мірою	інтегровані державні системи
Чек-листна перевірка складу та змісту	Перевірка наявності всіх передбачених елементів документації	ІНВ, ІРІ	так, повністю або майже повністю	електронні форми, сервіси погодження
Аналіз доказової бази	Встановлення, чи кожне положення документації має належне обґрунтування	ІДП	частково	цифрові системи з прив'язкою посилань і джерел
Експертна проектна рецензія	Професійна оцінка раціональності рішення, альтернатив, пропорційності	ІА, ІДП, ІКР	лише частково	органи погодження, внутрішній контроль виконавця
Післяпроектний аудит	Аналіз відмов, спорів, виправлень, повторного виготовлення	ІПУ, ІПС, ІРІ	так, за наявності інтегрованих даних	ДЗК, ДРРП, судова аналітика, управлінські панелі
Польова верифікація	Візна перевірка на місцевості	фактичне існування об'єктів, меж, споруд	частково	мобільні застосунки, контрольні органи
Аналітика аномалій	Пошук нетипових конфігурацій, підозрілих повторюваних сценаріїв	корупційні та технологічні ризики	так, дедалі більше	аналітичні модулі, системи ризик-орієнтованого контролю

документів; надмірна концентрація погоджень в окремих суб'єктах; типові послідовності реєстраційних дій, що ведуть до обходу конкурентних процедур. Саме на цьому стику з'являється простір для нових засобів цифрового контролю.

Для землевпорядної практики важливо вийти за межі уявлення про якість як про «внутрішню добротність» документа. Якість докумен-

тації – це водночас і міра суспільної довіри до неї. Документація високої якості зменшує кількість спорів, скорочує потребу в повторних зверненнях, знижує транзакційні витрати держави і приватних осіб, унеможливує частину корупційних маніпуляцій, підвищує передбачуваність обігу прав на землю. Тому доцільно розглядати її ще й у категоріях ризику: документ є якісним настільки, наскільки

ки він знижує ймовірність подальшої невизначеності щодо меж, режимів, титулу, допустимого використання і просторового конфлікту.

Звідси випливає важлива методологічна теза: у сучасній системі землеустрою ключовим має бути не тільки контроль помилки, а і контроль ризику. Помилка – це вже виявлене відхилення. Ризик – це ймовірність того, що дефект проявиться пізніше. Саме тому показники післяпроектної стабільності, конфліктогенності, повторного виготовлення документації або масив відмов у подібних кейсах є не менш важливими за показники точності чи валідності файлу.

Окремої уваги потребує оцінка перспектив використання штучного інтелекту (ШІ) для контролю якості робіт із землеустрою. Так, питання використання ШІ в land administration уже прямо фіксується на рівні системи ООН. У матеріалах UN-GGIM до 14-ї сесії Комітету експертів зазначено, що експертна група аналізує потенційне застосування ШІ в майбутніх системах адміністрування та управління земельними ресурсами; водночас у документах OECD щодо державного управління підкреслено, що надійне використання ШІ залежить від високоякісних даних і належного управління ними [10; 22]. Отже, для землеустрою ШІ не може бути «надбудовою» над неякісною інформаційною основою; навпаки, він можливий лише там, де попередньо впорядковано модель якості даних, джерел і процедур.

Найперспективніші напрями використання ШІ в контролі якості робіт із землеустрою, на думку авторів, можна звести до п'яти груп:

1) Перша – інтелектуальний аналіз документів. Моделі оброблен-

ня природної мови можуть зіставляти текстові положення пояснювальної записки з нормативними вимогами, виявляти пропущені обов'язкові елементи, шукати суперечності між текстом і графікою, автоматично формувати попередній перелік ризиків та невідповідностей. Це не замінює юриста чи землевпорядника, але радикально підсилює попередній контроль.

2) Друга – виявлення аномалій у геопросторових і процедурних даних. ШІ здатен навчатися на масивах вже опрацьованих справ і виявляти нетипові поєднання ознак: незвичні співвідношення площі ділянки і площі споруди; повторювані конфігурації кадастрових контурів; атипові часові послідовності реєстраційних дій; нехарактерні кластери відмов або, навпаки, «надто гладкого» проходження процедур. Саме тут технологія може стати інструментом раннього попередження не лише технічних, а й корупційних ризиків.

3) Третя – комп'ютерний зір для перевірки фактичного існування об'єктів. За наявності законної інтеграції з ортофотопланами, супутниковими знімками, матеріалами аерознімання та результатами польової фотофіксації ШІ може допомагати перевіряти, чи існує заявлена будівля, чи не є вона знесеною, чи відповідає її контур фактичному стану, чи не підмінено капітальний об'єкт малим або тимчасовим елементом. У контексті схем, де правовий титул на землю вибудовується через сумнівне посилання на об'єкт нерухомості, це має особливу вагу [17].

4) Четверта – асистування проектному рішенню. ШІ може пропонувати альтернативні конфігурації, автоматично враховувати обмеження,

аналізувати доступ, сервітути, накладення режимів, порівнювати варіанти за кількома критеріями і формувати пояснювальні довідки щодо просторових компромісів. Тут він виконує не владну, а дорадчу функцію.

5) П'ята – самонавчальний контроль якості. Якщо система накопичує дані про причини відмов, типові зауваження, судові спори, виправлення, повторні подання і результати перевірок, ШІ може постійно уточнювати ризикові профілі документації і вдосконалювати правила первинного контролю.

Водночас межі допустимого використання ШІ мають бути чітко окреслені. У сфері землеустрою неприпустимою є повна автоматична підміна професійного та владного рішення там, де йдеться про юридичну оцінку, визначення балансу інтересів, оцінку пропорційності обмежень або остаточне встановлення правових наслідків. ШІ має працювати як система підтримки рішення, а не як самостійний носій публічної влади. Інакше кажучи, для землеустрою найперспективнішою є модель «пояснюваного цифрового асистента», а не «автономного цифрового експерта».

Висновки

Сучасне управління якістю робіт із землеустрою повинно перейти від логіки післяфактумної перевірки помилок до логіки проектування якості в самій архітектурі документації та цифрових процедур. Для цього необхідні щонайменше чотири кроки. Перший – затвердити галузеву модель якості документації із землеустрою, яка не обмежується нормативною відповідністю, а охоплює повноту вишукувань, точність, проектну об-

ґрунтованість і ризик-безпечність. Другий – сформувати обов'язкові цифрові профілі джерел і контрольні переліки для кожного виду документації. Саме ідея такого уніфікованого переліку питань, попри неприйняття законопроекту № 10095, відображає об'єктивну потребу системи у більш стандартизованому контролі [16]. Третій – інтегрувати в САПР, ДЗК, містобудівний кадастр та суміжні системи кваліметричні індекси, подібні до запропонованих у цій статті, із порогами прийнятності та автоматичним формуванням протоколів якості. Четвертий – розвивати ризик-орієнтований контроль і використання штучного інтелекту там, де він здатен підсилити виявлення прихованих дефектів, аномалій і маніпуляцій, не підміняючи собою професійного судження.

Перспективи подальших досліджень пов'язані насамперед із поглибленим розробленням галузевої кваліметрії землеустрою, тобто системи науково обґрунтованих індикаторів, вагових коефіцієнтів і порогових значень для різних видів документації із землеустрою. Окремого опрацювання потребує методологія кількісної оцінки повноти земельпорядних вишукувань і доказовості проектного рішення, оскільки саме ці складові нині найменше піддаються формалізації, але водночас істотно впливають на правову стійкість і практичну цінність документації. Важливим напрямом подальших досліджень є також розроблення моделей інтеграції таких метрик у системи автоматизованого проектування, Державний земельний кадастр, містобудівний кадастр і суміжні державні інформаційні ресурси, а також визначення меж і принципів застосування ШІ для вияв-

лення дефектів, аномалій і ризиків у землевпорядній документації без підміни ним професійного та владного розсуду. Саме на цьому ґрунті може бути сформована нова якість землеустрою – як сфери, у якій достовірність, доказовість і цифрова перевірюваність стають основою правової визначеності та сталого просторового розвитку.

Список використаної літератури

1. Про землеустрій : Закон України від 22.05.2003 № 858-IV // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/858-15> (дата звернення: 15.03.2026).
2. Про державну реєстрацію речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень : Закон України від 01.07.2004 № 1952-IV // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1952-15> (дата звернення: 15.03.2026).
3. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3038-17> (дата звернення: 15.03.2026).
4. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 № 554-IX // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/554-20> (дата звернення: 15.03.2026).
5. Гунько Л.А., Лахматова О.В., Захаренко О.В. Проблеми удосконалення державного регулювання землеустрою. Сучасні тенденції розвитку геодезії, землеустрою та природокористування: Міжнародна науково-практична конференція, м. Одеса, 15-16 червня 2022 року. Одеса, 2022. С. 147-149.
6. Гунько Л.А., Лахматова О.В., Захаренко О.В. Цифровізація у сфері сертифікації - важливий аспект захисту прав сертифікованих інженерів-землевпорядників та інженерів-геодезистів. Інноваційні технології у плануванні територій: VI Міжнародна науково-практична конференція, м. Одеса, 20-22 листопада 2025 року. Одеса, 2025. С. 219-222.
7. Мартин А. Г. Управління якістю землевпорядних робіт : монографія. А.Г. Мартин, Л.А. Гунько, І.Г. Колганова. Київ: Компринт, 2015. 384 с.
8. ISO 19157:2013. Geographic information — Data quality. Geneva : International Organization for Standardization, 2013. URL: <https://www.iso.org/standard/32575.html> (date of access: 15.03.2026).
9. ISO 19157-1:2023. Geographic information — Data quality — Part 1: General requirements. Geneva : International Organization for Standardization, 2023. URL: <https://www.iso.org/standard/78900.html> (date of access: 15.03.2026).
10. Framework for Effective Land Administration (FELA). New York : United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management, 2020. URL: https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/10th-Session/documents/E-C.20-2020-29-Add_2-Framework-for-Effective-Land-Administration.pdf (date of access: 15.03.2026).
11. Drafting Team Data Specifications. Methodology for the Development of Data Specifications. Version 3.0. European Commission, Joint Research Centre, 2008. URL: https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/document/download/f4e1a6c1-ff46-4a6c-a772-54a72d3767db_en (date of access: 16.03.2026).
12. Про затвердження Рекомендацій по перевірці індексних кадастрових карт (планів) та обмінних файлів на територію кадастрових кварталів : Наказ Держкомзему України від 28.08.2008 № 333 // База даних «Законодавство України»

- / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0333675-08> (дата звернення: 16.03.2026).
13. Про затвердження Вимог до структури, змісту та формату оформлення результатів робіт із землеустрою в електронному вигляді (обмінного файлу) : Наказ Держкомзему України від 02.11.2009 № 573 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0157-10> (дата звернення: 16.03.2026).
14. Сервіс перевірки електронного документа XML // Публічна кадастрова карта України. URL: https://wikimap.dzk.gov.ua/wiki/Сервіс_перевірки_електронного_документа_XML (дата звернення: 16.03.2026).
15. Cieślak I., Strumiłło-Rembowska D., Szuniewicz K. Application of Qualimetric Methods for Evaluation of Urbanized Space Quality for Analyses of the Local Real Property Market // Real Estate Management and Valuation. 2014. Vol. 22, No. 4. P. 51–59. DOI: 10.2478/remav-2014-0036. URL: <https://ideas.repec.org/a/vrs/remava/v22y2014i4p51-59n5.html> (date of access: 16.03.2026).
16. Проект Закону про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо запровадження уніфікованого переліку питань (чек-лист) для встановлення відповідності або невідповідності положень документації із землеустрою, технічної документації з бонітування ґрунтів та технічної документації з нормативної грошової оцінки земель : картка законопроекту № 10095 від 28.09.2023 / Верховна Рада України. URL: <https://itd.rada.gov.ua/billinfo/Bills/Card/42878> (дата звернення: 16.03.2026).
17. Земельна корупція в Київській міськраді: викрито злочинну організацію (ВІДЕО+ФОТО) // Національне антикорупційне бюро України. 06.02.2025. URL: <https://nabu.gov.ua/news/zemel-na-koruptciia-v-ky-vs-kiyi-mis-kradi-vykryto-zlochynnu-organizatciiu/> (дата звернення: 16.03.2026).
18. Про затвердження Вимог до структури, змісту та формату оформлення результатів робіт із землеустрою в електронному вигляді (обмінного файлу) : Наказ Держкомзему України від 02.11.2009 № 573 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0157-10> (дата звернення: 16.03.2026).
19. Про затвердження Рекомендацій по перевірці індексних кадастрових карт (планів) та обмінних файлів на територію кадастрових кварталів : Наказ Держкомзему України від 28.08.2008 № 333 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0333675-08> (дата звернення: 16.03.2026).
20. Про внесення змін до Земельного кодексу України та інших законодавчих актів щодо вдосконалення системи управління та дерегуляції у сфері земельних відносин: Закон України від 28.04.2021 № 1423-IX // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1423-20> (дата звернення: 16.03.2026).
21. Про деякі питання забезпечення інформаційної взаємодії органу, що здійснює ведення Державного земельного кадастру, та органу державної реєстрації прав : Наказ Міністерства юстиції України, Міністерства аграрної політики та продовольства України від 03.12.2012 № 1779/5/748 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z2056-12> (дата звернення: 16.03.2026).
22. Governing with Artificial Intelligence: Are Governments Ready? Paris : OECD, 2024. URL: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/06/governing-with-artificial-intelligence_

f0e316f5/26324bc2-en.pdf (date of access: 16.03.2026).

References

1. Verkhovna Rada of Ukraine. (2003). Pro zemleustrii [On land management] (Law No. 858-IV). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/858-15>
2. Verkhovna Rada of Ukraine. (2004). Pro derzhavnu reiestratsiiu rechovykh prav na nerukhome maino ta yikh obtiazhen [On state registration of property rights and encumbrances] (Law No. 1952-IV). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1952-15>
3. Verkhovna Rada of Ukraine. (2011). Pro rehuliuivannia mistobudivnoi diialnosti [On regulation of urban development] (Law No. 3038-VI). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3038-17>
4. Verkhovna Rada of Ukraine. (2020). Pro natsionalnu infrastrukturu heoprostorovykh danykh [On national geospatial data infrastructure] (Law No. 554-IX). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/554-20>
5. Hunko, L. A., Lakhmatova, O. V., & Zakharenko, O. V. (2022). Problems of improving state regulation of land management. In *Suchasni tendentsii rozvytku heodezii, zemleustroi ta pryrodokorystuvannia* [Modern trends in geodesy, land management and environmental management] (pp. 147–149). Odesa.
6. Hunko, L. A., Lakhmatova, O. V., & Zakharenko, O. V. (2025). Digitalization in certification as an important aspect of protecting certified land surveyors and geodesists. In *Innovatsiini tekhnologii u planuvanni terytorii* [Innovative technologies in spatial planning] (pp. 219–222). Odesa.
7. Martyn, A. H., Hunko, L. A., & Kolhanova, I. H. (2015). Upravlinnia yakistiu zemlevporiadnykh robit [Quality management of land management works]. *Kompyrnt*.
8. International Organization for Standardization. (2013). ISO 19157: Geographic information — Data quality. Available at: <https://www.iso.org/standard/32575.html>
9. International Organization for Standardization. (2023). ISO 19157-1: Geographic information — Data quality — Part 1: General requirements. Available at: <https://www.iso.org/standard/78900.html>
10. United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management. (2020). Framework for effective land administration (FELA). Available at: https://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/10th-Session/documents/E-C.20-2020-29-Add_2-Framework-for-Effective-Land-Administration.pdf
11. European Commission, Joint Research Centre. (2008). Methodology for the development of data specifications (Version 3.0). Available at: https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/document/download/f4e-1a6c1-ff46-4a6c-a772-54a72d3767db_en
12. State Committee of Land Resources of Ukraine. (2008). Pro zatverdzhennia rekomendatsii po perevirtsi indeksnykh kadastryvykh kart (planiv) ta obminnykh failiv... [On approval of recommendations for checking cadastral maps and exchange files] (Order No. 333). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0333675-08>
13. State Committee of Land Resources of Ukraine. (2009). Pro zatverdzhennia vymoh do struktury, zmistu ta formatu oformlennia rezultativ robit iz zemleustroi v elektronnomu vyhladi (obminnoho failu) [On approval of requirements for the structure, content and format of land management documentation in electronic form] (Order No. 573). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0157-10>
14. Public Cadastral Map of Ukraine. (n.d.). XML electronic document verification service. Available at: https://wikimap.dzk.gov.ua/wiki/Сервіс_перевірки_електронного_документа_XML
15. Cieślak, I., Strumiłło-Rembowska, D., & Szuniewicz, K. (2014). Application of quali-

- metric methods for evaluation of urbanized space quality for analyses of the local real property market. *Real Estate Management and Valuation*, 22(4), 51–59. DOI: <https://doi.org/10.2478/remav-2014-0036>
16. Verkhovna Rada of Ukraine. (2023). *Proekt Zakonu pro vnesennia zmin do deiakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy...* [Draft law on amendments to certain legislative acts of Ukraine] (Bill No. 10095). Available at: <https://itd.rada.gov.ua/billinfo/Bills/Card/42878>
17. National Anti-Corruption Bureau of Ukraine. (2025, February 6). Land corruption in Kyiv City Council: Criminal organization exposed. Available at: <https://nabu.gov.ua/news/zemel-na-koruptciia-v-ky-vs-kiyi-mis-kradi-vykyro-zlochynnu-organizatciiu/>
18. State Committee of Land Resources of Ukraine. (2009). *Pro zatverdzhennia vymoh do struktury, zmistu ta formatu oformlennia rezultativ robit iz zemleustroi v elektronnomu vyhladi (obminnoho failu)* [On approval of requirements for land management documentation] (Order No. 573). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0157-10>
19. State Committee of Land Resources of Ukraine. (2008). *Pro zatverdzhennia rekomendatsii po perevirtsi indeksnykh kadastrykh kart (planiv)...* [On approval of recommendations for checking cadastral maps] (Order No. 333). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0333675-08>
20. Verkhovna Rada of Ukraine. (2021). *Pro vnesennia zmin do Zemelnoho kodeksu Ukrainy ta inshykh zakonodavchykh aktiv...* [On amendments to land legislation] (Law No. 1423-IX). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1423-20>
21. Ministry of Justice of Ukraine & Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2012). *Pro deiaki pytannia zabezpechennia informatsiinoi vzaiemodii...* [On information interaction between land cadastre and property register] (Order No. 1779/5/748). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z2056-12>
22. OECD. (2024). *Governing with artificial intelligence: Are governments ready?* Available at: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/06/governing-with-artificial-intelligence_f0e316f5/26324bc2-en.pdf

Hunko L., Martyn A., Kolhanova I., Zakharenko O.

QUALITY MANAGEMENT OF LAND MANAGEMENT WORKS: ESSENCE, TOOLS, METRICS

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 35-55.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.03>

Abstract. *The article examines the quality of land management works as a complex multidimensional category that cannot be reduced to the mere absence of formal errors, compliance with the prescribed form of documentation, or its minimum conformity with legal and regulatory requirements. It is substantiated that, under current conditions of the digitalization of land-cadastral, registration, and spatial planning procedures, the quality of land management documentation should be considered as an integral property of a professional output combining the completeness of land management surveys, the accuracy of the topographic and geodetic basis, the soundness of the planning decision, regulatory correctness, as well as the ability of the documentation to minimize the risks associated with the acquisition, confirmation, and exercise of land rights. It is shown that the current control practice in Ukraine has historically focused primarily on verifying the technical validity of electronic documents, topological connectivity, logical consistency, and*

the format suitability of geospatial data, whereas the issues of survey completeness, the evidentiary soundness of the planning decision, and the post-project sustainability of the legal outcome remain much less developed methodologically. The purpose of the study is to provide a theoretical and methodological substantiation of the essence of the quality of land management works, to develop a system of its structural elements, to elaborate a qualimetric approach to the assessment of land management documentation, and to identify quality management tools suitable for professional, administrative, and automated digital control. The methodological framework is based on systemic, structural-functional, formal-legal, comparative-legal, and qualimetric approaches, while the source base includes the legislation of Ukraine, international standards of geographic information quality, documents in the field of land administration, as well as current procedures for the electronic validation of land management documentation. A model of land management documentation quality is proposed, including five interrelated dimensions: completeness of surveys, accuracy of geodetic works, substantiation of the planning decision, regulatory compliance, and practical fitness for achieving the legal result. A system of quantitative metrics and an integral approach to quality assessment have been developed, suitable for implementation in computer-aided design systems, the State Land Cadastre, the urban planning cadastre, and related public information resources. The prospects for using artificial intelligence for the intelligent analysis of documentation, anomaly detection, verification of the actual existence of objects, support of planning decisions, and the development of risk-oriented control are substantiated separately, provided that it does not replace professional and administrative discretion. The practical value of the article lies in forming a conceptually coherent and instrumentally applicable framework for the transition from formal control of documentation to systemic quality management of land management works in Ukraine.

Keywords: *quality of land management works; land management documentation; quality management; qualimetry; quality metrics; State Land Cadastre; geospatial data; topological connectivity; completeness of land management surveys; substantiation of the planning decision; digitalization of land management; artificial intelligence.*

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ В УКРАЇНІ: ВІД ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ДО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ

Д.О. КОШЕЛЬ,

аспірант кафедри землевпорядного проектування

Email: d.koshel@nubip.edu.ua

ORCID: 0009-0006-2161-2374

А.О. КОШЕЛЬ,

доктор економічних наук, професор

Email: koshel_a@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0001-9032-1622

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. У статті досліджується еволюція інструментів цифровізації управління земельними ресурсами в Україні крізь призму зміни технологічних парадигм. Виокремлено три послідовні покоління цифрових рішень: перше – засноване на геоінформаційних системах та цифровому картографуванні ґрунтів; друге – на методах машинного навчання та концепції цифрових двійників; третє – на технологіях генеративного штучного інтелекту та агентів на основі великих мовних моделей (LLM). Проаналізовано стан вітчизняної нормативно-правової бази, інформаційної інфраструктури та кадрового потенціалу у сфері земельного кадастру. Показано, що перехід до третього покоління є не лише кількісним покращенням окремих показників, а якісним переосмисленням ролі людини у процесі просторового аналізу: аналітик переходить від функції оператора до функції постановника завдання, тоді як агент самостійно планує та виконує аналітичний процес. За уніфікованим набором параметрів складено порівняльну характеристику трьох поколінь технологій та сформовано матрицю бар'єрів і можливостей за п'ятьма напрямками — дані, кадри, нормативне регулювання, фінансування та кібербезпека. Обґрунтовано передумови траєкторії технологічного стрибка (*leapfrogging*) у контексті повоєнної відбудови та євроінтеграції, а також імператив дотримання принципу «людина в контурі» (*human-in-the-loop*) для юридично значущих кадастрових даних.

Ключові слова: цифрова трансформація, управління земельними ресурсами, геоінформаційні системи, машинне навчання, LLM-агенти, земельний кадастр, штучний інтелект, *Autonomous GIS*.

Актуальність

Земельний фонд України налічує понад 60 млн гектарів – один із найбільших показників серед країн Європи. Водночас система управління цим ресурсом тривалий час характеризувалася фрагментованістю інформаційних потоків, дублюванням реєстрів та обмеженими аналітичними можливостями у прийнятті обґрунтованих рішень [1]. Накопичення великих обсягів геопросторової інформації без належних механізмів її обробки та інтерпретації не лише не підвищує якість управлінських рішень, а й породжує нові організаційні ризики.

Останнє десятиліття ознаменувалося суттєвим розширенням технологічного арсеналу земельного менеджменту: від запровадження Державного земельного кадастру в електронній формі до розбудови національної інфраструктури геопросторових даних [12] та впровадження дистанційного зондування Землі й методів машинного навчання для моніторингу сільськогосподарських угідь [3]. Проте на тлі глобального прискорення розвитку генеративного штучного інтелекту вітчизняна практика лише починає осмислювати можливості нового технологічного покоління.

Актуальність теми посилюється контекстом повоєнної відбудови, сукупні потреби якої на відновлення та реконструкцію станом на кінець 2025 року оцінено майже у 588 млрд дол. США [16]: значна частина земельного фонду на деокупованих територіях потребує оперативної інвентаризації за умов пошкодженої або відсутньої первинної документації. Саме тут потенціал LLM-агентів – здатних працювати з неповними, суперечливими

та різноформатними даними – набуває особливого практичного значення [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Перше покоління: ГІС та цифрове картографування ґрунтів.

Становлення цифрової епохи у земельному менеджменті пов'язане передусім із розвитком геоінформаційних систем та методології цифрового картографування ґрунтів (Digital Soil Mapping, DSM). Ця парадигма, теоретичне підґрунтя якої закладено у роботах Minasny та McBratney [5], базувалася на переведенні польових обстежень у цифрові формати та побудові статистичних моделей просторового розподілу властивостей ґрунту. Принциповим досягненням цього етапу стала формалізація залежностей між характеристиками ґрунту та факторами ґрунтоутворення через кількісні моделі, що дозволило здійснювати просторове прогнозування на основі обмеженої вибірки точкових спостережень.

В Україні перше покоління цифрових технологій матеріалізувалося у запровадженні Державного земельного кадастру (ДЗК) в електронній формі, розбудові національної інфраструктури геопросторових даних та поступовій автоматизації землепорядних процедур. Таратула [1] у фундаментальному дослідженні з еколого-економічних засад інформаційного забезпечення управління земельними ресурсами довела, що ефективна земельно-інформаційна система є не статичним сховищем даних, а динамічним процесом організації цілеспрямованих інформаційних потоків. Водночас авторка констатувала системну проблему:

інформаційні підсистеми земельного кадастру, моніторингу та землеустрою функціонували ізольовано, що унеможливлювало їх синергетичний ефект.

Полтавець [2], досліджуючи механізми управління земельними ресурсами аграрних підприємств, зафіксував іншу суттєву проблему першого покоління – розрив між якістю українських ґрунтів (об'єктивно вищою, ніж у більшості країн ЄС) та продуктивністю землекористування. На думку автора, технологічна відсталість виробничих процесів, а не природні умови, є головним чинником, що стримує реалізацію агровиробничого потенціалу держави. Цей висновок підкреслює, що інформаційно-технологічний розрив має прямі еколого-економічні наслідки.

Друге покоління: машинне навчання та цифрові двійники.

Якісний стрибок у можливостях аналізу геопросторових даних відбувся з конвергенцією методів машинного навчання, хмарних обчислень та концепції цифрових двійників. На рівні концептуальної рамки Nasirahmadi та Hensel [6] запропонували модель застосування технології Digital Twin в аграрному секторі, де цифровий двійник постає динамічною віртуальною репрезентацією реального об'єкта, що безперервно актуалізується завдяки потокам даних від сенсорів та супутників. Ця концепція принципово змінила підхід до моніторингу земель – від дискретних знімків до неперервного спостереження.

Практичну результативність другого покоління підтверджують конкретні кейси. Ramsewak та співавт. [8] на прикладі цифрового двійника острова Тобаго продемонстрували, що

класифікація земельного покриття за алгоритмом Random Forest на основі мультиспектральних супутникових знімків, інтегрованих із LiDAR-моделлю рельєфу, досягає точності 97% – показник, недосяжний методами першого покоління. Scandurra та співавт. [9] показали ефективність інтеграції BIM, ГІС та бізнес-аналітики (Business Intelligence) для управління публічними активами нерухомості, де ключовою перевагою стала можливість формування інтерактивних KPI-дашбордів для підтримки управлінських рішень.

В Україні другий технологічний рівень знайшов відображення у роботах Інституту землекористування НААН [3]. Дослідники розробили алгоритми обробки знімків Sentinel-1 та Sentinel-2 [15] на платформі Google Earth Engine для ідентифікації посівів сільськогосподарських культур по всій території країни, включно з тимчасово окупованими районами. Важливим практичним результатом стало визначення скорочення посівних площ на підконтрольних територіях у 2022 році на 20,8% – дані, отримані виключно дистанційними методами без можливості польового доступу. Цей досвід набув особливого значення саме в умовах збройного конфлікту.

На порозі третього покоління: LLM-агенти та Autonomous GIS.

Поява великих мовних моделей (Large Language Models, LLM) відкрила принципово новий вимір у геопросторовому аналізі. Якщо перше і друге покоління технологій автоматизували виконання заздалегідь запрограмованих операцій, то LLM-агенти здатні самостійно інтерпретувати задачу, сформульовану природною мовою, планувати послідовність дій,

генерувати програмний код та верифікувати результати. Лі та співавт. [7] у програмній праці концептуалізували цю парадигму як Autonomous GIS – геоінформаційні системи нового покоління, де LLM відіграє роль ядра прийняття рішень, а не лише інструменту обробки даних.

Принципова відмінність третього покоління від попередніх полягає у зміні архітектури взаємодії людини та системи. У першому та другому поколіннях людина-аналітик залишається у центрі процесу: вона конфігурує алгоритми, інтерпретує результати, приймає рішення. У третьому поколінні людина переходить від ролі оператора до ролі постановника завдання – достатньо сформулювати аналітичну проблему, а агент самостійно знаходить дані, обирає методи, виконує розрахунки та представляє результати. Ця інверсія знижує кваліфікаційний поріг доступу до складного просторового аналізу, що має стратегічне значення для країн із дефіцитом ГІС-фахівців.

Маланчук, Музика, Кравчук та Лук'янченко [4], аналізуючи перспективи впровадження ІІІ в кадастрових та землепорядних процесах, зафіксували неоднозначну картину: попри визнання значного потенціалу нових технологій, практичне їх застосування стримується недостатньою стандартизацією даних, відсутністю адаптованого законодавства та браком фахівців, здатних ефективно інтегрувати ІІІ у виробничі процеси. Дослідники наголошують, що ключовою умовою успішного впровадження є не лише технологічна готовність, а й організаційна та правова зрілість інституцій.

Мета і завдання дослідження. Метою статті є систематизація еволюції цифрових інструментів

управління земельними ресурсами в Україні та обґрунтування передумов переходу до нового технологічного покоління на основі агентних систем штучного інтелекту.

Завдання дослідження: охарактеризувати три покоління цифрових технологій у земельному менеджменті; проаналізувати стан вітчизняного інформаційно-аналітичного забезпечення управління земельними ресурсами; ідентифікувати бар'єри та можливості впровадження LLM-агентів у вітчизняну практику; сформулювати рекомендації щодо пріоритетних напрямів цифрової трансформації з урахуванням контексту відбудови.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження побудоване на поєднанні кількох методологічних підходів. Основу складає системний аналіз, що дозволяє розглядати управління земельними ресурсами як цілісну соціо-технічну систему, компоненти якої взаємопов'язані та взаємозалежні. Ретроспективний аналіз застосовується для реконструкції послідовності технологічних змін та виявлення закономірностей переходу між поколіннями цифрових рішень.

Порівняльний аналіз використовується для зіставлення характеристик трьох технологічних поколінь за уніфікованим набором параметрів: ключова технологія, роль людини, кваліфікаційні вимоги, продуктивність та масштабованість. Аналіз вітчизняного контексту ґрунтується на критичному опрацюванні результатів наукових досліджень НУБіП, НААН, ЛНАУ та Сумського НАУ, а також нормативних документів Держгеокадастру та Мінцифри.

Для структурованої оцінки перспектив впровадження розроблено авторську матрицю бар'єрів та можливостей за п'ятьма напрямками: дані, кадри, нормативна база, фінансування та безпека. Така структура дозволяє ідентифікувати не лише окремі перешкоди, а й взаємозв'язки між ними та системні способи їх подолання.

Результати дослідження

Порівняльна характеристика технологічних поколінь.

На основі систематизації наукових даних складено порівняльну характеристику трьох поколінь цифрових технологій управління земельними ресурсами (табл. 1). Зазначені часові показники для третього покоління відповідають попереднім оцінкам на основі опублікованих даних щодо продуктивності LLM-агентів [7] та є предметом подальшої верифікації.

Характерною особливістю переходів між поколіннями є їх принципово

різна природа. Зміна від першого до другого покоління є еволюційною: автоматизується більше операцій, зростає точність, розширюється масштаб – але людина залишається центральною ланкою аналітичного процесу. Перехід до третього покоління є революційним за своєю суттю, оскільки змінюється сама логіка взаємодії: система отримує здатність до автономного цілепокладання в межах поставленої задачі.

Стан вітчизняного інформаційно-аналітичного забезпечення.

Аналіз наявних досліджень дозволяє констатувати, що вітчизняна система управління земельними ресурсами на сьогодні залишається переважно на межі першого та другого технологічних поколінь. ДЗК функціонує в електронній формі та забезпечує базовий рівень цифровізації кадастрових даних. Окремі установи, зокрема дослідні господарства НААН, успішно застосовують методи машинного навчання та дистанційно-

1. Порівняльна характеристика поколінь цифрових технологій управління земельними ресурсами

Ознака порівняння	Перше покоління (ГІС/DSM)	Друге покоління (ML/Digital Twin)	Третє покоління (LLM-агенти/ Autonomous GIS)
Ключова технологія	Статистичні моделі + ГІС	Машинне навчання, IoT, хмарні платформи	Генеративний ШІ, LLM, агентні системи
Роль людини	Центральна – збір, аналіз, рішення	Аналіз + верифікація	Постановка завдання + верифікація
Кваліфікація виконавця	Магістр ГІС + польовий досвід	ГІС + ML/Python	Доменна експертиза + prompt engineering
Швидкість аналізу (LULC 100 км²)	120–200 год	24–60 год	2–8 год*
Масштабованість	Низька (1–2 аналізи/міс/ГТЕ)	Середня (4–10)	Висока (20–60*)
Адаптивність до неповних даних	Висока (експертна)	Низька	Потенційно висока*
Приклади застосування в Україні	ДЗК, ГІС-землеустрій	Sentinel-моніторинг, Google Earth Engine [3]	Перебуває на стадії впровадження [4]

* – попередні оцінки на основі опублікованих даних щодо продуктивності LLM-агентів; підлягають верифікації в пілотних проєктах.

2. Матриця бар'єрів та можливостей впровадження LLM-агентів в управління земельними ресурсами України

Сфера	Ідентифіковані бар'єри	Можливості подолання
Дані	Неоднорідність форматів кадастрових реєстрів, часткова оцифровка архівних матеріалів	Пріоритизація API-інтеграцій ДЗК; залучення волонтерських ініціатив картографування
Кадри	Дефіцит фахівців з LLM-інтеграції у земельних органах	Цільові освітні програми; партнерство НУБіП із IT-сектором
Нормативна база	Відсутність регулювання III-генераційних кадастрових даних	Концепція розвитку III в Україні [14] як рамка; адаптація досвіду ЄС (директива INSPIRE [13])
Фінансування	Пріоритет оборонних видатків; обмежений IT-бюджет Держгеокадастру	Програми відбудови ЄС/Світового банку; цільові грантові механізми (USAID Land та ін.)
Безпека даних	Ризики використання зовнішніх API для чутливих геопросторових даних	Розробка національної LLM «Сяйво»; edge-розгортання моделей сімейства Gemma (офлайн)

го зондування Землі для моніторингу сільськогосподарських угідь [3].

Водночас дослідники фіксують низку системних проблем, що стримують подальший технологічний прогрес. Земельно-інформаційні підсистеми (кадастр, моніторинг, землеустрій, статистичний облік) функціонують без належного горизонтального обміну даними. Відсутній єдиний стандарт метаданих, що унеможливорює автоматизовану інтеграцію різнорідних джерел геопросторової інформації, на відміну від гармонізованого підходу ЄС, запровадженого директивою INSPIRE [13]. Кадровий потенціал органів земельного управління орієнтований переважно на обслуговування наявних систем, а не на освоєння нових аналітичних інструментів [4].

Повномасштабне вторгнення додало до наведеного переліку нові критичні виклики. За оцінками Інституту землекористування НААН [3], скорочення посівних площ у 2022 році зафіксовано переважно дистанційними методами, оскільки польовий доступ на значних територіях неможливий. Частина кадастрових архівів на тимчасово окупованих та деокупованих

територіях пошкоджена або втрачена. Завдання відновлення земельної документації у постконфліктний період вимагатиме нових підходів, що виходять за межі можливостей першого та другого технологічних поколінь.

Бар'єри та можливості впровадження LLM-агентів.

Систематизацію основних перешкод та шляхів їх подолання за п'ятьма напрямками наведено у матриці (табл. 2).

Наведений аналіз свідчить про те, що жоден із бар'єрів не є нездоланим у середньостроковій перспективі. Ключовою умовою є системна координація між органами земельного управління, освітніми установами, IT-сектором та міжнародними партнерами з відбудови. Особливо перспективним видається включення завдань LLM-інтеграції у земельний кадастр до ширших програм цифрової відбудови України, що фінансуються ЄС та Світовим банком.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у запропонованій трихвильовій періодизації цифрової трансформації управління земельними ресурсами з уніфікованим набом

ром параметрів порівняння, а також у структурованій матриці бар'єрів і можливостей впровадження агентних систем, адаптованій до вітчизняного контексту відбудови та євроінтеграції.

Обговорення

Отримані результати дозволяють сформулювати кілька концептуальних спостережень щодо природи технологічних переходів у земельному менеджменті. По-перше, зміна поколінь не є лінійним прогресом за одним виміром – вона є багатовимірною трансформацією, що зачіпає одночасно технологічний, організаційний та інституційний рівні системи.

По-друге, Україна перебуває у нетривіальній стартовій позиції для впровадження третього покоління технологій. З одного боку, відставання у другому поколінні (обмежене поширення ML-workflow у земельних органах) є очевидним недоліком. З іншого – відсутність інерції масштабних інвестицій у застарілі рішення відкриває можливість для стратегії технологічного стрибка (leapfrogging), коли країна одразу переходить до найновішого рівня, омиваючи проміжні сходинки. Саме таку траєкторію обрали окремі країни Африки, що перейшли від відсутності банківської інфраструктури безпосередньо до мобільних платіжних систем.

По-третє, Концепція розвитку штучного інтелекту в Україні [14] та проголошена Міністерством цифрової трансформації концепція «агентної держави» [11] формують інституційну рамку, яка за умови ефективної реалізації може суттєво прискорити впровадження LLM-агентів у земельне управління. Принциповим є те, що

ця рамка виникає на основі системного бачення, а не як реакція на окремі технологічні тренди.

Окремій увазі потребує еколого-економічний вимір переходу. З одного боку, цифрові інструменти підвищують ефективність землекористування (точніше зрощення, обґрунтованіше внесення агрохімікатів, швидший аналіз). З іншого – самі великі мовні моделі мають власний екологічний слід, тож коректне зіставлення їх впливу з альтернативними сценаріями інтелектуальної праці потребує окремого оцінювання життєвого циклу [10].

Водночас необхідно зберігати тверезість в оцінці ризиків. Галюцинації LLM-моделей у контексті юридично значущих кадастрових даних становлять серйозну загрозу і вимагають обов'язкового дотримання принципу «людина в контурі» (human-in-the-loop). Жодне автоматизоване рішення у сфері земельного права не може набирати чинності без верифікації компетентним фахівцем – принаймні на поточному рівні розвитку технології. Ця вимога не нівелює потенціал LLM-агентів, але змінює їх роль: вони є інструментом підтримки прийняття рішень, а не заміщення людської відповідальності.

Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Цифровізація управління земельними ресурсами в Україні пройшла два завершені технологічні покоління – від ГІС та DSM до методів машинного навчання і дистанційного зондування – та перебуває на початку третього, пов'язаного з агентними системами на основі великих мовних моделей.

2. Між другим і третім поколіннями існує принципова якісна відмінність: якщо перехід від першого до другого покоління є еволюційним (більше автоматизації при збереженні людини-оператора), то третє покоління інвертує модель взаємодії – людина з оператора перетворюється на постановника задачі, а агент самостійно планує та виконує аналітичний процес.

3. Вітчизняна система управління земельними ресурсами має потенціал технологічного стрибка, але реалізація цього потенціалу вимагає одночасного вирішення п'яти груп проблем: якості та інтероперабельності даних, кадрового потенціалу, нормативного регулювання, фінансування та кібербезпеки.

4. Контекст повоєнної відбудови є не лише викликом, а й каталізатором технологічної модернізації: масштаб завдань з відновлення земельної документації на деокупованих територіях об'єктивно вимагає інструментів, що виходять за межі можливостей традиційних підходів.

5. Перспективою подальших досліджень є розробка методологічних засад оцінки готовності конкретних земельних органів до впровадження LLM-агентів та пілотне тестування таких систем на реальних кадастрових масивах деокупованих територій.

Декларація щодо використання штучного інтелекту

Під час підготовки цього рукопису автори використовували генеративний інструмент штучного інтелекту (Claude, Anthropic) для мовно-стилістичного редагування, структурування викладу та перекладу анотації англійською мовою. Після використання цього інструмента автори особисто

перевірили, відредагували й переглянули зміст і несуть повну відповідальність за наукову достовірність, дані, інтерпретації та висновки. Інструмент ШІ не застосовувався для генерування наукових результатів, джерел, цитат або числових даних.

Список використаної літератури

1. Таратула Р. Б. Еколого-економічні засади інформаційного забезпечення управління земельними ресурсами: дис. ... д-ра екон. наук: 08.00.06. Львів: ЛНАУ, 2019. 446 с.
2. Полтавець А. М. Механізми управління земельними ресурсами аграрних підприємств: теорія, методологія, практика: дис. ... д-ра екон. наук: 08.00.04. Суми: СНАУ, 2022. 317 с.
3. Інститут землекористування НААН. Інформаційно-аналітичне забезпечення управління земельними ресурсами: звіт про НДР (№ ДР 0121U108443). Київ, 2024. 143 с.
4. Маланчук М., Музика Н., Кравчук М., Лук'янченко Ю. О. Перспективи використання штучного інтелекту в кадастрових та землевлпорядних процесах. Український журнал прикладної економіки та техніки. 2024. Т. 9, № 4. С. 282–287. DOI: 10.36887/2415-8453-2024-4-42.
5. Minasny B., McBratney A. B. Digital soil mapping: A brief history and some lessons. *Geoderma*. 2016. Vol. 264. P. 301–311.
6. Nasirahmadi A., Hensel O. Toward the next generation of digitalization in agriculture based on digital twin paradigm. *Sensors*. 2022. Vol. 22, № 2. Art. 498.
7. Li Z., Ning H., Gao S., Janowicz K. et al. GIScience in the era of Artificial Intelligence: a research agenda towards Autonomous GIS. *Annals of GIS*. 2025. Vol. 31, № 4. P. 501–536. DOI: 10.1080/19475683.2025.2552161.
8. Ramsewak D., Jagassar A., Edwards B., Potts A. A digital twin for monitoring land

- use/cover and coastal change in Tobago. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2025. Vol. XLVIII-G-2025. P. 1263–1268. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-G-2025-1263-2025.
9. Scandurra S., Antuono G., Galluccio G. A BI Tool to Support Decision-Making Processes for Public Heritage Assets in CIM Systems. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2025. Vol. XLVIII-M-9-2025. P. 1341–1347. DOI: 10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-9-2025-1341-2025.
10. Ren S., Tomlinson B., Black R. W., Torrance A. W. Reconciling the contrasting narratives on the environmental impact of large language models. Scientific Reports. 2024. Vol. 14. Art. 26310.
11. Міністерство цифрової трансформації України. Від цифрової держави до агентної держави. 2026. URL: <https://digitalstate.gov.ua> (дата звернення: 12.04.2026).
12. Про національну інфраструктуру геопросторових даних: Закон України від 13.04.2020 № 554-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20> (дата звернення: 12.04.2026).
13. Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). Official Journal of the European Union. 2007. L 108. P. 1–14.
14. Про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні: розпорядження Кабінету Міністрів України від 02.12.2020 № 1556-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80> (дата звернення: 12.04.2026).
15. Drusch M., Del Bello U., Carlier S. et al. Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. Remote Sensing of Environment. 2012. Vol. 120. P. 25–36. DOI: 10.1016/j.rse.2011.11.026.
16. Government of Ukraine, World Bank Group, European Commission, United Nations. Ukraine. Fifth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5): February 2022 – December 2025. Washington, DC; Kyiv, 2026. URL: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2026/02/23/updated-ukraine-recovery-and-reconstruction-needs-assessment-released> (дата звернення: 12.04.2026).

References

1. Taratula, R. B. (2019). Ekolooho-ekonomichni zasady informatsiinoho zabezpechennia upravlinnia zemelnymy resursamy [Ecological and economic foundations of information support for land resource management] (Doctoral dissertation, Lviv National Agrarian University). Available at: <https://lnau.edu.ua>
2. Poltavets, A. M. (2022). Mekhanizmy upravlinnia zemelnymy resursamy ahrarnykh pidpriemstv: teoriia, metodolohiia, praktyka [Mechanisms of land resource management of agricultural enterprises: Theory, methodology, practice] (Doctoral dissertation, Sumy National Agrarian University). Available at: <https://snau.edu.ua>
3. Institute of Land Use of NAAS. (2024). Informatsiino-analitychne zabezpechennia upravlinnia zemelnymy resursamy [Information and analytical support for land resource management] (Research Report No. 0121U108443). Kyiv. Available at: <https://land.gov.ua>
4. Malanchuk, M., Muzyka, N., Kravchuk, M., & Lukianchenko, I. (2024). Prospects of the use of artificial intelligence in cadastral and land regulation processes. Ukrainian Journal of Applied Economics and Technology, 9(4), 282–287. DOI: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2024-4-42>
5. Minasny, B., & McBratney, A. B. (2016). Digital soil mapping: A brief history and some lessons. Geoderma, 264, 301–311.

- DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.10.025>
6. Nasirahmadi, A., & Hensel, O. (2022). Toward the next generation of digitalization in agriculture based on digital twin paradigm. *Sensors*, 22(2), Article 498. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22020498>
 7. Li, Z., Ning, H., Gao, S., Janowicz, K., Li, W., Arundel, S. T., Yang, C., Bhaduri, B., Wang, S., Zhu, A.-X., Gahegan, M., Shekhar, S., Ye, X., McKenzie, G., Cervone, G., & Hodgson, M. E. (2025). GIScience in the era of artificial intelligence: A research agenda towards Autonomous GIS. *Annals of GIS*, 31(4), 501–536. DOI: <https://doi.org/10.1080/19475683.2025.2552161>
 8. Ramsewak, D., Jagassar, A., Edwards, B., & Potts, A. (2025). A digital twin for monitoring land use/cover and coastal change in Tobago. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-G-2025, 1263–1268. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-G-2025-1263-2025>
 9. Scandurra, S., Antuono, G., & Galluccio, G. (2025). A BI tool to support decision-making processes for public heritage assets in CIM systems. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-M-9-2025, 1341–1347. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-M-9-2025-1341-2025>
 10. Ren, S., Tomlinson, B., Black, R. W., & Torrance, A. W. (2024). Reconciling the contrasting narratives on the environmental impact of large language models. *Scientific Reports*, 14, Article 26310. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77260-7>
 11. Ministry of Digital Transformation of Ukraine. (2026). From a digital state to an agentic state. Available at: <https://digitalstate.gov.ua>
 12. Verkhovna Rada of Ukraine. (2020). Law of Ukraine No. 554-IX: On the National Geospatial Data Infrastructure. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20>
 13. European Parliament and Council of the European Union. (2007). Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE). *Official Journal of the European Union*, L (108), 1–14. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32007L0002>
 14. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2020). On the approval of the Concept for the development of artificial intelligence in Ukraine (Order No. 1556-r of December 2, 2020). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-2020-%D1%80>
 15. Drusch, M., Del Bello, U., Carlier, S., Colin, O., Fernandez, V., Gascon, F., Hoersch, B., Isola, C., Laberinti, P., Martimort, P., Meygret, A., Spoto, F., Sy, O., Marchese, F., & Bargellini, P. (2012). Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*, 120, 25–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026>
 16. Government of Ukraine, World Bank Group, European Commission, & United Nations. (2026). Ukraine: Fifth Rapid Damage and Needs Assessment (RDNA5), February 2022 – December 2025. World Bank. Available at: <https://www.worldbank.org/en/country/ukraine/publication/rapid-damage-and-needs-assessment-rdna5>

Koshel D., Koshel A.

DIGITAL TRANSFORMATION OF LAND RESOURCE MANAGEMENT IN UKRAINE: FROM GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS TO INTELLIGENT AGENTS LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 56-66.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.04>

Abstract. *The article examines the evolution of digital tools for land resource management in Ukraine through the lens of changing technological paradigms. Three successive generations of digital solutions are distinguished: the first, based on geographic information systems and digital soil mapping; the second, on machine-learning methods and the digital-twin concept; and the third, on generative artificial intelligence and large-language-model (LLM) agents. The study analyses the state of the national regulatory framework, data infrastructure and human capacity in the land-cadastral domain. It is shown that the transition to the third generation is not merely a quantitative improvement of individual indicators but a qualitative redefinition of the human role in spatial analysis: the analyst shifts from operator to task-setter, while the agent autonomously plans and performs the analytical process. Using a unified set of parameters, a comparative characterisation of the three generations is compiled, and a matrix of barriers and opportunities is formed across five domains – data, human capacity, regulation, financing and security. Key prerequisites for a technological-leapfrogging trajectory are substantiated in the context of post-war reconstruction and European integration, together with the imperative of a human-in-the-loop principle for legally significant cadastral data.*

Keywords: *digital transformation; land resource management; geographic information systems; machine learning; LLM agents; land cadastre; artificial intelligence; Autonomous GIS.*

ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ЗЕМЛЕУСТРОЮ І КАДАСТРОВИХ РОБІТ В КІРОВОГРАДСЬКІЙ ОБЛАСТІ

В. Г. ПАРАХНЕНКО,

*доктор філософії з Наук про Землю
старший викладач кафедри екології*

E-mail: vladparachnenko@ukr.net

ORCID: 0000-0002-4312-6194

Ю. О. КИСЕЛЬОВ,

*доктор географічних наук, професор
завідувач кафедри геодезії, картографії і кадастру*

E-mail: kyseliov@ukr.net

ORCID: 0000-0003-0530-1892

І. О. УДОВЕНКО,

*кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри геодезії, картографії і кадастру*

E-mail: rinarus@ukr.net

ORCID: 0000-0001-5971-8365

Уманський національний університет

Анотація. У статті досліджено історичні етапи становлення та розвитку землеустрою і кадастрових робіт у Кіровоградській області як важливих складових системи управління земельними ресурсами. Проаналізовано передумови формування системи обліку земель, починаючи з періоду Російської імперії, коли здійснювалися перші межові роботи, проводилося картографування територій та створювалися документи, необхідні для визначення меж земельних володінь і врегулювання земельних відносин. Розглянуто особливості землепорядних заходів у XVIII–XIX століттях та їх вплив на формування земельної структури регіону. Висвітлено значення аграрних реформ другої половини XIX століття, зокрема після скасування кріпосного права, що сприяло активізації процесів землеустрою, уточненню меж земельних ділянок та впорядкуванню системи землекористування. Визначено роль земських установ і державних органів у проведенні землепорядних та оціночних робіт, а також у накопиченні відомостей про земельні ресурси. Особливу увагу приділено радянському періоду розвитку землеустрою, коли земельні ресурси були переведені у державну власність, а ос-

новною метою землевпорядних робіт стало забезпечення потреб колективно-го та державного сільського господарства. Проаналізовано процеси укрупнення землекористувань, організації колгоспів і радгоспів, проведення інвентаризації земель та створення тематичних картографічних матеріалів. Розглянуто вплив державної політики на структуру земельного фонду області та особливості ведення земельного обліку в умовах централізованої системи управління. Окремо охарактеризовано післявоєнний етап розвитку землеустрою, що супроводжувався впровадженням науково обґрунтованих підходів до організації території, удосконаленням методів оцінки земельних ресурсів, розвитком геодезичних робіт і створенням передумов для формування сучасної системи державного земельного кадастру. Встановлено, що саме в цей період були закладені основи комплексного підходу до використання та охорони земель. Досліджено сучасний етап розвитку кадастрових робіт у Кіровоградській області після набуття Україною незалежності та проведення земельної реформи. Проаналізовано вплив прийняття Земельного кодексу України, формування ринку земель, удосконалення нормативно-правової бази та запровадження цифрових технологій у сфері земельних відносин. Особливу увагу приділено впровадженню геоінформаційних систем, автоматизованих кадастрових баз даних, електронного документообігу та створенню Публічної кадастрової карти України, що забезпечили підвищення відкритості, доступності та достовірності інформації про земельні ресурси. На основі проведеного аналізу зроблено висновок, що розвиток землеустрою та кадастрових робіт у Кіровоградській області відображає загальні тенденції трансформації земельних відносин в Україні. Визначено, що сучасна система земельного кадастру є важливим інструментом ефективного управління земельними ресурсами, забезпечення раціонального землекористування, охорони земель, підвищення інвестиційної привабливості територій та реалізації принципів сталого розвитку регіону.

Ключові слова: землеустрій, земельний кадастр, земельна реформа, Кіровоградська область, геоінформаційні системи, облік земель, землекористування, земельні ресурси, кадастрові роботи, цифровізація.

Актуальність теми

Сучасні трансформації земельних відносин, реформування системи управління земельними ресурсами та розвиток кадастрової системи зумовлюють необхідність глибокого осмислення історичних передумов і закономірностей становлення землеустрою та кадастрових робіт на регіональному рівні. Особливого значення набуває дослідження історичного досвіду організації землекористування в

Кіровоградській області, де протягом різних історичних періодів відбувалися суттєві зміни форм власності на землю, принципів її використання та підходів до землеустрою і кадастрового обліку. Систематизація та наукове узагальнення цих процесів дають змогу глибше зрозуміти особливості сучасного розвитку земельних відносин і створюють підґрунтя для подальшого вдосконалення управління земельними ресурсами та просторового розвитку територій.

Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій

Огляд сучасних наукових досліджень свідчить про значний інтерес вітчизняних учених до проблематики розвитку землеустрою та кадастрових робіт як на загальнодержавному, так і на регіональному рівнях [9; 10]. Теоретичні та методологічні основи землеустрою активно висвітлюються у фахових наукових виданнях, зокрема у Національному університеті біоресурсів і природокористування України, де формується сучасний науковий дискурс щодо управління земельними ресурсами, просторового планування та моніторингу земель [4; 6]. У працях сучасних дослідників значна увага приділяється еволюції теоретичних підходів до землеустрою, його інституційним змінам та ролі у формуванні ефективних земельних відносин в умовах ринкової економіки та євроінтеграційних процесів [7; 8].

Окремий напрям наукових досліджень пов'язаний із вивченням становлення та розвитку державного земельного кадастру, його інтеграції з системами реєстрації нерухомості та міжнародними практиками. У сучасних публікаціях підкреслюється необхідність удосконалення кадастрової системи України на основі найкращого світового, зокрема європейського, досвіду, а також важливість створення єдиної інформаційної інфраструктури обліку земель і нерухомого майна. Водночас дослідники наголошують на існуванні низки проблем, зокрема фрагментарності інституційної структури, недосконалості нормативно-правової бази та потреби в цифровій трансформації кадастрових процесів [2].

Історичний аспект розвитку землеустрою і кадастру детально розкрито у навчальних посібниках та наукових працях, у яких проаналізовано еволюцію земельних відносин від давніх часів до сучасності, зокрема період становлення та розвитку незалежної України. Результати цих досліджень дають змогу простежити основні закономірності розвитку землевпорядної діяльності, визначити ключові етапи трансформації земельних відносин та оцінити їхній вплив на формування сучасної системи управління земельними ресурсами. Окремий напрям наукових досліджень становить переосмислення радянської спадщини у сфері землеустрою, що передбачає критичний аналіз усталеної термінології, методичних засад та інституційних підходів до організації управління земельними ресурсами.

Важливим джерелом наукових напрацювань є також матеріали всеукраїнських науково-практичних конференцій, у яких висвітлюються актуальні проблеми геодезії, картографії, землеустрою та кадастру, а також розглядаються сучасні тенденції розвитку відповідних напрямів. Узагальнення результатів представлених у наукових працях досліджень свідчить про поступову трансформацію традиційних підходів до землеустрою та кадастрового обліку в напрямі застосування інноваційних технологій, зокрема геоінформаційних систем, цифрових методів обробки просторових даних та інтегрованих інформаційних баз [3].

Таким чином, аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про динамічний розвиток наукової думки у сфері землеустрою та кадастру в Україні, орієнтованої на дослідження трансформацій земельних відносин, удосконалення системи

управління земельними ресурсами та впровадження сучасних цифрових технологій. Водночас регіональні особливості становлення та розвитку землевпорядно-кадастрових робіт, зокрема на території Кіровоградської області, залишаються недостатньо висвітленими в науковій літературі, що визначає доцільність подальшого дослідження цього питання.

Метою дослідження є визначення основних етапів еволюції землевпорядно-кадастрових робіт у Кіровоградській області під впливом соціально-економічних і політичних змін, а також обґрунтування ролі цих процесів у формуванні сучасної системи управління земельними ресурсами.

Досягнення мети передбачало виконання таких основних завдань:

дослідити передумови виникнення та становлення землеустрою в регіоні;

проаналізувати вплив аграрних реформ і суспільно-політичних трансформацій на розвиток кадастрових робіт;

охарактеризувати особливості організації землеустрою в різні історичні періоди – від часів Російської імперії до періоду незалежності України;

визначити роль нормативно-правового забезпечення, зокрема положень Земельного кодексу України, у формуванні сучасної системи державного земельного кадастру;

оцінити вплив новітніх технологій, зокрема геоінформаційних систем, на якість обліку та ефективність управління земельними ресурсами.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження історії розвитку землеустрою і кадастрових робіт у Кіро-

воградській області ґрунтуються на комплексном у використанні різноманітних джерел інформації та наукових підходів, що забезпечують всебічне висвітлення еволюції земельних відносин у регіоні. Інформаційну базу дослідження становлять нормативно-правові акти, зокрема Земельний кодекс України, підзаконні документи у сфері землеустрою та кадастру, архівні матеріали, статистичні дані, матеріали державної звітності, а також наукові публікації, монографії та навчальні посібники, присвячені проблематиці земельних відносин і землевпорядної діяльності. Важливе місце серед джерел займають фондові матеріали, що відображають результати землевпорядних робіт різних історичних періодів, включаючи картографічні документи, плани землекористування, матеріали інвентаризації земель та дані державного земельного кадастру, що формуються за участю Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру.

Методологічною основою дослідження є системний підхід, що передбачає розгляд землеустрою як складної багатокомпонентної системи. Виконання завдань дослідження зумовлює необхідність поєднання загальнонаукових і спеціальних методів. Зокрема, застосовано історичний метод для аналізу послідовності формування землеустрою та кадастрових систем у різні періоди розвитку суспільства; порівняльно-історичний метод – для виявлення відмінностей і спільних рис у розвитку земельних відносин на різних етапах. Також використано методи аналізу і синтезу для узагальнення наукових джерел і формування цілісного уявлення про досліджувану проблему, а також метод узагальнення – для формулюван-

ня висновків щодо закономірностей розвитку землеустрою в регіоні.

Окрему групу становлять спеціальні методи, притаманні галузі землеустрою та кадастру. До них належать картографічний метод, що дозволяє дослідити зміни у структурі землекористування на основі аналізу карт і планів різних періодів; геоінформаційний підхід, який передбачає використання сучасних ГІС-технологій для обробки та візуалізації просторових даних; а також методи просторового аналізу, що дають змогу оцінити трансформації земельних ресурсів у часі та просторі. Крім того, застосовано статистичні методи для обробки кількісних показників, що характеризують структуру земельного фонду, динаміку змін землекористування та розвиток кадастрової системи [1].

У процесі дослідження також використовувалися елементи ретроспективного аналізу, що дозволило простежити історичну динаміку розвитку землеустрою від перших форм обліку земель до сучасного етапу цифровізації кадастрових процесів. Застосування комплексного підходу до відбору матеріалів і використання різних методів дослідження забезпечило об'єктивність, достовірність і наукову обґрунтованість отриманих результатів, а також дозволило глибоко розкрити особливості формування та розвитку землеустрою і кадастрових робіт у Кіровоградській області.

Результати дослідження та їх обговорення

Результати проведеного дослідження свідчать, що розвиток землеустрою і кадастрових робіт у Кіровоградській області має чітко виражений етапний

характер і безпосередньо залежить від змін у соціально-економічній та політичній системі. Встановлено, що на початкових етапах (XVIII–XIX ст.) землеустрій виконував переважно обліково-фіскальну функцію, спрямовану на визначення меж земельних володінь і забезпечення ефективного оподаткування. У цей період формувалися перші картографічні матеріали та здійснювалися межові роботи, які стали основою подальшого розвитку кадастрових систем [10].

У ході дослідження виявлено, що важливим етапом стала аграрна реформа XIX століття, яка сприяла переходу до більш упорядкованої системи землекористування, формуванню селянських наділів та закріпленню меж землеволодінь. Водночас у радянський період відбулася докорінна трансформація землеустрою, пов'язана з колективізацією, укрупненням земельних масивів і створенням колгоспно-радгоспної системи. Це призвело до втрати індивідуального характеру землекористування та переорієнтації землеустрою на обслуговування державних інтересів. Незважаючи на це, саме в цей період було закладено основи системного підходу до організації територій, розробки землевпорядної документації та впровадження наукових методів у практику.

Результати аналізу післявоєнного періоду показали активний розвиток землевпорядної служби, удосконалення методів картографування та підвищення ролі планування використання земельних ресурсів. Було встановлено, що формування елементів державного земельного кадастру відбувалося поступово, однак залишалося обмеженим через відсутність сучасних інформаційних технологій [4].

Суттєві зміни в розвитку землеустрою в регіоні відбулися після прийняття Земельного кодексу України, що започаткував земельну реформу, приватизацію та розпаювання земель. У результаті було сформовано нову структуру землекористування, що базується на приватній власності, а також створено передумови для функціонування сучасної кадастрової системи. Встановлено, що важливу роль у цьому процесі відіграє Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру, яка забезпечує ведення державного земельного кадастру та координацію землевпорядних робіт.

Обговорення отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що сучасний етап розвитку землеустрою у Кіровоградській області характеризується переходом до цифрових технологій, впровадженням геоінформаційних систем і підвищенням рівня відкритості кадастрових даних. Водночас залишаються актуальними проблеми, пов'язані з неповнотою кадастрової інформації, наявністю помилок у межах земельних ділянок, а також необхідністю подальшого вдосконалення нормативно-правової бази. Таким чином, результати дослідження підтверджують, що розвиток землеустрою і кадастру є без-

перервним процесом, який потребує адаптації до сучасних викликів та впровадження інноваційних підходів для забезпечення ефективного управління земельними ресурсами регіону (табл. 1).

Таблиця демонструє хронологію розвитку землеустрою в регіоні від початкових форм обліку земель до сучасного етапу цифровізації.

XVIII–XIX ст. – Межування земель

У цей період головним завданням землеустрою було встановлення меж земельних ділянок та ведення первинного обліку земель. Для території сучасної Кіровоградської області це означало освоєння степових територій, формування землеволодінь шляхом розмежування земель поміщицьких господарств та селянських наділів. Результатом стало формування початкової карти земельних ресурсів та бази для подальших реформ.

XIX ст. – Аграрні реформи

З реформами XIX століття, зокрема після скасування кріпацтва, землеволодіння за селянами було закріплено більш формально. На території сучасної Кіровоградської області це проявилось у розподілі селянських наділів і закріпленні меж, що забезпечувало стабільність земельних від-

1. Етапи розвитку землеустрою в Кіровоградській області

Період	Основні процеси	Характеристика для області	Наслідки
XVIII–XIX ст.	Межування земель	Освоєння степів, формування землеволодінь	Початковий облік земель
XIX ст.	Аграрні реформи	Розподіл селянських наділів	Закріплення меж
1920–1980	Колективізація	Переважання с/г угідь (~70–80%)	Укрупнення земель
Після 1991	Реформи	Розпаювання земель (мільйони га)	Формування приватної власності
2000–2020	Кадастр	Впровадження ГІС	Цифровізація даних

* розроблено авторами Парахненко В. Г., Кисельов Ю. О.

носин та підготовку до ефективного землекористування.

1920–1980 – Колективізація

Радянський період характеризувався укрупненням земель, створенням колгоспів і радгоспів. У Кіровоградській області близько 70–80% земель були сільськогосподарськими, що вимагало централізованого ведення землеустрою. Основною особливістю цього етапу було планування територій під господарські потреби держави, що призводило до втрати індивідуальних меж.

1991–1999 – Реформи

Перехід до ринкових відносин ознаменувався приватизацією земель та розпаюванням, у тому числі в межах сільськогосподарських масивів Кіровоградської області. Це дало змогу формувати приватні землеволодіння та створювати умови для ефективного управління земельними ресурсами на регіональному рівні.

2000–2020 – Кадастр

Впровадження сучасних ГІС-технологій і цифрових систем кадастру дозволило уніфікувати облік земель, вести публічні кадастрові карти та підвищити точність просторових даних. Для області це означало оптимізацію планування та моніторинг використання земельних ресурсів у цифровому форматі (табл. 2).

Важливе значення на сучасному етапі розвитку земельних ресурсів в Україні, зокрема в Кіровоградській

області, має встановлення земельних сервітутів [6; 7; 10].

Ця таблиця показує зміну видів і обсягу кадастрових робіт у Кіровоградській області залежно від технологічного та соціально-економічного контексту.

До 1990 – Інвентаризація

Основним видом робіт була паперова інвентаризація земель, що передбачала фіксацію меж та типів землеволодіння. Для області обсяг робіт був обмежений, а інформація накопичувалася локально, без інтегрованих баз даних.

1990–2005 – Реєстрація ділянок

Після проголошення незалежності України почалася масова реєстрація земельних ділянок у зв'язку з приватизацією та розпаюванням сільськогосподарських масивів. Це був період активного перерозподілу земель та встановлення прав власності, що створило фундамент для сучасного кадастру.

2005–2015 – Оцифрування

В області починають активно застосовувати цифрові бази даних для ведення кадастру, що дозволяє централізувати інформацію, забезпечити її швидкий доступ та підвищити точність просторових даних. Обсяг робіт зростає, особливо щодо уточнення меж та реєстрації нових ділянок.

2015–2025 – ГІС, супутникові дані

Сучасний етап характеризується високим рівнем автоматизації ка-

2. Динаміка кадастрових робіт

Період	Види робіт	Обсяг робіт	Особливості
До 1990	Інвентаризація	Обмежений	Паперовий облік
1990-2005	Реєстрація ділянок	Масовий	Розпаювання
2005-2015	Оцифрування	Зростаючий	Створення баз даних
2015-2025	ГІС, супутникові дані	Високий	Публічна кадастрова карта

* розроблено автором Парахненко В. Г.

3. Структура земельного фонду

Категорія	Площа (%)	Характеристика
Сільськогосподарські	75–80%	Домінують у регіоні
Ліси	8–10%	Обмежені площі
Забудовані землі	5–7%	Зростання урбанізації
Інші	5–10%	Водні та інші ресурси

* розроблено авторами Парахненко В. Г., Кисельов Ю. О., Удовенко І. О.

дастрових процесів, застосуванням геоінформаційних систем та супутникових даних. У Кіровоградській області це дозволяє вести публічну кадастрову карту, інтегрувати різні джерела даних і забезпечувати більш ефективне управління земельними ресурсами, включаючи моніторинг змін у землекористуванні.

Табл. 3 демонструє співвідношення різних категорій земель на території області та їхній вплив на економічну та екологічну ситуацію в регіоні.

Сільськогосподарські землі (75–80%)

Це домінуюча категорія земель регіону, яка включає орні угіддя, пасовища та сіножаті. Велика частка сільськогосподарських земель зумовлена традиційним аграрним профілем області, де основна частина економіки залежить від сільського господарства. Для управління цією категорією критично важливо ведення точного кадастру, планування використання земель та контролю за раціональним землекористуванням.

Ліси (8–10%)

Лісові землі представлені переважно невеликими масивами, що обмежують їх значення для регіональної економіки, але мають важливе екологічне значення. Вони виконують роль природного бар'єра від ерозії ґрунтів, сприяють збереженню біорізноманіття та кліматичної ста-

більності. Для області характерним є високий рівень урбанізації навколо лісів, що потребує контролю за лісокористуванням і охороною зелених зон.

Забудовані землі (5–7%)

Площа земель під житловою, промисловою та соціальною інфраструктурою зростає в міру урбанізації в регіоні. Для Кіровоградської області ця категорія характеризується поступовим збільшенням площ у містах та селищах. Ефективний землеустрій на цих територіях включає планування забудови, оптимізацію міських земель і контроль за дотриманням нормативів.

Інші землі (5–10%)

До цієї категорії належать водні ресурси, болотні території, природоохоронні зони та інші землі спеціального призначення. Хоч їх частка менша, вони відіграють важливу роль у забезпеченні екологічної рівноваги та збереженні природних ресурсів регіону.

Таким чином, таблиця дозволяє оцінити співвідношення функціональних категорій земель і підкреслити пріоритети управління земельними ресурсами Кіровоградської області (табл. 4).

Таблиця відображає ключові проблеми, що виникають у процесі ведення кадастру та землеустрою, їхні причини та можливі шляхи вирішення.

4. Проблеми та перспективи

Проблеми	Причини	Перспективи вирішення
Помилки меж	Старі дані	Уточнення кадастру
Неповна база	Недостатня цифровізація	Розвиток ГІС
Розораність	Інтенсивне с/г	Екологізація
Застарілі методи	Недостатнє фінансування	Інновації

* розроблено автором Парахненко В. Г.

Помилки меж

Багато ділянок мають неправильно визначені межі через застарілі або неточні картографічні матеріали. Це створює конфлікти власників і ускладнює управління земельними ресурсами. Перспективою є уточнення кадастрових даних із застосуванням сучасних геодезичних технологій і супутникового моніторингу.

Неповна база

Відсутність актуальної та комплексної цифрової інформації ускладнює планування та контроль за використанням земель. Основною причиною є недостатня цифровізація та інтеграція різних реєстрів. Перспективним рішенням є розвиток ГІС, створення централізованих баз даних та доступ до публічних кадастрових карт.

Розораність

Інтенсивне сільське господарство призводить до надмірного розорювання земель, ерозії ґрунтів та зниження їх родючості. Для вирішення проблеми передбачено екологізацію землекористування, впровадження систем сівозмін, захисних смуг і агротехнічних заходів, що підвищують стійкість земель.

Застарілі методи

Традиційні методи ведення кадастру та землепорядних робіт не завжди відповідають сучасним вимогам точності і ефективності. Недостатнє фінансування та брак тех-

нічного оснащення уповільнюють процеси. Перспективне значення має впровадження інновацій, цифрових технологій, ГІС, супутникових знімків та автоматизованих систем управління даними [10].

Ця таблиця показує, що розвиток земельних ресурсів і кадастрової системи у Кіровоградській області потребує комплексного підходу, поєднання цифрових технологій і екологічних практик, а також реформування нормативно-правової бази.

Висновки і перспективи

Дослідження історії формування землеустрою та кадастрових робіт у Кіровоградській області дозволяє простежити еволюцію земельних відносин, зміну підходів до обліку земель та впровадження сучасних технологій у кадастрі. Історичні джерела свідчать, що на ранніх етапах земельні питання вирішувалися переважно на рівні місцевого управління та феодалних органів влади, а систематизація земель була обмеженою, що ускладнювало планування та ефективне використання територій.

У XX столітті, особливо після проведення земельних реформ та колективізації, почали застосовуватися стандартизовані методи кадастрових робіт, що дало змогу створити перші комплексні обліки земель. Використання технічних карт, топографіч-

них зйомок та земельних планів значно підвищило точність визначення меж ділянок та ефективність землекористування. Перехід до цифрових технологій у ХХІ столітті відкрив нові можливості для точного ведення кадастру, своєчасного оновлення даних та підвищення прозорості земельних відносин.

Практичний досвід Кіровоградської області свідчить, що правильне ведення земельного кадастру є важливим фактором раціонального використання земель, запобігання суперечкам щодо меж ділянок та планування розвитку міських і сільських територій. Історія розвитку землевпорядкування демонструє, що поєднання традиційних методів із сучасними геоінформаційними технологіями дозволяє досягати високої точності та оперативності в роботі.

На основі проведеного аналізу доцільно рекомендувати:

Продовжувати модернізацію кадастрової системи області із застосуванням цифрових технологій, ГІС та дистанційного зондування.

Забезпечити регулярне оновлення даних про земельні ділянки та власників для підвищення точності обліку.

Підвищувати рівень підготовки фахівців у сфері землевпорядкування та кадастру, особливо у роботі з сучасними програмними комплексами.

Використовувати історичні матеріали та архівні дані для планування розвитку територій та збереження культурної і природної спадщини регіону.

Розробляти комплексні стратегії землекористування, що враховують історичний досвід, потреби сучасних громад та екологічні вимоги.

Отже, поєднання історичного аналізу та впровадження сучасних технологій дозволяє забезпечити ефективне

управління земельними ресурсами Кіровоградської області, підвищує прозорість і законність земельних відносин та створює умови для сталого розвитку територій.

Список використаної літератури

1. Aliksieienko, A. P. (2026). Elektronni servisy v zemelnomu kadastrі Ukrainy: Heohrafichna osnova ta praktychne zastosuvannia [Electronic services in the land cadastre of Ukraine: Geographic basis and practical application]. *Slobozhanskyi Naukovyi Visnyk. Seriya: Pryrodnychi Nauky*, (1), 122–132. <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2026.1.12>
2. Aliksieienko, A. P., & Buianovskiy, A. O. (2025). Gruntovo-heohrafichna informatsiia v derzhavnomu zemelnomu kadastrі Ukrainy [Soil and geographic information in the State Land Cadastre of Ukraine]. *Visnyk Odeskoho Natsionalnoho Universytetu. Heohrafichni ta Heolohichni Nauky*, 30(2), 92–107. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2025.2\(47\).344750](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2025.2(47).344750)
3. Dorosh, Y., Ibatullin, Sh., Tarnopolskyi, A., & Dorosh, O. (2020). Naukove obgruntuvannia udoskonalennia systemy derzhavnoho zemelnogo kadastru v Ukraini: Teoretychni ta metodolohichni zasady [Scientific substantiation of improving the State Land Cadastre system in Ukraine: Theoretical and methodological foundations]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel*, (1), 144–176. <https://doi.org/10.31548/zemleustrii2020.01.05>
4. Khainus, D. D., Sopov, D. S., Kniaz, O. V., Sadvoyi, I. I., & Hrek, M. O. (2025). Standartyzatsiia u heodezii, zemleustroi ta otsyntsi zemel [Standardization in geodesy, land management, and land valuation]. *Municipal Economy of Cities. Series: Information Technology and Engineering*, 4(192), 267–271. <https://doi.org/10.33042/3083-6727-2025-4-192-267-271>

5. Kuzmenko, O. V., Kozhura, L. O., & Zamryha, A. V. (2025). Administratyvno-pravove rehuliuвання rynku silskohospodarskykh zemel v Ukraini [Administrative and legal regulation of the agricultural land market in Ukraine]. *Kyivskyi Chasopys Prava*, (4), 23–36. <https://doi.org/10.32782/klj/2025.4.16>
 6. Lysova, T. V. (2025). Pravo zemelnogo servitutu: Aktualni pytannia [Land easement rights: Current issues]. *Analitychno-Porivnialne Pravoznavstvo*, (1), 77–87. <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.01.58>
 7. Lytvynenko, I. V. (2024). Ustanovlennia zemelnykh servitutiv na zemliakh terytorialnykh hromad pid chas rozroblennia kompleksnykh planiv prostorovoho rozvytku [Establishment of land easements on community lands during the development of integrated spatial development plans]. *Prostorovyi Rozvytok*, (8), 444–455. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.444-455>
 8. Sharapova, S. V., & Kashkina, V. A. (2025). Suchasnyi stan ta napriamy rozvytku systemy monitorynhu zemel i gruntiv v Ukraini [Current state and development directions of the land and soil monitoring system in Ukraine]. *Analitychno-Porivnialne Pravoznavstvo*, (3), 231–233. <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.03.2.5>
 9. Smoliarchuk, M. V. (2025). Zemelni servituty u Derzhavnomu zemelnomu kadastrі: Sutnist ta informatsiine vidobrazhennia [Land easements in the State Land Cadastre: Essence and information representation]. *Podilskyi Visnyk: Silske Hospodarstvo, Tekhnika, Ekonomika*, 4(49), 192–196. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.29>
 10. Verheles, O. A. (2025). Derzhavna reiestratsiia zemelnoi dilianky yak obiekta zemelnykh pravovidnosyn: Poniattia ta pravova pryroda [State registration of a land plot as an object of land legal relations: Concept and legal nature]. *Naukovyi Visnyk Uzhhorodskoho Natsionalnoho Universytetu. Serii: Pravo*, 89(2), 123–134. <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.89.2.39>
-
- ### References
1. Aliksieienko, A. P. (2026). Elektronni servisy v zemelnomu kadastrі Ukrainy: Heohrafichna osnova ta praktychne zastosuvannia [Electronic services in the land cadastre of Ukraine: Geographic basis and practical application]. *Slobozhanskyi Naukovyi Visnyk. Serii: Pryrodnychi Nauky*, (1), 122–132. <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2026.1.12>
 2. Aliksieienko, A. P., & Buianovskiy, A. O. (2025). Gruntovo-heohrafichna informatsiia v derzhavnomu zemelnomu kadastrі Ukrainy [Soil and geographic information in the State Land Cadastre of Ukraine]. *Visnyk Odeskoho Natsionalnoho Universytetu. Heohrafichni ta Heolohichni Nauky*, 30(2), 92–107. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2025.2\(47\).344750](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2025.2(47).344750)
 3. Dorosh, Y., Ibatullin, Sh., Tarnopolskyi, A., & Dorosh, O. (2020). Naukove obgruntuvannia udoskonalennia systemy derzhavnogo zemelnogo kadastru v Ukraini: Teoretychni ta metodolohichni zasady [Scientific substantiation of improving the State Land Cadastre system in Ukraine: Theoretical and methodological foundations]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel*, (1), 144–176. <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2020.01.05>
 4. Khainus, D. D., Sopov, D. S., Kniaz, O. V., Sadvoyi, I. I., & Hrek, M. O. (2025). Standartyzatsiia u heodezii, zemleustroi ta otsyntsi zemel [Standardization in geodesy, land management, and land valuation]. *Municipal Economy of Cities. Series: Information Technology and Engineering*, 4(192), 267–271. <https://doi.org/10.33042/3083-6727-2025-4-192-267-271>

5. Kuzmenko, O. V., Kozhura, L. O., & Zamryha, A. V. (2025). Administratyvno-pravove rehuliuвання rynku silskohospodarskykh zemel v Ukraini [Administrative and legal regulation of the agricultural land market in Ukraine]. *Kyivskyi Chasopys Prava*, (4). 23–36 <https://doi.org/10.32782/klij/2025.4.16>
6. Lysova, T. V. (2025). Pravo zemelnoho servitutu: Aktualni pytannia [Land easement rights: Current issues]. *Analitychno-Porivnialne Pravoznavstvo*, (1). 77–87 <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.01.58>
7. Lytvynenko, I. V. (2024). Ustanovlennia zemelnykh servitutiv na zemliakh terytorialnykh hromad pid chas rozroblennia kompleksnykh planiv prostorovoho rozvytku [Establishment of land easements on community lands during the development of integrated spatial development plans]. *Prostorovy Rozvytok*, (8), 444–455. <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.444-455>
8. Sharapova, S. V., & Kashkina, V. A. (2025). Suchasnyi stan ta napriamy rozvytku systemy monitorynhu zemel i gruntiv v Ukraini [Current state and development directions of the land and soil monitoring system in Ukraine]. *Analitychno-Porivnialne Pravoznavstvo*, (3). 231–233 <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2025.03.2.5>
9. Smoliarchuk, M. V. (2025). Zemelni servituty u Derzhavnomu zemelnomu kadastrі: Sutnist ta informatsiine vidobrazhennia [Land easements in the State Land Cadastre: Essence and information representation]. *Podilskyi Visnyk: Silske Hospodarstvo, Tekhnika, Ekonomika*, 4(49), 192–196. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.29>
10. Verheles, O. A. (2025). Derzhavna reiestratsiia zemelnoi dilianky yak obiekta zemelnykh pravovydnosyn: Poniattia ta pravova pryroda [State registration of a land plot as an object of land legal relations: Concept and legal nature]. *Naukovyi Visnyk Uzhhorodskoho Natsionalnoho Universytetu. Serii: Pravo*, 89(2). 123–134 <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.89.2.39>

Parakhnenko V., Kyselov Yu., Udovenko I.

THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF LAND MANAGEMENT AND CADASTRAL WORK IN THE KIROVOGRAD REGION.

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 67-79.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.05>

Abstract. The article examines the historical stages of the formation and development of land management and cadastral works in the Kirovohrad region as important components of the land resource management system. The prerequisites for the formation of the land accounting system were analyzed, starting from the period of the Russian Empire, when the first boundary works were carried out, the territories were mapped, and the documents necessary for determining the boundaries of land holdings and regulating land relations were created. The peculiarities of land management measures in the 18th–XIX centuries and their influence on the formation of the land structure of the region are considered.

The importance of agrarian reforms of the second half of the 19th century is highlighted, in particular after the abolition of serfdom, which contributed to the activation of land management processes, clarification of land plot boundaries, and streamlining of the land use system. The role of zemstvo institutions and state bodies in carrying out land management and evaluation works, as well as in accumulating information about land resources, is determined.

Special attention was paid to the Soviet period of land management development, when land resources were transferred to state ownership, and the main goal of land management works became the provision of the needs of collective and state agriculture. The processes of consolidation of land uses, organization of collective farms and state farms, land inventory and creation of thematic cartographic materials are analyzed. The influence of state policy on the structure of the land fund of the region and the peculiarities of land accounting in the conditions of a centralized management system are considered.

The post-war stage of land management development was separately characterized, which was accompanied by the introduction of scientifically based approaches to the organization of the territory, the improvement of land resource assessment methods, the development of geodetic works and the creation of prerequisites for the formation of a modern system of the state land cadastre. It was established that it was during this period that the foundations of an integrated approach to land use and protection were laid.

The current stage of the development of cadastral works in the Kirovohrad region after Ukraine gained independence and carried out land reform has been studied. The impact of the adoption of the Land Code of Ukraine, the formation of the land market, the improvement of the legal framework and the introduction of digital technologies in the field of land relations is analyzed. Special attention is paid to the implementation of geoinformation systems, automated cadastral databases, electronic document management and the creation of the Public Cadastral Map of Ukraine, which ensured an increase in the openness, availability and reliability of information about land resources.

Based on the analysis, it was concluded that the development of land management and cadastral works in the Kirovohrad region reflects the general trends of the transformation of land relations in Ukraine. It was determined that the modern land cadastre system is an important tool for effective management of land resources, ensuring rational land use, land protection, increasing the investment attractiveness of territories and implementing the principles of sustainable development of the region.

Key words: *land management, land cadastre, land reform, Kirovohrad region, geoinformation systems, land accounting, land use, land resources, cadastral works, digitalization.*

НАУКОВІ ЗАСАДИ ІНСТИТУЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ПРОСТОРОВОГО ПЛАНУВАННЯ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ НА МІСЦЕВОМУ РІВНІ

Р. А. ХАРИТОНЕНКО,

кандидат економічних наук,

E-mail: kharytonenkor@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7992-3339

Інститут землекористування НААН України

Н. В. КОМАРОВА,

доктор філософії, доцент

E-mail: komarovanv0391@gmail.com

ORCID: 0000-0002-9347-455X

Інститут землекористування НААН України

В. А. САЛЮТА,

доктор філософії,

E-mail: vikasalyuta@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2935-5492

Інститут землекористування НААН України

Л. Р. СКРИПНИК,

доктор філософії, доцент

E-mail: liliia.skrypnyk@npp.kai.edu.ua

ORCID: 0000-0001-7349-9496

Національний університет «Київський авіаційний інститут»

Н. Ф. ІЩЕНКО,

доктор філософії, доцент

E-mail: nataliia.ishchenko@npp.kai.edu.ua

ORCID: 0000-0002-3745-9742

Національний університет «Київський авіаційний інститут»

Анотація. У статті досліджено теоретико-методологічні засади інституційного забезпечення місцевої нормативної бази як ключового чинника просторового планування та сталого розвитку сільських територій. Актуальність теми зумовлена трансформацією земельних відносин в Україні, поглибленням децентралізації, посиленням ролі територіальних громад у системі управління земельними ресурсами та потребою відновлення сільських територій в умовах

повоєнного розвитку. Метою дослідження є обґрунтування наукових підходів до формування та інтеграції місцевих нормативно-правових актів у систему просторового планування на рівні територіальних громад. У роботі застосовано системний, порівняльний, аналітичний методи та метод моделювання, що дало змогу забезпечити комплексність дослідження, врахувати багаторівневий характер регулювання просторового розвитку та зіставити вітчизняну практику з підходами країн Європейського Союзу. Запропоновано авторську концептуальну модель інституціонального забезпечення нормативної бази місцевого рівня, яка відображає взаємодію державного та локального рівнів регулювання, визначає ключові інституційні зв'язки і механізми узгодження нормативних документів різного рівня. Наукова новизна дослідження полягає у розробленні концептуальної моделі, структурованої за нормативно-правовим, інституційним, інформаційно-аналітичним і функціональним блоками. Обґрунтовано вплив нормативного середовища на економічні, соціальні та екологічні показники розвитку територіальних громад, зокрема через підвищення ефективності використання земельних ресурсів, покращення управлінських рішень та забезпечення сталості просторового розвитку. Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання органами місцевого самоврядування під час розроблення комплексних планів просторового розвитку та місцевих регламентів землекористування.

Ключові слова: інституціональне забезпечення, нормативна база місцевого рівня, просторове планування, розвиток сільських територій, землекористування, сталий розвиток, територіальна громада.

Актуальність теми

Сільські території України відіграють стратегічну роль у забезпеченні продовольчої, соціальної та екологічної безпеки держави, акумулюючи значну частину земельного фонду та формуючи просторовий каркас розселення. Повномасштабна війна, руйнування інфраструктури та трансформація аграрного сектору суттєво загострили вимоги до ефективного управління земельними ресурсами як чинника відновлення та сталого розвитку територіальних громад [8].

Одночасно децентралізація, розпочата в Україні з 2014 року, передала повноваження у сфері земельних відносин органам місцевого самоврядування, які відповідно до Земельного кодексу України [9], Законів України

«Про регулювання містобудівної діяльності» [10] та «Про землеустрій» [11] отримали право розробляти комплексні плани просторового розвитку територій. Проте система просторового планування на місцевому рівні залишається недостатньо узгодженою: розрив між державними нормативно-правовими актами та локальними правилами землекористування спричиняє фрагментарність управлінських рішень і ускладнює адаптацію загальнодержавних норм до специфіки громад [6].

Додатково ситуацію ускладнює обмежена інституційна спроможність органів місцевого самоврядування у формуванні власної нормативної бази [5]: значній частині рад бракує кадрових, методичних і фінансових ресурсів для якісних місцевих регламентів землекористування,

що посилює дисбаланс економічних, соціальних і екологічних інтересів розвитку громад. У цих умовах наукове обґрунтування інституційного забезпечення нормативної бази місцевого рівня є не лише теоретичною, а й практично значущою проблемою, від розв'язання якої залежить якість просторового планування та ефективність земельної реформи.

Аналіз останніх наукових досліджень і публікацій

Ефективне управління земельними ресурсами потребує системного підходу та узгодженої інтеграції нормативно-правових положень на всіх рівнях управління: від державного до місцевого. Сакаль О. В., Колісник Г. М. та Харитоненко Р. А. підкреслюють необхідність цілісного інституційного середовища, яке забезпечує прозорість, передбачуваність і стабільність правил землекористування [1, с. 71]. Бутенко Є. В. та Харитоненко Р. А. акцентують на важливості природно-сільськогосподарського районування для адаптації загальнодержавних нормативів до специфіки територій [2]. Беспалько Р. І. та Воронюк Ю. Ю. доводять залежність інвестиційної привабливості сільськогосподарських земель від стабільності нормативно-правового середовища [3]. Ступень Р. М., Рій І. Ф., Колодій П. П. та Рижок З. Р. наголошують, що гармонійне поєднання державних і локальних регуляторних механізмів підвищує ефективність землекористування та інвестиційну привабливість територій [4].

Питання управління земельними ресурсами в умовах децентралізації досліджують Пушкар Б., Рудакевич І., які показують, що перерозподіл повноважень без належного норматив-

но-методичного супроводу створює ризики нерационального використання земель [5]. Манаєнко, І.М. та Голюк В.Я. обґрунтовують необхідність єдиної методології комплексного планування, яка інтегрує державні та місцеві нормативні вимоги [6]. Третяк А. М. визначає поняттєвий апарат «інституцій» землевпорядкування та засади територіально-просторового планування об'єднаних громад, аналізуючи недоліки узгодження нормативної бази [7,12-14]. Шульга М. В., Ігнатенко І. В., Малохліб О. С. акцентують увагу на місцевому рівні щодо першочергового нормативно-правового врегулювання потребують питання забезпечення належної картографічної основи для розроблення комплексних планів, внесення відповідних даних до земельного та містобудівного кадастрів, а також визначення на законодавчому рівні нових обмежень у використанні земель на територіях, постраждалих внаслідок окупації [8].

Водночас недостатньо дослідженими залишаються питання концептуального моделювання інституціонального забезпечення нормативної бази місцевого рівня як цілісної системи, що поєднує нормативно-правовий, інституційний, інформаційно-аналітичний і функціональний виміри просторового планування сільських територій, що зумовлює потребу подальшого наукового пошуку.

Мета даного дослідження: метою дослідження є обґрунтування наукових засад інституціонального забезпечення нормативної бази місцевого рівня, як інструменту просторового планування розвитку сільських територій та розроблення концептуальної моделі її функціонування в системі управління земельними ресурсами.

Матеріали і методи дослідження

Методологічною основою дослідження є системний підхід, який дав змогу розглядати місцеву нормативну базу як складову інституційного середовища управління земельними ресурсами та просторового розвитку територій. Інформаційною базою слугували Земельний кодекс України [9], закони України «Про регулювання містобудівної діяльності» [10] та «Про землеустрій» [11], а також праці вітчизняних і зарубіжних дослідників з цієї проблематики [1–8; 12–16].

Метод аналізу і синтезу використано для узагальнення наукових підходів до формування нормативного забезпечення землекористування. Порівняльний метод застосовано для зіставлення взаємодії державного і місцевого рівнів регулювання та вітчизняної й європейської практики. Метод моделювання використано для розроблення концептуальної моделі, а метод групувань для систематизації нормативних вимог до функціональних зон та очікуваних ефектів інституціоналізації.

Результати дослідження та їх обговорення

Інституціональне забезпечення нормативної бази місцевого рівня передбачає формування системи стабільних і прозорих правил, які регулюють використання земельних ресурсів, просторову організацію територій, зонування та охорону довкілля [1; 4; 7]; його призначення – узгодженість загальнодержавних вимог і локальних потреб громад. У теоретичному розумінні інституціоналізація є переходом від фрагмен-

тарного регулювання до сталої системи формальних норм і неформальних практик, які набувають самостійного регуляторного значення [13].

У межах дослідження запропоновано концептуальну модель інституціонального забезпечення нормативної бази місцевого рівня (рис. 1), яка ґрунтується на системному підході до організації управління земельними ресурсами та відображає взаємозв'язок між нормативно-правовим регулюванням, діяльністю інститутів, інформаційним забезпеченням і практикою землекористування. Основним призначенням моделі є забезпечення узгодженості між державними регуляторними вимогами, локальними потребами територіальної громади та інтересами суб'єктів земельних відносин у процесі формування умов сталого розвитку територій. Структурно модель включає нормативно-правовий, інституційний, інформаційно-аналітичний та функціональний блоки, які функціонують у взаємодії через механізми прямого впливу, зворотного зв'язку, партнерства та ініціатив знизу. Нормативно-правовий блок представлений нормативно-правовими актами державного та місцевого рівнів. Державний рівень формує загальні правові засади регулювання земельних відносин, просторового планування та екологічної політики через закони України, постанови Кабінету Міністрів України, державні стандарти, просторові документи, екологічні нормативи та нормативні вимоги Європейського Союзу. Місцевий рівень забезпечує адаптацію загальнодержавних положень до особливостей конкретної територіальної громади через рішення органів місцевого самоврядування, стратегії розвитку,

просторові плани, правила зонування та статuti громади. Взаємодія між цими рівнями здійснюється по принципу гармонізації нормативних вимог, що забезпечує узгодженість державної політики та локальних механізмів управління.

Інституційний блок охоплює основних учасників процесу сталого розвитку громади: органи державної влади, органи місцевого самоврядування, громадські інститути (мешканці, громадські організації, експертне середовище) та суб'єктів землекористування (землевласники, землекористувачі, аграрні підприємства, інвестори), які забезпечують участь суспільства в управлінських рішеннях і практичну реалізацію нормативної бази. Інформаційно-аналітичний блок забезпечує функціонування моделі

на основі даних кадастру, моніторингу земель та екологічної інформації, слугуючи основою для управлінських рішень. Функціональний блок реалізує нормативні положення через планування, зонування та використання земель. Центральним елементом є сталий розвиток громади, що інтегрує економічну, екологічну та соціальну складові через узгоджену взаємодію нормативних механізмів, інституційних учасників та інформаційного забезпечення.

Особливістю запропонованої моделі є наявність механізму зворотного зв'язку, який забезпечує її адаптивність та динамічність. Дієвість цього механізму та «ініціатив знизу» забезпечується через впровадження партисипативних методів, які передбачають обов'язкове залу-

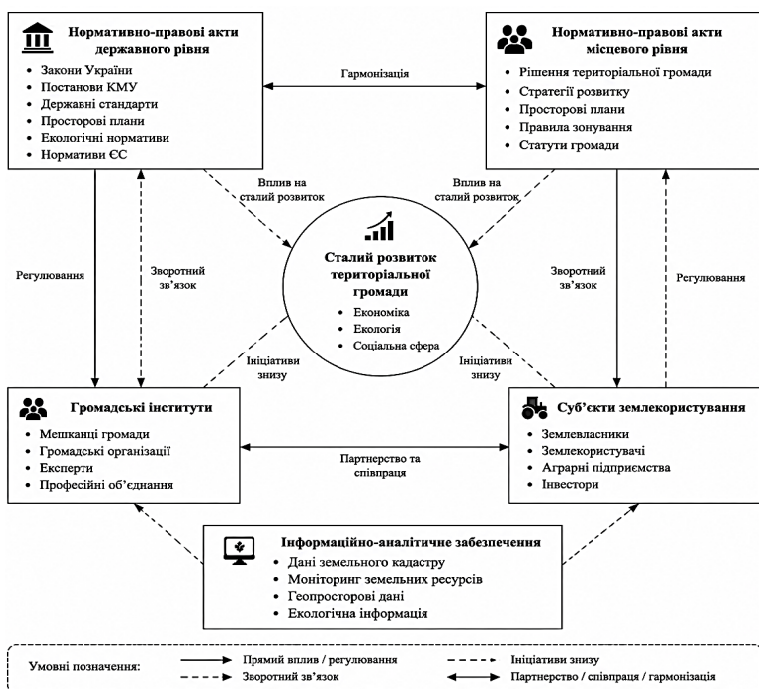


Рис. 1. Модель інституціоналізації місцевої нормативної бази

Джерело: розроблено авторами

чення до ухвалення землевпорядних рішень усіх заінтересованих сторін. В умовах децентралізації саме такий підхід гарантує дотримання балансу інтересів різних учасників земельних відносин. На практиці цей зворотний зв'язок має реалізовуватися не лише через традиційні громадські обговорення, а й за допомогою інструментів електронної демократії (місцеві просторові петиції), створення експертних рад з урбаністики при органах місцевого самоврядування та застосування партисипативного бюджетування для фінансування локальних землевпорядних проєктів. Фундаментом для такого контролю слугує концепція просторового планування, що реалізується завдяки інтеграції даних землеустрою, містобудівного кадастру й екологічного моніторингу в єдину відкриту геоінформаційну систему територіальної громади.

В умовах повоєнного відновлення функціонування запропонованої моделі передбачає адаптацію під вимоги постраждалих і деокупованих громад. Це реалізується шляхом включення до інформаційно-аналітичного блоку геопросторових даних про мінну небезпеку, руйнування інфраструктури та переміщення населення, а до нормативного – тимчасових адаптивних регламентів обмеження землекористування.

Ефективне управління земельними ресурсами в межах сільських територій потребує комплексного підходу до просторового планування, що передбачає узгодження функціонального призначення територій, нормативних вимог та стратегічних цілей розвитку громад. Основними елементами просторового планування є стратегічне планування, функціональне зонування, регулювання використання зе-

мель, екологічне та інвестиційне планування, інформаційно-аналітичний супровід і громадська участь, взаємодія яких формує єдину систему регулювання земельних відносин.

Стратегічне планування визначає довгострокові пріоритети використання земель з урахуванням економічних, соціальних та екологічних чинників, а просторове планування формує збалансоване розміщення житлової, виробничої, соціальної й природоохоронної інфраструктури. Функціональне зонування диференціює території за видами використання; регулювання використання земель забезпечує дотримання прав власників і контроль норм. Екологічне й інвестиційне планування зберігають природні ресурси та формують умови для інвестицій у межах обмежень, а інформаційно-аналітичне забезпечення дає підстави для оцінювання розвитку. Громадська участь забезпечує прозорість планування та врахування інтересів різних груп населення, сприяючи формуванню партнерської моделі управління територіями.

Аналіз функціонального використання земельних ресурсів у межах просторового планування сільських територій ґрунтується на диференціації територій за типами зон та відповідними регуляторними вимогами. Функціональне зонування передбачає поділ території громади на зони відповідно до природних умов, ресурсного потенціалу, містобудівних характеристик та перспектив розвитку, для кожної з яких визначаються пріоритетні види використання земель, допустимі види діяльності та вимоги щодо охорони земель і природних ресурсів.

У межах дослідження запропоновано диференціацію територій

сільських громад за такими типами функціональних зон: сільськогосподарські, житлово-громадські, виробничі, природоохоронні, рекреаційні та інфраструктурні, кожна з яких характеризується специфічним режимом використання земель та системою управлінських обмежень.

Сільськогосподарські зони орієнтовані на виробництво аграрної продукції за умови охорони ґрунтів і впровадження екологічно безпечних технологій. Житлово-громадські зони забезпечують розвиток населених пунктів з дотриманням планувальних та екологічних вимог. Виробничі зони передбачають розміщення підприємств за умови санітарно-захисних норм і мінімізації впливу на довкілля. Природоохоронні та рекреаційні зони спрямовані на збереження природних комплексів і умов для відпочинку населення, зі спеціальними режимами використання. Інфраструктурні зони забезпечують функціонування транспортних, енергетичних і комунальних об'єктів з урахуванням вимог безпеки.

Диференціація територій за функціональними зонами забезпечує системний підхід до використання земельних ресурсів з урахуванням природного потенціалу, соціально-економічних потреб та екологічних обмежень, дозволяє запобігати конфліктам землекористування та узгоджувати інтереси різних суб'єктів земельних відносин, створюючи передумови для збалансованої просторової структури території та досягнення цілей сталого розвитку сільських територій.

Європейська практика формування нормативної бази просторового планування ґрунтується на чіткому розмежуванні повноважень між національним, регіональним і міс-

цевим рівнями за збереження єдиних методологічних стандартів. У Німеччині система «Raumordnung» узгоджує місцеві плани землекористування (Flächennutzungsplan) із регіональними програмами розвитку (Raumordnungsprogramme), забезпечуючи вертикальну узгодженість регулювання [16]. У Нідерландах «Ruimtelijke Ordening» реалізується через структурні візії (structuurvisies), що інтегрують економічні, соціальні та екологічні пріоритети розвитку територій на кожному рівні управління [16]. Ключова відмінність європейського підходу – інституційно закріплені процедури обов'язкового узгодження місцевих нормативних актів із документами вищого рівня, тоді як в Україні такі процедури здебільшого мають рекомендаційний характер (табл. 1).

Урахування зазначеного досвіду є доцільним для вдосконалення вітчизняної практики. Саме в цьому полягає ключовий аспект наукової новизни: обґрунтування інституційних механізмів гармонізації місцевих регламентів із державною нормативною базою на етапі просторового планування. Розроблена концептуальна модель не лише структурує інституційне середовище за ключовими блоками, а й концептуалізує адаптацію європейського досвіду (систем Raumordnung та Ruimtelijke Ordening) до реалій українських громад, дозволяючи трансформувати землеустрій у дієву інституцію, що виконує координаційну функцію та забезпечує імплементацію єдиних стандартів сталого просторового розвитку на місцевому рівні.

Інституціональне забезпечення нормативної бази місцевого рівня в Україні є важливим механізмом удосконалення управління земельними

1. Порівняльна характеристика підходів до інституціонального забезпечення нормативної бази просторового планування

Критерій	Україна	Країни ЄС (Німеччина, Нідерланди)
Обов'язковість узгодження місцевих і державних норм	Переважно рекомендаційна	Юридично обов'язкова
Основний плановий документ місцевого рівня	Комплексний план просторового розвитку територіальної громади	Flächennutzungsplan / structuurvisie
Інституційна відповідальність за моніторинг відповідності	Розпорошена між кількома органами	Централізована (регіональні планові органи)
Інтеграція екологічних обмежень	Часткова, здебільшого декларативна	Системна, юридично закріплена

* розроблено авторами

ресурсами та просторового розвитку громад, що забезпечує перехід від ситуативного регулювання до комплексної моделі управління на засадах прозорості, передбачуваності та сталості. Очікувані ефекти: вдосконалення просторової організації територій, ефективніше використання земель, кращий інвестиційний клімат і вища екологічна безпека.

Інституціональне забезпечення нормативної бази на місцевому рівні формує єдині правила використання земель, визначає повноваження суб'єктів управління та створює умови для інтеграції екологічних обмежень у просторове планування (табл. 2).

Результати, наведені в таблиці 2, відображають загальні тенденції змін ключових показників розвитку територіальної громади за умов удосконалення інституційного забезпечення землекористування: зростання інвестиційної привабливості, підвищення ефективності агровиробництва та використання земель, а також покращення екологічних характеристик території.

Отримані результати свідчать про позитивну динаміку економічного, ресурсного та екологічного розвитку громади в умовах удосконалення нормативно-інституційного середовища; зазначені зміни мають індика-

тивний характер і використовуються для узагальненої оцінки напрямів інституціоналізації.

Висновки і перспективи

Інституціональне забезпечення нормативної бази місцевого рівня є важливим інструментом ефективного просторового планування та збалансованого розвитку сільських територій. Його ключова роль полягає у формуванні узгодженого регуляторного середовища, яке забезпечує взаємодію між державним і місцевим рівнями управління земельними ресурсами.

Встановлено, що економічний ефект проявляється у підвищенні передбачуваності регуляторного середовища, що сприяє залученню інвестицій, розвитку аграрного сектору та фінансовій спроможності громад. Соціальна складова полягає у прозорості управлінських процесів та участі стейкхолдерів у просторовому розвитку. Екологічний аспект відображає посилення охорони земель та довгострокову екологічну стійкість територій, що важливо в умовах деградаційних процесів і зростання антропогенного навантаження.

Розроблена концептуальна модель дозволяє підвищити узгодженість ре-

2. Очікувані ефекти формування інституційного забезпечення нормативної бази місцевого рівня в управлінні розвитком територіальних громад

Напрямок інституціонального забезпечення	Механізм впливу	Очікуваний ефект для територіальної громади
Удосконалення нормативно-правового забезпечення	Формування системи локальних нормативних актів і процедур управління земельними ресурсами	Підвищення прозорості земельних відносин; узгодженість державних вимог і місцевих потреб
Оптимізація просторового планування	Комплексний підхід до планування територій, функціональне зонування та визначення режимів використання земель	Раціональна просторова структура громади; менше конфліктів землекористування; ефективніше використання потенціалу
Підвищення ефективності управління земельними ресурсами	Процедури використання земель, контролю, моніторингу та управлінських рішень	Раціональне використання земель; збереження потенціалу; ефективніші управлінські процеси
Розвиток інвестиційного потенціалу територій	Зрозумілі правила реалізації інвестиційних проєктів та допустимих напрямів використання земель	Вища інвестиційна привабливість громади; залучення ресурсів для розвитку територій
Посилення екологічної складової управління	Природоохоронні вимоги, екологічні обмеження та заходи охорони земель у нормативній системі громади	Менше антропогенне навантаження; запобігання деградації земель; екологічна стійкість територій
Розвиток інформаційного забезпечення	Кадастрові дані, результати моніторингу земель, геопросторова інформація та аналітичні матеріали	Обґрунтованіші управлінські рішення; контроль за змінами у використанні земель
Посилення інституційної взаємодії	Координація органів влади, громадських інститутів та суб'єктів землекористування	Партнерська модель управління; вища участь громадськості; узгодження інтересів учасників
Забезпечення сталого розвитку громади	Інтеграція економічних, соціальних та екологічних цілей у місцеве регулювання	Збалансована модель розвитку території з урахуванням довгострокових потреб громади

* розроблено авторами

гуляторного середовища, посилити ефективність управління земельними ресурсами та забезпечити збалансованіший розвиток сільських територій.

Декларація про генеративний штучний інтелект та технології, що використовують штучний інтелект (ШІ) у процесі написання. Автори підтверджують, що під час підготовки цього рукопису використовувався інструмент ШІ ChatGPT Plus, Claude Sonnet 4.5, Elicit для мета-пошуку релевантних наукових публікацій за темою статті, аналізу і резюмування великих текстів для попереднього ознайомлення зі змістом, перекладу й пошуку кращого варіанту стилістичної відповідності й

граматики формулювань. Результати дослідження є оригінальними та отримані без допомоги ШІ.

Список використаної літератури

1. Сакаль О. В., Колісник Г. М., Харитоненко Р. А. Інституційне середовище сучасних земельних відносин. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. № 1. С. 69–78. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.07>.

2. Бутенко Є. В., Харитоненко Р. А. Удосконалення системи природно-сільськогосподарського районування. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 2. С. 15–23. URL: <https://surl.li/zwkce> (дата звернення: 01.08.2026).

3. Беспалько Р. І., Воронюк Ю. Ю. Інвестиційна привабливість земель сільськогосподарського призначення в Україні. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. № 23.17. С. 309–313.
4. Ступень Р. М., Рій І. Ф., Колодій П. П., Рижок З. Р. Теоретико-методологічні засади формування інвестиційної привабливості у системі сільськогосподарського землекористування : монографія. Львів : Галицька видавнича спілка, 2019. 164 с.
5. Пушкар Б., Рудакевич І. Інноваційні підходи до управління земельними ресурсами в умовах децентралізації. *Регіональні аспекти розвитку продуктивних сил України*. 2024. Вип. 29. С. 48–54. DOI: <https://doi.org/10.35774/rarrpsu2024.29.048>.
6. Манаєнко І., Голюк В. Планування просторового розвитку регіону: складові та оцінка. *Економіка та суспільство*. 2024. № 64. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-55>.
7. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Третяк Н. А. Територіально-просторове планування землекористування : навч. посіб. / за заг. ред. А. М. Третяка. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2022. 168 с.
8. Шульга М. В., Ігнатенко І. В., Малохліб О. С. Актуальні аспекти правового регулювання планування використання земель. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право*. 2025. Вип. 88, ч. 2. С. 246–252. DOI: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.88.2.33>.
9. Земельний кодекс України : Кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2768-14> (дата звернення: 01.08.2026).
10. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3038-17> (дата звернення: 01.08.2026).
11. Про землеустрій : Закон України від 22.05.2003 № 858-IV. База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/858-15> (дата звернення: 01.08.2026).
12. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Третяк Н. А. Територіальне планування землекористування в контексті формування фінансової стійкості об'єднаних територіальних громад. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2017. № 1. С. 21–27. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2017.01.021>.
13. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Капінос Н. О. Розвиток системи землевпорядкування на засадах новітньої інституціонально-поведінкової теорії. *Економіка та держава*. 2021. № 6. С. 27–33. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2021.6.27>.
14. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Третяк Р. А., Комарова Н. В. Стан та проблеми розроблення комплексних планів просторового розвитку землекористування території територіальних громад. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. № 1. С. 57–68. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.06>.
15. Про затвердження Порядку формування Концепції інтегрованого розвитку території територіальної громади : наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 22.09.2022 № 172.
16. Pahl-Weber E., Henckel D. The Planning System and Planning Terms in Germany. A Glossary. Hanover : ARL, 2008. 246 p. URL: <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-285601> (дата звернення: 01.08.2026).

References

1. Sakal, O. V., Kolisnyk, H. M., & Kharytonen-

- ko, R. A. (2022). Instytutsiine seredovyshche suchasnykh zemelnykh vidnosyn [Institutional environment of modern land relations]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, (1), 69–78. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.07>
2. Butenko, Ye. V., & Kharytonenko, R. A. (2016). Udoskonalennia systemy pryrodno-silskohospodarskoho raionuvannia [Improvement of the system of natural and agricultural zoning]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, (2), 15–23. Available at: <https://surl.li/zwkce>
 3. Bepalko, R. I., & Voroniuk, Yu. Yu. (2013). Investytsiina pryvablyvist zemel silskohospodarskoho pryznachennia v Ukraini [Investment attractiveness of agricultural land in Ukraine]. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, (23.17), 309–313.
 4. Stupen, R. M., Rii, I. F., Kolodii, P. P., & Ryzhok, Z. R. (2019). Teoretyko-metodolohichni zasady formuvannia investytsiinoi pryvablyvosti u systemi silskohospodarskoho zemlekorystuvannia [Theoretical and methodological principles of investment attractiveness formation in the agricultural land-use system]. Lviv: Halytska vydavnycha spilka. 164 p.
 5. Pushkar, B., & Rudakevych, I. (2024). Innovatsiini pidkhody do upravlinnia zemelnymy resursamy v umovakh detsentralizatsii [Innovative approaches to land resource management under decentralization]. *Rehionalni aspekty rozvytku produktyvnykh syl Ukrainy*, (29), 48–54. DOI: <https://doi.org/10.35774/rarrpsu2024.29.048>
 6. Manaienko, I., & Holiuk, V. (2024). Planuvannia prostorovoho rozvytku rehionu: skladovi ta otsinka [Spatial development planning of a region: Components and assessment]. *Ekonomika ta suspilstvo*, (64). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-55>
 7. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., & Tretiak, N. A. (2022). Terytorialno-prostorove planuvannia zemlekorystuvannia [Territorial-spatial planning of land use] (A. M. Tretiak, Ed.). Bila Tserkva: TOV “Bilotserkivdruk”. 168 p.
 8. Shulha, M. V., Ihnatenko, I. V., & Malokhlib, O. S. (2025). Aktualni aspekty pravovoho rehuliuвання planuvannia vykorystannia zemel [Current aspects of legal regulation of land-use planning]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnoho universytetu. Seriya: Pravo*, (88, Pt. 2), 246–252. DOI: <https://doi.org/10.24144/2307-3322.2025.88.2.33>
 9. Zemelnyi kodeks Ukrainy [Land Code of Ukraine]. (2001). Code of Ukraine No. 2768-III. Verkhovna Rada of Ukraine. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2768-14>
 10. Pro rehuliuвання mistobudivnoi diialnosti [On regulation of urban planning activities]. (2011). Law of Ukraine No. 3038-VI. Verkhovna Rada of Ukraine. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3038-17>
 11. Pro zemleustrii [On land management]. (2003). Law of Ukraine No. 858-IV. Verkhovna Rada of Ukraine. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/858-15>
 12. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., & Tretiak, N. A. (2017). Terytorialne planuvannia zemlekorystuvannia v konteksti formuvannia finansovoi stikosti obiednanykh terytorialnykh hromad [Territorial land-use planning in the context of forming financial sustainability of amalgamated territorial communities]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, (1), 21–27. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2017.01.021>
 13. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., & Kapinos, N. O. (2021). Rozvytok systemy zemlevporiadkuvannia na zasadakh novitnoi instytutsionalno-povedinkovoi teorii [Development of the land management system based on the latest institutional-behavioral theory]. *Ekonomika ta derzhava*, (6), 27–33. DOI: <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2021.6.27>

14. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., Tretiak, R. A., & Komarova, N. V. (2022). Stan ta problemy rozroblennia kompleksnykh planiv prostorovoho rozvytku zemlekorystuvannia terytorii terytorialnykh hromad [Status and problems of developing comprehensive spatial development plans for land use in the territories of territorial communities]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, (1), 57–68. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.06>
15. Pro zatverdzhennia Poriadku formuvannia Kontseptsii intehrovanoho rozvytku terytorii terytorialnoi hromady [On approval of the Procedure for developing the Concept of integrated development of the territory of a territorial community]. (2022). Order of the Ministry for Communities and Territories Development of Ukraine No. 172.
16. Pahl-Weber, E., & Henckel, D. (2008). The planning system and planning terms in Germany: A glossary. Hanover: ARL. 246 p. Available at: <https://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-285601>

Kharytonenko R., Komarova N., Saliuta V., Skrypyk L., Ishchenko N.
**THEORETICAL AND INSTITUTIONAL FOUNDATIONS OF REGULATORY SUPPORT
FOR RURAL TERRITORIAL SPATIAL PLANNING AT THE LOCAL LEVEL.**
LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 80-91.
<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.06>

Abstract. *The article examines the theoretical and methodological foundations of institutional support for the local regulatory framework as a key factor in the spatial planning and sustainable development of rural territories. The relevance of the topic is determined by the ongoing transformation of land relations in Ukraine, the deepening of decentralization processes, the strengthening role of territorial communities (hromadas) in the system of land resource management, and the pressing need for rural territory recovery in the context of post-war development. The purpose of the study is to substantiate scientific approaches to the formation and integration of local regulatory legal acts into the spatial planning system at the level of territorial communities. The research employs systemic, comparative, and analytical methods, as well as modelling, which ensured the comprehensiveness of the study, accounted for the multilevel nature of spatial development regulation, and enabled a comparison of domestic practice with the approaches applied in European Union member states. The author's conceptual model of institutional support for the local-level regulatory framework is proposed, reflecting the interaction between the state and local levels of regulation and identifying the key institutional linkages and mechanisms for harmonizing regulatory documents of different hierarchical levels. The scientific novelty of the study lies in the development of a conceptual model structured according to regulatory-legal, institutional, information-analytical, and functional blocks. The influence of the regulatory environment on the economic, social, and environmental indicators of territorial community development is substantiated, in particular through enhanced efficiency of land resource use, improved managerial decision-making, and the assurance of spatial development sustainability. The practical significance of the findings lies in their applicability by local self-government bodies in the development of comprehensive spatial development plans and local land use regulations.*

Keywords: *institutional support, local regulatory framework, spatial planning, rural territory development, land use, sustainable development, territorial community.*

G18 ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ. ЕКОНОМІКА ТА ЕКОЛОГІЯ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)

Отримано: 28.04.2026; Прийнято: 06.05.2026; Опубліковано: 30.09.2026;

УДК 349.41:528.44:004.65

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.07>

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАПРОВАДЖЕННЯ УНІФІКОВАНОГО ІДЕНТИФІКАТОРА ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОГО МАЙНА В УКРАЇНІ

А. Г. МАРТИН,

доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН

E-mail: martyn@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0002-6905-2445

Н.В. МЕДИНСЬКА,

доктор економічних наук, професор

E-mail: medynska.n@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0003-2573-0205

О.В. ТИХЕНКО,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

E-mail: tykhenko_o@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0001-9271-434X

О.М. ЦВЯХ,

кандидат економічних наук, доцент

E-mail: tsviakholeg@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0001-9284-2966

О.А. КОВАЛЕНКО, АСПІРАНТ *

E-mail: region_kyiv@ukr.net

ORCID: 0009-0004-5197-9682

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. У статті досліджено проблему фрагментарної ідентифікації нерухомості в Україні та обґрунтовано потребу переходу від сукупності відомих ідентифікаційних ключів до єдиного уніфікованого ідентифікатора об'єктів

** Науковий керівник – доктор економічних наук, професор Н. Мединська*

нерухомого майна. Актуальність теми зумовлена тим, що різні державні інформаційні системи описують один і той самий економічний і правовий об'єкт через різні первинні ключі: Державний земельний кадастр – через кадастровий номер земельної ділянки, Державний реєстр речових прав на нерухоме майно – через реєстраційний номер об'єкта та пов'язані атрибути,

Єдина державна електронна система у сфері будівництва – через власний ідентифікатор об'єкта будівництва. Метою дослідження є формування правової та технічної моделі уніфікованого ідентифікатора, здатного забезпечити однозначний зв'язок «земельна ділянка – будівля (споруда) – частина будівлі – адреса – права та обмеження». Методологічну основу становлять формально-юридичні, системно-структурні, порівняльно-правові, логіко-семантичні та інформаційно-модельні методи. Розкрито історичну еволюцію ідентифікації нерухомості в Україні, детально проаналізовано структуру кадастрового номера земельної ділянки, ідентифікатора об'єкта будівництва, ідентифікаторів адресного середовища та реєстраційного номера об'єкта нерухомого майна. Доведено, що чинна модель інтеперабельності переважно транспортує дані між реєстрами, але не створює спільної онтології об'єкта. Запропоновано багаторівневий уніфікований ідентифікатор нерухомого майна, в основі якого лежить кадастровий номер земельної ділянки, а також спеціальні режими для об'єктів без сформованої земельної ділянки та для комплексних багатокomпонентних об'єктів. Наукова новизна полягає у поєднанні принципів та методичних підходів кадастрового зонування з принципами багатоступеневих цифрових ідентифікаторів. Практичне значення результатів полягає у можливості створення наскрізної системи ідентифікації прав, обмежень, обтяжень, оподаткування та управління у сфері земельних відносин, містобудування і державної реєстрації.

Ключові слова: уніфікований ідентифікатор; нерухоме майно; кадастровий номер; Державний земельний кадастр; Державний реєстр речових прав; Єдина державна електронна система у сфері будівництва; адресний реєстр; інтеперабельність даних.

Актуальність теми

У цифровій державі питання ідентифікації нерухомості перестає бути суто технічним. Воно переходить у площину юридичної визначеності, доказовості права, керованості обмежень, коректності оподаткування та здатності державної системи бачити один і той самий об'єкт однаково у всіх своїх реєстрах. Державний земельний кадастр (ДЗК) первинно бачить земельну ділянку через кадастровий номер; Державний реєстр

речових прав на нерухоме майно (ДРРП) веде об'єкт через реєстраційний номер об'єкта та набір атрибутів; Єдина державна електронна система у сфері будівництва (Е-Construction) присвоює власний ідентифікатор об'єкта будівництва; система адресної ідентифікації реформується, але ще не стала зрілою опорною ланкою для всіх реєстрів [3-16]. Унаслідок цього одна й та сама нерухомість не має єдиного, стабільного, наскрізного «імені», яке б однаково функціонувало в кадастрі, правовому реєстрі,

будівельній електронній системі, містобудівному кадастрі та адресному реєстрі.

Проблема не вичерпується незручністю інформаційного пошуку. За відсутності уніфікованого первинного ключа держава не отримує автоматизованого ланцюга «земельна ділянка – будівля – частина будівлі – адреса – право – обмеження – обтяження». Саме тому навіть відносно прості запити, наприклад, з'ясування повного набору прав і публічно-правових обмежень щодо конкретної земельної ділянки, досі часто потребують ручної агрегації даних з кількох систем, зіставлення текстових атрибутів і додаткової людської верифікації. Наявність електронної взаємодії між реєстрами сама по собі не усуває цієї вади: без спільної моделі ідентичності вона лише прискорює обмін неоднорідними сутностями [8; 14; 15].

Особливою гостроти проблема набуває в умовах післявоєнного відновлення, зростання ролі електронних адміністративних процедур, необхідності швидкого документування зруйнованих, реконструйованих або новостворених об'єктів, а також у контексті оподаткування нерухомості, масової оцінки земель, управління інженерною інфраструктурою та контролю дотримання планувальних обмежень. За цих умов уніфікований ідентифікатор має розглядатися не як допоміжний реквізит, а як елемент національної інфраструктури правової достовірності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У міжнародній науковій та прикладній літературі ідентифікація об'єктів нерухомості розглядається як фун-

даментальна умова функціонування сучасних систем land administration. Настанови UNECE щодо real property units and identifiers підкреслюють, що уніфіковані ідентифікатори повинні забезпечувати не тільки унікальність, а й кооперабельність між земельною реєстрацією, кадастрами та іншими державними інформаційними масивами [19]. У роботі M. Mader, H. Matijević та M. Roić, присвяченій зв'язуванню земельних реєстрів та інших офіційних реєстрів на основі LADM, показано, що без формального моделювання відносин між об'єктом, його частинами, правами та просторовою основою неможливо досягти справжньої, а не декларативної інтеперабельності [20]. С. Okembo та співавтори, аналізуючи дані land administration у Кенії, також доводять, що обмін даними без узгоджених ідентифікаторів не усуває дублювання, неоднозначностей та конфліктів між системами [21].

Практичні державні рішення різних країн демонструють кілька моделей розв'язання цієї проблеми. Велика Британія сформувала стійку екосистему на основі UPRN та USRN – постійних ідентифікаторів властивостей та вулиць, обов'язкових для державних систем, що працюють з адресними та вуличними наборами даних [22]. RESO Universal Parcel Identifier розвиває ідею універсального кадастрово-парцелярного ідентифікатора, здатного усувати колізії між однаковими номерними серіями різних органів, поєднуючи номер ділянки з географією органу, який його присвоїв [23]. Естонська Address Data System демонструє модель, у якій адреса, її кодове подання та версійний адресний ідентифікатор використовуються як повноцінні машиночитані зв'язки між адресою, об'єктом

та іншими державними масивами [24]. Нідерландська BAG, своєю чергою, показує, як державна базова реєстрація адрес і будівель може функціонувати як загальнообов'язкова опорна система для інших суб'єктів публічної влади [25].

В українській літературі тема зазвичай розглядається фрагментарно: окремо – через кадастрову нумерацію, окремо – через державну реєстрацію прав, окремо – через цифровізацію містобудування. Натомість комплексний погляд на нерухомість як на багаторівневий об'єкт, що повинен мати один наскрізний ключ для просторового, адресного та правового опису, поки що розроблений недостатньо. Саме ця прогалина і визначає актуальність даного дослідження.

Мета і завдання дослідження.

Метою статті є розроблення теоретично цілісної та нормативно придатної моделі уніфікованого ідентифікатора об'єктів нерухомого майна в Україні, здатного забезпечити повну інтероперабельність між ДЗК, ДРРП, Єдиною державною електронною системою у сфері будівництва, Реєстром будівель та споруд, Єдиним державним реєстром адрес і Державним містобудівним кадастром.

Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання: 1) з'ясувати сутність ідентифікатора нерухомого майна як правової та інформаційної категорії; 2) реконструювати історичний розвиток моделей ідентифікації нерухомості в Україні; 3) детально проаналізувати структуру чинних ідентифікаторів, що використовуються у земельному, правовому, будівельному та адресному контурах; 4) класифікувати зарубіжні підходи до ідентифікації нерухомості; 5) запропонувати власну модель уніфіковано-

го ідентифікатора та правила її життєвого циклу; 6) оцінити значення кадастрового зонування як просторового каркаса такої системи.

Матеріали і методи дослідження

Матеріальну основу дослідження становлять Конституційно-правові та галузеві норми цивільного, земельного, реєстраційного та містобудівного законодавства України, підзаконні акти Кабінету Міністрів України та відомчі акти, які регулюють формування кадастрових номерів, реєстраційних номерів, ідентифікаторів у сфері будівництва та адресного реєстру [1-18]. Додатково використано міжнародні стандарти, урядові матеріали та наукові публікації з питань land administration, LADM та цифрової інтероперабельності [19-25].

Методологічно стаття поєднує кілька підходів. Формально-юридичний метод використано для аналізу нормативних дефініцій і процедур присвоєння ідентифікаторів. Системно-структурний метод застосовано для розкладання чинних ідентифікаційних моделей на елементи та для виявлення розривів між ними. Порівняльно-правовий метод дав змогу зіставити українські рішення з моделями Великої Британії, Естонії, Нідерландів та з концепцією UPI. Логіко-семантичний метод використано для дослідження того, який обсяг смислу повинен і не повинен нести у собі добрий ідентифікатор. Нарешті, інформаційно-модельний метод застосовано для конструювання запропонованої автором структури уніфікованого ідентифікатора нерухомого майна.

Результати та їх обговорення

Ідентифікатор – це не просто номерний запис, а юридично і технічно визнаний засіб фіксації тотожності об'єкта в часі. Його завдання полягає не в тому, щоб «описати все» про об'єкт, а в тому, щоб зробити можливим незмінне посилання на той самий об'єкт у різних реєстрах, процедурах, рішеннях та інформаційних потоках. Ідентифікатор в свою чергу дозволяє змінювати властивості об'єкта – площу, адресу, функціональне призначення, конфігурацію прав, обмеження. При цьому не втрачається зв'язок з самим об'єктом, або, навпаки, коректно фіксується момент припинення існування старого об'єкта та момент виникнення нового.

Звідси впливає принципова вимога: ідентифікатор не повинен бути надмірно «семантично перевантаженим». Історично кадастрові системи нерідко намагалися кодувати в номері місцезнаходження, тип об'єкта, адміністративну належність і навіть інші параметри. Вже ранні українські акти про кадастрову нумерацію підкреслювали, що сформований кадастровий номер використовується насамперед для кодування і не повинен перетворюватися на інструмент семантичного аналізу похідних даних [17]. Це дуже важлива методологічна вказівка, яка зберігає актуальність і сьогодні.

У цьому сенсі ідентифікатор нерухомого майна є різновидом державної гарантії тотожності. Він фіксує відповідь на питання: «про що саме йдеться?» – ще до того, як буде поставлено питання про власника, обтяження, адресу, податок, планувальні умови чи фактичний стан. Якщо ж державна система не може дати одну

й ту саму відповідь на це питання в усіх своїх ключових реєстрах, виникає не просто технічна вада баз даних, а дефіцит правової визначеності.

Історичний розвиток української моделі ідентифікації нерухомості починався з парцелоцентричної логіки. Вказівка Держкомзему від 20.03.2002 р. № 12 не лише закріпила кадастровий номер як унікальний код земельної ділянки, а й прямо пов'язала його запровадження із створенням автоматизованої системи ведення державного земельного кадастру, системи реєстрації земельних ділянок, об'єктів нерухомості та прав на них, а також із підтримкою інформаційного зв'язку з іншими кадастрами та інформаційними системами [17]. Отже, на початку земельної реформи кадастровий номер мав виступати не лише земельним атрибутом, але й потенційним кореневим вузлом ширшої системи ідентифікації нерухомості.

У 2002 році структура кадастрового номера земельної ділянки була виражена відкрито ієрархічно: КОАТУУ:НМЗ:НМК:НЗД, тобто 10 цифр коду адміністративно-територіальної одиниці, 2 цифри номера кадастрової зони, 3 цифри номера кадастрового кварталу та 4 цифри номера земельної ділянки у кварталі [17]. Для будівель, споруд та їх частин пропонувалася похідна структура, яка продовжувала номер земельної ділянки кодом будівлі/споруди та кодом її частини. Цей історичний епізод має принципове значення: українська правова традиція вже знала концепцію земельно-похідної ідентифікації будівель та їх частин, тобто сучасна ідея єдиного ідентифікатора не є для неї чужорідною.

В Порядку присвоєння кадастрових номерів земельним ділянкам,

який затверджено наказом Держкомзему від 15.02.2010 № 168, було визначено базову ієрархію кадастрового номера та деталізовано просторову основу кадастрового зонування [18]. Саме в цій постанові наведено детальне визначення поняття кадастрової зони, як сукупності кварталів у межах окремого населеного пункту або району за межами населених пунктів, а кадастрового кварталу як компактного об'єднання земельних ділянок, яке обмежене природними або штучними рубежами: річками, струмками, каналами, лісосмугами, вулицями, шляхами, інженерними спорудами, огорожами, фасадами будівель та іншими лінійними об'єктами [18]. Це означає, що українська кадастрова нумерація була побудована не на абстрактній картографічній сітці, а на реальних просторових межах, зрозумілих для місцевості.

Така модель має ряд переваг. По-перше, вона інтуїтивно наближає кадастровий квартал до реально сприйманого простору: міського кварталу, масиву забудови, польового контуру, лісового масиву, іншого морфологічно виразного елемента ландшафту. По-друге, вона створює основу для локальної просторової аналітики, зокрема для масової оцінки земель, де кадастровий квартал часто наближений до потенційного оціночного району. По-третє, вона підвищує польову верифікованість кадастрової інформації. Водночас ця ж модель має і слабкі місця: кадастрове зонування є проектною діяльністю, потребує часу, фахових ресурсів, процедур затвердження і подальшого супроводу; крім того, реальні просторові рубежі не завжди ідеально збігаються з межами адміністративно-територіальних утворень

чи логікою інших державних реєстрів [17; 18].

Чинний Порядок ведення ДЗК, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 17.10.2012 № 1051, закріплює кадастровий номер земельної ділянки у формі НКЗ:НК-К:НЗД, де номер кадастрової зони і номер кадастрового кварталу визначаються за правилами цього Порядку, а НЗД є номером земельної ділянки в межах кварталу [8]. Незважаючи на зміну техніко-юридичної форми опису, сутність моделі залишається ієрархічною: кадастровий номер і надалі виражає просторове вкладення ділянки у більшу систему зонування. Для земельної ділянки як кадастрового об'єкта це рішення є цілком логічним: саме ділянка становить базову одиницю просторової юрисдикції, оподаткування, землеустрою та публічних обмежень.

Окремої уваги заслуговує норма статті 17 Закону України «Про Державний земельний кадастр» [3], відповідно до якої відомості про кадастрове зонування земель у межах території України включають номери кадастрових зон і кварталів, опис меж таких зон і кварталів у державній системі координат, їх площу, а також підстави для встановлення меж. Разом з тим, сучасний ДЗК уже містить важливий проміжний інструмент для опису зв'язку між земельною ділянкою та розташованими на ній будинками й спорудами. Пунктом 30-2 Порядку № 1051 передбачено таку структуру облікового номера контура об'єкта будівництва та закінченого будівництвом об'єкта, розташованого на земельній ділянці: НКЗ:НKK:НЗД:КБС:НБС, де КБС є тризначним кодом контура за ДК 018-2000 на рівні групи, а НБС – тризначним порядковим кодом кон-

кретного контура [8]. Це надзвичайно показовий інструмент: фактично сам кадастр уже вбудовує у свої дані елемент будівельної інвентаризації, але цей елемент поки не став універсальним ключем для всієї державної системи. Деталізацію структури ідентифікатора об'єкта будівництва (закінченого будівництвом об'єкта) у версії «01» наведено в табл. 1.

У сфері будівництва використовується інша, автономна система ідентифікації. Відповідно до Порядку ведення Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва ідентифікатор об'єкта будівництва (закінченого будівництвом об'єкта) є унікальною послідовністю даних, яка автоматично присвоюється програмними засобами Реєстру будівельної діяльності. Його структура у версії «01» складається з семи груп: 0 – версія правил формування; 1 і 2 – координати місця розташування об'єкта; 3 – дата створення ідентифікатора; 4 – дві випадково згенеровані цифри; 5 – код самостійної складової частини об'єкта; 6 – контрольна сума. Для будівлі або споруди група

5 має значення «0000», а для квартири, гаража, машиномісця чи іншого самостійного об'єкта в межах будівлі – унікальний код у межах відповідного об'єкта [10]. Така модель технічно сильна: вона придатна для ранніх стадій життєвого циклу об'єкта, зокрема коли адреса ще не стабілізована або земельна ділянка ще не сформована.

Проте саме ця сила виявляє і її концептуальне обмеження. Ідентифікатор у будівельній електронній системі полягає насамперед у місцезнаходженні та факті реєстраційної події, а не у правовій просторовій одиниці – земельній ділянці. Він прекрасно підходить для управління документами будівельного циклу, але не є оптимальним кандидатом на роль загальнодержавного первинного ключа для всієї нерухомості. Для правової та кадастрової інтеграції ідентифікатор, який від самого початку не має нормативно закріпленого кореня в земельній ділянці, залишатиметься зовнішнім щодо земельного кадастру.

Більше того, українське законодавство прямо допускає окрему реє-

1. Структурні елементи ідентифікатора об'єкта будівництва (закінченого будівництвом об'єкта) у версії «01»

Група	Кількість цифр	Зміст	Функція
0	2	Версія правил формування; «00» – тимчасовий ідентифікатор	Підтримка версійності та спеціального режиму
1	7	Координата L місця розташування об'єкта	Просторова фіксація місцезнаходження у момент присвоєння
2	7	Координата B місця розташування об'єкта	Просторова фіксація місцезнаходження у момент присвоєння
3	8	Дата створення ідентифікатора у форматі YYYYMMDD	Фіксація реєстраційної події
4	2	Випадково згенерований код	Забезпечення додаткової унікальності
5	4	Код самостійної складової частини об'єкта; для будівлі/споруди – «0000»	Ієрархічне розрізнення основного об'єкта та його самостійних частин
6	2	Контрольна сума	Перевірка цілісності запису

страцію будівель, споруд та їх частин незалежно від реєстрації прав на земельну ділянку, на якій вони розташовані [4]. У цьому проявляється фундаментальна риса української моделі: на відміну від класичного римського принципу *superficies solo cedit*, за яким об'єкт будівництва є поліпшенням земельної ділянки [1; 2; 7]. Земельна ділянка, будівля, споруда, квартира, нежитлове приміщення зберігають окрему об'єктність у реєстраційному обігу. Саме тому потреба у формальному дентифікаторі в Україні навіть вища, ніж у правовопорядках із жорсткішою єдністю землі та надбудови.

У ДРРП ідентифікаційна логіка інша. Закон визначає реєстраційний номер об'єкта нерухомого майна як індивідуальний номер, що присвоюється під час проведення державної реєстрації права власності на об'єкт, є унікальним на всій території України, не змінюється протягом усього часу існування об'єкта і не використовується повторно після скасування [4]. Це дуже якісний з погляду *lifecycle-management* реєстровий номер. Однак його публічна нормативна конструкція є «непрозорою»: на відміну від кадастрового номера чи будівельного ідентифікатора, реєстраційний номер не розкладається на просторові або типологічні компоненти. Він і не повинен цього робити. Його функція полягає не в описі місця розташування, а в стабільному існуванні правового запису про об'єкт у реєстрі прав.

З точки зору теорії даних це означає, що реєстраційний номер ДРРП є сильним локальним ключем одного реєстру, але слабким кандидатом на роль міжсистемного кореня. Він виникає не в момент формування зе-

мельної ділянки чи спорудження будівлі, а в момент державної реєстрації права; він функціонально прив'язаний до правового реєстру; він не несе просторової логіки і не дозволяє без зовнішніх атрибутів здійснювати автоматичне простеження до кадастрової, містобудівної та адресної підсистем. Тому використання ДРРП як «центру гравітації» для всієї моделі ідентифікації нерухомості було б методологічно хибним.

Адресний контур нині перебуває на етапі формування. Законодавство про містобудівну діяльність визначає адресу як унікальну структуровану сукупність реквізитів, що використовується для ідентифікації об'єкта та визначення місця його розташування [5; 11]. Постанова Кабінету Міністрів України від 05.03.2024 № 254 започаткувала експериментальний проєкт зі створення Єдиного державного реєстру адміністративно-територіальних одиниць та територій громад, Єдиного державного реєстру адрес і Реєстру будівель та споруд у складі Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва [12]. У межах Реєстру адрес прямо передбачено накопичення ідентифікаторів поіменованих об'єктів, вулиць та адрес [12]. Отже, держава вже визнає, що адресне середовище має бути формалізоване через власні машинні ідентифікатори. Адресний ідентифікатор сьогодні слід розглядати як критично важливу, але ще перехідну ланку у національній системі уніфікованої ідентифікації нерухомості.

Становлення адресного реєстру та Реєстру будівель і споруд відбувається паралельно із запровадженням Державного містобудівного кадастру на державному рівні у режимі експериментального проєкту [13]. Уже

сама назва та нормативний режим цих актів показують, що йдеться про стадію впровадження, а не про завершену, зрілу інтеграцію. Це принциповий висновок. Коли проміжні реєстрово-містобудівні ланки ще перебувають у фазі розгортання, державна модель ідентифікації нерухомості не може спиратися на них як на усталений центр системи; натомість вона має спиратися на найбільш стабільну та просторово первинну одиницю – земельну ділянку.

Спроби забезпечити цілісність системи через електронну взаємодію, зокрема через інфраструктуру «Трембіта», слід оцінювати з належним ступенем точності. «Трембіта» є технологічним середовищем автоматизованого обміну між державними електронними ресурсами [14]. Вона значно підвищує швидкість і стандарти передачі даних, але не вирішує сама по собі питання тотожності сутності, якщо реєстри по-різному конструюють об'єкт. Транспортний протокол може з'єднати системи, але не здатен самостійно замінити онтологію об'єкта. Саме тому навіть за наявності взаємодії між ДЗК, ДРРП та іншими системами розриви між правовими реєстрами й кадастрами зберігаються [14; 15].

Оновлення до Порядку ведення ДЗК, запроваджені постановою Кабінету Міністрів України від 10.09.2025 № 1131, мають безсумнівне адміністративне значення: вони вдосконалюють приймання заяв, роботу з неповними пакетами документів, фіксацію недоліків та процедуру позитивних рішень про внесення відомостей [16]. Проте за своєю природою це процедурні, а не онтологічні зміни. Вони покращують роботу механізму внесення інформації до ка-

дастру, але не створюють нового універсального первинного ключа, який одночасно працював би у кадастрі, реєстрі прав, будівельній системі, адресному реєстрі та містобудівному кадастрі. Отже, базова проблема розірваної ідентичності об'єкта після 2025 року залишається невирішеною.

Узагальнене порівняння чинних «ключів» ідентифікації в основних державних системах наведено в табл. 2.

Порівняльний аналіз дозволяє класифікувати сучасні моделі ідентифікації нерухомості у світі щонайменше на п'ять типів. Перший тип – парцелоцентричні ієрархічні ідентифікатори, де первинним елементом є земельна ділянка і її просторове вкладення у кадастрове зонування. Другий – адресоцентричні постійні ідентифікатори, де ключем стає адресована локація або адресний об'єкт. Третій – універсальні парцельні ідентифікатори з географічним простором органу, який присвоює номер, покликані усувати колізії між локальними системами. Четвертий – реєстрово-локальні «непрозорі» ідентифікатори запису. П'ятий – федеративні екосистеми пов'язаних ідентифікаторів, де земельна ділянка, адреса, вулиця, будівля та інші об'єкти мають різні ідентифікатори, але пов'язані в єдиній моделі даних [19-25]. Британська модель UPRN/USRN є показовою тим, що держава не намагається втиснути в один код усю складність нерухомості. Вона натомість забезпечує стійкі, обов'язкові, загальновизнані посилання на адресовану локацію та вулицю, які потім використовуються іншими наборами даних [22].

Естонська модель ADS іде ще далі у бік адресної машиночитано-

2. Чинні первинні «ключі» ідентифікації нерухомості у ключових державних системах України

Система	Основний ключ	Структурна логіка	Що фактично ідентифікує	Ключове обмеження
ДЗК	Кадастровий номер земельної ділянки	Ієрархічна просторова модель НКЗ : НКК : НЗД	Земельну ділянку як кадастровий об'єкт	Сам по собі не охоплює будівлю, її частини та правовий ланцюг
ДЗК	Обліковий номер контура об'єкта на земельній ділянці	НКЗ : НКК : НЗД : КБС : НБС	Контур будівлі/ споруди в межах конкретної ділянки	Не є універсальним міжреєстровим ключем
Єдина держ. е-система у сфері будівництва	Ідентифікатор об'єкта будівництва	Версія + координати + дата + випадковий код + код частини + контрольна сума	Об'єкт будівництва/закінчений об'єкт і самостійні частини	Корениться у місцезнаходженні та події, а не у земельній ділянці
ДРРП	Реєстраційний номер об'єкта нерухомого майна	Непрозорий унікальний реєстровий номер	Об'єкт у правовому реєстрі	Не має просторової структури і виникає на стадії реєстрації права
Реєстр адрес	Ідентифікатори поіменованих об'єктів, вулиць та адрес	Реєстрова модель; відкрита позиційна структура коду нормативно не деталізована	Адресні сутності	Система перебуває у фазі впровадження і не виконує роль загальнодержавного кореневого ключа

Примітка: авторське узагальнення на основі чинних нормативних актів

3. Класифікація міжнародних моделей ідентифікації нерухомості

Тип моделі	Приклад	Кореневий елемент	Перевага	Обмеження
Парцелоцентрична ієрархічна	Класичні кадастрові системи; Україна	Земельна ділянка	Просторова первинність і сильний зв'язок з публічними обмеженнями	Слабкий зв'язок з адресами й будівлями без додаткових таблиць
Адресоцентрична постійна	UPRN/USRN, Велика Британія	Адресована локація / вулиця	Висока міжвідомча сервісна сумісність	Адреса не завжди збігається з юридичною просторовою одиницею
Універсальна парцельна	RESO UPI	Номер ділянки + географія органу-присвоювача	Усунення колізій між локальними системами нумерації	Потребує дисциплінованої міжорганізаційної імплементації
Адресно-об'єктна базова реєстрація	ADS, Естонія; BAG, Нідерланди	Адреса / будівля / об'єкт базової реєстрації	Потужна машиночитаність і повторне використання в державі	Потребує високої зрілості базових реєстрів
Федеративна пов'язана екосистема	Поєднання cadastral, address, street, building IDs	Мережа взаємопов'язаних ідентифікаторів	Гнучкість і масштабованість	Без спільного обов'язкового ключа може лишатися фрагментарність

Примітка: авторське узагальнення.

сті: адреса має як кодове подання, так і окремий ідентифікатор версії адреси, а система містить зв'язки з об'єктами та іншими реєстрами [24]. Нідерландська BAG демонструє переваги базової загальнообов'язкової реєстрації адрес і будівель, яка стає нормою для всіх публічних суб'єктів [25]. RESO UPI, своєю чергою, корисний як концепт усунення колізій між локальними парцельними номерами різних юрисдикцій [23].

Класифікацію базових міжнародних моделей ідентифікації нерухомості наведено в табл. 3.

Для України з цього порівняння випливає важливий висновок: уніфікований ідентифікатор має бути не просто «ще одним номером», а ядром реєстрової архітектури. Він повинен поєднувати три властивості. По-перше, просторову первинність, яку в українських умовах найкраще забезпечує кадастровий номер земельної ділянки. По-друге, життєву стійкість, тобто незмінність доти, доки існує відповідний об'єкт. По-третє, ієрархічну здатність породжувати похідні, але формально пов'язані ідентифікатори будівель, споруд та їх самотійних частин. Саме ця логіка і покладається в основу запропонованої моделі.

Пропонується запровадити уніфікований ідентифікатор нерухомого майна (УІНМ) як єдину обов'язкову міжреєстрову сутність для ДЗК, ДРРП, Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва, Реєстру будівель та споруд, Єдиного державного реєстру адрес та Державного містобудівного кадастру. Концептуально УІНМ не має замінити внутрішні службові ідентифікатори цих систем; він має стати їхнім спільним зовнішнім кореневим ключем. Інак-

ше кажучи, кадастровий номер, реєстраційний номер ДРРП, будівельний ідентифікатор та адресний ідентифікатор можуть і надалі існувати як спеціалізовані службові атрибути, але всі вони повинні посилатися на один спільний УІНМ.

Базова форма УІНМ пропонується у такому вигляді:

УІНМ = ROOT : LVL : OBJ : PART : MOD : CHK.

Тут ROOT – кореневий просторовий елемент; LVL – код рівня об'єкта; OBJ – порядковий номер будівлі, споруди чи іншого самотійного об'єкта в межах кореня; PART – порядковий номер самотійної частини будівлі; MOD – службовий режим формування ідентифікатора; CHK – контрольна сума. Для зручності візуального відображення елементи можуть розділятися двокрапкою або крапкою, але в машинному середовищі мають зберігатися в канонічному форматі.

У звичайному випадку ROOT дорівнює нормалізованому кадастровому номеру земельної ділянки, зафіксованому в ДЗК. Це ключовий момент. Земельна ділянка є єдиним об'єктом, який одночасно має просторово визначені межі, формалізовану процедуру утворення як об'єкта цивільних прав, кадастровий номер та зв'язок із публічними обмеженнями [2; 3; 8]. Саме тому вона повинна виступати первинним просторовим коренем для всієї нерухомості, що на ній розташована. Відповідно, LVL може набувати, наприклад, таких значень: 00 – земельна ділянка; 10 – будівля; 20 – споруда; 30 – лінійний інженерний об'єкт; 40 – самотійна частина будівлі; 50 – комплексний об'єкт; 60 – об'єкт незавершеного будівництва. Значення OBJ та PART повинні бути незмінними у межах од-

ного ROOT після первинного присвоєння, а CHK має забезпечувати автоматичний контроль цілісності запису.

Типові приклади можуть виглядати так: для земельної ділянки – ROOT:00:0000:0000:00:CHK; для будівлі, розташованої на цій ділянці, – ROOT:10:0001:0000:00:CHK; для квартири у цій будівлі – ROOT:40:0001:0127:00:CHK. У такій моделі квартира не «випадає» з ланцюга, а прямо успадковує земельний корінь через будівлю. Це і є відсутня сьогодні в Україні наскрізна логіка простеження від ділянки до її просторово та юридично пов'язаних складових.

Водночас, система повинна працювати й тоді, коли земельна ділянка ще не сформована. Це принципово важливо для випадків нового будівництва, об'єктів незавершеного будівництва, деяких інфраструктурних рішень або для старого фонду, де будівля історично існує, а земельно-кадастрове оформлення запізнюється. Для таких випадків пропонується спеціальний режим MOD = 01 із тимчасовим коренем ROOT-TEMP, який формується на основі коду території, координат центроїда, дати присвоєння та контрольних символів. Такий тимчасовий УІНМ не повинен зникати безслідно після формування земельної ділянки; він має переходити в архівний псевдонім і залишатися в таблиці відповідностей, тоді як об'єкту присвоюється постійний УІНМ на основі кадастрового номера земельної ділянки.

Для комплексних об'єктів, що охоплюють кілька земельних ділянок, не слід механічно конкатенувати всі кадастрові номери в один рядок. Такий підхід робить ідентифікатор нестабільним: достатньо включити

або виключити одну ділянку, і номер доведеться змінювати. Для таких випадків пропонується режим MOD = 02, у якому комплексному об'єкту присвоюється окремий УІНМ із власним OBJ, а зв'язок із набором земельних ділянок фіксується в обов'язковій таблиці компонентного складу. Іншими словами, кадастровий номер залишається основою зв'язку, але не руйнує стабільність самого ідентифікатора комплексного об'єкта.

Окремо слід урегулювати поділ та об'єднання об'єктів. Загальне правило має бути таким: ідентифікатор ніколи повторно не використовується. Якщо земельна ділянка ділиться або об'єднується, старий ROOT отримує статус архівного, а нові земельні ділянки отримують нові ROOT, що відповідає усталеній логіці кадастрової нумерації [17; 18]. Якщо поділяється будівля або її самостійна частина, старий УІНМ відповідного рівня архівується, а новостворені об'єкти отримують нові коди OBJ або PART; при цьому в реєстрі має зберігатися обов'язковий батьківсько-дочірній зв'язок між попереднім та новими ідентифікаторами. Аналогічний принцип уже реалізовано в ідентифікаторі об'єкта будівництва, де у разі поділу чи об'єднання попередній ідентифікатор анулюється, а нові формуються з посиленням на батьківський об'єкт [10].

Нормативне впровадження УІНМ вимагатиме щонайменше трьох рівнів змін. На законодавчому рівні необхідно закріпити саме поняття уніфікованого ідентифікатора нерухомого майна, його правовий статус як обов'язкового міжреєстрового ключа та перелік реєстрів, які зобов'язані його використовувати. На рівні підзаконного регулювання слід встановити технічну структуру УІНМ, порядок

4. Пропонована структура уніфікованого ідентифікатора нерухомого майна (УІНМ)

Елемент	Формат	Зміст	Принцип стабільності
ROOT	Нормалізований кадастровий номер або тимчасовий ROOT-TEMP	Кореневий просторовий елемент	Постійний для існування об'єкта; після формування ділянки тимчасовий код архівується
LVL	2 цифри	Рівень об'єкта: ділянка, будівля, споруда, частина, комплекс тощо	Не змінюється без припинення старого і виникнення нового об'єкта
OBJ	4 цифри	Порядковий номер будівлі/споруди/об'єкта в межах ROOT	Унікальний в межах ROOT
PART	4 цифри	Порядковий номер самостійної частини об'єкта	«0000» для об'єкта без самостійної частини
MOD	2 цифри	Режим формування: стандартний, тимчасовий, комплексний тощо	Дозволяє коректно інтерпретувати виняткові випадки
CHK	2 цифри	Контрольна сума	Захист від технічних помилок копіювання

Примітка: авторська розробка

5. Правила життєвого циклу УІНМ

Подія	Дія з ідентифікатором	Правило спадкоємності	Коментар
Первинне формування земельної ділянки	Присвоюється новий ROOT	Немає попередника	ROOT є первинним просторовим коренем
Первинна реєстрація будівлі на сформованій ділянці	Створюється УІНМ з LVL=10/20/30	Посилання на ROOT обов'язкове	OBJ унікальний у межах ROOT
Первинна реєстрація квартири/офісу	Створюється УІНМ з LVL=40	Посилання на ROOT і OBJ обов'язкове	PART унікальний у межах відповідного OBJ
Об'єкт без сформованої ділянки	Створюється тимчасовий УІНМ, MOD=01	Після формування ділянки – мапінг на постійний код	Тимчасовий код не знищується, а архівується
Поділ об'єкта	Старий УІНМ архівується; нові УІНМ створюються	У реєстрі зберігається зв'язок «батько – діти»	Номер не перевищується
Об'єднання об'єктів	Ідентифікатори вихідних об'єктів архівуються; створюється новий	У реєстрі зберігається зв'язок «діти – батько»	Застосовується до ділянок, будівель і частин
Комплексний багатоділянковий об'єкт	Створюється окремий УІНМ, MOD=02	Перелік ROOT компонентів ведеться в окремій таблиці	Унікається конкатенація багатьох кадастрових номерів
Знищення/припинення існування	УІНМ отримує архівний статус	Новий код не присвоюється, якщо нового об'єкта не виникло	Архівний код не перевищується

Примітка: авторська розробка

присвоєння, змін життєвого циклу, таблиці відповідностей і правила архівації. На рівні даних та API необхідно запровадити обов'язковий foreign key на УІНМ для ДЗК, ДРПІ, Реєстру

будівельної діяльності, Реєстру будівель та споруд, Реєстру адрес та містобудівного кадастру. Запропоновану структуру УІНМ наведено в табл. 4, а правила життєвого циклу – в табл. 5.

Особливо слід наголосити на ролі кадастрового зонування як просторової основи ідентифікації нерухомості. Саме воно надає системі «сцену», на якій з'являються всі інші об'єкти. Кадастрова зона і кадастровий квартал не є другорядними адміністративними декораціями; це нормативно закріплені просторові комірки державної пам'яті про землю [3; 8]. Через них земельна ділянка вбудовується у національну систему координат та обліку. УІНМ, який ігнорував би цей шар і починався б, наприклад, з адреси або з внутрішнього реєстрового номера, був би відірваний від найстабільнішої просторової основи.

Водночас не можна оминати й критичну сторону питання. Формування кадастрових зон і кварталів у традиційний спосіб є ресурсомісткою проектною діяльністю. Воно потребує картографічної та землепорядної роботи, перевірки меж, затвердження, актуалізації. Тому з погляду чистої обчислювальної логіки може видаватися привабливою ідея простішого аналітичного зонування на основі розграфки топографічних карт або іншої регулярної сітки. Така сітка не вимагала б щоразу окремого «створення» кварталів як проектних сутностей. Проте для української системи повний перехід на абстрактну сітку був би невиправдано руйнівним, оскільки відривав би ідентифікацію від уже сформованого масиву кадастрових даних, адміністративної практики та польової зрозумілості меж. Більш перспективним видається гібридний підхід: зберегти чинне кадастрове зонування як юридичний каркас ідентифікації, а регулярні аналітичні сітки використовувати як допоміжний інструмент статистики, масової оцінки, моніторингу та про-

сторової аналітики.

У практичному вимірі запровадження УІНМ створює одразу кілька ефектів. Перший – правовий: з'являється можливість автоматично простежувати права, обмеження та обтяження від земельної ділянки до будівлі і далі до її самостійних частин. Другий – фінансовий: земельний податок, орендна плата, податок на нерухоме майно, масова оцінка та інші податкові процедури отримують спільний об'єктний ключ. Третій – містобудівний: стає можливою автоматична перевірка відповідності правового статусу об'єкта його просторовим та планувальним характеристикам. Четвертий – антикорупційний та доказовий: зменшується простір для маніпуляції текстовими адресами, дублювання об'єктів, невидимих «розривів» між кадастром і реєстром прав.

Не менш важливим є ефект для державної статистики та аналітики. Коли різні системи спираються на різні первинні ключі, будь-яка міжсистемна статистика є або приблизною, або дорогою. Коли ж з'являється УІНМ, держава отримує можливість агрегувати дані за об'єктом, а не лише за текстовою подібністю записів. Це критично для оцінки щільності забудови, інфраструктурного навантаження, розрахунку податкової бази, аналізу відновлення пошкодженого житла, управління публічними сервітутами, охоронними зонами та іншими просторовими обмеженнями.

Отже, перспективна українська модель має спиратися не на вибір між «землею» і «будівлею», а на правильно організовану ієрархію. Земельна ділянка повинна залишитися первинною просторовою основою, будівля або споруда – похідним, але само-

стійним рівнем, а квартира, офіс, нежитлове приміщення чи машиномісце – наступним рівнем деталізації. Саме така ієрархія дозволяє поєднати українську окрему об'єктність землі та поліпшень з практичною потребою в наскрізному, недвозначному та машиночитаному зв'язку між ними.

Висновки і перспективи подальших досліджень

Проведене дослідження дає підстави для кількох узагальнюючих висновків. По-перше, в Україні історично склалася поліцентрична модель ідентифікації нерухомості, у якій різні системи використовують різні первинні ключі: ДЗК – кадастровий номер земельної ділянки, ДРРП – реєстраційний номер об'єкта, Єдина державна електронна система у сфері будівництва – власний ідентифікатор об'єкта будівництва, а адресний контур перебуває у процесі формування [3-16]. Така модель допускає обмін даними, але не забезпечує єдиної онтології об'єкта.

По-друге, українська правова традиція вже містила передумови для створення земельно-похідної системи ідентифікації будівель і їх частин. Ранні акти про кадастрову нумерацію не лише закріплювали просторово-ієрархічний характер кадастрового номера, а й орієнтували його на зв'язок з іншими кадастрами та реєстрами [17; 18]. Це свідчить, що запропонована модель УІНМ не суперечить українській системі, а розвиває її початкову логіку.

По-третє, найбільш стійкою просторовою основою для уніфікованої ідентифікації в Україні повинно залишатися кадастрове зонування та кадастровий номер земельної ділянки. Адреса є критично важливою для

локалізації і сервісних процесів, але не може замінити просторову первинність земельної ділянки; реєстраційний номер ДРРП є сильним реєстровим, але не просторовим ключем; будівельний ідентифікатор є цінним lifecycle-інструментом, але не корениться у земельній ділянці [4; 8; 10; 12].

По-четверте, запропонований уніфікований ідентифікатор нерухомого майна у структурі ROOT : LVL : OBJ : PART : MOD : CHK дозволяє поєднати просторову основу земельної ділянки з ієрархічною ідентифікацією будівель, споруд та їх самостійних частин, а також передбачити спеціальні режими для об'єктів без сформованої земельної ділянки та для комплексних багатокомпонентних об'єктів. Його ключовою перевагою є можливість наскрізного машинного простеження ланцюга «земля – будівля – частина будівлі – адреса – право – обмеження».

По-п'яте, впровадження УІНМ має розглядатися як окрема державна реформа даних, а не як технічне доповнення до наявних реєстрів. Воно потребує змін у законодавстві, підзаконному регулюванні, моделях даних, програмних інтерфейсах і правилах життєвого циклу ідентифікатора. Перспективи подальших досліджень полягають у формалізації XML/JSON-схеми УІНМ, розробленні алгоритму контрольної суми, моделюванні переходів між тимчасовим та постійним режимами ідентифікації та в опрацюванні 3D-компонента для складних об'єктів нерухомості та інженерної інфраструктури.

Список використаної літератури

1. Цивільний кодекс України : Закон України від 16.01.2003 № 435-IV. URL: <https://>

- zakon.rada.gov.ua/go/435-15 (дата звернення: 22.04.2026).
2. Земельний кодекс України : Закон України від 25.10.2001 № 2768-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2768-14> (дата звернення: 22.04.2026).
 3. Про Державний земельний кадастр : Закон України від 07.07.2011 № 3613-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3613-17> (дата звернення: 22.04.2026).
 4. Про державну реєстрацію речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень: Закон України від 01.07.2004 № 1952-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1952-15> (дата звернення: 22.04.2026).
 5. Про регулювання містобудівної діяльності : Закон України від 17.02.2011 № 3038-VI. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3038-17> (дата звернення: 22.04.2026).
 6. Про публічні електронні реєстри : Закон України від 18.11.2021 № 1907-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1907-20> (дата звернення: 22.04.2026).
 7. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо переходу прав на земельну ділянку у зв'язку з переходом прав на об'єкт нерухомого майна, який на ній розміщено : Закон України від 08.09.2021 № 1720-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1720-20> (дата звернення: 22.04.2026).
 8. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру: постанова Кабінету Міністрів України від 17.10.2012 № 1051. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1051-2012-p> (дата звернення: 22.04.2026).
 9. Про затвердження Порядку ведення Державного реєстру речових прав на нерухоме майно : постанова Кабінету Міністрів України від 26.10.2011 № 1141. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1141-2011-p> (дата звернення: 22.04.2026).
 10. Деякі питання забезпечення функціонування Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва : постанова Кабінету Міністрів України від 23.06.2021 № 681. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/681-2021-p> (дата звернення: 22.04.2026).
 11. Про затвердження Порядку присвоєння адрес об'єктам будівництва, об'єктам нерухомого майна: постанова Кабінету Міністрів України від 07.07.2021 № 690. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/690-2021-p> (дата звернення: 22.04.2026).
 12. Деякі питання реалізації експериментального проекту щодо створення Єдиного державного реєстру адміністративно-територіальних одиниць та територій територіальних громад, Єдиного державного реєстру адрес, Реєстру будівель та споруд у складі Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва : постанова Кабінету Міністрів України від 05.03.2024 № 254. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/254-2024-p> (дата звернення: 22.04.2026).
 13. Деякі питання реалізації експериментального проекту щодо запровадження Містобудівного кадастру на державному рівні : постанова Кабінету Міністрів України від 09.08.2024 № 909. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/909-2024-p> (дата звернення: 22.04.2026).
 14. Деякі питання електронної взаємодії електронних інформаційних ресурсів: постанова Кабінету Міністрів України від 08.09.2016 № 606. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/606-2016-p> (дата звернення: 22.04.2026).
 15. Про затвердження Порядку інформаційної взаємодії між Державним земельним кадастром, іншими кадастрами та інформаційними системами: постанова Кабінету Міністрів України від 03.06.2013 № 483. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/483-2013-p> (дата звернення: 22.04.2026).
 16. Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2012 р. № 1051: постанова Кабінету Міні-

- ністрів України від 10.09.2025 № 1131. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1131-2025-п> (дата звернення: 22.04.2026).
17. Про присвоєння кадастрових номерів земельним ділянкам для ведення Державного реєстру земель: вказівка Державного комітету України по земельних ресурсах від 20.03.2002 № 12. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0012219-02> (дата звернення: 22.04.2026).
18. Про затвердження Порядку присвоєння кадастрових номерів земельним ділянкам : наказ Державного комітету України із земельних ресурсів від 15.02.2010 № 168. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v0168675-10> (дата звернення: 22.04.2026).
19. Guidelines on real property units and identifiers. New York ; Geneva : United Nations Economic Commission for Europe, 2004. URL: <https://unece.org/DAM/hlm/documents/Publications/guidelines.real.property.units.identifiers.pdf> (дата звернення: 22.04.2026).
20. Mađer M., Matijević H., Roić M. Analysis of possibilities for linking land registers and other official registers in the Republic of Croatia based on LADM. Land Use Policy. 2015. Vol. 49. P. 606–616. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2014.10.025>.
21. Okembo C., Morales J., Lemmen C., Zevenbergen J., Kuria D. A land administration data exchange and interoperability framework for Kenya and its significance to the sustainable development goals. *Land*. 2024. Vol. 13, No. 4. Article 435. DOI: <https://doi.org/10.3390/land13040435>.
22. Identifying property and street information. GOV.UK. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/open-standards-for-government/identifying-property-and-street-information> (дата звернення: 22.04.2026).
23. RESO universal parcel identifier (UPI). Real Estate Standards Organization. URL: <https://www.reso.org/universal-parcel-identifier/> (дата звернення: 22.04.2026).
24. Address data. Estonian Land and Spatial Development Board. URL: <https://geo-portaal.maaamet.ee/eng/spatial-data/address-data-p313.html> (дата звернення: 22.04.2026).
25. Over BAG. Kadaster. URL: <https://www.kadaster.nl/zakelijk/registraties/basisregistraties/bag/over-bag> (дата звернення: 22.04.2026).

References

1. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (n.d.). Build back better. Available at: <https://www.undrr.org/terminology/build-back-better>
2. United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). (n.d.). What is the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction? Available at: <https://www.undrr.org/implementing-sendai-framework/what-sendai-framework>
3. World Bank Group, Government of Ukraine, European Union, & United Nations. (2026). Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment 5 (RDNA5), February 2022–December 2025. Available at: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099022026094036395/pdf/P514499-22f93f3a-4278-42bc-b907-db9553d12069.pdf>
4. International Organization for Migration (IOM). (2026). Ukraine internal displacement report: General population survey round 22 (January 2026). Available at: <https://dtm.iom.int/reports/ukraine-internal-displacement-report-general-population-survey-round-22-january-2026>
5. United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR). (n.d.). Ukraine refugee situation – Operational data portal. Available at: <https://www.unhcr.org/ua/en/overview>; <https://data.unhcr.org/en/working-group/437>
6. United Nations High Commissioner for Refugees (UNHCR). (n.d.). Ukraine emer-

- gency. Available at: <https://www.unhcr.org/emergencies/ukraine-emergency>
7. Verkhovna Rada of Ukraine. (1996). Konstytutsiia Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 28 chervnia 1996 roku No. 254k/96-VR [Constitution of Ukraine]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/254%D0%BA/96-%D0%e> Chornobcities filled with dread and defiance. Availabf Ukraine. (2026, February 5). Uriad zatverdvyv poriadok vykonannia tsilovykh pokaznykiv shcho do pidhotovky vidkhodiv budivnytstva i znesennia... [Government approved procedures for achieving targets on construction and demolition waste recycling]. Available at: <https://www.kmu.gov.ua/news/uriad-zatverdvyv-poriadok-vykonannia-tsilovykh-pokaznykiv-z-povtorno-ho-vykorystannia-ta-retsylklinhu-budivelnikh-vidkhodiv>
48. Ukrainska Enerhetyka. (2025, January 18). Humanitarne rozminuvannia Ukrainy: problema na 30 rokiv [Humanitarian demining in Ukraine: A 30-year problem]. Available at: <https://ua-energy.org/uk/posts/humanitarne-rozminuvannia-ukrainy-problema-na-30-rokiv>
49. Latifundist.com. (2025, December 30). Rozminuvannia ahrozemel: za rik vidnovly vykorystannia ponad 12 tys. ha [Demining of agricultural land: Over 12,000 hectares restored in a year]. Available at: <https://latifundist.com/novosti/69185-rozminuvannya-agrozemel-2025-za-rik-vidnovili-vikoristannya-ponad-12-tis-ga>
50. Kyiv School of Economics. (2025, June). Land market review Ukraine. Available at: <https://kse.ua/wp-content/uploads/2025/06/dodatok-2.pdf>
51. Mezha. (2026, January 1). Over 57,000 hectares of state agricultural land leased via online auctions in 2025. Available at: <https://mezha.net/eng/bukvy/over-57-000-hectares-of-state-agricultural-land-leased-via-online-auctions-in-2025/>
52. State Agency for Restoration and Infrastructure Development of Ukraine. (2025, September 4). Kompleksno vidnovliuiemo Posad-Pokrovske na Khersonshchyni [Comprehensive recovery of Posad-Pokrovske in Kherson region]. Available at: <https://restoration.gov.ua/blog/kompleksno-vidnovlyuyemo-posad-pokrovske-na-herson-shhyni/>

Martyn A., Medynska N., Tykhenko O., Tsvyakh O., Kovalenko A.
PROSPECTS FOR INTRODUCING A UNIFIED REAL ESTATE IDENTIFIER IN UKRAINE

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 92-110.
<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.07>

Abstract. *The article addresses the problem of fragmented real estate identification in Ukraine and substantiates the need to move from a set of registry-specific keys to a unified identifier for real estate objects. The relevance of the topic follows from the fact that different public information systems currently describe the same legal and economic phenomenon through different primary keys: the State Land Cadastre uses the cadastral number of a land parcel, the State Register of Proprietary Rights uses the registration number of the object together with related attributes, the Unified State Electronic System in the Field of Construction uses its own construction object identifier, while the national address register is still being created and populated. The purpose of the study is to develop a legal and technical model of a unified identifier capable of ensuring an unambiguous link "land parcel – building or structure – building unit – address – rights and restrictions". The methodological framework combines formal legal analysis, system-structural analysis, comparative legal method, logical-semantic analysis, and information modelling. The paper re-*

constructs the historical evolution of real estate identification in Ukraine and provides a detailed analysis of the structure of the cadastral number, the construction object identifier, address-related identifiers, and the registration number used in the rights register. It is demonstrated that the current interoperability model mostly transports data between registries but does not create a shared ontology of the object itself. A multi-level unified real estate identifier is proposed, rooted in the cadastral number of the land parcel and supplemented by special regimes for objects without a formed parcel and for complex multi-component objects. The scientific novelty lies in combining the spatial logic of cadastral zoning with life-cycle principles of digital identifiers. The practical significance of the proposed model lies in enabling end-to-end traceability of rights, restrictions, encumbrances, taxation, and management decisions in land administration, urban development, and state registration.

Keywords: *unified identifier; real estate; cadastral number; State Land Cadastre; State Register of Proprietary Rights; Unified State Electronic System in the Field of Construction; address register; data interoperability*

ЛІСОМЕЛІОРАЦІЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ КЛІМАТИЧНОЇ АДАПТАЦІЇ АГРОЛАНДШАФТІВ

О. В. ШЕВЧЕНКО,

доктор економічних наук, доцент,

E-mail: shevchenko_olexandr@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0002-1485-5646

Т. О. ЄВСЮКОВ,

доктор економічних наук, професор,

E-mail: ievsiukov_t@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0002-0992-5582

О. В. СОВАКОВ,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент,

E-mail: sovakov@nubip.edu.ua

ORCID: 0000-0003-4586-0410

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. В умовах загострення кліматичних викликів та деградації агроландшафтів в Україні на перший план виходять агролісомеліоративні заходи як важливі інструменти адаптації і пом'якшення наслідків зміни клімату. У статті обґрунтовано актуальність розвитку мережі полезахисних лісових смуг і агролісомеліоративних програм в межах аграрного виробництва. Наведено аналіз найновіших досліджень у сфері лісомеліорації, які свідчать про підвищення стійкості ґрунтів та збільшення врожайності сільгоспкультур завдяки захисним насадженням. Метою дослідження є комплексна оцінка функціонування системи захисних лісових смуг у частині території Курісовської ОТГ Одеської області як прикладу агролісомеліоративної адаптації. Використано картографічні матеріали, статистичні дані врожайності та витрат на створення лісосмуг. Результати показали, що існуюча площа полезахисних насаджень в досліджуваній території (загальна площа 3991,77 га, з яких орні землі 3888,68 га) забезпечує захист близько 2220,44 га ріллі, водночас незахищені угіддя становлять 42,90 %. Обчислено економічний ефект від створення нових полезахисних смуг площею 43,88 га (48,76 км): сумарні капітальні витрати проекту становлять 5,158 млн грн, а додатковий щорічний урожай зернових культур зростає на 4 ц/га (озимої пшениці – на 4-5 ц/га) порівняно з незахищеними ділянками. З урахуванням ставки дисконту визначено реальну вартість майбутніх грошових потоків (доходів) та сукупних витрат (операційних і капітальних) на модельній території, які за 50 років склали 124,51 млн грн і 18,78 млн грн відповідно. За 50-річний період чистий прибуток проекту склав 105,72 млн грн

(середнє значення майже 27,50 тис. грн/га), що вказує на довгострокову економічну окупність за встановлених умов. На основі аналізу отриманих даних сформульовано висновки щодо посилення агролісомеліоративної політики для підвищення ефективності кліматичної адаптації агросектору.

Ключові слова: полезахисні лісосмуги, агролісомеліорація, кліматична адаптація, збереження біорізноманіття, економічна ефективність.

Актуальність дослідження

У сучасних умовах загострення кліматичних викликів та посилення антропогенного тиску на природні екосистеми, питання ефективної адаптації до змін клімату набувають пріоритетного значення в науковій спільноті та серед державних інституцій. Нині зміни клімату вимагають від суспільства переходу до більш гнучких та інтегрованих підходів щодо використання природних ресурсів, зокрема земельних. Згідно з останніми дослідженнями Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (ІРСС), підвищення середньорічної температури та зміна режиму опадів у недалекій перспективі можуть призвести до незворотних трансформацій агроекосистем, особливо в посушливих регіонах.

Багаторічний досвід сільськогосподарського виробництва свідчить, що застосування виключно агротехнічних заходів, навіть найсучасніших, не забезпечує стабільності агроландшафтів. Це підкреслює необхідність пошуку альтернативних стратегій використання земель, серед яких вагомим місцем займають впровадження лісомеліоративних заходів. На фоні підвищення ймовірності виникнення посух, зниження вологості ґрунтів і деградації орних земель, лісомеліорація виступає як перспективний інструмент адаптації до кліматичних змін,

що одночасно сприяє декарбонізації та підсилює стійкість агроекосистем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Серед ключових джерел з агролісомеліорації вирізняються монографії та навчальні посібники [1, 11], де детально описані методи створення захисних лісосмуг та їх вплив на агроекосистеми. Зокрема, у [1] обґрунтовано нормативи розташування полезахисних смуг та їхнього складу залежно від рельєфу та ґрунтів регіону. Також привертають увагу дисертаційні дослідження [4, 5], які аналізують структуру та ефективність існуючих захисних смуг на Лісостепу України та пропонують оптимальні конструкції насаджень для агроландшафтів.

Іншою важливою темою є оцінка економічної ефективності агролісомеліоративних заходів. Наприклад, у [6] та [7] обґрунтовано методики визначення окупності захисних насаджень через додатковий урожай. Проведений аналіз показує, що навіть за врахування витрат на створення смуг (посадковий матеріал, догляд) чистий економічний ефект від їх експлуатації стає помітним вже у перші роки (зазвичай після 10-15 років).

Разом з тим, попри значну кількість теоретичних розробок, аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про відсутність єдиного підходу до впливу

полезахисних смуг на продуктивність вирощування сільськогосподарських культур особливо у південних регіонах України. Таким чином, наявні дослідження закладають підґрунтя для подальших практичних напрацювань в цьому напрямі, і потреба у прикладних роботах в цій сфері є актуальною.

Метою дослідження є оцінювання функціонування системи полезахисних лісових смуг у частині території Курісовської територіальної громади (Березівський район Одеської області) та визначити їхній вплив на продуктивність сільськогосподарського виробництва.

Матеріали і методи дослідження

Об'єктом дослідження обрано частину території Курісовської сільської територіальної громади, яка входить до Південного Степу України з відповідними ґрунтово-кліматичними умовами. Територія об'єкта має 3991,77 га (орних земель 3888,68 га). Рельєф здебільшого платоподібний, ґрунти – малогумусні лучні та солонцюваті чорноземи.

На прикладі модельного об'єкта на території Курісовської громади Одеської області (загальна площа 3991,77 га (орних земель 3888,68 га), існуючі ПЛН – 78,47 га, захищена площа – 2220,44 га, або 57,10 % ріллі) впровадження полезахисних лісосмуг площею 43,88 га (48,76 км)

Для вивчення розподілу угідь проведено картографічний аналіз із використанням GIS-пакету та матеріалів державного земельного кадастру. Побудовано схему розташування земельних масивів об'єкта (рис. 1) і окремому розміщення існуючих лісосмуг у межах масивів. При аналізі вико-

ристано результати спостережень на ділянках з та без лісових смуг. Рівень врожайності сільськогосподарських культур встановлено за даними Державної служби статистики України [8, 10].

Для оцінки економічної ефективності створення (реконструкції) полезахисних смуг застосовано класичний метод оцінки чистої приведеної вартості інвестиційних проєктів. Витрати на створення насаджень включають вартість садивного матеріалу, посадкові роботи та догляд. Доходи розраховано через додатковий урожай зернових культур, зумовлений впливом лісосмуг.

Результати та їх обговорення

У сучасних умовах України лісомеліорація, як один із ключових методів раціонального використання та відновлення природних ресурсів, відіграє надзвичайно важливу роль у забезпеченні екологічної стійкості агроландшафтів. Створення та догляд захисних лісових насаджень не лише сприяє зниженню негативного антропогенного впливу на довкілля, але й підвищенню продуктивності сільськогосподарського землекористування.

Система лісомеліоративних насаджень відіграє визначну еколого-економічну роль у формуванні агроландшафту, причому, її внесок особливо помітний під час посух та суховіїв. Полезахисні лісові насадження змінюють структуру та швидкість вітрових потоків, перешкоджаючи розвитку вітрової ерозії, що особливо актуально на відкритих степових та лісостепових територіях України. Середня швидкість вітру в лісостеповій зоні коливається в межах 3,1-3,4

м/с, тоді як у південно-східному Степу вона досягає 4,1 м/с. Так, у зоні ефективного впливу лісових смуг (0-25(30) Н) спостерігається зниження швидкості вітру на 30-50 % та зменшення інтенсивності турбулентного обміну на 15-20 % [1]. Окрім цього, завдяки затриманню поверхневого стоку, лісомеліоративні насадження значно знижують інтенсивність водної ерозії, зберігаючи при цьому структуру ґрунту та оптимізуючи його аерацію й водний режим.

Незалежно від конструкції, полезахисні лісові смуги сприяють снігонакопиченню та рівномірному розподілу снігового покриву на полях, що спричиняє зменшення інтенсивності промерзання ґрунту та оптимізацію режиму його відтанення. Доведено, що на полях, захищених лісовими смугами, вологість повітря збільшується на 3-5 %, при цьому окремі лісові смуги знижують непродуктивну випаровуваність вологи ґрунту на 12-22 %, а взаємодіючі системи смуг – на 25-35 % [1, 3].

Полезахисні лісосмуги, займаючи незначну площу в структурі агроландшафту, є дієвим, довготривалим й екологічно безпечним засобом біологічної меліорації ґрунтів. Вони зберігають і підвищують родючість ґрунту за рахунок збільшення вмісту гумусу та поживних мінеральних речовин (азот, фосфор, калій), оптимізують його структуру та властивості.

Науково обґрунтоване створення систем агролісомеліоративних насаджень сприятиме підвищенню врожайності сільськогосподарських культур у середньому на 15-20 %, залежно від конструктивних особливостей лісосмуг та кліматичних умов території. При цьому, за умови взаємного перекриття впливу лісосмуг,

коефіцієнт використання фотосинтетично активної радіації зерновими культурами зростає на 10-90 %, а врожайність зерна може збільшуватися у 1,5-2 рази порівняно з відкритими полями [1].

Враховуючи вищенаведене варто зазначити, що з метою забезпечення екологічної стійкості агроландшафтів та підвищення продуктивності сільськогосподарського землекористування в умовах кліматичних змін сьогодні надзвичайно важливим є як систематичний догляд за існуючими, так і створення нових полезахисних лісових насаджень. За різними оцінками науковців [5], для досягнення комплексного агролісомеліоративного впливу на сільськогосподарські угіддя доцільно збільшити площу створення полезахисних лісових смуг, в залежності від конкретних кліматичних умов України, у 2-3 рази (до приблизно 800 тис. га).

Для перевірки гіпотези щодо доцільності розширення площі полезахисних лісових насаджень нами проведено дослідження еколого-економічної ефективності їхнього практичного впровадження на конкретному прикладі. У якості модельного об'єкта обрано частину території Курісовської громади Березівського району Одеської області, що є типовою для умов Степу. Використання цього об'єкта створює можливість подальшого оцінювання еколого-економічної ефективності впровадження полезахисних лісових насаджень на інших подібних територіях цієї природно-кліматичної зони.

Район проведення досліджень характеризується помірно континентальним кліматом з рисами субтропічного. За даними метеостанції «Сербка», середня кількість опадів за рік становить



Рис. 1. Схема розташування земельних масивів частини території Курісовської громади Березівського району Одеської області двоскатного даху

460 мм, з яких 272 мм припадає на вегетаційний період (квітень-вересень), а середньорічна температура за цей період складає $+18,4^{\circ}\text{C}$.

Виробництво сільськогосподарської продукції здійснюється на орних землях із загальною площею 3888,68 га, які переважно використовуються на умовах оренди. Загальна кількість земельних ділянок (паїв) становить 380 одиниць. Польові дороги займають площу 29,32 га. Крім того, згідно з проєктом паювання, з метою забезпечення під'їзду до кожної земельної ділянки, передбачено збільшення площі польових доріг на 6,51 га.

Система захисних лісових насаджень на території Курісовської громади формується переважно із полезахисних лісових смуг, доповнених менш чисельними прибалковими, яружно-балковими та водоохоронними насадженнями. Загальна площа



Рис. 2. Модель впливу існуючих ПЛН на сільськогосподарські угіддя (рілля) на території Курісовської громади Одеської області

полезахисних лісових насаджень становить 78,47 га.

Використовуючи результати останніх досліджень [7, 8], спеціальне програмне забезпечення Digital XE build 31.03.2026 та, враховуючи природно-кліматичні умови (напрямки панівних вітрів, рельєф місцевості тощо), а також параметри деревно-чагарникових порід, визначено буферні зони ефективного впливу полезахисних лісових насаджень (0-10 Н / до 250 м; 10-20 Н / 250-500 м) на території сільськогосподарських землекористувань Курісовської громади. На основі цього побудовано модель впливу полезахисних лісових насаджень на сільськогосподарські угіддя (рілля) на території Курісовської громади (рис. 2).

У межах кожного земельного масиву визначено площу сільськогосподарських земель (рілля) під захистом ПЛН, що дозволило встановити за-

1. Площа земельних угідь частини території Курісовської громади, га

№ з/п	Вид угіддя	Земельний масив				Разом
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	
1	Рілля (земельні частки (паї))	801,51	1040,58	952,46	1050,25	3844,80
2	Полезахисні лісові смуги (існуючі)	10,86	24,37	26,13	17,11	78,47
3	Полезахисні лісові смуги (проектні)	5,95	15,06	11,06	11,81	43,88
4	Польові дороги (існуючі)	7,96	6,77	7,06	7,53	29,32
5	Польові дороги (проектні згідно з паюванням)	1,57	1,99	1,40	1,55	6,51
Загальна площа земельного масиву		826,53	1087,03	995,33	1082,88	3991,77

гальну захищену площу на модельній території – 2220,44 га. При цьому, незахищені угіддя становлять 42,90 % від досліджуваної території, причому земельні масиви №3 і №4 характеризуються найвищим відсотком незахищених земель – 62,67 % та 47,56 % відповідно (див. рис. 2).

Попри те, що зона ефективного впливу ПЛІН на прилеглі угіддя визначалась за прийняття умови задовільного агролісомеліоративного стану лісосмуг, детальний аналіз їхнього стану свідчить, що в окремих випадках спостерігаються значні негативні зміни. Зокрема, за допомогою дистанційних методів зондування Землі, виявлено утворення пробілів (пропусків), зменшення проектної ширини, втрату основних деревних порід, старіння насаджень, недостатню природну регенерацію, а також пошкодження від шкідників і хвороб та несанкціоновані вирубки. Ці фактори спільно призводять до погіршення захисної функції лісосмуг та зниження екологічної їх стійкості.

Виходячи з вищезазначеного, з метою покращення мікроклімату полів та захисту сільськогосподарських культур від негативного впливу природно-кліматичних факторів, нами

розроблено проєкт із створення додаткових полезахисних лісових насаджень на всіх модельних земельних масивах із загальною площею 43,88 га (табл. 1). Полезахисні смуги загальною протяжністю 48,76 км нами спроектовані, враховуючи напрямки панівних вітрів, рельєф місцевості, ґрунтовий покрив досліджуваної території, багаторядної структури насаджень, використання посухостійких дерево-чагарникових порід тощо (рис. 3).

Враховуючи природно-кліматичні особливості території Курісовської громади, що розташована в межах Південного Степу, нами було обрано комбіновану схему змішування для полезахисних лісових смуг із набором посухостійких дерево-чагарникових порід. Ця схема характеризується ажурною конструкцією та передбачає створення трирядної лісової смуги, де перший і третій ряди формуються з Клена татарського (*Acer tataricum* L.) у комплексі зі Смородиною золотистою (*Ribes aureum* Pursh.), а другий ряд – з Дуба звичайного (*Quercus robur* L.). Розміщення насаджень здійснюється із міжряддям 3,0 м × 1,5 м в ряду, що забезпечує загальну ширину смуги,

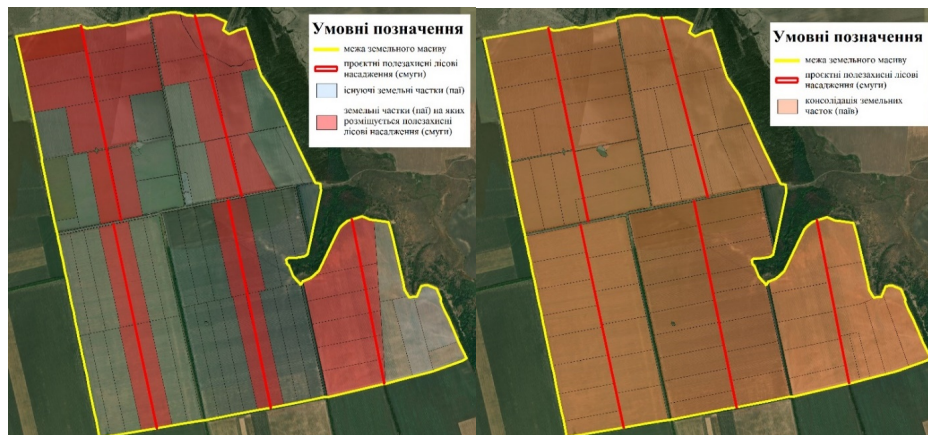


Рис. 4. Фрагмент проведення консолідації земель (земельних часток (паїв)) земельного масиву № 1 на території Курісовської громади

цін на садивний матеріал для ПЛН та вартості земляних робіт із висадки лісосмуг, нами було розраховано, що витрати на створення полезахисних лісових смуг становлять 52747 грн за 1 км.

Виходячи із вартості створення полезахисних лісових насаджень на 1 км та з урахуванням загальної протяжності лісосмуг (48,76 км), було розраховано, що загальна вартість їхнього створення складає 2571,71 тис. грн. Оскільки за даним проектом полезахисні лісові смуги будуть створюватися на орних землях (земельних частках (паях)), які за своїм проектним розташуванням утворюють розмежування між ділянками, доцільно провести консолідацію земель для впорядкування земельних ділянок та раціональнішого використання території.

Ідея полягає у тому, що на конкретному сільськогосподарському землекористуванні (в даному випадку – на полі) проектується полезахисна лісосмуга, для розміщення якої викуповується земельна ділянка (або її частина) необхідної площі. Після визначення точного місцезнаходження

лісосмуги та відведення для неї відповідної території необхідно здійснити переформатування земельних ділянок, які зазнали змін. Консолідація проводиться на основі проекту землеустрою або детального плану території, що передбачає оптимальне розміщення сільськогосподарських угідь, доріг, меліоративних споруд тощо, а після її розробки обов'язковим етапом є перереєстрація земельних ділянок у Державному земельному кадастрі.

Консолідація земель (земельних часток, паїв) повинна здійснюватися з урахуванням ключових вимог: після її проведення площа земельних ділянок має залишатися незмінною, а ґрунтовий покрив і рельєф, по можливості, не зазнавати змін. Крім того, під час консолідації необхідно забезпечити наявність під'їзду до кожної земельної ділянки. Враховуючи ці вимоги, нами була проведена консолідація земель (земельних часток (паїв)), результати якої представлені на рис. 4.

Виходячи з ринкових цін на надання геодезично-землевпорядних

послуг в Одеській області, нами встановлено, що середня вартість розробки проекту землеустрою щодо консолідації земель становить 3 тис. грн/га. Відповідно, загальна вартість такого проекту для всієї території дорівнює 1140,00 тис. грн. Таким чином, на нашу думку, загальні витрати проекту створення ПЛН найоб'єктивніше визначаються за формулою.

В ствр ПЛН = Ц гоз + Ц вс ПЛН + Ц пзу + Н пр,

де, Ц гоз – грошова оцінка земель для викупу під розміщення ПЛН, грн; Ц вс ПЛН – витрати на створення ПЛН, грн; Ц пзу – витрати на розроблення проекту землеустрою щодо консолідації земель, грн; Н пр – кількість недоотриманої сільськогосподарської продукції (з врахуванням витрат на виробництво), грн.

Отже, з урахуванням проведених розрахунків, загальна вартість створення полезахисних лісових насаджень на території Курісовської громади становить майже 5,16 млн грн (табл. 3).

Після визначення витрат на створення полезахисних лісових насаджень доцільно оцінити їхній потенційний вплив на територію Курісовської громади. Дослідження науковців-лісівників свідчать [4], що позитивний агрокліматичний ефект

від впровадження даних лісових смуг сприяє зростанню врожайності сільськогосподарських культур: врожай зернових підвищується на 4 ц/га, а озимої пшениці – на 4-5 ц/га.

За методикою, аналогічною до тієї, що застосовується для існуючих полезахисних лісових смуг (див. рис. 2), а також з урахуванням схеми змішування для запроєктованих полезахисних лісових насаджень, нами було визначено буферні зони їх ефективного впливу на територію сільськогосподарських землекористувань Курісовської громади (0-10 Н: до 250 м; 10-20 Н: 250-500 м). Враховуючи природно-кліматичні особливості модельної території та застосовану схему змішування ПЛН, очікується, що деревні породи досягнуть максимальної висоти 18-20 м через 30 років. На основі цих даних побудовано модель впливу запроєктованих полезахисних лісових насаджень на орні землі території Курісовської громади (див. рис. 3).

Таким чином, за умов ефективного агролісомеліоративного впливу ПЛН, орієнтовний додатковий обсяг сільськогосподарської продукції (у перерахунку на зерно) складає 1195,00 т (табл. 4). Враховуючи середню ціну реалізації зернових та зернобобових культур в Одеській області (7543,8 грн/т), розраховано, що

3. Загальні витрати на створення полезахисних лісових насаджень на території Курісовської громади

№ з/п	Земельний масив	Протяжність ПЛН, м	Вартість створення ПЛН, грн	Вартість проекту землеустрою щодо консолідації земель, грн	Загальна витрати проекту створення ПЛН, грн
1	№ 1	6611,11	348716,22	219000	763843,80
2	№ 2	16733,33	882632,96	315000	1694049,99
3	№ 3	12288,89	648202,08	318000	1330768,64
4	№ 4	13122,22	692157,74	288000	1369446,27
Всього		48755,55	2571709,00	1140000	5158108,70

4. Площа ефективного впливу та додатковий дохід, зумовлений позитивним впливом ПЛН на прилеглі сільськогосподарські угіддя (рілля)

№ з/п	Земельний масив	Загальна площа с/г угідь (рілля), га	Площа захищених сільськогосподарських земель (рілля), га		Додатковий дохід, зумовлений позитивним впливом ПЛН на прилеглі угіддя	
			0-10 Н до 250 м (до 30 років стиглості насаджень)	10-20 Н 250-500 м (після 30 років стиглості насаджень)	т	грн
1	№ 1	801,51	312,12	283,95	238,43	1798653,15
2	№ 2	1040,58	484,68	362,89	339,03	2557559,43
3	№ 3	952,46	491,75	276,6	307,34	2318511,49
4	№ 4	1050,25	464,60	310,91	310,20	2340116,94
Всього		3844,80	1753,15	1234,35	1195,00	9014841,00

позитивний вплив ПЛН на прилеглі сільськогосподарські угіддя (рілля) забезпечує додатковий щорічний дохід у розмірі 9,01 млн грн.

На основі проведених розрахунків встановлено, що розроблений проект створення додаткових полезахисних лісових насаджень на модельних земельних масивах Курісовської громади (загальною площею 43,88 га) є економічно вигідним. Водночас, для більш точного оцінювання економічної ефективності проекту в певному часовому періоді доцільно застосовувати механізм дисконтування грошових потоків, який дозволяє визначити поточну вартість майбутніх доходів і витрат.

Створення полезахисних лісосмуг – це довгострокова інвестиція (на 50 років). Дисконтування допомагає зрозуміти, коли проект почне приносити прибуток та, яка буде його загальна економічна ефективність. Застосування підходу дисконтування грошових потоків ґрунтується на основі використання ставки дисконту (капіталізації), яка визначена методом екстракції, тобто співвідношення типової (середньої) річної орендної плати

за землю до її ринкової вартості. Таким чином, нами проведено дисконтування прибутків і витрат у межах інвестиційного проекту зі створення полезахисних лісосмуг на землях Курісовської громади Одеської області за 50-річний період (табл. 5).

Додатковий дохід від реалізації проекту, зумовлений позитивним впливом ПЛН на прилеглі сільськогосподарські угіддя (рілля), повноцінно закладений починаючи з 30-го року (до повного зімкнення крон у ряду ПЛН). До 30-го року додатковий дохід розраховано за допомогою дискретного підходу. Використовуючи результати досліджень вчених-лісівників [1, 4], витрати на догляд у перші 5 років становлять 10 % від загальної суми витрат на створення ПЛН, а у період з 6 по 10 років – 5 %. Починаючи з 11-го року щорічно виділяється близько 3 % від суми створення для забезпечення належного догляду за полезахисними смугами (включаючи оборювання, рубки догляду, а також заходи з захисту від хвороб та шкідників тощо).

У перші роки суттєву частину фінансових витрат становлять інвес-

5. Дисконтування прибутків і витрат у межах інвестиційного проєкту створення полезахисних лісостуг на землях Курісовської громади за період 50 років (фрагмент)

Роки	Дохід від реалізації, грн	Витрати на догляд, грн/рік	Виплата тіла кредиту, грн (рівними частинами щорічно)	Виплата відсотків по кредиту, грн (19,4%)	Інвестиційні витрати, грн	Коефіцієнт дисконтування (при ставці дисконту 1,0327)	Дисконтована вартість доходу в році t, грн	Дисконтована вартість усіх витрат (як операційних, так і капітальних) у році t, грн	Чистий потік, грн	Чистий потік, грн/га
1	300495	257170,9	103162,2	1000673,1	1103835,3	1,033	290979,7	1317910,5	-1026930,8	-267,1
2	600989	257170,9	103162,2	980659,6	1083821,8	1,066	563531,8	1257413,3	-693881,5	-180,5
3	901484	257170,9	103162,2	960646,2	1063808,3	1,101	818531,8	1199426,0	-380894,2	-99,1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
48	9014841	77151,3	103162,2	60040,4	163202,6	4,686	1923966,8	51296,8	1872670,0	487,1
49	9014841	77151,3	103162,2	40026,9	143189,1	4,839	1863045,2	45536,5	1817508,8	472,7
50	9014841	77151,3	103162,2	20013,5	123175,6	4,997	1804052,7	40089,5	1763963,2	458,8
Всього			5158108,7		30675272,5		124509727,2	18782644,5	105727082,7	27498,7

тиційні витрати, зокрема погашення основної суми кредиту та відсотків за ним (19,4 %), проте з часом вони поступово зменшуються аж до повного погашення кредиту протягом 50 років. Коефіцієнт ставки дисконту (капіталізації) для земель сільськогосподарського призначення в межах Лиманського ПСГР визначено нами в розмірі 1,0327.

Отримані розрахунки демонструють (див. табл. 5), що на початкових етапах (перші роки) сукупні витрати, пов'язані з викупом земель та висаджуванням насаджень, переважають доходи, що зумовлює негативне значення грошового потоку (доходу). Проте зі збільшенням віку лісових стуг, коли посилюється їхній позитивний агролісомеліоративний вплив (підвищується врожайність сільськогосподарських культур і зростає додатковий дохід), спостерігається пе-

рехід до позитивних чистих потоків.

З урахуванням ставки дисконту визначено реальну вартість майбутніх грошових потоків (доходів) та сукупних витрат (операційних і капітальних) на модельній території, які за 50 років склали 124,51 млн грн і 18,78 млн грн відповідно. За 50-річний період чистий прибуток проєкту склав 105,73 млн грн (середнє значення близько 27,50 тис. грн/га), що свідчить про економічну доцільність його реалізації (див. табл. 5).

Таким чином, протягом досліджуваного періоду, проєкт досягає позитивної кумулятивної вартості, тобто є економічно доцільним з позиції довгострокової окупності. Це підтверджує, що створення полезахисних лісових насаджень на землях Курісовської громади не лише сприяє покращенню екологічного стану та збереженню якості земельних ресур-



Рис. 5. Модель ефективного впливу полезахисних лісових насаджень на мікроклімат орних земель Курісовської громади Одеської області

сів, а й може бути вигідною інвестицією в масштабі тривалого горизонту планування.

Полезахисні лісові насадження відіграють визначальну роль у формуванні сприятливого мікроклімату прилеглих до них сільськогосподарських угідь. Завдяки сукупності біофізичних процесів, зокрема зменшенню швидкості вітру, затінюванню поверхні ґрунту та інтенсивній транспірації деревно-чагарникових порід, такі насадження здатні істотно знижувати температуру повітря на прилеглих територіях. Цей ефект є особливо важливим для південних областей України, де агроландшафти зазнають значного термічного навантаження впродовж літнього періоду та частих посушливих явищ.

Просторове поширення охолоджувального ефекту залежить від таких чинників, як висота лісосмуги, густина та видова різноманітність на-

саджень, рельєф місцевості, а також напрямок та інтенсивність панівних вітрів. У південному степовому та лісостеповому регіонах, де літні температури можуть сягати критичних для вирощування більшості сільськогосподарських культур значень, наявність повноцінних (багаторядних) лісосмуг дає змогу зменшувати денні піки температури на полі на 1-3°C, а в окремих випадках – і більше, залежно від конкретних погодних умов [4]. При цьому, в холодну пору року температура повітря в зоні ефективного впливу лісових смуг зростає на 1-3°C. Загалом, взимку температура ґрунту на глибині вузла кушіння озимих культур на полях, розташованих серед лісових смуг, перевищує температуру ґрунту на відкритих полях на 3°C [1].

Таким чином, за результатами наукових досліджень [1, 4], спеціального програмного забезпечення Digital та параметрів деревно-чагарникових порід, побудовано модель ефективного впливу полезахисних лісових насаджень на мікроклімат орних земель Курісовської громади (рис. 5).

Полезахисні лісові насадження в Україні, особливо в її південних регіонах, не лише захищають сільськогосподарські угіддя від вітрової ерозії, а й виконують низку додаткових корисних функцій. Зокрема, вони слугують джерелом насіння деревних порід, дають їстівні плоди, забезпечують деревиною та хмизом, а завдяки вмісту медоносних видів дерев і чагарників сприяють підвищенню продуктивності бджільництва [2, 9]. Крім того, лісосмуги відіграють важливу естетичну та оздоровчу роль, слугуючи рекреаційними зонами та формуючи сприятливі умови для психоемоційного відпочинку місцевого населення. У межах високого ступе-

ня розораності земель вони створюють просторові острівці для збереження й відтворення біорізноманіття, зокрема, слугуючи прихистком для багатьох видів фауни.

Водночас деревні насадження ефективно стримують рознесення пестицидів та інших хімічних речовин, якими обробляють поля, забезпечуючи таким чином додаткову екологічну безпеку [10, 11, 12]. В умовах півдня України, де кліматичні ризики дедалі загострюються, формування та підтримка повноцінних лісосмуг стає невід'ємним елементом адаптації до змін клімату, збереження родючості ґрунтів і підтримання сталого сільськогосподарського виробництва.

Висновки і перспективи

На підставі проведеного дослідження можна зазначити, що полезахисні лісові насадження істотно покращують мікроклімат прилеглих до них сільськогосподарських угідь, забезпечуючи підвищення вологості приземного шару повітря та сприятливіший температурний режим для вирощуваних культур. Умови південних регіонів України, які дедалі частіше потерпають від кліматичних змін і посушливих явищ, роблять лісомеліоративні заходи надзвичайно актуальними, оскільки вони сприяють адаптації аграрного сектору та знижують ризики втрат урожайності. Створені захисні лісові насадження виконують низку важливих функцій, зокрема поглинають парникові гази, підвищують видовий склад флори й фауни та зберігають біорізноманіття, а також слугують бар'єром проти дефляції, затримують й рівномірно розподіляють сніговий покрив, що позитивно позначається на водному

балансі ґрунту та загальній продуктивності рослинництва.

Результати економічних розрахунків свідчать, що проекти зі створення та відновлення полезахисних лісових насаджень можуть бути вигідними інвестиціями в довгостроковій перспективі. На початкових етапах витрати на викуп земель і закладання насаджень перевищують доходи, проте зі зростанням віку лісосмуг їхній позитивний агролісомеліоративний вплив посилюється, підвищується врожайність сільськогосподарських культур і відповідно зростає додатковий дохід. Дисконтування грошових потоків за 50-річний період демонструє досягнення позитивного кумулятивного результату, що підтверджує економічну доцільність проектів лісомеліорації на землях Курісовської громади Одеської області. Таким чином, комплексне впровадження лісомеліоративних заходів, поєднане з ефективною системою управління та охорони насаджень, здатне не лише стабілізувати екологічну ситуацію і поліпшити стан земельних ресурсів, а й принести відчутний економічний зиск у масштабі тривалого горизонту планування.

Тому на сьогодні для досягнення максимального захисного ефекту лісосмуг доцільно впровадити комплексні еколого-економічні та правові інструменти, які стимулюватимуть землевласників і землекористувачів до збереження, відновлення та створення системи полезахисних лісових насаджень.

Список використаної літератури

1. Пилипенко О. І., Юхновський В. Ю., Малуґа В. М., Дударець С. М., Соваков О. В. Лісові меліорації : підручник. Київ :

- Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2022. 310 с.
2. Лукіша В. В. Проблеми полезахисних лісосмуг в агроландшафтах України в контексті змін клімату. *Екологічні науки*. 2013. № 2 (25). С. 64–68.
 3. Стадник А. П. Ландшафтно-екологічна оптимізація систем захисних лісових насаджень України : автореф. дис. ... д-ра с.-г. наук : 03.00.16 «Екологія». Київ : Ін-т агроекології, 2008. 46 с.
 4. Пилипенко О. І., Юхновський В. Ю., Дударець С. М., Соваков О. В. Системи захисту ґрунтів від ерозії : підручник / за ред. О. І. Пилипенка. Київ : Кондор, 2019. 369 с.
 5. Чоловський Ю. М. Агролісомеліоративні заходи як складник раціонального землекористування. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2010. Т. 20, № 5. С. 58–62.
 6. Соваков О. В. Полезахисна ефективність системи лісових смуг в умовах Правобережного Лісостепу : дис. ... канд. с.-г. наук : 06.03.01. Київ, 2010. 330 с.
 7. Соваков О. В. Полезахисна ефективність системи лісових смуг в умовах Правобережного Лісостепу. *Науковий вісник НУБіП України*. 2009. Вип. 135. С. 274–282.
 8. Державна служба статистики України. Реалізація продукції сільського господарства підприємствами та господарствами населення у січні 2022 року. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/rpsg/rpsg0122_xl.xls (дата звернення: 23.01.2025).
 9. Maliuha V., Sovakov O., Dudarets S. The current state of windbreaks of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. 2023. Vol. 14, No. 2. P. 53–66. DOI: <https://doi.org/10.31548/forest/2.2023.53>
 10. Гаско В. Я., Єрмоленко С. В., Гуслистий А. О., Бобильов Ю. П., Гарут А. М., Петрушевський В. Б. Стан герпетофауни лісосмуг на різних відстанях від агроценозів, які обробляються пестицидами. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель. 2020. Т. 49. С. 84–93.
 11. Юхновський В. Ю., Дударець С. М., Малиуга В. М. Агролісомеліорація. Київ : Кондор, 2012. 372 с.
 12. Шевченко О. В. Еколого-економічні засади адаптації сільськогосподарського землекористування до кліматичних змін : дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.06 «Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища». Київ : НУБіП України, 2016. 634 с.

References

1. Pylypenko, O. I., Yukhnovskiy, V. Yu., Maliuha, V. M., Dudarets, S. M., & Sovakov, O. V. (2022). Lisovi melioratsii [Forest reclamation]. Editorial and Publishing Department of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. 310.
2. Lukisha, V. V. (2013). Problemy polezakhysnykh lisosmuh v ahrolandshaftakh Ukrainy v konteksti zmin klimatu [Problems of shelterbelts in the agricultural landscapes of Ukraine in the context of climate change]. *Ekologichni Nauky* [Ecological Sciences], 2(25), 64–68.
3. Stadnyk, A. P. (2008). Landshaftno-ekologichna optymizatsiia system zakhysnykh lisovykh nasadzhzen Ukrainy [Landscape and ecological optimization of protective forest plantation systems in Ukraine] (Extended abstract of Doctoral dissertation). Institute of Agroecology. 46.
4. Pylypenko, O. I., Yukhnovskiy, V. Yu., Dudarets, S. M., & Sovakov, O. V. (2019). Systemy zakhystu gruntiv vid erozii [Soil protection systems against erosion] (O. I. Pylypenko, Ed.). Kondor. 369.
5. Cholovskyi, Yu. M. (2010). Ahrolisomelioryativni zakhody yak skladnyk ratsionalnoho zemlekorystuvannia [Agroforestry reclamation measures as a component of sustainable land use]. *Naukovyi Visnyk*

- NLTU Ukraine* [Scientific Bulletin of UNFU], 20(5), 58–62.
6. Sovakov, O. V. (2010). Polezakhysna efektyvnist systemy lisovykh smuh v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [Shelterbelt efficiency of forest belt systems in the Right-Bank Forest-Steppe] (Candidate dissertation, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine). 330.
 7. Sovakov, O. V. (2009). Polezakhysna efektyvnist systemy lisovykh smuh v umovakh Pravoberezhnoho Lisostepu [Shelterbelt efficiency of forest belt systems in the Right-Bank Forest-Steppe]. *Naukovyi Visnyk NUBiP Ukrainy* [Scientific Bulletin of NULES of Ukraine], 135, 274–282.
 8. State Statistics Service of Ukraine. (2022). Realizatsiia produktsii silskoho hospodarstva pidpriemstvamy ta hospodarstvamy naselennia u sichni 2022 roku [Sales of agricultural products by agricultural enterprises and households in January 2022]. Available at: https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/rpsg/rpsg0122_xl.xls
 9. Maliuha, V., Sovakov, O., & Dudarets, S. (2023). The current state of windbreaks of the Left Bank Forest Steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*, 14(2), 53–66. DOI: <https://doi.org/10.31548/forest/2.2023.53>
 10. Hasso, V. Ya., Yermolenko, S. V., Huslysty, A. O., Bobylov, Yu. P., Hahut, A. M., & Petrushevskiy, V. B. (2020). Stan herpetofauny lisosmuh na riznykh vidstaniakh vid ahrotsenoziv, yaki obrobliayutsia pestytsydami [The state of herpetofauna in shelterbelts at different distances from agrocenoses treated with pesticides]. *Pytannia Stepovoho Lisoznavstva ta Lisovoi Rekultivatsii Zemel* [Issues of Steppe Forestry and Forest Land Reclamation], 49, 84–93.
 11. Yukhnovskiy, V. Yu., Dudarets, S. M., & Maliuha, V. M. (2012). Ahrolisomeliioratsiia [Agroforestry reclamation]. *Kondor*. 372.
 12. Shevchenko, O. V. (2016). Ekolohe-ekonomichni zasady adaptatsii silskohospodarskoho zemlekorystuvannia do klimatychnykh zmin [Ecological and economic principles of adaptation of agricultural land use to climate change] (Doctoral dissertation, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine). 634.

Shevchenko O., Yevsyukov T., Sovakov O.

FOREST RECLAMATION AS A TOOL FOR CLIMATE ADAPTATION OF AGRICULTURAL LANDSCAPES

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 111-126.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.08>

Abstract. Against the backdrop of intensifying climate challenges and the degradation of agricultural landscapes in Ukraine, agroforestry and land reclamation measures are coming to the forefront as important tools for adapting to and mitigating the effects of climate change. This article justifies the relevance of developing a network of field-protective forest strips and agroforestry programs within the agricultural sector. It presents an analysis of the latest research in the field of agroforestry, which demonstrates that protective plantings increase soil resilience and boost crop yields. The aim of the study is a comprehensive assessment of the functioning of the system of protective forest strips in part of the territory of the Kurisovska Territorial Community in Odesa Oblast as an example of agroforestry adaptation. Mapping materials, statistical data on crop yields, and costs associated with establishing forest belts were used. The results showed that the existing area of field-protection plantings in the study area (total area of 3,991.77 ha, of which 3,888.68 ha is arable land) provides protection for approximately 2,220.44 ha of arable land, while

unprotected land accounts for 42.90 %. The economic impact of creating new field buffer strips covering an area of 43.88 hectares (48.76 km) has been calculated: the total capital costs of the project amount to 5.158 million UAH, and the additional annual grain yield increases by 4 q/ha (for winter wheat by 4–5 q/ha) compared to unprotected plots. Taking into account the discount rate, the real value of future cash flows (revenues) and total costs (operating and capital) in the model area was determined, which over 50 years amounted to 124.51 million UAH and 18.78 million UAH, respectively. Over the 50-year period, the project's net profit amounted to 105.72 million UAH (an average of nearly 27.50 thousand UAH/ha), indicating long-term economic viability under the established conditions. Based on an analysis of the data obtained, conclusions were drawn regarding the need to strengthen agroforestry and land reclamation policies to enhance the effectiveness of climate adaptation in the agricultural sector.

Keywords: shelterbelts, agroforestry reclamation, climate adaptation, biodiversity conservation, economic efficiency.

РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ У КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГО- ЕКОНОМІЧНИХ АСПЕКТІВ ЗЕМЛЕУСТРОЮ

М. Г. СЕРБОВ,

*доктор економічних наук,
декан факультету гідрометеорології і екології*

E-mail: serbovng@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0220-6745

А. В. ЧУГАЙ,

*доктор технічних наук,
завідувачка кафедри екології та охорони довкілля*

E-mail: avchugai@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8091-8430

П. С. НІКІТИН,

старший викладач кафедри агрометеорології та агроекології,

E-mail: agroecology87@gmail.com

ORCID: 0009-0004-5755-4116

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

Анотація. У статті розглянуто забезпечення раціонального використання земельних ресурсів в умовах інтенсивної деградації ґрунтового покриву, зміни кліматичних умов та негативних наслідків воєнних дій. Метою роботи є наукове обґрунтування механізму раціонального використання земельних ресурсів шляхом удосконалення землевпорядного інструментарію на основі інтеграції еколого-економічних критеріїв у процеси моделювання. Проаналізовано теоретико-методологічні засади раціонального використання земель. Визначено триєдину правову природу земельних ресурсів як територіального базису, об'єкта природи та засобу виробництва. Обґрунтовано модель просторового планування територій, де економічна ефективність підпорядкована еколого-економічним нормам. Розглянуто систему принципів збалансованого землекористування, що поєднує екологічну безпеку, економічну ефективність та інноваційність із дотриманням балансу інтересів землевласників і суспільства. Визначено критерії оцінки збалансованості землекористування, спрямовані на гармонізацію екологічних вимог та економічних інтересів. Проведено аналіз дотримання принципів раціонального використання земельних ресурсів на прикладі Рівненської області. Виявлено розширення посівних площ в регіоні під енергоємними технічними культурами (соняшник, соя), інтенсифікацію наван-

таження на ґрунти області та негативний баланс гумусу. Запропоновано багатоцільову економіко-математичну модель, в основу якої закладено принципи збалансування економічної ефективності землекористування та вимог екологічної безпеки територій. Проведено обґрунтування моделі методом скалярної згортки цільових функцій, який забезпечив дієвий компроміс між максимізацією прибутку від агровиробництва та мінімізацією втрат родючості ґрунтів.

Ключові слова: раціональне використання земель, землеустрій, еколого-економічні аспекти, збалансоване землекористування, модель оптимізації, деградація ґрунтів.

Актуальність

Сучасний стан суспільного розвитку характеризується надзвичайно інтенсивною експлуатацією земельних ресурсів, які одночасно виступають територіальним базисом, природним активом та ключовим засобом виробництва. Споживацьке використання земельних ресурсів супроводжується високою розораністю територій, прогресуючою деградацією ґрунтів, значною втратою гумусу та інтенсивним розвитком водної й вітрової ерозії. До традиційних проблем землекористування, як-от порушення сівозмін та глобальні кліматичні зміни, додалися катастрофічні наслідки воєнних дій, що спричинили механічне руйнування, хімічне забруднення та мінне засмічення значних площ сільськогосподарських земель. Згідно з цим сучасний землеустрій стикається з масштабним завданням: знайти дієвий компроміс між економічною доцільністю сільськогосподарського виробництва та екологічним імперативом збереження і відновлення ґрунтів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання раціонального використання земельних ресурсів та еко-

лого-економічних аспектів землеустрою перебувають у центрі уваги багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців. Базові теоретико-методологічні засади та практичні підходи до раціонального використання сільськогосподарських земель закладені у працях А. Москаленко [1]. Сучасні стратегії сталого землекористування, інноваційні заходи їх реалізації, а також методики оцінювання ефективності використання земельних ресурсів фермерських господарств ґрунтовно досліджуються науковим колективом за участю О. Гуторова, О. Гуторової, С. Грошева та ін. [2, 3].

Важливим напрямком сучасного наукового дискурсу є вивчення зарубіжного досвіду для його адаптації в українських реаліях. Зокрема, еколого-економічні аспекти використання земель у США розкрито в працях Л. Дудич та Г. Дудич [4], а загальний світовий досвід державного регулювання та контролю ринкового обігу земель аналізує Я. Конопля [5]. Окремий блок досліджень присвячений інструментарію управління земельними ресурсами на локальному рівні. Практичні аспекти просторового планування землекористування територіальних громад досліджують С. Шевчук, В. Чувпило та Г. Домашенко [6]. Значення матеріалів моніторингу земель як основи для скла-

дання землевпорядної документації обґрунтовують Г. Гуцуляк та співавтори [7], тоді як Л. Сахно [8] акцентує увагу на впливі еколого-економічних чинників на облікову політику та аудит земельних ресурсів.

У контексті сучасних викликів особливої актуальності набувають питання функціонування аграрного сектору в умовах кризових явищ. Так, еколого-економічні аспекти землекористування в умовах воєнного стану стали предметом дослідження Т. Степаненко [9]. Своєю чергою, Н. Паньків [10] пропонує впровадження природо-орієнтованих рішень як дієвого інструменту пом'якшення еколого-економічних проблем.

Метою дослідження є наукове обґрунтування механізму раціонального використання земельних ресурсів шляхом удосконалення землевпорядного інструментарію на основі інтеграції еколого-економічних критеріїв у процеси моделювання.

Матеріали і методи дослідження

Методологічною основою дослідження є системний підхід до вивчення еколого-економічних процесів у землекористуванні. У процесі виконання роботи використано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів. Монографічний та системного аналізу метод для дослідження теоретико-методологічних засад раціонального використання земельних ресурсів та принципів збалансованого землекористування. Економіко-статистичний використовувався для збору, обробки та аналізу первинних даних господарської діяльності аграрних підприємств (зокрема, статистичної звітності за

формами № 50-сг та № 24) на прикладі СПП «Розвазьке» Рівненської області. Основою розробки багатоцільової еколого-економічної моделі оптимізації структури посівних площ слугував метод економіко-математичного моделювання. Зокрема, застосовано метод адитивної зваженої скалярної згортки цільових функцій для узгодження конкуруючих критеріїв – максимізації прибутку та мінімізації деградації ґрунтів і втрат їхньої родючості. Для визначення вхідних параметрів математичної моделі, розрахунку виробничої собівартості продукції, балансу гумусу та формування системи еколого-економічних обмежень використовувався розрахунково-конструктивний метод. Абстрактно-логічний – для теоретичного узагальнення отриманих результатів моделювання та формування висновків дослідження.

Результати та їх обґрунтування

Багатофункціональна природа земельних ресурсів забезпечує їхню незамінність у різних сферах суспільної діяльності, що виражається у нерозривному поєднанні просторових та екологічних функцій. Національне законодавство розкриває поняття земельні ресурси як комплексну систему, що об'єднує екологічний, територіальний та економічний аспекти. Згідно з статтею 14 Конституції України [11], земля визнається основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави, чим безпосередньо закріплюється її екологічний пріоритет як ключового елемента біосфери. Водночас Земельний кодекс України деталізує це поняття у трьох нерозривних вимірах: як

територіальний (просторовий) базис для розміщення галузей економіки та інфраструктури; як об'єкт природи, що підлягає охороні; та як головний засіб виробництва у сільському і лісовому господарствах, що відображає її економічний аспект [12]. Таким чином, вітчизняне законодавство закріплює триєдину правову природу земельних ресурсів, формуючи чіткий норматив: будь-яке просторове розміщення та інтенсивне економічне використання землі як засобу виробництва має суворо підпорядковуватися екологічним вимогам збереження її родючості та загальної природної рівноваги.

Згідно з сучасними підходами, раціональне використання земельних ресурсів трактується як модель просторового планування територій, де досягнення економічної ефективності обмежене еколого-економічними нормами, спрямованими на запобігання деградації земель. У системі просторового планування проектні рішення відображають неперервний зв'язок між інтенсивною експлуатацією земельного фонду та рівнем його природного захисту [13].

Прикладом практичного втілення такої моделі є збалансоване земле-

користування – система управління земельними ресурсами, що гарантує стабільну рівновагу між інтенсивним сільськогосподарським виробництвом та екологічною безпекою довкілля [14]. Принципи збалансованого землекористування характеризують його логіку, структуру та механізми впровадження, а саме: принцип екологічної безпеки, принцип економічної ефективності, інноваційний принцип та принцип балансу інтересів. Комплексне впровадження принципів у землепорядкову практику забезпечує створення просторової моделі, яка є одночасно економічно вигідною для власника та екологічно безпечною для суспільства. У сучасних наукових дослідженнях еколого-економічна оцінка виступає головним інструментом аналізу землекористування, що визначає рівень раціонального використання територій та їхньої відповідності нормам сталого розвитку [6; 9]. Для систематизації багатофакторної оцінки збалансованості земель доцільно використовувати структурований аналітичний інструментарій [16], зокрема систему еколого-економічних індикаторів (табл. 1):

1. Система показників для оцінки збалансованості землекористування

Принцип землекористування	Група показників	Конкретні критерії (індикатори) оцінки	Джерела даних
Екологічна безпека	Природно-ресурсний стан	Баланс гумусу, рівень розораності, індекс ерозійної небезпеки схилів	Агрохімічні паспорти полів, дані ґрунтових обстежень
Економічна ефективність	Економічна результативність	Рівень диференціальної ренти, рентабельність ґрунтозахисних інвестицій, вихід продукції з 1 га	Дані бухгалтерської звітності, нормативна грошова оцінка
Інноваційний підхід	Технологічна спроможність	Відсоток території, охопленої GNSS-моніторингом, рівень цифровізації ГІС-даних	Геодезичні вимірювання (GNSS/БПЛА), матеріали моніторингу
Баланс інтересів	Соціально-правовий стан	Рівень відповідності кадастрових даних, частка орендної плати у доходах бюджету	Дані Державного земельного кадастру (ДЗК), реєстр прав

Зазначена система показників дозволяє перетворити якісні принципи збалансованого землекористування на кількісні критерії. Це є необхідною умовою для прийняття ефективних рішень у землеустрої, що забезпечує баланс між екологічними вимогами та економічними інтересами.

Дотримання принципів раціонального використання земельних ресурсів розглянуто на прикладі Рівненської області, що займає площу 2005,1 тис. га (3,3% території України), яка є аграрним регіоном країни. У структурі сільськогосподарських угідь досліджуваної території найбільшу частку (понад 46,38%) займає рілля (табл. 2).

Площа сільськогосподарських угідь у Рівненській області останнім часом демонструє тенденцію до скорочення (у 2024 році площа зменшилась на 7,12 тис. га (0,35%) порівняно з 2016 роком). Така трансформація сільськогосподарських угідь частко-

во реалізувалася шляхом зменшення площі орних земель. В аграрній сфері процеси впровадження екологічного землекористування відбуваються повільно. Для сільськогосподарських угідь Рівненської області характерна велика строкатість ґрунтового покриву. Це пояснює її географічне розташування на території трьох природних зон – Лісостепу, Полісся та Малого Полісся. Ґрунти з низьким (менше 2 відсотків) вмістом гумусу поширені в усіх ґрунтово-кліматичних зонах і займають 42,9 відсотка території Рівненщини. Порушені землі, а саме 167 га потребують рекультивациї та 589 га – консервації [17].

Однією з важливих характеристик, яка обумовлює родючість, є реакція ґрунтового розчину. За матеріалами кислотної зйомки 2024 року хімічній меліорації підлягають середньо та сильнокислі ґрунти загальною площею 8250 га сільськогоспо-

2. Структура земельного фонду Рівненської області

Основні види земель	2016		2024		Відхилення, +/-	
	Тис. га	Частка, %	Тис. га	Частка, %	Тис. га	Частка, %
Загальна, площа	2005,1	100	2005,1	100	0	-
включаючи:						
Сільськогосподарські угіддя	937	46,73	930,0	46,38	-7,0	-0,35
Рілля	648,1	32,32	658,0	32,82	9,9	0,49
Багаторічні насадження	12,0	0,60	11,0	0,55	-1,0	-0,05
Пасовища	126,8	6,32	124,0	6,18	-2,8	-0,14
Сіножаті	135,3	6,75	126,0	6,28	-9,3	-0,46
Перелоги	14,8	0,74	3,0	0,15	-11,8	-0,59
Лісовкриті площі	795,3	39,66	803,9	40,09	8,6	0,43
Забудовані землі	55,5	2,77	58,0	2,89	2,5	0,12
Заболочені землі	106,5	5,31	104,9	5,23	-1,6	-0,08
Відкриті землі, без рослинного покриву	34	1,70	32,4	1,62	-1,6	-0,08
Води	42,2	2,10	43,3	2,16	1,1	0,05
Інші землі	34,6	1,73	32,6	1,63	-2,0	-0,10

дарських угідь. Ця проблема вимагає хімічної меліорації для відновлення родючості земель та оптимізації рівня рН.

Щодо основних землекористувачів, найбільша частка сільськогосподарських угідь використовується сільськогосподарськими підприємствами (422319 га) [17]. У період з 2017 по 2025 роки територія Рівненської області характеризувалася нестабільними умовами та високим рівнем антропогенного навантаження. Аналіз структури виробництва за категоріями господарств (згідно з даними за 2025 рік) засвідчує чітку спеціалізацію: підприємства концентруються на вирощуванні енергоємних технічних культур (соя – 123598 га (29,3%), кукурудза 57667 га (13,7%), соняшник 36348 га (8,6%)), тоді як господарства населення відіграють ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки через виробництво картоплі 65484 га (21,7%) та овочів 12004га (4,0%) [18]. Високі показники урожайності на підприємствах (зокрема, пшениці – 69,4 ц/га) свідчать про інтенсивну модель господарювання, що вимагає еколого-е-

кономічного балансу для мінімізації деградаційних процесів ґрунтового покриву в аграрному бізнесі.

Багаторічний аналіз статистичних даних (1995–2024 рр.) виявив виражений тренд до екстенсивного розширення площ під соняшником та соєю, що супроводжується інтенсифікацією навантаження на ґрунтовий покрив (рис.1). Зокрема 600-кратне зростання площ під соняшником порівняно з 1995 роком. Звітність підприємств регіону показує високу врожайність пшениці (69,4 ц/га) та сої (25,5 ц/га), про що свідчить інтенсивне використання земель, яке спричиняє негативний баланс гумусу та призводить до порушення еколого-економічного балансу.

За даними Рівненського регіонального центру ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» щодо біологізації землеробства (внесення соломи, сидератів) та показників балансу гумусу встановлено пряму кореляцію – ґрунти з низьким рівнем органічного підживлення демонструють найбільш виражений від’ємний баланс гумусу. Водночас бюджетні витрати на охорону довкілля, захист і реабі-

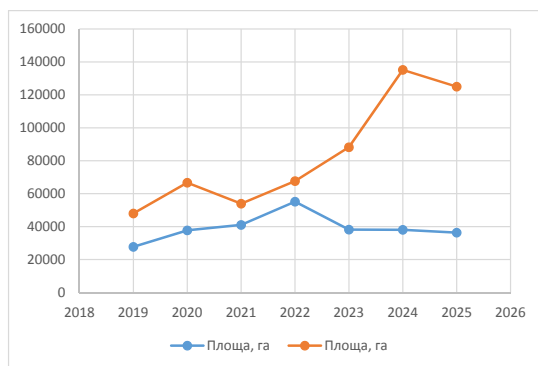


Рис.1. Динаміка посівних площ соняшнику та сої в Рівненській області за 2019–2025 рр. [18]

літацію ґрунтів складають менше 1% від загальних природоохоронних інвестицій області. З огляду на це, проведення поліпшення та рекультивації земель є економічно недоступним для більшості територіальних громад регіону [17].

Основою раціонального землекористування є екологічно адаптоване планування сільськогосподарських угідь. Головними елементами якого є впровадження науково обґрунтованих сівозмін на ріллі та оптимізація структури рослинного покриву на пасовищах і сіножатях [3]. Для обґрунтування збалансованого землекористування пропонуємо застосовувати метод багатоцільової оптимізації. Цільовою функцією виступає максимізація дохідності агроландшафту за умов екологічних обмежень (мінімізації коефіцієнтів ерозії та від'ємного балансу гумусу). Основою математичної моделі є система лінійних нерівностей, яка враховує просторові характеристики ділянок, отримані за допомогою геодезичного моніторингу. Для визначення раціональної структури угідь пропонується модель, яка ґрунтується на принципі збалансування економічної ефективності землекористування та вимог екологічної безпеки. Економічна складова представлена через максимізацію чистого прибутку від використання земель:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^n (P_i - C_i) \cdot S_i \rightarrow \max \quad (1)$$

де P_i – ціна одиниці продукції i -тої культури; C_i – витрати на її вирощування сільськогосподарської культури; S_i – площа під сільськогосподарською культурою.

У межах розробленої моделі екологічний критерій досягається шля-

хом мінімізації сумарного екологічного дисбалансу, що характеризує співвідношення між ерозійним впливом вирощування культур та їх ґрунтозахисною здатністю:

$$Z_2 = \sum_{i=1}^n (E_i - S_i) x_i \rightarrow \min \quad (2)$$

де E_i – показник ерозійного впливу або деградації ґрунту при вирощуванні i -тої культури; x_i – змінна, що визначає площу або частку посівів i -тої культури.

Модель включає систему обмежень, які впливають на формування оптимальної структури посівних площ та забезпечення еколого-економічної збалансованості землекористування.

Ресурсне (площинне) обмеження – загальна площа земель не може перевищувати наявну

$$\sum_{i=1}^n S_i \leq S_{total} \quad (3)$$

Екологічне (гранично допустиме) визначає рівень ерозії, який не повинен перевищувати допустимі норми (E_{max})

$$\sum_{i=1}^n E_i \cdot S_i \leq E_{max} \quad (4)$$

Агротехнічне (сівозмінне) обмеження встановлює дотримання вимог чергування культур.

$$S_{min} \leq S_i \leq S_{max} \quad (5)$$

Для отримання оптимального результату застосовується метод скалярної згортки, за якого цільова функція набуває такого вигляду:

$$F = \alpha \cdot Z_1 - \beta \cdot Z_2 \rightarrow \max \quad (6)$$

де α та β – вагові коефіцієнти, що визначають пріоритетність (економічний або екологічний) у конкретному проєкті землеустрою.

Представлена модель дозволяє

ідентифікувати оптимальний розподіл угідь за рахунок варіювання вагових коефіцієнтів α та β , забезпечуючи можливість моделювання різних сценаріїв: від інтенсивно-експлуатаційного до консерваційно-відновлювального, залежно від фактичного агрохімічного стану ґрунтів, отриманого в ході моніторингу.

Для перевірки дієвості запропонованої моделі багатоцільової оптимізації було використано первинні статистичні дані СПП «Розваське» (Рівненський район, Рівненська область) за 2025 рік. Згідно зі звітом про основні економічні показники роботи сільськогосподарських підприємств (форма № 50-сг), основу рослинницької галузі підприємства становлять пшениця, кукурудза на зерно, соя та цукровий буряк. Для формування вхідної матриці параметрів (табл. 3) було розраховано виробничу собівартість основних культур. Так, загальні витрати на вирощування озимої пшениці склали 5272,7 тис. грн при валовому зборі 13340 ц. Вирощування сої, яка є однією з найбільш виснажливих для ґрунту культур, обійшлося підприємству у 1693,0 тис. грн при зборі 1960 ц. Найбільш витратною культурою виявилася кукурудза на зерно – 6670,1 тис. грн (валовий збір

17244 ц).

Ключовою умовою коректної роботи екологічного блоку моделі ($Z2 \rightarrow \min$) є об'єктивний розрахунок балансу поживних речовин. Важливо зазначити, що СПП «Розваське» має розвинену галузь тваринництва. Згідно звіту про виробництво продукції тваринництва, кількість сільськогосподарських тварин і забезпеченість їх кормами (форма № 24), на кінець 2025 року в господарстві утримувалося 191 корова молочних порід та значне поголів'я молодняку великої рогатої худоби. Цей фактор є вирішальним для еколого-економічного балансу, оскільки наявність великої рогатої худоби забезпечує підприємство органічними добривами (гноєм). Під час моделювання цільової функції мінімізації втрат родючості враховується компенсаційний ефект від внесення органіки. Вміст поживних елементів (азоту, фосфору, калію), що надходить із гноєм від наявного поголів'я, інтегрується у загальний баланс елементів живлення, суттєво знижуючи загальний індекс деградації (E_i) для всього агроландшафту. Застосувавши метод скалярної згортки з ваговими коефіцієнтами $\alpha = 0.5$ (економіка) та $\beta = 0.5$ (екологія), ми отримуємо збалансований сценарій

3. Еколого-економічні параметри вирощування основних сільськогосподарських культур СПП «Розваське» (вхідні дані для моделювання)

Сільськогосподарська культура	Валовий збір, ц	Виробнича собівартість, тис. грн	Розрахункова собівартість 1 ц, грн	Коефіцієнт екологічного навантаження (E_i)	Агротехнічні обмеження в сівозміні, %
Пшениця	13 340	5 272,7	395,2	Низький (0.2)	до 30%
Кукурудза на зерно	17 244	6 670,1	386,8	Середній (0.5)	до 25%
Соя	1 960	1 693,0	863,7	Високий (0.7)	до 20%
Цукровий буряк	41 136	2 919,9	70,9	Високий (0.8)	до 10%

використання угідь. Модель демонструє, що поєднання помірних площ під комерційно привабливими, але виснажливими культурами (соя, кукурудза) із застосуванням органічних добрив від власного тваринницького комплексу дозволяє максимізувати загальний прибуток ($Z1$) без порушення гранично допустимих екологічних норм ($E_{\max}$).

За відсутності суцільного агрохімічних паспортів полів СПП «Розвазьке», еколого-економічне навантаження від вирощування основних культур (E_i) було визначено на основі нормативно-довідкових показників мінералізації та гуміфікації органічної речовини для відповідної ґрунтово-кліматичної зони (табл. 4).

Як свідчать дані, найбільшу загрозу для ґрунтового покриву становить вирощування цукрового буряка ($E_i = 2,0$) та кукурудзи на зерно ($E_i = 1,1$), що формують від'ємний баланс поживних речовин. Однак, при моделюванні цільової функції мінімізації деградації ($Z2 \rightarrow \min$) важливо врахувати загальногосподарський баланс поживних елементів, до якого обов'язково включається вміст мінеральних та органічних речовин, що надходить із гноєм. Використання побічної продукції тваринництва дозволяє господарству генерувати значні обсяги органічних добрив. Внесення

гною в розрахунковій нормі нівелює екологічні ризики, пов'язані з вирощуванням технічних та просапних культур. Таким чином, у запропонованій математичній моделі наявність розвиненого тваринницького комплексу (191 корова молочних порід) виступає потужним компенсаторним фактором. Це дозволяє підприємству розширювати площі під економічно привабливими культурами (соею, кукурудзою та цукровим буряком) без порушення екологічного імперативу ($E \leq E_{\max}$), забезпечуючи високий рівень збалансованості землекористування.

Висновки

У контексті дослідження виокремлено ключові еколого-економічні аспекти землеустрою, що становлять основу оптимізаційної моделі. По-перше, це критерій ґрунтозахисної спрямованості, який передбачає обмеження посівів просапних культур з високим навантаженням на ґрунтовий покрив. По-друге, реалізація ресурсного аспекту замкненого циклу відбувається через інтеграцію продукції тваринництва у баланс поживних речовин ґрунту, що дозволяє оптимізувати використання земельних ресурсів та мінімізувати антропогенний вплив на екосистему. По-третє, дотримання економіко-тех-

4. Розрахунок коефіцієнта екологічного навантаження (E_i) на основі нормативного балансу гумусу для умов Західного регіону України

Сільськогосподарська культура	Мінералізація (втрати) гумусу, т/га	Гуміфікація (утворення) з поживних решток, т/га	Баланс гумусу, т/га	Коефіцієнт екологічного навантаження (E_i)
Пшениця озима	- 1,2	+ 0,8	- 0,4	0,4
Соя	- 1,5	+ 0,6	- 0,9	0,9
Кукурудза на зерно	- 1,8	+ 0,7	- 1,1	1,1
Цукровий буряк	- 2,5	+ 0,5	- 2,0	2,0

нологічного балансу, за якого екологічні вимоги розглядаються не як додаткові витрати, а як інструмент довгострокового збереження земельного потенціалу. Розроблена математична модель багатоцільової оптимізації структури землекористування на основі методу скалярної згортки, дозволяє досягнути паритету між економічною ефективністю (максимальним прибутком) та екологічною безпекою (мінімальною втратою гумусу й поживних речовин). Наявність розвиненої галузі тваринництва в структурі підприємства виступає ключовим екологічним компенсатором, що забезпечує досягнення оптимального балансу, за якого господарство зберігає високу рентабельність виробництва без порушення гранично допустимих меж екологічного навантаження на земельні ресурси.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення методики еколого-економічного оцінювання шляхом врахування специфічних ризиків, спричинених наслідками воєнних дій, зокрема механічного руйнування та хімічного забруднення ґрунтового покриття.

Список використаної літератури

1. Москаленко А.М. Раціональне використання сільськогосподарських земель: теорія і практика. *Вісник чернігівського державного технологічного університету*. 2014. № 4 (76). С. 42-49., <https://economic-vistnic.stu.cn.ua/tmp/pdf/1380.pdf>
2. Гуторов А., Грошев С., Грошев А. Теоретико-методичні засади оцінювання ефективності використання земельних ресурсів фермерських господарств. *Development Service Industry Management*. 2024. №3. С. 134-140. [https://doi.org/10.31891/dsim-2024-7\(20\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2024-7(20))
3. Гуторов О.І., Гуторова О.О. Стратегія сталого землекористування у сільському господарстві: принципи, виклики, інноваційні заходи та шляхи реалізації. *Аграрні інновації*. 2026. № 35. С. 447-453. DOI <https://doi.org/10.32848/agrarinnov.2026.35.64>
4. Дудич Л., Дудич Г. Еколого-економічні аспекти досвіду США щодо використання земель. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія «Архітектура та будівництво»*. 2022. № 23. С. 155–159. <https://doi.org/10.31734/architecture2022.23.155>
5. Конопля Я. Ю. Зарубіжний досвід державного регулювання та контролю у сфері використання земельних ресурсів та ринкового обігу земель. *Право та державне управління*. 2023. №2. С.319-324 https://pdu-journal.kpu.zp.ua/archive/2_2023/46.pdf
6. Шевчук С., Чувпило В., Домашенко Г. Еколого-економічні підходи просторового планування землекористування територіальної громади. *Економіка та суспільство*. 2025. №80. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-80-104>
7. Гуцуляк Г.Д., Гуцуляк Ю.Г., Камінецька О.В. Матеріали моніторингу земель як основа для складання проєкту землеустрою. *Збалансоване природокористування*. 2022. № 3. С. 33-38. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2022.266557>
8. Сахно Л. А. Еколого-економічні чинники та їх вплив на облікову політику і аудит земельних ресурсів. *Збірник наукових праць ТДАТУ імені Дмитра Моторного (економічні науки)*. 2023. №1(47). С.176-189. DOI: 10.31388/2519-884X-2023-47-176-189.
9. Степаненко Т.О. Еколого-економічні аспекти землекористування в умовах воєнного стану. *Economics: time realities*. 2025. №3(79). С.132-139. DOI: 10.15276/ETR.03.2025.13
10. Паньків Н.М. Природоорієнтовані рішення як інструмент вирішення еколо-

- го-економічних проблем. *Аграрні інновації*. 2025. № 32 313-320. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.32.44>
11. Конституції України: Закон України від 28.06.1996 № 254к/96-ВР. URL: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр>. (дата звернення: 01.06.2026).
 12. Земельний кодекс України: Кодекс України від 25.10.2001 № 2768-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 13.02.2026).
 13. Крамарьов О. С., Гайдаш О. Л., Павленко О. С. Економічна сутність раціонального використання земель сільськогосподарського призначення *Агросвіт*. 2023. № 23. С.44-50 DOI: 10.32702/2306-6792.2023.23.44
 14. Чумаченко О.М., Мартин А.Г. Еколого-економічні проблеми деградації сільськогосподарських земель в Україні: Монографія. – Київ: ЦП «КОМПРИТ». 2014. – 284 с.
 15. Третяк А. М., Третяк В. М., Трофименко П. І., Прядка Т. М., Трофименко Н. В. Стале (збалансоване) землекористування: понятійний базис та методологія інституціоналізації. *Агросвіт*. 2021. № 24. С. 11–22. DOI: 10.32702/2306-6792.2021.24.11
 16. Ковалів О. І. Синтез еколого-економічних аспектів як методологічних засад конституційно вмотивованого землепродокористування в сучасній Україні. *Агро-екологічний журнал*. 2023. № 2. С. 16-28. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283693>
 17. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області. URL: https://www.ecorivne.gov.ua/tmp/dopovid_2024.pdf
 18. Статистична інформація. Головне управління статистики у Рівненській області. URL: <https://www.gusrv.gov.ua/>
 2. Hutorov, A., Hroshev, S., Hroshev, A. (2024) Teoretyko-metodychni zasady otsinyuvannya efektyvnosti vykorystannya zemel'nykh resursiv fermers'kykh hospodarstv [Theoretical and methodological principles of assessing the efficiency of land resource use of farms]. *Development Service Industry Management*. 3. 134-140. [https://doi.org/10.31891/dsim-2024-7\(20\)](https://doi.org/10.31891/dsim-2024-7(20)) [in Ukrainian]
 3. Hutorov, O.I., Hutorova, O.O. (2026) Stratehiya staloho zemlekorystuvannya u sil's'komu hospodarstvi: pryntsyipy, vyklyky, innovatsiyni zakhody ta shlyakhy realizatsiyi [Strategy of sustainable land use in agriculture: principles, challenges, innovative measures and ways of implementation] . *Ahrarni innovatsiyi [Agrarian Innovations]*. 35. 447- 453. DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2026.35.64> [in Ukrainian]
 4. Dudych, L., Dudych, H. (2022) Ekolo-ho-ekonomichni aspekty dosvidu SSHA shchodo vykorystannya zemel' [Environmental and economic aspects of the US experience in land use]. *Visnyk L'vivs'koho natsional'noho universytetu pryrodokorystuvannya. Seriya «Arkhitektura ta budivnytstvo»* [Bulletin of the Lviv National University of Environmental Management. Series «Architecture and Construction»]. 23. 155–159. <https://doi.org/10.31734/architecture2022.23.155> [in Ukrainian]
 5. Konoplya, YA. YU. (2023) Zarubizhnyy dosvid derzhavnoho rehulyuvannya ta kontrolyu u sferi vykorystannya zemel'nykh resursiv ta rynkovoho obihu zemel'. [Foreign

References

1. Moskalenko, A.M. (2014) Ratsional'ne

- experience of state regulation and control in the field of land resources use and market circulation of land] *Pravo ta derzhavne upravlinnya* [Law and public administration]. 2. 319-324 https://pdu-journal.kpu.zp.ua/archive/2_2023/46.pdf [in Ukrainian]
6. Shevchuk, S., Chuvpylo, V., Domashenko, H. (2025) Ekoloho-ekonomichni pidkhody prostorovoho planuvannya zemlekorystuvannya terytorial'noyi hromady [Environmental and economic approaches to spatial planning of land use of a territorial community]. *Ekonomika ta suspil'stvo* [Economy and Society]. 80. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-80-104> [in Ukrainian]
 7. Hutsulyak, H.D., Hutsulyak, YU.H., Kamynets'ka, O.V. (2022) Materialy monitorynhu zemel' yak osnova dlya skladannya proyecktu zemleustroyu [Land monitoring materials as a basis for drawing up a land management project]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya* [Balanced nature management]. 3. 33-38. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2022.266557> [in Ukrainian]
 8. Sakhno, L. A. (2023) Ekoloho-ekonomichni chynnyky ta yikh vplyv na oblikovu polityku i audyt zemel'nykh resursiv [Environmental and economic factors and their impact on accounting policy and audit of land resources]. *Zbirnyk naukovykh prats' TDATU imeni Dmytra Motornoho (ekonomichni nauky)* [Collection of scientific works of the Dmytro Motorny State Technical University of Economics (economic sciences)]. 1(47). 176-189. DOI: [10.31388/2519-884X-2023-47-176-189](https://doi.org/10.31388/2519-884X-2023-47-176-189). [in Ukrainian]
 9. Stepanenko, T.O. (2025) Ekoloho-ekonomichni aspekty zemlekorystuvannya v umovakh voyennoho stanu [Environmental and economic aspects of land use under martial law]. *Economics: time realities*. 3(79). 132-139. DOI: [10.15276/ETR.03.2025.13](https://doi.org/10.15276/ETR.03.2025.13) [in Ukrainian]
 10. Pan'kiv, N.M. (2025) Pryrodooriyentovani rishennya yak instrument vyrishennya ekoloho-ekonomichnykh problem [Nature-oriented solutions as a tool for solving ecological and economic problems]. *Ahrarni innovatsiyi* [Agrarian Innovations]. 32. 313-320. DOI <https://doi.org/10.32848/agraar.innov.2025.32.44> [in Ukrainian]
 11. Law of Ukraine, (June 28, 1996) № 254k/96-VR. Konstytutsiia Ukrainy [Constitution of Ukraine]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254k/96-vr> [in Ukrainian]
 12. Law of Ukraine, (October 25, 2001) № 2768-III. Land Code of Ukraine. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14> [in Ukrainian]
 13. Kramar'ov, O. S., Haydash, O. L., Pavlenko, O. S. (2023) Ekonomichna sutnist' rational'noho vykorystannya zemel' sil's'kohospodars'koho pryznachennya [The economic essence of the rational use of agricultural land]. *Ahrosvit* [Agrosvit]. 23. 44-50 DOI: [10.32702/2306-6792.2023.23.44](https://doi.org/10.32702/2306-6792.2023.23.44) [in Ukrainian]
 14. Chumachenko, O.M., Martyn, A.H. (2014) Ekoloho-ekonomichni problemy dehradatsiyi sil's'kohospodars'kykh zemel' v Ukraini [Ecological and economic problems of agricultural land degradation in Ukraine], *KP «KOMPRYT»*, Kyiv, Ukraine [in Ukrainian]
 15. Tretyak, A. M., Tretyak, V. M., Trofymenko, P. I., Pryadka, T. M., Trofymenko, N. V. (2021) Stale (zbalansovane) zemlekorystuvannya: ponyatiyny bazys ta metodolohiya instytutstiolizatsiyi [Sustainable (balanced) land use: conceptual basis and methodology of institutionalization]. *Ahrosvit* [Agrosvit]. 24. 11-22. DOI: [10.32702/2306-6792.2021.24.11](https://doi.org/10.32702/2306-6792.2021.24.11) [in Ukrainian]
 16. Kovaliv, O. I. (2023) Syntez ekoloho-ekonomichnykh aspektiv yak metodolohichnykh zasad konstytutsiyno vmotyvovanoho

- zemlepryrodokorystuvannya v suchasniy Ukraini [Synthesis of ecological and economic aspects as methodological foundations of constitutionally motivated land use in modern Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurna* [Agroecological Journal]. 2. 16-28. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2023.283693> [in Ukrainian]
17. Dopovid' pro stan navkolyshn'oho pryrodnoho seredovyscha v Rivnens'kiy oblasti [Report on the state of the environment in the Rivne region]. Available at: https://www.ecorivne.gov.ua/tmp/dopovid_2024.pdf [in Ukrainian]
18. Main Department of Statistics in Rivne Region. Statistical information. [Online]. Available at: <https://www.gusrv.gov.ua/> [in Ukrainian]

Serbov M., Chugai A., Nikitin P.

RATIONAL USE OF LAND RESOURCES IN THE CONTEXT OF THE ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF LAND MANAGEMENT

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 127-139.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.09>

Abstract. The article examines the problem of ensuring the rational use of land resources under contemporary challenges, including intensive soil degradation, climate change, and the negative consequences of military actions. The purpose of the study is to provide a scientific substantiation of a mechanism for the rational use of land resources through the improvement of land management tools based on the integration of environmental and economic criteria into modeling processes. The theoretical and methodological foundations of rational land use are analyzed. The legislative consolidation of the threefold legal nature of land resources as a territorial basis, a natural object, and a means of production is identified. A territorial spatial planning model is substantiated, in which economic efficiency is subordinated to environmental and economic standards. A system of principles for sustainable land use is considered, combining environmental safety, economic efficiency, and innovation while maintaining a balance between the interests of landowners and society. Criteria for assessing the sustainability of land use aimed at harmonizing environmental requirements and economic interests are defined. An analysis of compliance with the principles of rational land resource use is conducted using the case of Rivne Oblast. The study reveals an expansion of cultivated areas under energy-intensive industrial crops (sunflower and soybean), an intensification of pressure on the region's soils, and a negative humus balance. A multi-objective economic and mathematical model is proposed, based on the principles of balancing the economic efficiency of land use with the environmental safety requirements of territories. The model is substantiated using the scalarization method of objective functions, which provides an effective compromise between maximizing profits from agricultural production and minimizing losses in soil fertility.

Keywords: rational land use, land management, ecological and economic aspects, sustainable land use, optimization model, soil degradation, Rivne Region.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ У ВИКОРИСТАННІ ОРНИХ ЗЕМЕЛЬ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

А.Й. ДОРОШ,

PhD з економіки

E-mail: andriydorosh@lmi.org.ua

ORCID: 0000-0002-2234-124X

Інститут землекористування НААН України

О.М. СВИРИДОВ,

аспірант

E-mail: zemelshik@gmail.com

ORCID: 0009-0002-5433-7795

Інститут агроекології і природокористування НААН України

Анотація. Обґрунтовано методичний підхід до визначення економічного ефекту від запровадження еколого-технологічних обмежень у використанні орних земель територіальної громади. Об'єктом дослідження є орні землі Вінницької міської територіальної громади площею 8111,8 га, поділені на три еколого-технологічні групи. Методологія поєднує попиксельне моделювання змиву ґрунту за універсальним рівнянням втрат ґрунту, у якому рельєфний фактор обчислено безпосередньо з цифрової моделі рельєфу, оцінку відвернених втрат за відновною вартістю гумусу й поживних речовин та розрахунок чистої приведеної вартості за трьома сценаріями землекористування. Встановлено, що фактична структура посівів 2022 року не відповідає нормативам оптимального співвідношення культур у сівоzmінах: частка соняшнику становить 43,3-48,0 % за нормативу 5-9 %, а частка просапних культур не знижується з наростанням ерозійної небезпеки, сягаючи максимуму 65,2 % у межах другої еколого-технологічної групи, де їх розміщення обмежене законом. Моделюваний змив ґрунту зростає від 0,84 т/га/рік у підгрупі Ia до 7,50 т/га/рік у третій групі, а запровадження обмежень вирівнює його на рівні 0,51-0,61 т/га/рік. Чиста приведена вартість за горизонтом 20 років становить від -24,13 млн грн за ставки дисконтування 10 % до -7,29 млн грн за ставки 3 % при індексі зисків і витрат 0,75-0,95, що свідчить про неспроможність ерозійних втрат, яким удалося запобігти, самостійно окупити запровадження обмежень в умовах рівнинного рельєфу. Наукова новизна полягає в поєднанні цифрового моделювання рельєфу з аналізом витрат і зисків та в обґрунтуванні використання підходу з моделюванням трьох сценаріїв, який

відокремлює наслідки недотримання чинного законодавства від ефективності підходу поділу орних земель за еколого-технологічними групами.

Ключові слова: землеустрій, землекористування, економічна ефективність, еколого-технологічні групи, ерозія ґрунтів, універсальне рівняння втрат ґрунту, аналіз витрат і зисків, полезахисні лісові смуги, територіальна громада.

Постановка проблеми

Поділ орних земель на еколого-технологічні групи (далі – ЕТГ) за крутизною схилів є усталеним інструментом контурно-меліоративної організації території, що спирається на пряму законодавчу норму: частина третя статті 47 Закону України «Про охорону земель» забороняє розорювання схилів крутизною понад 7 градусів і обмежує розміщення просапних культур та чорного пару на схилах від 3 до 7 градусів, а частина п'ята статті 34 передбачає визначення культур і технологій, вирощування яких обмежується [1].

Попри правову визначеність цих вимог, практика їх застосування залишається проблемною. Землевпорядна документація фіксує межі ЕТГ та відповідні обмеження, однак рішення про структуру посівів і спосіб обробітку ухвалює землекористувач, для якого дотримання обмежень означає безпосередню втрату доходу, тоді як вигоди від збереження ґрунтового покриву помітні лише в довгостроковій перспективі й лише частково капіталізуються. Це класична розбіжність приватної та суспільної вигоди, яка часто не спонукає землевласників та землекористувачів до довгострокового збереження якості земель. Розв'язання цієї проблеми потребує не додаткових заборон, а кількісного вимірювання розриву між ними.

Наявні вітчизняні дослідження зосереджені переважно на мето-

дичних питаннях виділення ЕТГ та агрономічному обґрунтуванні ґрунтозахисних сівозмін, тоді як вартісне оцінювання наслідків їх запровадження залишається фрагментарним. Додаткову складність створює те, що звичні методики розрахунку збитків втратили правову основу: постанова Кабінету Міністрів України від 17 листопада 1997 р. № 1279 щодо нормативів втрат сільськогосподарського виробництва втратила чинність, а саме поняття відшкодування таких втрат вилучене із Земельного кодексу України. Це зумовлює потребу в методиках, які спиралися б на чинні нормативно-правові акти, сучасну практику сільськогосподарського землекористування та сучасні можливості просторового моделювання.

Актуальність посилюється тим, що більшість оцінок ефективності протиерозійних заходів в Україні проведено для територій із значною крутизною схилів, де доцільність захисних заходів не потребує окремого доведення. Для рівнинних громад Лісостепу, де переважна частина ріллі розташована на схилах до 3 градусів, ані наявність, ані відсутність економічного ефекту не є очевидними наперед.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Методичні засади поділу орних земель на еколого-технологічні групи закладені у праці О.Г. Тарарика та М.Г. Лобаса [2], де обґрунтовано

граничні значення крутизни схилів (3° та $5-7^\circ$) як критерії диференціації та принципи побудови сівозмін залежно від ЕТГ. Ці нормативи залишаються методичною основою для визначення меж ЕТГ і проектування сівозмін. Структуру зерно-трав'яних і травопільних сівозмін для земель другої групи обґрунтовано В.Ф. Сайком та П.І. Бойком [3], а проектування ґрунтозахисних і меліоративних заходів в агроландшафтах, включно з розміщенням лісосмуг на межах ЕТГ, – С.Ю. Булігіним, В.І. Бураковим і М.М. Котовою [4].

Просторово-розподілене моделювання ерозійно-аккумулятивних процесів в агроландшафтах України розроблено О.А. Светлічним [5], оцінювання протиерозійної регуляторної здатності рослинного покриву в умовах кліматичних змін – Ю. Никитюком та колегами [6]. Обидві праці підтверджують потребу в кількісному прогнозуванні темпів ерозійного руйнування, однак не переводять фізичні втрати у вартісні показники на рівні окремої громади. Міжнародний методичний апарат сформований універсальним рівнянням втрат ґрунту в класичній [7] та переглянутій [8] редакціях. Ключове для просторового застосування вдосконалення – обчислення фактора довжини схилу за площею водозбору – запропоноване Р.Дж. Десмет і Г. Говерс [9], а залежність фактора крутизни від ухилу уточнена Д.К. МакКул зі співавторами [10]. За глобальною оцінкою ерозійної здатності опадів, проведеною Р. Панасом та колегами середнє значення цього фактора для України становить $422 \text{ МДж} \cdot \text{мм} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ [11], що суттєво нижче за середньоєвропейське і має враховуватися під час параметризації моделі для вітчизняних умов.

Економічні аспекти землеустрою на рівні громади розглянуто в монографії О.С. Дорош, І.О.-Ю. Застулки та А.Й. Дороша, де виконано розрахунок наслідків вилучення сільськогосподарських угідь із обробітку з урахуванням недоотриманих доходів землевласників, землекористувачів і найманих працівників та надходжень місцевого бюджету [12]. Проте цей підхід спирається на нормативи, що втратили чинність, і не містить оцінки відвернених збитків, відповідно їх підхід потребує оновлення та удосконалення. Інституційні підходи до планування сталого використання земель обґрунтовано О.С. Дорош [13] та Й.М. Дорошем, А.В. Барвінським і А.Й. Дорошем [14], питання формування ґрунтоохоронних обмежень – О. Кустовською та О. Поліщук [15], еколого-економічний механізм стимулювання – у монографії за науковою редакцією О.І. Дребот [16]. Один з авторів попередньо запропонував удосконалену методику ідентифікації ЕТГ на основі цифрових моделей рельєфу та виконав її апробацію на орних землях Вінницької МТГ, проте питання витрат і зисків запровадження ЕТГ залишилося поза межами тієї публікації [17].

Узагальнення наукового доробку засвідчує наявність двох слабо поєднаних напрямів – агрономічно-землевпорядного обґрунтування еколого-технологічних обмежень та оцінки економічної ефективності сільськогосподарського землекористування. Відповідно, методичний апарат, який дозволяв би перевести просторово диференційовані фізичні втрати ґрунту у вартісні показники й зіставити їх із витратами на запровадження обмежень у межах конкретної громади потребує розробки. З

метою максимального охоплення релевантних літературних джерел для їх пошуку та оформлення за ДСТУ та стандартом АРА використовувалася мовна модель Claude Opus 5.

Метою дослідження є розроблення та апробація методичного підходу до кількісного оцінювання економічної ефективності запровадження еколого-технологічних обмежень у використанні орних земель територіальної громади, який поєднує просторово розподілене моделювання ерозійних втрат інструментами GIS із аналізом витрат і зисків та дає змогу відокремити власний ефект еколого-технологічного поділу земель від наслідків недотримання чинних вимог законодавства щодо сівозмін.

Матеріали і методи дослідження

Об'єктом дослідження є орні землі Вінницької міської територіальної громади (далі – Вінницька МТГ) загальною площею 8111,8 га, поділені на три еколого-технологічні групи: I ЕТГ (крутизна 0-3°) площею 7737,13 га з поділом на підгрупи Ia (0-1°) – 4541,96 га та Ib (1-3°) – 3195,17 га; II ЕТГ (3-5°) – 320,64 га; III ЕТГ (понад 5°) – 54,05 га [17]. Розрахункова частина моделі охоплює 8030,7 га, для яких одночасно доступні дані рельєфу, ґрунтового покриття та фактичного використання.

Інформаційну базу становлять: цифрова модель рельєфу роздільною здатністю 10 м, побудована за ізолініями рельєфу ДНВП «Картографія»; векторні шари меж еколого-технологічних груп, агровиробничих груп ґрунтів, ступеня еродованості ґрунтів і сільськогосподарських угідь за матеріалами Державного земельного

кадастру станом на кінець 2021 року; растр класифікації сільськогосподарських культур за 2022 рік роздільною здатністю 6,5 м; дані X туру агрохімічного обстеження ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»; статистичні дані щодо врожайності культур у Вінницькій області та цін їх реалізації станом на 2026 рік. Частина вихідних даних отримана в рамках попереднього дослідження авторів [17, 18]. Дослідження виконано в чотири етапи: просторове моделювання ерозійних втрат, оцінювання фактичного стану землекористування, побудова сценаріїв та розрахунок показників економічної ефективності.

Річний змив ґрунту розраховано попільсьельно (роздільна здатність 10 м) за універсальним рівнянням втрат ґрунту [7; 8]:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P, \quad (1)$$

де A – середньорічний змив ґрунту, т/га; R – фактор ерозійної здатності опадів, МДж•мм•га⁻¹•год⁻¹•рік⁻¹; K – фактор еродованості ґрунту, т•га•год•га⁻¹•МДж⁻¹•мм⁻¹; LS – безрозмірний фактор рельєфу, що враховує довжину і крутизну схилу; C – безрозмірний фактор рослинного покриття та системи землеробства; P – безрозмірний фактор протиерозійних агротехнічних заходів.

Принциповою особливістю підходу є обчислення фактора рельєфу безпосередньо з цифрової моделі рельєфу, а не за табличними значеннями для природно-сільськогосподарського району. Модель попередньо гідрологічно скориговано, після чого визначено напрямки стоку за восьмизв'язною схемою та обчислено площу водозбору кожної комірки.

Складову довжини схилу розраховано за формулою, запропонованою P.J.J. Desmet і G. Govers [9], яка

оперує не умовною довжиною схилу, а фактичною площею водозбору, що робить її придатною для складного рельєфу:

$$L = [(A_i + D^2)^{(m+1)} - A_i^{(m+1)}] / [D^{(m+2)} \cdot x^m \cdot 22,13^m], \quad (2)$$

де A_i – площа водозбору, що надходить до комірки, m^2 ; D – розмір комірки, m ; x – коефіцієнт форми, що враховує експозицію схилу; $m = \beta / (1 + \beta)$, де $\beta = (\sin \theta / 0,0896) / (3 \cdot \sin 0,8\theta + 0,56)$, а θ – кут нахилу поверхні. Площу водозбору обмежено значенням, що відповідає довжині схилу 300 м, – загальноприйнятою межею застосовності рівняння. Складову крутизни схилу обчислено за співвідношеннями, запропонованими D.K. McCool: $S = 10,8 \cdot \sin \theta + 0,03$ при $\tan \theta < 0,09$ та $S = 16,8 \cdot \sin \theta - 0,50$ при $\tan \theta \geq 0,09$ [10].

Фактор ерозійної здатності опадів прийнято на рівні 500 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹: за оцінкою, здійсненою Р. Panagos, середнє для України становить 422, при цьому степові й поліські райони знижують національне середнє, тоді як Правобережний Лісостеп краще зволожений [11].

Фактор еродованості ґрунту задано диференційовано за 24 агро-виробничими групами ґрунтів на досліджуваній території в межах Вінницької МТГ в діапазоні 0,020-0,055. Для домінантних агрогруп 41д (58,55 % площі) і 53д (18,92 %) прийнято 0,032 і 0,030, для змитих різновидів (37д, 38д, 49д, 50д) – підвищені 0,040-0,052, що відображає зниження водостійкості структури.

Фактор рослинного покриву в базовому сценарії задано попиксельно за растром фактичної класифікації культур, у проєктних – за складом відповідних сівозмін. Фактор протиерозійних заходів прийнято рівним

одиниці за обробітку без урахування горизонталей, 0,55 – за контурного обробітку в підгрупі Іб і 0,45 – у ІІ ЕТГ (табл. 1).

Растр класифікації культур накладено на полігони ЕТГ із розрахунком часток кожної культури в межах кожної групи, після чого частки зіставлено з нормативами оптимального співвідношення культур для Лісостепоного регіону, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 11 лютого 2010 р. № 164 [19].

Застосування двох сценаріїв «фактичний стан – проєктний стан» у даному дослідженні є методично некоректним: фактична структура посівів порушує чинні нормативи співвідношення культур, тому приведення її у відповідність до законодавства є самостійною вимогою, незалежною від еколого-технологічного поділу земель, і віднесення пов'язаних із цим витрат до наслідків обмежень за ЕТГ штучно погіршувало б їх оцінку. Застосовано підхід з моделюванням трьох сценаріїв:

Сценарій S0 – фактичний стан за даними 2022 року: структура посівів за растром класифікації культур, обробіток без урахування горизонталей, наявні лісосмуги без реконструкції.

Сценарій S1 – дотримання нормативів співвідношення культур згідно з постановою № 164 без диференціації за ЕТГ: озима пшениця 30 %, кукурудза 15 %, сояшник 9 %, соя 8 %, озимий ріпак 4 %, ярі зернові 10 %, зернобобові 4 %, багаторічні трави 20 %.

Сценарій S2 – нормативні сівозміни в поєднанні з еколого-технологічними обмеженнями, обґрунтованими авторами раніше [17]: у підгрупі Іб – обов'язковий контурний обробіток; у ІІ ЕТГ – ґрунтозахисна зерно-трав'яна сівозміна (багаторічні трави 40 %,

1. Параметри моделі просторового розрахунку змиву ґрунту

Параметр	Прийняте значення	Джерело обґрунтування
R, МДж•мм•га ⁻¹ •год ⁻¹ •рік ⁻¹	500	Panagos та ін. [11] з коригуванням на Правобережний Лісостеп
К: чорноземи (41д, 53д, 41в) / темно-сірі й лучні (40д, 45д, 133д)	0,030-0,032 / 0,033-0,036	Номограма Wischmeier – Smith [7]
К: сірі опідзолі (29в, 29г, 29д, 31в) / змиті різновиди (37д, 38д, 49д, 50д)	0,040-0,045 / 0,040-0,052	Номограма Wischmeier – Smith [7]
LS	обчислено з ЦМР	Desmet – Govers [9]; McCool та ін. [10]
С: соняшник / кукурудза / соя	0,40 / 0,35 / 0,32	Renard та ін. [8]
С: озима пшениця / ріпак / багаторічні трави	0,12 / 0,15 / 0,03	Renard та ін. [8]
С: ґрунтозахисна сівозмінна (II ЕТГ) / залуження (III ЕТГ)	0,09 / 0,02	Розраховано за складом сівозміни [3, 8]
Р: уздовж схилу / контурний (I6) / контурний із щільванням (II ЕТГ)	1,00 / 0,55 / 0,45	Renard та ін. [8]

Джерело: сформовано авторами.

озима пшениця 30 %, ярі зернові 20 %, зернобобові 10 %) без просапних культур і чорного пару; у III ЕТГ – виведення з інтенсивного обробітку з консервацією шляхом залуження [20]; відведення до 1 % площі ріллі під нові полезахисні лісові смуги.

Ефект дотримання законодавства про сівозміни визначається різницею $S_0 \rightarrow S_1$, власний ефект еколого-технологічних обмежень – різницею $S_1 \rightarrow S_2$. Предметом економічного оцінювання в даному дослідженні є другий приріст; перший наводиться для порівняння масштабів.

Систему полезахисних лісових смуг сплановано з урахуванням наявного стану: із 263,6 га облікованих насаджень лінійного типу 50 % не потребують втручання, 30 % придатні до реконструкції, а 20 % потребують повної заміни. Додатково передбачено закладення 81,1 га нових смуг, з яких не більш як 9 га може бути розміщено в межах III ЕТГ. Відповідно, площа III ЕТГ під консервацію із залуженням становить 45,05 га.

Відвернені втрати ґрунту визначено за відновною вартістю – сумою витрат на відтворення в ґрунті гумусу та поживних речовин, що містяться у відверненому обсязі змиву. Підхід відповідає логіці Методики, затвердженій наказом Міндовкільля України від 4 квітня 2022 р. № 167 [21]:

$$B_3 = \Delta W \cdot (r \cdot C_g + \sum n_i \cdot C_i), (3)$$

де B_3 – вартість відвернених витрат, грн/рік; ΔW – відвернений змив, т/рік; r і n_i – вміст гумусу та і-ї рухомої форми поживної речовини, частка; C_g і C_i – вартість відтворення 1 т гумусу та 1 т діючої речовини добрива, грн.

Вміст гумусу прийнято на рівні 2,70 %, вміст азоту, що легко гідролізується (за Корнфілдом), – 80,0 мг/кг, рухомих сполук фосфору та калію (за Чириковим) – відповідно 87,0 та 108,0 мг/кг ґрунту за середньозваженими даними X туру агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь [22]. Використання рухомих, а не валових форм є принциповим, оскільки валовий вміст калію в чор-

ноземах у кілька разів вищий і завищував би оцінку. Вартість відтворення 1 т гумусу визначено через внесення підстилкового гною за коефіцієнта гуміфікації 0,05.

Маржинальний дохід із гектара розраховано як різницю між вартістю валової продукції та прямими виробничими витратами:

$$MD = \sum (Y_i \cdot C_i - Z_i) \cdot d_i, \quad (4)$$

де Y_i , C_i , Z_i і d_i – урожайність (т/га), ціна реалізації (грн/т), прямі виробничі витрати (грн/га) та частка i -ї культури у структурі посівів.

Урожайність прийнято за середніми за 2021–2025 рр. показниками Вінницької області [23], ціни реалізації — за даними державного статистичного спостереження щодо реалізації продукції сільськогосподарськими підприємствами у постійних цінах 2026 року [24]. Прямі виробничі витрати та додаткові витрати на контурний обробіток за відсутності чинних галузевих технологічних карт прийнято експертно на рівні 900 грн/га на рік, виходячи з поправочних коефіцієнтів до норм виробітку й витрат палива на клас довжини гону та кут схилу [25]. З огляду на невизначеність, цей параметр випробувано в діапазоні 500–1500 грн/га в аналізі чутливості.

Ефект лісових смуг оцінено як приріст вартості валової продукції на захищеній площі:

$$VL = S_{\text{зах}} \cdot VD \cdot \pi, \quad (5)$$

де $S_{\text{зах}}$ – додатково захищена площа, га; VD – вартість валової продукції з гектара за нормативної сівозміни, грн/га; π – відносний приріст урожайності під захистом лісосмуг, частка.

Співвідношення площ прийнято як 1 га лісосмуги на 25 га ріллі. Цю величину визначено з умови повно-

го покриття орних земель громади проектною системою насаджень: 344,7 га смуг забезпечують захист 8 618 га за наявних 8 030,7 га ріллі. Приріст урожайності у зоні позитивного впливу полезахисних лісових смуг прийнято на рівні 5 %. Це нижня межа порівняно з даними літератури: метааналіз Kort фіксує стійке підвищення врожайності польових і кормових культур у зоні позитивного впливу полезахисних лісових смуг [26], а дослідження Osorio за виробничими даними бортових моніторів урожайності дає 10 % для озимої пшениці та 16 % для сої [27]. Водночас та сама праця показує, що сучасні сорти й гібриди реагують на захист слабше за старіші, а компенсація вилученої під насадження площі досягається не в усіх конфігураціях, тому нижня межа діапазону обрана свідомо. Вихід насаджень на повну захисну дію змодельовано лінійно протягом десяти років з моменту закладення; за відсутності нормативу цей строк прийнято експертно, виходячи з періоду досягнення смугою проектної висоти [28].

Інтегральним показником обрано чисту приведену вартість з горизонтом 20 років, що відповідає двом-трьом циклам ротації сівозміни та періоду досягнення лісосмугами проектної висоти:

$$ЧПВ = \sum [(B3 + VL) - (\Delta MD + VL + K)] / (1 + r)^t, \quad (6)$$

де $B3$ – вартість відвернених втрат ґрунту, грн; VL – ефект лісосмуг, грн; ΔMD – втрата маржинального доходу внаслідок зміни сівозмін і способу обробітку, грн; VL – втрата доходу з ріллі, відведеної під лісосмуги, грн; K – капітальні витрати, грн; r – ставка дисконтування; t – рік розрахункового періоду.

Розрахунок виконано за трьома ставками дисконтування: 10 % відповідає приватній перспективі землекористувача (вартість капіталу в аграрному секторі), 5 % і 3 % – суспільній перспективі громади й узгоджуються з підходами до аналізу витрат і зисків у Європейському Союзі [29]. Додатково розраховано індекс зисків і витрат та термін окупності, а стійкість результатів перевірено однофакторним аналізом чутливості за п'ятьма параметрами.

Застосовано методи просторового аналізу та геоінформаційного моделювання, монографічний і абстрактно-логічний, порівняльного аналізу, сценарного моделювання, дисконтування грошових потоків та аналізу чутливості. Обчислення виконано в середовищі QGIS із плагіном GRASS та мовою Python. При формуванні методології також відбувалася плідна дискусія з мовною моделлю Claude Opus 5.

Результати дослідження та їх обговорення

Обчислення фактора рельєфу з цифрової моделі дало результат, що має самостійне методичне значення: середні значення LS становлять 0,182 для підгрупи Ia, 0,375 для Ib, 0,780 для II ЕТГ і 1,823 для III ЕТГ за середньозваженого 0,293, тобто градієнт монотонний і майже десятикратний.

Це має принципове значення: межі груп проведено за крутизною схилів – показником, який не враховує ані довжини схилу, ані конвергенції стоку, тоді як фактор LS враховує обидва чинники, тож монотонність градієнта означає узгодженість спрощеного геоморфологічного критерію

з результатом повноцінного гідрологічного моделювання.

Маючи дані щодо посівів за 2022 рік, здійснили накладання растру класифікації культур на межі ЕТГ. У результаті виявлено картину, що суперечить не лише рекомендаціям попереднього етапу, а й чинним нормативам співвідношення культур (табл. 2).

Частка соняшнику перевищує верхню межу нормативу в 4,8-5,3 раза й практично не змінюється між групами. Примітка до нормативів установлює періодичність вирощування соняшнику не менше ніж через сім років, тобто не більш як 12,5 % площі; фактичні 43-48 % означають повернення культури приблизно кожні два роки. Частка технічних культур перевищує норматив у 1,4-1,6 раза, а багаторічних трав становить 1,9-6,8 % за нормативу 10-50 %, причому це верхня оцінка, бо відповідний клас растру об'єднує трави з лісом і чагарниками.

Найважливішим є, однак, не сам факт перевищення нормативів, а характер його просторового розподілу: частка просапних культур не знижується з наростанням ерозійної небезпеки, а зростає, сягаючи максимуму 65,2 % саме в межах II ЕТГ, тобто на схилах 3-5°, де частина третя статті 47 Закону України «Про охорону земель» прямо обмежує їх розміщення. У межах III ЕТГ, яка підлягає виведенню з інтенсивного обробітку, просапні займають 51,8 %, а під багаторічними травами перебуває лише 6,8 % площі.

Отже, між інтенсивністю землекористування та ерозійною небезпекою території відсутній будь-який значущий зв'язок: ідеться не про окремі порушення обмежень, а про системну відсутність диференціації землекористування за ерозійним ризиком.

2. Фактична структура посівів орних земель Вінницької МТГ за еколого-технологічними групами, 2022 р., % площі групи

Культура	Норматив для Лісостепу [19]	Ia	Iб	II ЕТГ	III ЕТГ
Соняшник	5-9	44,7	48,0	44,6	43,3
Озима пшениця	–	32,0	27,6	24,1	23,9
Кукурудза	–	9,0	11,3	14,9	6,3
Соя	–	2,1	2,6	5,4	2,2
Озимий ріпак	3-5	2,6	0,9	0,0	0,0
Ячмінь, горох, інші	–	0,4	0,5	1,2	3,1
Цукрові буряки	–	0,4	0,1	0,2	0,0
Багаторічні трави, ліс, чагарники	10-50	1,9	2,0	3,4	6,8
Нерозпізнана рослинність	–	6,7	6,6	5,5	14,1
Технічні культури, усього	5-30	47,7	49,0	44,9	43,3
Просапні культури, усього	–	56,2	62,1	65,2	51,8

Джерело: розраховано авторами за растром класифікації сільськогосподарських культур та постановою КМУ № 164 [19].

Відповідно було здійснено просторове моделювання змиву ґрунту за трьома сценаріями, результати якого наведено в табл. 3.

У фактичному стані змив зростає від 0,84 т/га/рік у підгрупі Ia до 7,50 т/га/рік у III ЕТГ, тобто майже в дев'ять разів. Дотримання нормативів співвідношення культур знижує його на 37 % по громаді, але зберігає диференціацію за групами: у III ЕТГ змив залишається на рівні 5,24 т/га/рік. Запровадження еколого-технологічних

обмежень вирівнює показник на рівні 0,51-0,61 т/га/рік у всіх групах, тобто усуває залежність ерозійних втрат від рельєфу. Загальний обсяг змиву знижується з 10,99 до 6,94 і далі до 4,57 тис. т/рік: приріст $S_0 \rightarrow S_1$ дає 4,05 тис. т/рік відвернутих втрат, приріст $S_1 \rightarrow S_2$ – ще 2,37 тис. т/рік.

Для незалежної перевірки результатів моделювання отримані значення змиву зіставлено з фактичною еродованістю ґрунтового покриву. У межах контурів змитих агрогруп (37д, 38д,

3. Моделюваний змив ґрунту на орних землях Вінницької МТГ за сценаріями

ЕТГ	Площа, га	LS	C (S_0)	Змив S_0 , т/га	Змив S_1 , т/га	Змив S_2 , т/га	Разом S_0 , тис.т	Разом S_1 , тис.т	Разом S_2 , тис. т
Підгрупа Ia	4505,5	0,182	0,279	0,84	0,55	0,55	3,78	2,46	2,46
Підгрупа Iб	3160,8	0,375	0,294	1,78	1,10	0,61	5,64	3,48	1,92
II ЕТГ	312,1	0,780	0,297	3,79	2,34	0,51	1,18	0,73	0,16
III ЕТГ	52,3	1,823	0,274	7,50	5,24	0,57	0,39	0,27	0,03
Усього	8030,7	0,293	0,287	1,37	0,86	0,57	10,99	6,94	4,57

Джерело: розраховано авторами.

49д, 50д, 55д) площею 77,3 га модельований змив становить у середньому 3,18 т/га/рік за медіани 1,72, тоді як на незмитих ґрунтах – 1,36 і 0,80 т/га/рік, тобто у 2,34 рази менше. Модель, побудована виключно на даних рельєфу, ґрунтів і фактичного використання, без калібрування за спостереженою еродованістю самостійно відтворила її просторовий розподіл, що підтверджує адекватність параметризації. Верхні 10 % площі ріллі формують 40,3 % загального обсягу втрат ґрунту, що обґрунтовує доцільність адресних, а не суцільних заходів.

Зміна сівозмін, а саме набору культур та їх частки в загальній площі, безумовно, матиме економічні наслідки. Розрахунок маржинального доходу культур виявляє економічну природу проблеми. За середньої для області врожайності [23] та цін реалізації станом на 2026 рік [24] соняшник дає близько 46 тис. грн/га — приблизно вдвічі більше за озиму пшеницю, у п'ятеро більше за багаторічні трави й майже на третину більше за кукурудзу. Прямі виробничі витрати за відсутності чинних галузевих технологічних карт прийнято експертно, тому наведені величини слід розглядати як оцінні; проте порядок співвідношення підтверджується незалежно

— фактичною структурою посівів, у якій частка соняшнику сягає 43–48 % попри нормативне обмеження 5–9 %.

Водночас саме соняшник має найвищий серед вирощуваних культур фактор рослинного покриву. Культура, найвигідніша для землекористувача на малому горизонті планування, є найбільш ерозійно небезпечною. Це раціональна відповідь на структуру цінових стимулів, і саме тому адміністративна заборона без економічного механізму не працює.

Розрахунок маржинального доходу за сценаріями наведено в табл. 4.

Результат є ключовим для розуміння структури проблеми: приведення структури посівів у відповідність до нормативів коштує землекористувачам 102,5 млн грн недоотриманого доходу щороку (майже 36 % його обсягу), тоді як запровадження власне еколого-технологічних обмежень поверх нормативної сівозміни – лише 6,6 млн грн, або 3,6%. Основна перешкода лежить, отже, не в площині еколого-технологічного поділу земель, а в площині дотримання загальних вимог до сівозмін.

Проте, окрім втрат від запровадження еколого-технологічних обмежень є також і зиски. Складові ефекту приросту $S_1 \rightarrow S_2$ такі. Вигоди: від-

4. Маржинальний дохід орних земель Вінницької МТГ за сценаріями, грн/га на рік

ЕТГ	Площа, га	S_0	S_1	S_2	Зміна $S_0 \rightarrow S_1$	Зміна $S_1 \rightarrow S_2$
Підгрупа Ia	4505,5	35 120	22 759	22 759	-12 361	0
Підгрупа Ib	3160,8	36 147	22 759	21 859	-13 388	-900
II ЕТГ	312,1	35 302	22 759	12 920	-12 543	-9 839
III ЕТГ	52,3	34 024	22 759	9 000	-11 265	-13 759
Разом, млн грн/рік	8030,7	285,3	182,8	176,1	-102,5	-6,6

Джерело: розраховано авторами.

5. Показники економічної ефективності запровадження еколого-технологічних обмежень

Показник	r = 3 % (суспільна перспектива)	r = 5 % (суспільна перспектива)	r = 10 % (приватна перспектива)
Дисконтвані вигоди, млн грн	143,0	115,0	70,6
Дисконтвані витрати, млн грн	150,3	129,3	94,8
Чиста приведена вартість, млн грн	-7,29	-14,33	-24,13
Індекс зисків і витрат	0,95	0,89	0,75
Дисконтований строк беззбитковості, років	24	32	не досягається

Джерело: розраховано авторами.

вернений змив 2 370 т/рік за відновної вартості 339 грн/т – 0,80 млн грн/рік; ефект лісосмуг на додатково захищеній площі 4 655 га за вартості валової продукції 51 979 грн/га і приросту урожайності 5 % – 12,10 млн грн/рік. Щорічні витрати: втрата маржинального доходу – 6,64 млн грн, втрата доходу з 81,1 га ріллі під новими лісосмугами – 1,85 млн грн. Капітальні витрати: нові лісосмуги з проектами землеустрою – 11,76 млн грн, реконструкція та заміна наявних насаджень – 11,07 млн грн, консервація 45,05 га III ЕТГ із залуженням [20] – 1,94 млн грн; разом 24,77 млн грн одноразово.

Зіставлення складових дає перший змістовний результат: вартість відвернутих втрат ґрунту становить 0,80 млн грн на рік, тоді як щорічні витрати на запровадження обмежень – 8,49 млн грн, тобто співвідношення приблизно 1:10,6. Це означає, що протиерозійний ефект як такий не здатен окупити запровадження еколого-технологічних обмежень в умовах рівнинного рельєфу Вінницької МТГ. Причина очевидна з даних табл. 3: середній модельований змив у фактичному стані становить 1,37 т/га/рік, що нижче за прийняті у вітчизняній практиці допустимі норми ерозії для

чорноземів, а перевищення локалізоване лише в межах II та III ЕТГ – на 364,4 га, або 4,5 % площі ріллі.

Основну вигоду формує лісомеліоративний блок – 12,10 млн грн на рік, що у п'ятнадцять разів перевищує протиерозійний ефект: лісосмуги діють не через запобігання змиву, а через зміну мікроклімату захищеної території, і в рівнинних умовах цей механізм вагоміший. Вартісні параметри лісомеліоративних заходів, відтворення гумусу і консервації за відсутності чинних кошторисних нормативів прийнято експертно. Ключові з них випробувано в аналізі чутливості.

Результати дисконтування грошових потоків за горизонтом 20 років наведено в табл. 5.

Значення чистої приведеної вартості є від'ємними за всіх ставок, однак характер від'ємності різний: за суспільної ставки 3 % індекс зисків і витрат становить 0,95, тобто реалізація всіх модельованих заходів близька до беззбитковості, тоді як за приватної ставки 10 % він знижується до 0,75. Розрив між приватною й суспільною вигодою становить 16,8 млн грн приведеної вартості – це кількісне вираження розміру необхідної компенсації

землевласникам та землекористувачам. Показовим є й розподіл ефекту в часі: модельовані заходи виходять на стабільний додатний річний баланс (+4,42 млн грн) уже з десятого року, однак недисконтований термін окупності становить 18 років, а за суспільної ставки 5 % дисконтована беззбитковість досягається лише на 32-й рік. Впровадження цих обмежень та заходів окупається, але за межами горизонту моделювання.

У рамках дослідження також здійснено однофакторний аналіз чутливості моделювання, результати якого наведено в табл. 6.

Аналіз виявляє різко асиметричну структуру невизначеності: розмах результату за приростом урожайності у зоні позитивного впливу полезахисних лісових смуг (146,98 млн грн) більш ніж утричі перевищує розмах за будь-яким іншим параметром, а за приросту 10 %, що відповідає поширеним у літературі оцінкам, чиста приведена вартість сягає +90,65 млн грн. Отже, результат визначається насамперед лісомеліоративною складовою, а прийнятий у базовому розрахунку приріст 5 % є нижньою межею літературного діапазону, що робить від'ємний базовий результат свідомо обережним.

Другим за впливовістю є додаткові витрати на контурний обробіток, що пояснюється великою площею підгрупи Іб – 3160,8 га; за нижнього значення 500 грн/га чиста приведена вартість стає додатною. Найслабший вплив має відновна вартість ґрунту – саме той параметр, через який оцінюється протиерозійний ефект: навіть за її подвоєння модельовані заходи залишаються збитковими, що остаточно підтверджує другорядність цієї складової в рівнинних умовах.

Результати дослідження є цілком валідними, проте варто зважати на три застереження. Дані про структуру посівів стосуються 2022 року й становлять одномоментний зріз, а не спостереження за повний цикл ротації; при цьому посівні площі соняшнику в Україні того року були нижчими за довоєнні, що дає підстави вважати виявлену структуру радше типовою. Клас «нерозпізнана рослинність» (5,5-14,1 % площі) віднесено до розрахунку з усередненим фактором покриву. Вплив кліматичних змін не враховувався, а за зростання інтенсивності зливових опадів протиерозійна складова зростатиме, що підвищить економічну доцільність запровадження модельованих заходів.

6. Аналіз чутливості чистої приведеної вартості ($r = 5\%$), млн грн

Параметр	Діапазон випробування	Нижнє значення	Базове значення	Верхнє значення	Розмах
Приріст урожайності під захистом лісосмуг	3-10 %	-56,33	-14,33	+90,65	146,98
Додаткові витрати на контурний обробіток	500-1500 грн/га	+2,98	-14,33	-40,30	43,28
Ставка дисконтування	3-10 %	-7,29	-14,33	-24,13	16,83
Вартість створення 1 га лісосмути	90-160 тис. грн	-10,51	-14,33	-19,43	8,92
Відновна вартість 1 т ґрунту	250-500 грн/т	-16,97	-14,33	-9,59	7,38

Джерело: розраховано авторами.

Висновки і пропозиції

Розроблено й апробовано методичний підхід до кількісної оцінки економічної ефективності запровадження еколого-технологічних обмежень у використанні орних земель територіальної громади, що поєднує просторово розподілене моделювання ерозійних втрат за універсальним рівнянням втрат ґрунту з аналізом витрат і зисків. Ключовою методичною особливістю є обчислення рельєфного фактора безпосередньо з цифрової моделі рельєфу, створеної на етапі формування еколого-технологічних груп, що забезпечує прив'язку розрахунку до конкретної території та спадкоємність між етапами дослідження.

Обґрунтовано використання підходу з моделюванням трьох сценаріїв, який відокремлює наслідки недотримання чинних нормативів співвідношення культур у сівозмінах від власного ефекту запровадження еколого-технологічних обмежень у використанні орних земель. Необхідність такого поділу підтверджена кількісно: приведення структури посівів у відповідність до нормативів коштує землекористувачам 102,5 млн грн недоотриманого маржинального доходу щороку, тоді як запровадження еколого-технологічних обмежень поверх нормативної сівозміни – лише 6,6 млн грн, які за моделювання лише двох сценаріїв були б хибно приписані цим обмеженням.

Встановлено, що фактичне використання орних земель громади не диференційоване за ерозійною небезпекою: частка соняшнику становить 43,3-48,0 % за нормативу 5-9 %, а частка просапних культур сягає максимуму 65,2 % саме в межах II ЕТГ, де

їх розміщення обмежене законом. Модель пройшла незалежну валідацію: на контурах фактично змитих ґрунтів модельований показник у 2,34 раза вищий, а верхні 10 % площі ріллі формують 40,3 % втрат ґрунту, що обґрунтовує доцільність адресних заходів.

Обчислений із цифрової моделі рельєфу фактор LS монотонно зростає від 0,182 у підгрупі Ia до 1,823 у III ЕТГ, що є незалежним підтвердженням узгодженості меж еколого-технологічних груп із результатом гідрологічного моделювання. Запровадження обмежень знижує середній змив із 0,86 до 0,57 т/га/рік і вирівнює його на рівні 0,51-0,61 т/га/рік у всіх групах. Чиста приведена вартість за горизонтом 20 років становить -7,29 млн грн за ставки 3 %, -14,33 млн грн за ставки 5% та -24,13 млн грн за ставки 10 % при індексі зисків і витрат відповідно 0,95, 0,89 і 0,75.

Головний зміст результату полягає в тому, що в рівнинних громадах Лісостепу, де середній змив не перевищує допустимих норм, а перевищення локалізоване на менш ніж 5% площі ріллі, протиерозійна складова не здатна самостійно окупити запровадження обмежень: вартість відвернутих втрат ґрунту більш ніж удесятеро менша за щорічні витрати. Вирішальне значення має лісомеліоративна складова, ефект якої у п'ятнадцять разів більший. Отже, економічне обґрунтування обмежень для таких територій має будуватися передусім на лісомеліоративному та довгостроковому продуктивному ефектах, а не на зниженні змиву.

Розрив між приватною й суспільною вигодою становить 16,8 млн грн приведеної вартості й пояснює, чому обмеження не запроваджуються добровільно: землекористувач оці-

нює захід як збитковий більш ніж на п'яту частину, тоді як для громади він практично беззбитковий. Також важливим аргументом для цього є те, що термін окупності становить 18 років, а за суспільної ставки 5 % дисконтована беззбитковість досягається лише на 32-й рік. Впровадження цих обмежень та заходів окупається, але за межами горизонту моделювання. З огляду на це пропонується: закріплювати еколого-технологічні обмеження як істотні умови договорів оренди земель сільськогосподарського призначення з коригуванням орендної плати; розглядати виявлений розрив приватної й суспільної оцінки як обґрунтовану верхню межу компенсаційних виплат у механізмах економічного стимулювання, передбачених статтею 205 Земельного кодексу України; надавати пріоритет лісомеліоративним заходам як складовій з найвищою віддачею під час розроблення програм використання та охорони земель громад.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з уточненням додаткових витрат на контурний обробіток за технологічними картами, оскільки саме цей параметр визначає знак результату, а також із розширенням часового ряду даних про структуру посівів та включенням вуглецевої складової до моделювання.

Список використаної літератури

1. Про охорону земель : Закон України від 19.06.2003 № 962-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15> (дата звернення: 07.09.2026).
2. Тарарико О. Г., Лобас М. Г. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства. Київ : Агроінком, 1998. 158 с.
3. Сайко В. Ф., Бойко П. І. Сівозміни у землеробстві України. Київ : Аграрна наука, 2002. 148 с.
4. Булігін С. Ю., Бураков В. І., Котова М. М. Проектування ґрунтозахисних та меліоративних заходів в агроландшафтах. Київ: НАУ, 2004. 114 с.
5. Svetlitchnyi A. A. Soil erosion induced degradation of agrolandscapes in Ukraine: modeling, computation and prediction in conditions of the climate changes. Regional Aspects of Climate-Terrestrial-Hydrologic Interactions in Non-boreal Eastern Europe / eds. P. Y. Groisman, S. V. Ivanov. Dordrecht : Springer, 2009. P. 187–194. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2283-7_21.
6. Nykytiuk Y., Kravchenko O., Pitsil A., Bambura V., Seredniak D. Global climate change may reduce the anti-erosion regulatory capacity of vegetation cover in Ukraine's Polissya and Forest-Steppe regions. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2025. Vol. 16, No. 1. Art. e25004. DOI: <https://doi.org/10.15421/0225004>.
7. Wischmeier W. H., Smith D. D. Predicting rainfall erosion losses : a guide to conservation planning. Washington : USDA, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook ; No. 537).
8. Renard K. G., Foster G. R., Weesies G. A., McCool D. K., Yoder D. C. Predicting soil erosion by water : a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Washington : USDA, 1997. 384 p. (Agriculture Handbook ; No. 703).
9. Desmet P. J. J., Govers G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*. 1996. Vol. 51, No. 5. P. 427–433.
10. McCool D. K., Brown L. C., Foster G. R., Mutchler C. K., Meyer L. D. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*. 1987. Vol. 30, No. 5. P. 1387–1396.
11. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K. et

- al. Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. Art. 4175. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04282-8>.
12. Дорош О. С., Застулка І. О.-Ю., Дорош А. Й. Еколого-економічний розвиток територіальних громад та його параметральне забезпечення : монографія. Київ : ФОП Гуляєва В. М., 2024. 146 с.
 13. Дорош О. С., Дорош А. Й., Салюта В. А., Мельник Д. М. Інституційні підходи до планування сталого використання та охорони сільськогосподарських земель на території окремих землекористувачів. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. № 4. С. 16–26. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.02>.
 14. Дорош Й. М., Барвінський А. В., Дорош А. Й. Концептуальні засади формування системи раціонального сільськогосподарського землекористування. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. № 1. С. 45–56. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.05>.
 15. Кустовська О., Поліщук О. До питання формування ґрунтоохоронних обмежень при використанні земель сільськогосподарського призначення. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2019. Т. 25, № 4. С. 92–97. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2019.04.10>.
 16. Інституціональне забезпечення збалансованого використання та охорони земель сільськогосподарського призначення : монографія / О. І. Дребот, М. Я. Височанська, Н. В. Комарова ; за ред. О. І. Дребот. Київ : Аграрна наука, 2021. 280 с.
 17. Dorosh Y., Dorosh O., Barvinskyi A., Dorosh A., Kolisnyk H. GIS tools in the formation of environmentally friendly use of agricultural landscapes. International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2022» : conference proceedings (Lviv, 3–5 Oct. 2022). European Association of Geoscientists & Engineers, 2022. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590026>.
 18. Ibatullin Sh., Dorosh Y., Sakal O., Dorosh O., Dorosh A. Crop identification using remote sensing methods and artificial intelligence. International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2022» : conference proceedings (Lviv, 3–5 Oct. 2022). European Association of Geoscientists & Engineers, 2022. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590016>.
 19. Про затвердження нормативів оптимального співвідношення культур у сівозмінах в різних природно-сільськогосподарських регіонах : постанова Кабінету Міністрів України від 11.02.2010 № 164. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/164-2010-p> (дата звернення: 07.09.2026).
 20. Про затвердження Порядку консервації земель : постанова Кабінету Міністрів України від 19.01.2022 № 35. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/35-2022-p> (дата звернення: 07.09.2026).
 21. Про затвердження Методики визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану : наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 04.04.2022 № 167 : зареєстр. в М-ві юстиції України 09.04.2022 за № 406/37742. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22> (дата звернення: 07.09.2026).
 22. Наукові дослідження з моніторингу та обстеження сільськогосподарських угідь України за результатами X туру (2011–2015 рр.) / за ред. І. П. Яцука. Київ : ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», 2018. URL: <http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/Моніторинг-20171.pdf> (дата звернення: 09.09.2026).
 23. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах: державне статистичне спостереження / Державна служба статистики України. URL: <https://ukrstat.gov.ua>

- gov.ua/operativ/operativ2022/sg/pvzu/arch_pvXu_reg.htm (дата звернення: 09.09.2026).
24. Реалізація продукції сільськогосподарськими підприємствами: статистична інформація / Державна служба статистики України. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ7_u.htm (дата звернення: 09.09.2026).
25. Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на збиранні сільськогосподарських культур / І. М. Демчак, В. С. Пивовар, В. М. Івченко, Л. В. Кукса та ін. Київ : НДІ «Укראгропром-продуктивність», 2019. 160 с. (Бібліотека спеціаліста АПК «Економічні нормативи»). ISBN 978-966-8785-93-1.
26. Kort J. Benefits of windbreaks to field and forage crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1988. Vol. 22–23. P. 165–190. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90017-5).
27. Osorio R. J., Barden C. J., Ciampitti I. A. GIS approach to estimate windbreak crop yield effects in Kansas–Nebraska. *Agroforestry Systems*. 2019. Vol. 93, No. 4. P. 1567–1576. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0270-2>.
28. Brandle J. R., Hodges L., Zhou X. H. Windbreaks in North American agricultural systems. *Agroforestry Systems*. 2004. Vol. 61. P. 65–78. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000028990.31801.62>.
29. Guide to cost-benefit analysis of investment projects : economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014–2020 / European Commission, Directorate-General for Regional and Urban Policy. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2015. 358 p.
- 2003]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15>
2. Tararyko, O. H., & Lobas, M. H. (1998). *Normatyvy gruntozakhysnykh konturno-melioratyvnykh system zemlerobstva* [Standards for soil-protective contour-meliorative farming systems]. Kyiv: Ahroinkom. 158.
3. Saiko, V. F., & Boiko, P. I. (2002). *Sivozmyny u zemlerobstvi Ukrainy* [Crop rotations in Ukrainian agriculture]. Kyiv: Ahrarna nauka. 148.
4. Bulyhin, S. Yu., Burakov, V. I., & Kotova, M. M. (2004). *Proektuvannia gruntozakhysnykh ta melioratyvnykh zakhodiv v ahrolandshaftakh* [Design of soil-protective and reclamation measures in agrolandscapes]. Kyiv: NAU. 114.
5. Svetlitchnyi, A. A. (2009). Soil erosion induced degradation of agrolandscapes in Ukraine: Modeling, computation and prediction in conditions of the climate changes. In P. Y. Groisman & S. V. Ivanov (Eds.), *Regional aspects of climate-terrestrial-hydrologic interactions in non-boreal Eastern Europe* (pp. 187–194). Dordrecht: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2283-7_21
6. Nykytiuk, Y., Kravchenko, O., Pitsil, A., Bambura, V., & Seredniak, D. (2025). Global climate change may reduce the anti-erosion regulatory capacity of vegetation cover in Ukraine's Polissya and Forest-Steppe regions. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 16(1), Article e25004. DOI: <https://doi.org/10.15421/0225004>
7. Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. Washington, DC: USDA. (Agriculture Handbook No. 537).
8. Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington, DC: USDA. (Agriculture Handbook No. 703).

References

1. Pro okhoronu zemel [On land protection]: Zakon Ukrainy vid 19.06.2003 No. 962-IV [Law of Ukraine No. 962-IV of June 19,

9. Desmet, P. J. J., & Govers, G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51(5), 427–433.
10. McCool, D. K., Brown, L. C., Foster, G. R., Mutchler, C. K., & Meyer, L. D. (1987). Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*, 30(5), 1387–1396.
11. Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., et al. (2017). Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. *Scientific Reports*, 7, Article 4175. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04282-8>
12. Dorosh, O. S., Zastulka, I. O.-Yu., & Dorosh, A. Y. (2024). Ekolohe-ekonomichniy rozvytok terytorialnykh hromad ta yoho parametralne zabezpechennia [Ecological and economic development of territorial communities and its parametric support]. Kyiv: FOP Huliaeva V. M.
13. Dorosh, O. S., Dorosh, A. Y., Saliuta, V. A., & Melnyk, D. M. (2022). Instytutsiini pidkhody do planuvannia staloho vykorystannia ta okhorony silskohospodarskykh zemel na terytorii okremykh zemlekorystuvan [Institutional approaches to planning sustainable use and protection of agricultural land within individual land uses]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, (4), 16–26. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.02>
14. Dorosh, Y. M., Barvinskyi, A. V., & Dorosh, A. Y. (2022). Kontseptualni zasady formuvannia systemy ratsionalnoho silskohospodarskoho zemlekorystuvannia [Conceptual principles of forming a system of rational agricultural land use]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, (1), 45–56. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.05>
15. Kustovska, O., & Polishchuk, O. (2019). Do pytannia formuvannia gruntookhoronnykh obmezhen pry vykorystanni zemel silskohospodarskoho pryznachennia [On the formation of soil-protective restrictions in the use of agricultural land]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, 25(4), 92–97. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2019.04.10>
16. Drebot, O. I., Vysochanska, M. Ya., & Komarova, N. V. (Eds.). (2021). Instytutsionalne zabezpechennia zbalansovanoho vykorystannia ta okhorony zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Institutional support for balanced use and protection of agricultural land]. Kyiv: Ahrarna nauka. 280.
17. Dorosh, Y., Dorosh, O., Barvinskyi, A., Dorosh, A., & Kolisnyk, H. (2022). GIS tools in the formation of environmentally friendly use of agricultural landscapes. In International Conference of Young Professionals “GeoTerrace-2022”: Conference proceedings (pp. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590026>
18. Ibatullin, Sh., Dorosh, Y., Sakal, O., Dorosh, O., & Dorosh, A. (2022). Crop identification using remote sensing methods and artificial intelligence. In International Conference of Young Professionals “GeoTerrace-2022”: Conference proceedings (pp. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590016>
19. Pro zatverdzhennia normatyviv optymalnoho spivvidnoshennia kultur u sivozminakh v riznykh pryrodno-silskohospodarskykh rehionakh [On approval of standards for the optimal ratio of crops in crop rotations in different natural-agricultural regions]: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 11.02.2010 No. 164 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 164 of February 11, 2010]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/164-2010-n>
20. Pro zatverdzhennia Poriadku konservatsii zemel [On approval of the Procedure for

- land conservation]: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 19.01.2022 No. 35 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 35 of January 19, 2022]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/35-2022-n>
21. Pro zatverdzhennia Metodyky vyznachennia rozmiru shkody, zavdanoi zemli, gruntam vnaslidok nadzvychainykh sytuatsii ta/abo zbroinoi ahresii ta boiovykh dii pid chas dii voiennoho stanu [On approval of the Methodology for determining the amount of damage caused to land and soils as a result of emergencies and/or armed aggression and hostilities during martial law]: Nakaz Ministerstva zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy vid 04.04.2022 No. 167 [Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine No. 167 of April 4, 2022]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22>
22. Yatsuk, I. P. (Ed.). (2018). Naukovi doslidzhennia z monitoryngu ta obstezhennia silskohospodarskykh uhid Ukrainy za rezultatamy Kh tury (2011–2015 rr.) [Scientific research on monitoring and surveying agricultural lands of Ukraine based on the results of the 10th round (2011–2015)]. Kyiv: DU "Instytut okhorony gruntiv Ukrainy." Available at: <http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/Monitoring-20171.pdf>
23. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. (n.d.). Ploshchi, valovi zbyry ta urozhainist silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy ta po rehionakh: Derzhavne statystyчне sposterezhennia [Areas, gross harvests and yields of agricultural crops by type and region: State statistical observation]. Available at: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/pvzu/arch_pvzu_reg.htm
24. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. (n.d.). Realizatsiia produktsii silskohospodarskomy pidpriemstvamy: Statystychna informatsiia [Sales of agricultural products by agricultural enterprises: Statistical information]. Available at: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ7_u.htm
25. Demchak, I. M., Pyvovar, V. S., Ivchenko, V. M., Kuksa, L. V., et al. (2019). Metodychni polozhennia ta normy produktyvnosti i vytrat palyva na zbyranni silskohospodarskykh kultur [Methodological provisions and standards of productivity and fuel consumption for harvesting agricultural crops]. Kyiv: NDI "Ukrahropromproduktivnist". 160.
26. Kort, J. (1988). Benefits of windbreaks to field and forage crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 22–23, 165–190. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90017-5)
27. Osorio, R. J., Barden, C. J., & Ciampitti, I. A. (2019). GIS approach to estimate windbreak crop yield effects in Kansas–Nebraska. *Agroforestry Systems*, 93(4), 1567–1576. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0270-2>
28. Brandle, J. R., Hodges, L., & Zhou, X. H. (2004). Windbreaks in North American agricultural systems. *Agroforestry Systems*, 61, 65–78. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000028990.31801.62>
29. European Commission, Directorate-General for Regional and Urban Policy. (2015). Guide to cost-benefit analysis of investment projects: Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014–2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 358.

Dorosh A., Svyrydov O.

ECONOMIC EFFICIENCY OF INTRODUCTION OF ECOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL RESTRICTIONS ON THE USE OF ARABLE LAND IN A TERRITORIAL COMMUNITY

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 140-158.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.10>

Abstract. A methodological approach to the quantitative assessment of the economic effect of introducing ecological and technological restrictions on the use of arable land in a territorial community is substantiated. The object of the study is the arable land of the Vinnytsia urban territorial community covering 8,111.8 ha, divided into three ecological and technological groups. The methodology combines pixel-level modelling of soil loss using the Universal Soil Loss Equation, with the topographic factor derived directly from the digital elevation model, the valuation of averted losses through the replacement cost of humus and plant nutrients, and the calculation of net present value across three land-use scenarios. The actual crop structure of 2022 does not comply with the norms of optimal crop ratios in rotations: the share of sunflower reaches 43.3-48.0 % against a norm of 5-9 %, while the share of row crops does not decline as erosion hazard increases, peaking at 65.2 % within the second group, where their placement is restricted by law. Modelled soil loss increases from 0.84 to 7.50 t/ha/yr across the groups, and the restrictions level it at 0.51-0.61 t/ha/yr. The net present value over a 20-year horizon ranges from -24.13 to -7.29 million UAH, with a benefit-cost ratio of 0.75-0.95, indicating that averted erosion losses alone cannot recoup the restrictions under flat terrain conditions. The novelty lies in combining digital terrain modelling with cost-benefit analysis and in a three-scenario design separating non-compliance with existing legislation from the intrinsic effect of the ecological and technological division of land.

Keywords: land management, land use, economic efficiency, ecological and technological groups, soil erosion, Universal Soil Loss Equation, cost-benefit analysis, field-protective forest belts, territorial community.

G17 АРХІТЕКТУРА ТА МІСТОБУДУВАННЯ. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ГЕОСИСТЕМ

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)

Отримано: 12.08.2026; Прийнято: 30.08.2026; Опубліковано: 30.09.2026;

УДК 006.01:631.41:528.235

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.11>

СТАНДАРТИЗАЦІЯ КОЛІРНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ГЕОДАНИХ АГРОХІМІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ГРУНТІВ У СЕРЕДОВИЩІ ГІС

Б.Б. ЗАЯЧКІВСЬКА,

кандидат економічних наук,

E-mail: b_zayachkivska@nubip.edu.ua

ORCID: 0009-0003-0962-5998

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»*

Р.П. ПАЛАМАРЧУК,

кандидат сільськогосподарських наук,

E-mail: prp777@ukr.net

ORCID: 0000-0002-5965-1305

Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»

О.М. ГРИЩЕНКО,

кандидат сільськогосподарських наук,

E-mail: grischenkoel@ukr.net

ORCID: 0000-0002-1241-7183

Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»

М.В. ЗАВОДЯНА,

молодший науковий співробітник,

E-mail: mbr4119@gmail.com

ORCID: 0000-0002-2190-4274

Інститут землекористування НААН України

О.О. МЕЛЬНИЧУК,

магістр

E-mail: oleh_good@ukr.net

Анотація. У статті досліджено проблему стандартизації колірної візуалізації геопросторових даних під час ведення бази даних агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, розробки тематичних карт, атласів та функціонування геопорталів. Проаналізовано розбіжності між традиційними субтрак-

тивними колірними моделями друку (СМΥК, Pantone) та цифровими адитивними моделями екранів (RGB, HEX), а також моделями дизайну (HSL/HSV). Обґрунтовано необхідність переходу від словесного опису кольорів у нормативних документах до створення технічних специфікацій та еталонних колірних матриць (Cartographic Design System) із подвійним кодуванням (sRGB для веб-сервісів та Coated FOGRA39 для поліграфії). Це дозволяє уникнути виникнення наднасичених відтінків, втому очей та забезпечити дотримання вимог контрастності та доступності (WCAG 2.1).

Відповідно затвердженій Методики проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення формалізовано 6-рівневі спектральні шкали забезпеченості ґрунтів поживними речовинами та 6-рівневі спектральні шкали забруднення.

Ключові слова: стандартизація візуалізації, база геоданих, агрохімічний моніторинг, еталонна колірна матриця, колірні простори (RGB/СМΥК/HEX), геопортал, QGIS Atlas, PyQGIS, автоматизація картографування, файли стилів (.qml), Cartographic Design System

Актуальність

Картографія історично розроблялася для друку, проте сучасні ГІС-системи та геопортали працюють у цифровому середовищі. У методиках або технологічних нормативах кольори часто описуються словесно (наприклад, рельєф – коричневим, рослинність – зеленим) або за номерами фарб шкали PANTONE чи СМΥК, тоді як у веб-ГІС використовуються цифрові моделі HEX та RGB.

На практиці під час візуалізації геоданих часто розробники картографічних матеріалів стикаються з тим, що один і той же словесний опис кольорів сприймається різними розробниками тематичних карт, атласів, баз геоданих по-різному. Щоб усім виконавцям не розробляти свої бібліотеки стилізацій які в кінцевому підсумку відрізнятимуться між собою необхідно розробити технічний стандарт (специфікацію). Він може бути представлений у вигляді таблиці з чітко зафіксованими значеннями HEX, RGB, СМΥК, Pantone та назвами елементів візуалізації.

На основі специфікацій набагато простіше створити цифрові бібліотеки стилів для QGIS (файли .qml чи .xml), для ArcGIS Pro (файли .stylex) або для веб-геопорталів (стилі Mapbox GL Style JSON / OGC SLD). Окрім цього має бути забезпечена автоматична конвертація для підтримки єдності між друком та веб-версіями щоб зафіксувати колірні профілі (наприклад, sRGB для екранів та Coated FOGRA39 для друку). Щоб стандартизувати підхід і зафіксувати єдиний колірний код для кожної назви, найкраще створити еталонну матрицю кольорів (Cartographic Design System).

Основна розбіжність виникає через колірні простори та середовище відображення. Один і той самий колір має абсолютно різний діапазон доступних відтінків у різних колірних просторах (різне колірне охоплення, Gamut). Тому колірний простір як математична та фізична модель, яка описує, як саме кольори створюються, вимірюються та відображаються на конкретному пристрої (на екрані монітора, друкарському верстаті чи папері) передбачає різні технології

створення потрібних відтінків кольорів. У картографії та ГІС найважливіше розуміти різницю між трьома основними колірними просторами:

Перший колірний простір – адитивна модель – RGB (Red, Green, Blue). Вона застосовується для екранів моніторів, смартфонів, геопорталів, цифрових картографічних веб-сервісів (Leaflet, Mapbox). Принцип роботи полягає у випромінюванні світла через змішування трьох базових променів: червоного (R), зеленого (G) та синього (B).

Формат HEX за своєю суттю відповідає RGB, але має інший запис під час кодування для веб-розробки, наприклад, RGB(0, 153, 220) відповідає #0099DC.

Субтрактивна модель CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key/Black), що використовується в друкарні, топографічних фабриках, під час друку паперових карт та атласів, дає можливість візуалізувати задані кольори на папері з врахуванням поглинаючої функції фарб. Значення нанесення кожної з чотирьох фарб вимірюється у відсотках (від 0% до 100%). Таким чином, фізична фарба під час друку не охоплює всю її кольорову гаму представлену у моделі RGB та не здатна відтворити такі ж яскраві, чисті відтінки, які випромінює екран монітору. Тому чим більш чистим та неоновно-яскравим є колір на екрані, тим більш тьмяним, брудним або темним він виглядатиме на папері після друку.

Модель для дизайну HSL / HSV / HSB (Hue, Saturation, Lightness / Value / Brightness) використовується в інтерфесах ГІС-програм (QGIS, ArcGIS) під час підбору збалансованих палітр так як створена для зручного людського сприйняття. Яскравість у моделі HSV/HSB (Value/Brightness)

- це максимальна яскравість самого кольору (чистий колір), а не білий та щоб зробити його білим, потрібно зменшувати насиченість (Saturation). Тому в специфікації краще окремо уточнити вимірювання для Lightness та Value, адже в ГІС-програмах (зокрема QGIS та ArcGIS) частіше використовується саме діапазон у відсотках від 0% (чорний) до 100% (білий або яскравий).

Якщо у стандарті колірної візуалізації зафіксувати лише код CMYK, то при спробі відобразити його у веб-ГІС комп'ютер автоматично переведе його в RGB, що може дати несподіваний брудний або надто тьмянний відтінок. З іншої сторони, якщо ж зафіксувати лише RGB/HEX (наприклад, яскраво-блакитний для річки), при друці на папері цей колір стане тьмянішим, бо друкарська фарба фізично не здатна його відтворити. У специфікації для кожного елемента карт має бути передбачена перевірена пара значень, код для екрана (HEX/RGB) та коректний код для друку (CMYK/Pantone), а не просто автоматична конвертація між ними.

Важливо уникати гіпернасичених відтінків кольорів з максимально можливою яскравістю та насиченістю (Saturation близько 100%), які зазвичай не зустрічаються у живій природі, тому що вони викликають відчуття світіння або подразнення очей. Даний ефект також трапляється при переході від друкованих матеріалів до веб-карт через різницю між колірними моделями CMYK (друк) та RGB / HEX (екрани). Також стандартні топографічні карти розраховані на фон яким виступає білий папір, проте на геопорталах підкладка може бути супутниковим знімком або темною карт-схемою.

Необхідність адаптації карт для приємного візуального сприйняття має низку обґрунтувань. Щонайперше, користувач не зможе довго працювати з картою, якщо великі площі (ліси, водойми, квартали) зафарбовані гіпернасиченими відтінками, так як це призводить до швидкої втоми очей. Надмірна насиченість колірного фону шарів карти спотворює контраст і шкодить важливим елементам (наприклад, погіршується читабельність текстових підписів, лінії маршрутів стають невиразними чи втрачаються інші акценти). Європейські нормативи мають враховувати доступність (Accessibility & WCAG 2.1), врахування технічних параметрів візуалізації для людей з порушеннями сприйняття кольору (дальтонізм), тоді як сучасні геопортали зобов'язані відповідати вимогам контрастності. Тому застосовують правило картографічного дизайну за якого великі площинні об'єкти (полігони лісів, води, забудови тощо) завжди роблять пастельними, приглушеними або пом'якшеними. При цьому яскраві, насичені кольори використовують виключно для дрібних акцентів – точкових об'єктів, кордонів тощо.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Нормативне забезпечення обстеження та картографування ґрунтів в Україні спирається на низку профільних ДСТУ, які регламентують методологію збору й обробки даних, проте не визначають колірного кодування результатів. Зокрема, порядок електронного картографування ґрунтового покриву методом багатоспектрального сканування встановлено ДСТУ 7849:2015 [2], розробленим Техніч-

ним комітетом стандартизації «Ґрунтознавство» (ТК 142) спільно з Національним науковим центром «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського». Показники родючості ґрунтів та порядок їх використання для моніторингу й агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення визначено ДСТУ 4362:2004 [3], який також передбачає створення ґрунтово-агрохімічних баз даних. Класифікаційну основу доповнюють ДСТУ 3866-99 [4] щодо ступеня вторинної солонцюватості ґрунтів та ДСТУ 7827:2015 [5] щодо класифікації якості ґрунту. Розроблені національні топографічні стандарти, які визначають стилістичні правила оформлення умовних позначень на картографічних матеріалах, серед яких: умовні знаки для топографічних карт масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000; специфікації ДНВП «Картографія»; класифікатори геоінформації та стандарти НДО (НІГД). Встановлено, що зазначені стандарти формують систему класів і градацій агрохімічних показників, однак жоден із них не містить прескриптивної колірної шкали для їх картографічного відображення.

Традиція власне агрохімічного картографування в Україні є усталеною практикою, що склалася в межах вітчизняної картографічної школи: агрохімічні картограми визначаються як тематичні карти, що відображають просторовий розподіл ступеня забезпеченості ґрунтів елементами живлення шляхом зафарбування контурів з однаковими показниками [6]. Доведено, що ця традиція функціонує як конвенційна, фактично усталена практика колірного кодування, а не як формалізований і затверджений стандарт, що зумовлює варіативність колірних рішень між виконавцями та ві-

домчими картографічними службами.

Існують міжнародні директиви та специфікації, які стосуються стилізації геопросторових об'єктів та візуалізації, зокрема чіткі правила стилізації та кодування шарів геопросторових даних в Європі визначені в стандарті INSPIRE (ЄС); стандарт опису символіки що використовується у GeoServer, MapServer та QGIS закріплений в Open Geospatial Consortium (Styled Layer Descriptor / Symbolology Encoding); картографічний стандарт Синтії Брюер для вибору візуально збалансованих та контрастних палітр - ColorBrewer 2.0. В геоінформаційних технологіях передбачені стандартні бібліотеки стилів у ArcGIS Pro (.stylx) та QGIS (.qml, .xml). INSPIRE Data Specification on Soil (D2.8.III.3) [7], розробленою Тематичною робочою групою TWG-SO. Специфікація визначає модель даних на основі стандартів ISO 19156:2011 (Observations and Measurements) для параметричних характеристик ґрунту, та ISO 19123 (Coverages) для растрового представлення тематичних ґрунтових карт, а також рекомендує застосування класифікаційної схеми WRB (World Reference Base for Soil Resources) для забезпечення семантичної інтероперабельності [7]. Встановлено, що зазначена специфікація вичерпно регламентує структуру та семантику даних, проте питання їх візуального (колірного) представлення виносить за межі власного регулювання.

Безпосередньо питання картографічного портретування (portrayal) геоданих регламентовано стандартом ISO 19144-2 [9] та специфікацією OGC Symbolology Encoding (SE), яка передбачає механізми ареальної класифікації даних, зокрема побудову choropleth карт через відповідні засоби картографічної символізації.

Водночас у дослідженні Bocher та Ertz [8] обґрунтовано, що навіть у межах інфраструктури INSPIRE правила portrayal визначено на базовому рівні, здебільшого як рекомендаційні кольорові таблиці без глибшого картографічного обґрунтування, що є системною проблемою для тематичних геопорталів у цілому [8]. Цей висновок безпосередньо підтверджує наявність прогалини між технічною інфраструктурою кодування кольору, яка вже стандартизована на рівні OGC/ISO, та її змістовим, предметно-орієнтованим наповненням для агрохімічного моніторингу ґрунтів.

Окремо існує поняття колірної стандартизації самого ґрунту як фізичного об'єкта та колірної легенди тематичної карти агрохімічних показників. Усталеним міжнародним інструментом є шкала Munsell Soil Color Chart, що ґрунтується на трьох координатах (Hue, Value, Chroma) і десятиліттями застосовується ґрунтознавцями для фіксації природного кольору зразків. Дослідженнями останніх років підтверджено інтеграцію цієї шкали в цифрові методи картографування кольору ґрунту на основі супутникових спектральних даних [10]. Встановлено, що система Munsell вирішує завдання об'єктивної фіксації природного кольору ґрунтового зразка і не застосовна до кодування класів агрохімічних показників (вмісту рухомого фосфору, калію, гумусу тощо).

Отже, затвердженого, узгодженого підбору кольорів для тематичного картографування агрохімічних показників ґрунту в середовищі ГІС на сьогодні не існує. Наявні джерела формують три самостійні та не взаємопов'язані компоненти: систему класів агрохімічних показників [3], технічну інфраструктуру кодування кольору без

предметного наповнення [9] та усталену, але формально незакріплену вітчизняну картографічну конвенцію. Це обґрунтовує доцільність розробки та специфікації власної, стандартизованої колірної системи, яка синтезує зазначені компоненти в межах єдиного ГІС-орієнтованого підходу.

Мета даного дослідження полягає в стандартизації візуалізації тематичних карт під час роботи з базою даних агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, атласів, тематичних карт та геопорталів.

Матеріали і методи дослідження

Стандартизація візуалізації реалізовується для виконання дослідження відповідно до договору з Міністерством освіти і науки України ДЗ / 168-2025 від 12.02.2025 «Вивчення агрохімічного стану та впливу бойових дій на землях сільськогосподарського призначення для забезпечення сталого агровиробництва (Житомирська, Київська, Сумська, Харківська, Херсонська та Чернігівська область)» на матеріалах обстежень в межах Херсонської області.

Нормативно-методичним підґрунтям для формалізації інтервалів і градацій слугувала Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення [1]. У дослідженні опрацьовано показники: кислотності та лужність ґрунтів - 10-рівнева шкала; макроелементи та органічна речовина - 4–6-рівневі шкали; рухомі форми мікроелементів за ацетатно-амонійним рН 4,8 та оксалатним рН 3,3 буферами – 6-рівневі шкали забезпеченості; важких металів, токсикантів – 6-рівневі шкали, радіонуклідів ^{137}Cs , ^{90}Sr

– 3- рівневі шкали забруднення та ГХЦГ, ДДТ – перевищення ГДК.

Для усунення суб'єктивізму словесного опису кольорів застосовано метод еталонного картографічного профілювання (Cartographic Design System). Перетворення між адитивною (sRGB, HEX), субтрактивною (CMYK / Coated FOGRA39, Pantone) та дизайнерською (HSL / HSV) колірними моделями здійснювалося з урахуванням колірного охоплення (Gamut) пристроїв відображення. Оцінку контрастності та візуальної доступності створених палітр для користувачів із порушеннями кольоросприйняття виконано відповідно до міжнародних стандартів WCAG 2.1 (Accessibility) та принципів картографічного дизайну ColorBrewer 2.0.

Картографічне моделювання, візуалізація та апробація розроблених стилів реалізовані у середовищі геоінформаційної системи QGIS (версія 3.32.1).

Для дотримання вимог нормалізації баз даних (1NF/3NF) та забезпечення часового моніторингу (Time-Series Analysis) застосовано концептуальне розмежування шару збереження даних (Data Layer) та шару їх візуального представлення (Presentation Layer / OGC SLD). Усі первинні числові значення показників зберігаються в єдиній атрибутивній таблиці разом із метаданими (метод витяжки, одиниці вимірювання, ДСТУ/НД), а їх семантичний розподіл на зони («дефіцит», «оптимальний стан», «забруднення») реалізовано на рівні класифікаторів стилів (файли .qml).

Результати дослідження та їх обговорення

Аналіз Методики [1], розробленої ДУ «Держґрунтохорона», дає змогу

встановити чітку систему групування ґрунтів за агрохімічними показниками та регламентовані кольори їх картографічного відображення. Основою візуалізації в Методиці є агрохімічні картограми, що характеризують сільськогосподарські землі за ступенем кислотності та лужності, вмістом гумусу та рівнем забезпеченості поживними речовинами.

Кількість груп та відповідних кольорів залежить від конкретного агрохімічного показника. Зокрема для оцінювання ступеня кислотності та лужності ґрунтів передбачена максимальна кількість груп - 10 – від дуже сильнокислих ($\text{pH} < 4,1$) до дуже сильнолужних ($\text{pH} > 8,5$). Для кожної групи встановлено окремий колір фарбування – від червоного до коричневого.

За вмістом гумусу ґрунти поділяють на 6 груп: дуже низький, низький, середній, підвищений, високий і дуже високий. Шість груп також передбачено для рухомих сполук фосфору й калію, рухомої сірки

Окрему увагу в Методиці приділено оцінюванню азотного режиму ґрунтів. Для його характеристики використовуються різні методичні підходи, у тому числі визначення вмісту легкогідролізованого азоту за Корнфілдом використовують поділ на чотири групи та нітрифікаційної здатності ґрунту за Кравковим – шість.

За вмістом легкогідролізованого

азоту, визначеного за методом Корнфілда, ґрунти поділяють на чотири групи: дуже низький рівень – менше 101 мг/кг ґрунту, низький – 101–150 мг/кг, середній – 151–200 мг/кг та підвищений – понад 200 мг/кг. Відповідно до прийнятої системи картографічного відображення цим рівням відповідають червоний, оранжевий, жовтий та зелений кольори. Окремі градації високого та дуже високого рівнів забезпеченості для цього методу не передбачені.

Для оцінювання нітрифікаційної здатності ґрунту за методом Кравкова використовується шестигрупова шкала. Дуже низькою вважається нітрифікаційна здатність за вмісту азоту менше 5,0 мг/кг ґрунту, низькою – 5,1–8,0 мг/кг, середньою – 8,1–15,0 мг/кг, підвищеною – 15,1–30,0 мг/кг, високою – 30,1–60,0 мг/кг, дуже високою – понад 60,0 мг/кг. Для картографічного відображення цих градацій застосовують відповідно червоний, оранжевий, жовтий, зелений, голубий та синій кольори (Таблиця 1).

Для мікроелементів, зокрема Mn, Zn, Cu, Co, B та Mo також передбачено шість груп забезпеченості – від дуже низької до дуже високої. Для цих показників застосовується шестиколірна градація: червоний, оранжевий, жовтий, зелений, голубий і синій. Водночас підхід до оцінювання їх вмісту як важких металів відрізняється.

1. Класи забезпеченості ґрунтів агрохімічними елементами для 6-ти груп

Група	Значення вмісту	Колір у методиці	Роль кольору (сприйняття)
I група	дуже низький	червоний	сигнал тривоги /дефіцит
II група	низький	оранжевий	попередження / потребує внесення
III група	середній	жовтий	помірний
IV група	підвищений	зелений	оптимальний / нормальний стан
V група	високий	голубий	добре забезпечений
VI група	дуже високий	синій	надлишок / специфічний стан

няється від системи оцінювання за-безпеченості елементами живлення. Для них враховують фоновий вміст, що відповідає верхній межі забезпеченості та шість рівнів забруднення: слабе, помірне, середнє, підвищене, високе та дуже високе.

Окремий принцип картографічного відображення застосовується і для характеристики радіоактивного забруднення ґрунтів. Для щільності забруднення радіонуклідами ^{137}Cs та ^{90}Sr використовують окремі діапазони та кольорові градації, що дають змогу візуально виділити території з різним рівнем радіоактивного навантаження.

Головна проблема цієї Методики для веб-ГІС та Геопорталів як і більшості українських нормативно-методичних документів, - відсутність типової картографічної стандартизації. У тексті присутній словесний опис кольорів замість цифрових кодів («червоний», «оранжевий», «жовто-зелений», «синій»). У додатках наведено графічні зразки картограм для друку, але жодного цифрового коду кольору не зафіксовано. Відсутність точних кодів за стандартами HEX / RGB / CMYK на практиці користуючись Методикою кожен користувач підбирає «зелений» чи «жовтий» на власний розсуд у QGIS чи ArcGIS. У результаті картограма фосфору від одного виконавця виглядатиме яскраво-неоновою, а від іншого - тьмяною або з іншими відтінками.

Щоб перевести цю методику у єдиний цифровий стандарт для геопорталів (RGB/HEX) та друку агрохімічних паспортів (CMYK), необхідно зафіксувати еталонну матрицю.

Така подвійність інтерпретації одних і тих самих елементів залежно від завдання оцінювання – як показників забезпеченості рослин елементами

живлення або як показників забруднення ґрунту – створює потенційну проблему під час їх відображення у цифрових базах геоданих, геоінформаційних системах та геопорталах. Щоб стандартизувати картографічне представлення цих показників та уникнути змішування близьких за кольоровим сприйняттям класів, пропонується розробити єдиний класифікатор стилів картографічного відображення агрохімічних та еколого-токсикологічних показників ґрунтів.

База геоданих розробляється для вирішення конкретних управлінських і виробничих завдань. Для агронома чи фермера важливим є визначення забезпеченості ґрунту елементами живлення та обґрунтування потреби у застосуванні мікродобрих. Для органів екологічного контролю, моніторингу та установ, що приймають управлінські рішення щодо екологічної безпеки земель, пріоритетною є протилежна характеристика – виявлення територій із надлишковим вмістом потенційно небезпечних елементів. У цьому випадку в єдиному класифікаторі стилів доцільно використати окрему, візуально відмінну акцентуючу увагу кольорову шкалу, наприклад із переходом до пурпурових та фіолетових тонів для високих рівнів забруднення та перевищення нормативних значень. Це дозволить уникнути ситуації, коли один і той самий колір у різних тематичних шарах означає принципово різні процеси – дефіцит елемента або його надлишковий, екологічно небезпечний вміст. Темні та насичені кольори не плутатимуться з червоним кольором дефіциту, але візуально створюватимуть відчуття важкості та токсичного навантаження на ґрунт. Водночас перевищення ГДК доцільно виділяти не просто як черговий рівень градаційної

шкали, а як окрему нормативно значущу категорію. Методика передбачає, що рівень забруднення оцінюють шляхом порівняння фактичної концентрації елемента з ГДК, а за відсутності такого нормативу – з природним фоновим значенням. У разі перевищення ГДК Методика передбачає відповідні обмеження щодо сільськогосподарського використання земель.

На рівні картографічної візуалізації, зокрема в структурі геопорталів, доцільно передбачити щонайменше два окремі тематичні режими або вкладки. Вкладка агрохімічного стану забезпеченості живлення рослин використовуватиме шестиколірну шкалу, встановлену Методикою, – від червоного для дуже низької забезпеченості до синього для дуже високої. Вкладка екологічного стану забруднення відображатиме фоновий стан та шість рівнів забруднення за окремою контрастною шкалою, візуально відмінною від шкали забезпеченості поживними речовинами. При цьому перевищення ГДК доцільно додатково позначати спеціальним кольором, штрихуванням або сигнальним символом, незалежно від номера класу забруднення. Такий підхід дасть змогу однозначно інтерпретувати один і той самий хімічний елемент залежно від цільового завдання геоінформаційного аналізу: як ресурс мінерального живлення рослин або як потенційний чинник екологічного ризику.

Однчасне розмежування семантики показників і стилів їх відображення є важливою передумовою стандартизації агрохімічних геоданих та їх коректного використання у спеціалізованих геопорталах. Розділяти первинні фізичні дані в різні атрибутивні таблиці суперечить нормалізації баз даних (1NF/3NF), порушує цілісність геода-

них та ускладнює часовий моніторинг (Time-Series Analysis). Всі виміряні абсолютні значення (наприклад, вміст міді в мг/кг за ААБ) мають зберігатися в єдиному атрибутивному полі.

Забезпечення цілісності та інтерпретації геопросторових даних вимагає концептуального розмежування шару збереження даних (Data Layer) та шару їх візуального представлення (Presentation Layer / Styles). Такий підхід відповідає загальній логіці геоінформаційних систем, за якої вихідні просторові й атрибутивні дані зберігаються незалежно від правил їх картографічного оформлення; зокрема, стандарт OGC SLD передбачає окреме визначення правил символізації та кольорового відображення геопросторових даних.

Щоб усунути це дублювання та створити інтуїтивно зрозумілу картограму, доцільно розділити колірний простір на три логічні зони. Перша зона відображатиме дефіцит елементів живлення, друга – оптимальну або прийнятну забезпеченість, третя – надлишковий вміст та рівні забруднення. Перехід між класами доцільно передавати не лише зміною колірного тону (Hue), але й зміною світлоти та насиченості (Lightness/Value і Chroma), що дозволить візуально посилювати ступінь відхилення від оптимального стану (Таблиця 2).

Візуальне представлення запропонованої класифікації наведено на Рисунку 1. При цьому доцільно говорити не просто про зберігання всіх виміряних показників в одній таблиці атрибутів, а про формування єдиної структурованої бази даних, у якій разом із числовим значенням зберігаються ідентифікатор показника, одиниці вимірювання, метод визначення, тип витяжки та інші необхідні мета-

2. Класифікатор стилів картографічного відображення агрохімічних та еколого-токсикологічних показників ґрунтів

Група	Назва за методикою	Колірне відображення	HEX (Веб)	RGB (Екран)	CMYK (Друк FOGRA39)
Рівень забезпеченості					
1	червоний		#ff5656	255, 86, 86	0, 66, 100, 80
2	рожевий		#ffd1dc	255, 209, 220	345, 18, 100, 100
3	оранжевий		#ffd6a5ff	255, 214, 165	32, 35, 100, 100
4	жовтий		#fdffb6	253, 255, 182	61, 29, 100, 100
5	світло-зелений		#e2f0cb	226, 240, 203	82, 15, 94, 93
6	зелений		#caffbf	202, 255, 191	109, 25, 100, 100
7	голубий		#9bf6ff	155, 246, 255	185, 39, 100, 100
8	синій		#a0c4ff	160, 196, 255	217, 37, 100, 100
9	фіолетовий		#bdb2ff	189, 178, 255	248, 30, 100, 100
10	коричневий		#d4a373	212, 163, 115	29, 46, 83, 100
фон	штриховка 45°		#afafaf	175, 175, 175	330, 0, 69, 100
Рівень забруднення					
1	середній		#e0bbe4	224, 187, 228	294, 18, 89, 100
2	слабкий		#d291bc	210, 145, 188	320, 31, 82, 100
3	помірний		#338384	51, 131, 132	180, 61, 52, 85
4	підвищений		#948079	148, 128, 121	15, 18, 58, 100
5	високий		#1a247c	26, 36, 124	233, 79, 49, 75
6	дуже високий		#37474f	55, 71, 79	200, 30, 31, 60

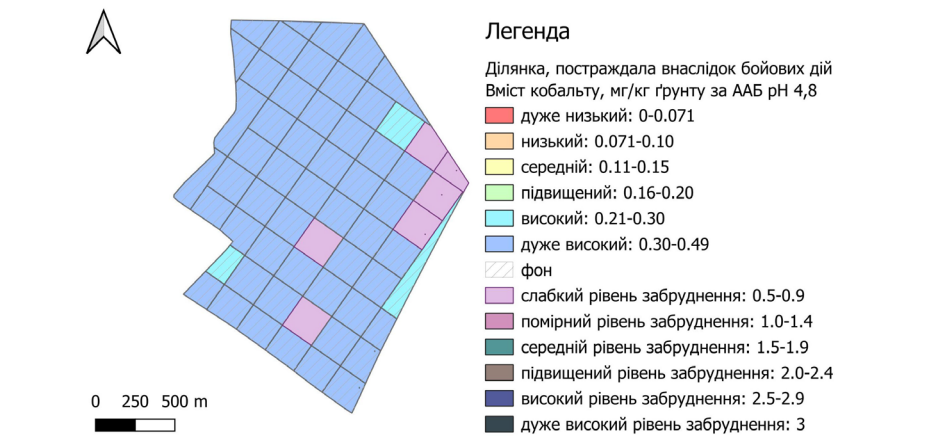


Рис. 1. Застосування запропонованого класифікатора стилів картографічного відображення агрохімічних та еколого-токсикологічних показників ґрунтів)

дані. Це особливо важливо для мікро-елементів, оскільки їх агрономічна та еколого-токсикологічна оцінка може здійснюватися за різними методами вилучення. Наприклад, у таблиці 5.16 Методики для Mn, Zn, Cu та Co використовується ацетатно-амонійний буферний розчин з pH 4,8, для Mo – оксалатно-буферний розчин з pH 3,3, а для В – вода; водночас у додатку 6 передбачено оцінювання елементів-забруднювачів як у витяжці 1 н розчину HCl, так і в ацетатно-амонійному буферному розчині з pH 4,8.

Тому формування єдиного наскрізного числового ряду «дефіцит - оптимальна забезпеченість - забруднення» можливе лише для тих показників, які визначені за зіставним методом і в однакових одиницях вимірювання. В інших випадках у базі даних мають зберігатися окремі показники, а їх семантичне об'єднання здійснюватися вже на рівні класифікатора та картографічного представлення.

При цьому необхідно врахувати, що фіолетовий уже використовується в Методичі для сильнолужних ґрунтів, тому для екологічного блоку варто застосовувати не той самий чистий фіолетовий тон, а спеціально підібрану темну пурпурово-бордову палітру з іншими параметрами яскравості та насиченості. Такий підхід дасть змогу мінімізувати візуальне змішування тематичних шарів і сформувати стійку семантику кольорів: червоно-оранжеві тони – дефіцит; зелені – прийнятний або оптимальний стан; темні тони – надлишок і потенційне токсичне навантаження.

Висновки і перспективи

Система візуалізації агрохімічних показників у Методичі агрохімічної

паспортизації земель сільськогосподарського призначення побудована за принципом дискретної градації кольорової шкали, за якою кожному визначеному інтервалу значень показника або групі забезпеченості відповідає окремий колір. Кількість таких груп не є сталою для всіх показників і залежить від особливостей конкретного агрохімічного параметра та методу визначення. Тому при розробленні цифрових агрохімічних карт і систем картографічної візуалізації доцільно зберігати встановлені Методикою діапазони групувань та відповідність між числовими діапазонами показників і кольорами їх відображення.

Запропонований єдиний класифікатор стилів картографічного відображення агрохімічних та еколого-токсикологічних показників ґрунтів теплі кольори – червоний та оранжевий – сигналізуватимуть про дефіцит елемента живлення; зелена гама – від світло- до темно-зелений – відображатиме оптимальний або безпечний рівень та фонові значення відповідно до типу показника; темно-бордові, сливові та глибокі пурпурово-фіолетові відтінки використовуватимуться для позначення підвищеного вмісту та різних рівнів забруднення. Завдяки більшій насиченості й темнішій тональності вони формуватимуть візуально відмінну «тривожну» зону, що не змішуватиметься з червоно-оранжевою гамою дефіциту. Таким чином, користувач отримуватиме єдину логіку інтерпретації картограми: теплі яскраві відтінки – дефіцит, зелені – оптимальний або фоновий стан, темні пурпурово-бордові – надлишковий вміст і забруднення. Для однозначного трактування кольорів така система має супроводжуватися легендою із

зазначенням класів, числових меж та одиниць вимірювання.

Запропонована система не змінює первинних числових даних і нормативних меж, а стандартизує лише їх картографічне представлення. Це дозволяє одному й тому самому набору геоданих застосовувати різні стилі залежно від завдання користувача – агрономічного, екологічного або управлінського. Такий підхід забезпечить ефективну роботу та цілісність геоданих, оскільки всі результати моніторингових вимірювань зберігатимуться в єдиній структурованій таблиці атрибутів бази даних. Вихідні числові значення залишатимуться незмінними, а їх класифікація та кольорове представлення визначатимуться окремо на рівні стилів візуалізації.

Список використаної літератури

1. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення : керівний нормативний документ / за ред. І. П. Яцука, С. А. Балюка. – 2-ге вид., допов. – Київ, 2019. – 108 с.
2. ДСТУ 7849:2015 Якість ґрунту. Дистанційне зондування ґрунтів. Картографування ґрунтового покриття методом багатоспектрального сканування. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62731
3. ДСТУ 4362:2004 Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67099
4. ДСТУ 3866-99 ґрунти. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної солонцюватості. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58934
5. ДСТУ 7827:2015 Якість ґрунту. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної засоленості. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62382](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62382)

6. Господаренко Г. М. Агрохімічні картограми. Велика українська енциклопедія. URL: https://vue.gov.ua/Агрохімічні_картограми
7. INSPIRE Data Specification on Soil – Technical Guidelines. 2024. URL: https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/publications/inspire-data-specification-soil-technical-guidelines_en
8. Bocher E, Ertz O. A redesign of OGC Symbology Encoding standard for sharing cartography. PeerJ Computer Science. 2018. 4:e143 <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.143>
9. ISO 19144-2: Land Cover Meta Language (LCML) URL: <https://www.fao.org/geospatial/data-and-tools/international-standards/en>
10. Yang Lu, Xiang Wang, Mingchang Wang, Bingxue Zhu, Miao Zheng, Sijia Li, Kaishan Song, Soil color mapping based on Munsell system in the northeast of China, Geoderma, Volume 439, 2023, 116669, ISSN 0016-7061, <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116669>.

References

1. Yatsuk, I. P., & Balyuk, S. A. (Eds.). (2019). Metodyka provedennia agrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia: kerivnyi normatyvnyi dokument [Methodology of agrochemical soil passportization of agricultural land: guiding normative document] (2nd ed.). State Enterprise "State Soil Protection Service".
2. State Standard of Ukraine. (2016). Yakist hruntu. Dystantsine zonduvannya hruntiv. Kartohrafuvannya hruntovoho pokryvu metodom bahatospektralnoho skanuvannya [Soil quality. Remote sensing of soils. Soil cover mapping by multispectral scanning method] (DSTU 7849:2015). UkrNDNTs. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=62731

3. State Standard of Ukraine. (2005). Yakist hruntu. Pokaznyky rodyuchosti hruntiv [Soil quality. Soil fertility indices] (DSTU 4362:2004). Derzhspozhyvstandart Ukrainy. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67099
4. State Standard of Ukraine. (1999). Hrunty. Klasyfikatsiya hruntiv za stupenem vtorynnoyi solontsuvatosti [Soils. Classification of soils by degree of secondary solonetzicity] (DSTU 3866-99). Derzhstandart Ukrainy. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=58934
5. State Standard of Ukraine. (2016). Yakist hruntu. Klasyfikatsiya hruntiv za stupenem vtorynnoyi zasolenosti [Soil quality. Classification of soils by degree of secondary salinity] (DSTU 7827:2015). UkrNDNTs. Available at: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=62382
6. Hospodarenko, H. M. (n.d.). Agrokhimichni kartohramy [Agrochemical cartograms]. Great Ukrainian Encyclopedia. Available at: https://vue.gov.ua/Ahrokhimichni_kartohramy
7. European Commission. (2024). INSPIRE Data Specification on Soil – Technical Guidelines. Joint Research Centre. Available at: https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/publications/inspire-data-specification-soil-technical-guidelines_en
8. Bocher, E., & Ertz, O. (2018). A redesign of OGC Symbology Encoding standard for sharing cartography. PeerJ Computer Science, 4, Article e143. <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.143>
9. International Organization for Standardization. (2012). Geographic information — Classification systems — Part 2: Land Cover Meta Language (LCML) (ISO Standard No. 19144-2:2012). Food and Agriculture Organization. Available at: <https://www.fao.org/geospatial/data-and-tools/international-standards/en>
10. Lu, Y., Wang, X., Wang, M., Zhu, B., Zheng, M., Li, S., & Song, K. (2023). Soil color mapping based on Munsell system in the northeast of China. Geoderma, 439, Article 116669. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116669>

Zaiachkivska B., Palamarchuk R., Hryshchenko O., Zavodiana M., Melnychuk O.
STANDARDIZATION OF COLOR VISUALIZATION FOR GEOSPATIAL DATA IN
AGROCHEMICAL LAND PASSPORTIZATION

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 159-171.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.11>

Abstract. The article considers the problem of standardizing the color visualization of geospatial data during the management of agrochemical land passportization databases for agricultural purpose, the development of thematic maps, electronic atlases, and the operation of geoportals. Discrepancies between traditional subtractive print color models (CMYK, Pantone) and digital additive display models (RGB, HEX), as well as design models (HSL/HSV), were analyzed. The necessity of transitioning from verbal color descriptions in regulatory documents to the creation of technical specifications and reference color matrices (Cartographic Design System) with dual encoding (sRGB for web services and Coated FOGRA39 for printing) is substantiated. This approach prevents oversaturated shades, reduces visual fatigue, and ensures compliance with contrast and accessibility standards (WCAG 2.1). In accordance with the approved "Methodology for Agrochemical Land Passportization", 6-level spectral scales of soil nutrient availability and 6-level spectral scales of soil contamination have been formalized.

Keywords: visualization standardization, geodatabase, agrochemical monitoring, reference color matrix, color spaces (RGB/CMYK/HEX), geoportal, QGIS Atlas, PyQGIS, mapping automation, style files (.qml), Cartographic Design System.

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА GIS-ТЕХНОЛОГІЙ У ГЕОДЕЗІЇ

В. А. ФОМЕНКО,

*кандидат економічних наук, доцент кафедри геодезії, землеустрою та
земельного кадастру,*

e-mail: ph.d.fomenko@gmail.com,

ORCID: 0009-0008-4815-0813

Одеський державний аграрний університет

В. Г. ПАРАХНЕНКО,

доктор філософії з Наук про Землю, старший викладач кафедри екології

e-mail: vladparachnenko@ukr.net

ORCID:0000-0002-4312-6194

Уманський національний університет

Анотація. Інтеграція технологій штучного інтелекту та геоінформаційних систем (GIS) є одним із ключових напрямів розвитку сучасної геодезичної науки та практики. Поєднання інструментів просторового аналізу з інтелектуальними алгоритмами створює нові можливості для автоматизації збору, опрацювання, аналізу та представлення геопросторової інформації. Це забезпечує підвищення точності геодезичних вимірювань, прискорення виконання робіт і покращення якості управлінських рішень.

Сучасні геодезичні дослідження базуються на використанні значних масивів просторових даних, що надходять із глобальних навігаційних супутникових систем, безпілотних літальних апаратів, засобів лазерного сканування та дистанційного зондування Землі. Обробка такої інформації традиційними методами потребує значних часових і людських ресурсів. Використання технологій штучного інтелекту дозволяє автоматизувати пошук закономірностей, класифікацію об'єктів та виконання складного аналізу даних із високим рівнем точності та швидкодії.

Особливу роль у розвитку сучасної геодезії відіграють методи машинного навчання та нейронні мережі, які забезпечують автоматичне розпізнавання об'єктів на супутникових і аерофотознімках. Їх застосування істотно спрощує процес створення цифрових карт, актуалізації геопросторових баз даних та спостереження за змінами земної поверхні. Це дає змогу оперативно отримувати достовірні відомості про забудову територій, стан земельних ресурсів і перебіг природних процесів.

Геоінформаційні системи забезпечують накопичення, зберігання, обробку та візуалізацію просторової інформації, а застосування штучного інтелекту значно розширює можливості її аналізу та прогнозування. Поєднання цих технологій сприяє створенню інтелектуальних геоінформаційних систем, здатних

автоматично виявляти тенденції розвитку територій, оцінювати потенційні ризики та прогнозувати зміни природного середовища.

Одним із перспективних напрямів використання штучного інтелекту в геодезії є автоматизація обробки результатів геодезичних вимірювань, аналіз геопросторової інформації, побудова цифрових моделей рельєфу та оновлення кадастрових даних. Алгоритми машинного навчання забезпечують більш точне визначення координат, автоматичне розпізнавання просторових об'єктів і своєчасне виявлення змін у геодезичних матеріалах. Окремим напрямом є земельний моніторинг, у межах якого технології штучного інтелекту застосовуються для оцінювання змін землекористування, контролю стану земельних ресурсів та інформаційної підтримки процесу управління територіями.

Важомі можливості відкриває використання інтелектуальних алгоритмів під час моніторингу інженерних споруд, транспортних мереж і природних комплексів. Аналізуючи геодезичні спостереження в режимі реального часу, такі системи можуть прогнозувати деформаційні процеси, своєчасно виявляти потенційно небезпечні ділянки та попереджати про можливі аварійні ситуації, що має важливе значення для забезпечення безпечної експлуатації критичної інфраструктури.

Інтеграція штучного інтелекту та GIS-технологій знаходить широке застосування й у сфері міського планування та реалізації концепцій «розумного міста». Геопросторовий аналіз дозволяє оптимізувати транспортну інфраструктуру, планувати розвиток інженерних комунікацій, а також оцінювати екологічні наслідки урбанізаційних процесів. Це забезпечує органи державного управління та місцевого самоврядування сучасними інструментами для обґрунтованого планування розвитку територій.

Разом із численними перевагами впровадження технологій штучного інтелекту в геодезичну діяльність супроводжується необхідністю вирішення питань забезпечення якості вихідних даних, інформаційної безпеки та вдосконалення алгоритмів аналізу. Подальші наукові дослідження зосереджуються на підвищенні точності моделей машинного навчання, розвитку автоматизованих технологій обробки геопросторової інформації та створенні нових інтелектуальних сервісів для геодезичної галузі.

Отже, інтеграція технологій штучного інтелекту та геоінформаційних систем є важливою складовою цифрової трансформації сучасної геодезії. Їх комплексне використання забезпечує підвищення ефективності геодезичних робіт, покращення якості аналізу просторових даних, розширення можливостей моніторингу територій та сприяє розвитку сучасних підходів до управління земельними ресурсами й інфраструктурними об'єктами.

Ключові слова: інтеграція, штучний інтелект, GIS-технології, геодезія, геопросторові дані, машинне навчання, нейронні мережі, цифрові карти, моніторинг територій.

Актуальність

Сучасний розвиток геодезії характеризується стрімким зростанням

обсягів просторових даних, що надходять із супутникових систем позиціонування, безпілотних літальних апаратів, лазерного сканування та

інших джерел геопросторової інформації. Традиційні методи обробки, аналізу та інтерпретації таких даних часто потребують значних часових і трудових ресурсів, що ускладнює оперативне прийняття рішень та знижує ефективність виконання геодезичних робіт [1].

Водночас геоінформаційні системи (GIS) забезпечують ефективне зберігання, візуалізацію та аналіз просторових даних, однак їхні можливості щодо автоматичного виявлення закономірностей, прогнозування та обробки великих масивів інформації залишаються обмеженими без застосування інтелектуальних алгоритмів. У цьому контексті особливої актуальності набуває використання технологій штучного інтелекту, зокрема методів машинного та глибокого навчання, які здатні автоматизувати процеси обробки геодезичних даних, підвищити точність результатів і скоротити час виконання робіт.

Незважаючи на значний потенціал інтеграції штучного інтелекту та GIS-технологій, питання розробки ефективних підходів до їх комплексного застосування у геодезії залишаються недостатньо дослідженими. Існує потреба у вдосконаленні методів аналізу просторових даних, автоматизації геодезичних процесів та створенні інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Тому дослідження можливостей інтеграції штучного інтелекту та GIS-технологій у геодезії є актуальним науковим і практичним завданням [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питання інтеграції штучного інтелекту (ШІ) та геоінформаційних

систем (GIS) у геодезії є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку сучасної геопросторової науки. В останні роки дослідники активно вивчають можливості застосування методів машинного навчання, глибокого навчання та геопросторового штучного інтелекту (GeoAI) для автоматизації збору, обробки та аналізу просторових даних. Дослідження показують, що використання ШІ значно підвищує ефективність роботи з великими обсягами геоданих, отриманих із супутникових систем, безпілотних літальних апаратів, лазерного сканування та дистанційного зондування Землі [5].

Значний внесок у розвиток концепції GeoAI зробили дослідники, які розглядають інтеграцію географічних наук, GIS-технологій та алгоритмів штучного інтелекту як новий підхід до розв'язання складних просторових задач. У наукових працях зазначається, що поєднання геопросторових даних із методами машинного навчання дозволяє підвищити точність класифікації об'єктів, прогнозування змін територій та моделювання просторових процесів.

Окремий напрям досліджень присвячений застосуванню штучного інтелекту для аналізу даних дистанційного зондування та тривимірного моделювання місцевості. Науковці відзначають ефективність нейронних мереж, згорткових моделей (CNN) та трансформерів для автоматичного розпізнавання об'єктів, побудови цифрових моделей рельєфу та обробки даних LiDAR. Такі підходи сприяють підвищенню точності геодезичних вимірювань та скороченню часу виконання робіт.

У сучасних дослідженнях також значна увага приділяється викорис-

тання великих мовних моделей і генеративного штучного інтелекту в GIS-середовищі. Вчені розглядають концепцію «автономних GIS», у яких штучний інтелект здатний самостійно формувати та виконувати геопросторові аналітичні процеси, здійснювати пошук даних, їх обробку та візуалізацію результатів. Це відкриває нові можливості для автоматизації геодезичних досліджень та підтримки прийняття рішень [3].

Крім того, сучасні оглядові дослідження демонструють активний розвиток напрямів інтеграції генеративного штучного інтелекту в картографію та GIS. Основними сферами застосування є автоматизоване створення карт, аналіз просторових закономірностей, обробка природномовних запитів користувачів та підтримка геопросторового моделювання.

Незважаючи на значну кількість наукових праць, питання комплексної інтеграції штучного інтелекту та GIS-технологій у геодезії залишаються недостатньо дослідженими. Особливо актуальними є проблеми забезпечення точності моделей, інтерпретації результатів роботи алгоритмів, обробки неоднорідних геопросторових даних та впровадження інтелектуальних систем у практику геодезичних робіт. Це обумовлює необхідність подальших досліджень у даному напрямі [6].

Мета даного дослідження: є оцінювання можливостей інтеграції технологій штучного інтелекту та геоінформаційних систем у сфері геодезії, аналіз сучасних підходів до автоматизації обробки геопросторових даних, а також визначення переваг і перспектив використання інтелектуальних алгоритмів для підвищення точності, оперативності та ефектив-

ності геодезичних робіт. Особливу увагу приділено оцінці можливостей застосування методів машинного навчання та аналізу великих даних у поєднанні з GIS-технологіями для вирішення сучасних завдань геодезичного забезпечення.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження виконано із застосуванням комплексу загальнонаукових і спеціальних методів, спрямованих на оцінювання можливостей інтеграції технологій штучного інтелекту та геоінформаційних систем (GIS) у сучасній геодезії. Методологічною основою роботи стали системний, порівняльний та інформаційно-аналітичний підходи.

У процесі дослідження використано аналіз і узагальнення наукових публікацій, нормативно-технічної документації та сучасних практик застосування штучного інтелекту в геодезії, GIS, дистанційному зондуванні Землі та кадастровій діяльності. Для оцінювання можливостей інтеграції III та GIS застосовано методи системного аналізу, які дозволили визначити основні напрями використання інтелектуальних алгоритмів під час обробки геопросторових даних. Порівняльний метод використано для зіставлення традиційних і сучасних підходів до виконання геодезичних робіт, а також оцінювання їх ефективності за показниками точності, швидкості обробки інформації та рівня автоматизації.

Як інструментальну основу дослідження розглянуто сучасні GIS-платформи, технології дистанційного зондування Землі, лазерного сканування (LiDAR), супутникові навігаційні

системи, безпілотні літальні апарати та алгоритми машинного навчання, зокрема згорткові нейронні мережі (CNN), що застосовуються для аналізу й автоматизованої обробки геопросторових даних. Узагальнення отриманих результатів здійснювали із використанням методів логічного аналізу, синтезу та систематизації, що дало змогу визначити перспективні напрями розвитку інтелектуальних геоінформаційних систем у геодезії.

Особливого значення набуває застосування технологій глибокого навчання для обробки даних дистанційного зондування Землі. Завдяки використанню згорткових нейронних мереж (CNN) стало можливим автоматичне виявлення об'єктів на знімках високої роздільної здатності. Такі методи значно перевершують традиційні підходи за швидкістю обробки та точністю результатів. Крім того, алгоритми штучного інтелекту можуть виявляти закономірності, які складно або неможливо визначити за допомогою традиційних методів аналізу [4].

Важливим напрямом інтеграції ШІ та GIS є обробка даних лазерного сканування (LiDAR). Технологія LiDAR забезпечує отримання високоточної тривимірної інформації про поверхню Землі та об'єкти, розташовані на ній. Однак обсяги таких даних можуть досягати сотень гігабайтів або навіть терабайтів. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє автоматизувати процес класифікації хмар точок, виділення будівель, рослинності, транспортних мереж та інших елементів. Це значно скорочує час обробки інформації та підвищує ефективність геодезичних досліджень.

Не менш важливим є використання штучного інтелекту для створення та оновлення цифрових моделей

місцевості. Традиційно формування цифрових моделей рельєфу потребувало значних часових витрат і ручної обробки даних. Сучасні алгоритми машинного навчання здатні автоматично аналізувати просторову інформацію, усувати похибки вимірювань та формувати високоточні цифрові моделі. Такі рішення широко застосовуються під час проектування інженерних споруд, планування територій, моніторингу природних ресурсів та оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій.

Штучний інтелект в GIS також сприяє розвитку прогностичного аналізу геопросторових процесів. Завдяки використанню історичних даних та методів машинного навчання можна прогнозувати зміни землекористування, розвиток урбанізованих територій, ерозійні процеси, ризики підтоплення та інші природні явища. Це дозволяє органам державного управління та підприємствам приймати більш обґрунтовані рішення щодо використання земельних ресурсів та планування територій [7].

Суттєві переваги забезпечує використання технологій штучного інтелекту в кадастровій діяльності. Автоматизовані системи можуть здійснювати перевірку кадастрових даних, виявляти невідповідності між документами та фактичним станом земельних ділянок, аналізувати зміни меж землекористування та формувати рекомендації щодо їх уточнення. Це сприяє підвищенню якості кадастрової інформації та зменшенню кількості помилок, пов'язаних із людським фактором.

Окремої уваги заслуговує використання безпілотних літальних апаратів у поєднанні з GIS та штучним інтелектом. Безпілотники дозволяють

оперативно отримувати високоточні дані про стан територій, а алгоритми ІІІ забезпечують їх автоматичну обробку. Такий підхід активно застосовується для моніторингу будівництва, контролю стану транспортної інфраструктури, оцінки наслідків стихійних лих та ведення сільського господарства. Поєднання цих технологій дає можливість отримувати актуальну інформацію практично в режимі реального часу [8].

Сучасні GIS-платформи дедалі частіше включають інструменти штучного інтелекту безпосередньо у свої програмні комплекси. Це дозволяє користувачам виконувати складний просторовий аналіз без необхідності глибоких знань у сфері програмування або машинного навчання. Інтелектуальні модулі можуть автоматично підбирати методи аналізу, виявляти просторові закономірності та формувати аналітичні звіти. У результаті GIS перетворюються з інструментів візуалізації даних на комплексні системи підтримки прийняття рішень.

Попри численні переваги штучного інтелекту та GIS-технологій у геодезії супроводжується низкою проблем. Насамперед це стосується якості вихідних даних, від якої безпосередньо залежить точність роботи алгоритмів машинного навчання. Крім того, існують питання інтерпретації результатів, отриманих за допомогою складних нейронних мереж, а також необхідність забезпечення кібербезпеки та захисту геопросторової інформації. Важливим викликом залишається потреба у висококваліфікованих спеціалістах, які володіють знаннями як у сфері геодезії та GIS, так і у сфері штучного інтелекту.

Перспективи подальшого розвитку інтеграції ІІІ та GIS пов'язані з

удосконаленням алгоритмів глибокого навчання, розвитком хмарних технологій, використанням великих геопросторових даних та створенням інтелектуальних геоінформаційних платформ нового покоління. Очікується, що в найближчі роки рівень автоматизації геодезичних процесів суттєво зросте, а роль штучного інтелекту в аналізі та управлінні просторовими даними стане визначальною [9].

Результати дослідження та їх обговорення

У ході дослідження встановлено, що інтеграція штучного інтелекту та GIS-технологій у геодезії суттєво підвищує ефективність обробки та аналізу просторових даних. Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє автоматизувати класифікацію територій, розпізнавання об'єктів на аерофотознімках і супутникових зображеннях, а також покращує точність просторового моделювання. GIS-системи у поєднанні з ІІІ забезпечують швидке оновлення картографічної інформації та прогнозування змін рельєфу і землекористування. Також доведено, що такі технології значно скорочують час виконання геодезичних робіт і зменшують вплив людського фактора на результати вимірювань. Отримані результати підтверджують доцільність подальшого впровадження інтегрованих рішень ІІІ та GIS у практику геодезичних досліджень.

Таблиця відображає основні напрями інтеграції штучного інтелекту та GIS-технологій у геодезії, показуючи взаємодію між функціями геоінформаційних систем і методами ІІІ та отриманими результатами. Зокрема, при обробці просторових

1. Основні напрями інтеграції AI та GIS у геодезії

Напря́м застосування	GIS-функції	Роль ІІІ	Результат інтеграції
Обробка просторових даних	Картографування, просторовий аналіз	Машинне навчання	Автоматичне виявлення закономірностей у даних
Обробка супутникових знімків	Дистанційне зондування Землі	Нейронні мережі	Підвищення точності класифікації об'єктів
3D-моделювання місцевості	Побудова цифрових моделей рельєфу (DEM)	Deep Learning	Автоматичне створення 3D моделей
Моніторинг деформацій	Просторовий моніторинг	Аналітика часових рядів	Виявлення змін поверхні в реальному часі

2. Порівняння традиційних та AI-GIS методів у геодезії

Критерій	Традиційні GIS-методи	GIS + ІІІ
Швидкість обробки	Низька / середня	Висока
Точність аналізу	Залежить від оператора	Вища завдяки алгоритмам навчання
Автоматизація	Обмежена	Високий рівень автоматизації
Робота з великими даними	Ускладнена	Ефективна (Big Data підхід)
Адаптивність моделей	Низька	Самонавчання систем

даних GIS забезпечує картографування та просторовий аналіз, а алгоритми машинного навчання дозволяють автоматично виявляти закономірності в масивах геоданих. У сфері обробки супутникових знімків GIS використовується для дистанційного зондування Землі, тоді як нейронні мережі підвищують точність класифікації об'єктів на зображеннях. Під час 3D-моделювання місцевості GIS формує цифрові моделі рельєфу (DEM), а методи глибокого навчання забезпечують автоматичне створення точних тривимірних моделей. У напрямі моніторингу деформацій GIS виконує просторовий аналіз змін, а аналітика часових рядів на основі ІІІ дозволяє виявляти зміни поверхні майже в реальному часі. Таким чином, інтеграція AI та GIS значно підвищує точність, автоматизацію та оперативність геодезичних досліджень.

Таблиця порівнює традиційні GIS-методи та підхід, що інтегрує GIS із штучним інтелектом у геодезії, за

основними критеріями ефективності. Зокрема, показано, що традиційні методи характеризуються нижчою або середньою швидкістю обробки даних, тоді як у системах GIS + ІІІ вона є значно вищою завдяки автоматизації процесів. Точність аналізу в класичних підходах значною мірою залежить від досвіду оператора, у той час як використання алгоритмів машинного навчання забезпечує стабільно вищі результати. Рівень автоматизації також суттєво відрізняється: у традиційних GIS він обмежений, тоді як інтеграція з ІІІ дозволяє виконувати більшість операцій автоматично. При роботі з великими обсягами даних традиційні методи стикаються з труднощами, тоді як AI-GIS системи ефективно застосовують підхід Big Data. Крім того, адаптивність моделей у класичних системах є низькою, тоді як у поєднанні з ІІІ вони здатні до самонавчання та постійного вдосконалення [10].

Таблиця демонструє практичні результати впровадження інтеграції

3. Практичні результати впровадження AI + GIS у геодезії

Сфера застосування	Приклад використання	Досягнутий ефект	Обмеження
Кадастрові роботи	Автоматична інвентаризація земель	Скорочення часу обробки до 40–60%	Потреба якісних даних
Будівництво	Контроль деформацій споруд	Раннє виявлення ризиків	Висока вартість впровадження
Екологічний моніторинг	Аналіз змін ландшафту	Точніше прогнозування змін	Залежність від супутникових даних
Міське планування	Smart City моделювання	Оптимізація інфраструктури	Складність інтеграції систем

штучного інтелекту та GIS-технологій у різних сферах геодезії, а також пов'язані з цим ефекти та обмеження. У кадастрових роботах використання AI дозволяє автоматизувати інвентаризацію земель і скоротити час обробки даних на 40–60%, однак ефективність залежить від якості вихідної інформації. У будівництві такі технології застосовуються для контролю деформацій споруд, що забезпечує раннє виявлення потенційних ризиків, хоча впровадження залишається дорогавартісним. В екологічному моніторингу інтегровані системи використовуються для аналізу змін ландшафту, що підвищує точність прогнозування, але значною мірою залежить від доступності супутникових даних. Таким чином, результати підтверджують високу ефективність технологій при наявності відповідної інфраструктури та якісних даних.

Висновки і перспективи

У результаті проведеного аналізу встановлено, що інтеграція штучного інтелекту (ШІ) та геоінформаційних систем (GIS) у геодезії є одним із ключових напрямів розвитку сучасних геопросторових технологій. Поєднання аналітичних можливостей GIS із алгоритмами машинного нав-

чання та глибокого навчання забезпечує суттєве підвищення ефективності обробки, аналізу та інтерпретації просторових даних.

Встановлено, що використання технологій штучного інтелекту дозволяє значно скоротити час обробки великих масивів геоданих, автоматизувати процеси розпізнавання та класифікації об'єктів місцевості, а також підвищити точність результатів геодезичних вимірювань. Особливо ефективними є нейронні мережі при обробці даних дистанційного зондування Землі та аерофотознімків.

Важливим результатом є підтвердження того, що інтеграція ШІ та GIS-технологій забезпечує перехід від традиційних методів геопросторового аналізу до інтелектуальних автоматизованих систем підтримки прийняття рішень. Такі системи здатні не лише обробляти дані, але й виявляти приховані просторові закономірності та здійснювати прогнозування змін території.

Водночас визначено низку проблем, що стримують повноцінне впровадження даних технологій у геодезичну практику. До них належать залежність якості результатів від вихідних даних, складність інтерпретації моделей штучного інтелекту, потреба у висококваліфікованих

фахівцях та питання інтеграції різних геопросторових систем.

Перспективи подальшого розвитку пов'язані з удосконаленням алгоритмів машинного навчання, впровадженням хмарних GIS-платформ, використанням великих геопросторових даних (Big GeoData) та створенням інтелектуальних геоінформаційних систем нового покоління. Очікується, що такі технології стануть основою автоматизованої геодезії майбутнього.

Таким чином, штучний інтелект та GIS-технології є важливим кроком у розвитку сучасної геодезії, що забезпечує підвищення точності, оперативності та ефективності геопросторових досліджень.

Список використаної літератури

1. Бондаренко Е., Дудун Т. The application of artificial intelligence systems in the training of cartography and geoinformatics specialists in Ukraine. Інформаційні технології і засоби навчання. 2025. Т. 106, № 2. URL: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/6008>
2. Бондаренко Е., Дудун Т., Яценко О. Directions of application of artificial intelligence tools for collection and processing of geospatial data in modern Ukrainian realities // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Географія. 2025. URL: <https://geography.bulletin.knu.ua/uk/article/view/6729>
3. Лазоренко Н. Дослідження застосування штучного інтелекту (GeoAI) для завдань топографічного картографування. Просторовий розвиток. 2024. № 8. С. 430–443. URL: <https://spd.knuba.edu.ua/article/view/315533>
4. Кінь Д. Щодо підвищення точності методів картометричних і морфометричних обчислень у геоінформаційному середовищі. Просторовий розвиток. 2024. № 7. URL: <https://spd.knuba.edu.ua/article/view/302636>
5. Малюк О. Особливості діяльності Комітету експертів ООН з управління глобальною геопросторовою інформацією (UN-GGIM): досвід України. Містобудування та територіальне планування. 2024. № 86. URL: <https://mtp.knuba.edu.ua/article/view/310447>
6. Малюк О. Особливості діяльності Комітету експертів ООН з управління глобальною геопросторовою інформацією (UN-GGIM): досвід України. Містобудування та територіальне планування, (2024). 86. URL: <https://mtp.knuba.edu.ua/article/view/310447>
7. Мартин А., Тревого І., Євсюков Т. Управління публічністю геопросторових даних в Україні під час війни. Західне геодезичне товариство. 2024. Т. 47. URL: <https://zgt.com.ua/en/управління-публічністю-геопросторових/>
8. Національний університет «Києво-Могилянська академія». Офіційний сайт. URL: <https://www.ukma.edu.ua>
9. Поморцева О. Є., Пілічева М. О., Анопрієнко Т. В. Технологія використання геоінформаційних систем при обробці геодезичних даних. Технічні науки та технології. 2019. № 4(18). С. 229–237. DOI: 10.25140/2411-5363-2019-4(18)-229-237. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-4\(18\)-229-237](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-4(18)-229-237)
10. Український гідрометеорологічний інститут. Офіційний сайт. URL: <https://uhmi.org.ua>
11. Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекедова. Офіційний сайт. URL: <https://www.kname.edu.ua>

References

1. Bondarenko, E., & Dudun, T. (2025). The application of artificial intelligence systems in the training of cartography and geoinfor-

- matics specialists in Ukraine. Information Technologies and Learning Tools, 106(2). Available at: <https://journal.iitta.gov.ua/index.php/itlt/article/view/6008>
2. Bondarenko, E., Dudun, T., & Yatsenko, O. (2025). Directions of application of artificial intelligence tools for collection and processing of geospatial data in modern Ukrainian realities. Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geography. Available at: <https://geography.bulletin.knu.ua/uk/article/view/6729>
3. Lazorenko, N. (2024). Doslidzhennia zastosuvannia shtuchnoho intelektu (GeoAI) dlia zavdan topohrafichnoho kartohravuvannia [Research on the application of artificial intelligence (GeoAI) for topographic mapping tasks]. Spatial Development, 8, 430–443. Available at: <https://spd.knuba.edu.ua/article/view/315533>
4. Kin, D. (2024). Shchodo pidvyshchennia tochnosti metodiv kartometrychnykh i morfometrychnykh obchyslen u heoinformatsiinomu seredovyschi [Improving the accuracy of cartometric and morphometric methods in the geoinformation environment]. Spatial Development, 7. Available at: <https://spd.knuba.edu.ua/article/view/302636>
5. Maliuk, O. (2024). Osoblyvosti diialnosti Komitetu ekspertiv OON z upravlinnia hlobalnoiu heoprostorovoio informatsiieiu (UN-GGIM): dosvid Ukrainy [Activities of the UN Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM): The experience of Ukraine]. Urban Planning and Territorial Planning, 86. Available at: <https://mtp.knuba.edu.ua/article/view/310447>
6. Martyn, A., Trevoho, I., & Yevsiukov, T. (2024). Upravlinnia publichnistiu heopros-torovykh danykh v Ukraini pid chas viiny [Management of public access to geospatial data in Ukraine during wartime]. West Ukrainian Geodetic Society, 47. Available at: <https://zgt.com.ua/en/управління-публічністю-геопросторових/>
7. National University of Kyiv-Mohyla Academy. (2026). Official website. Available at: <https://www.ukma.edu.ua>
8. Pomortseva, O. Ye., Pilicheva, M. O., & Anopriienko, T. V. (2019). Tekhnolohiia vykorystannia heoinformatsiinykh system pry obrobtsi heodezychnykh danykh [Technology of using geographic information systems in geodetic data processing]. Technical Sciences and Technologies, 4(18), 229–237. Available at: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-4\(18\)-229-237](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2019-4(18)-229-237)
9. Ukrainian Hydrometeorological Institute. (2026). Official website. Available at: <https://uhmi.org.ua>
10. O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv. (2026). Official website. Available at: <https://www.kname.edu.ua>

Fomenko V., Parakhnenko V.

INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND GIS TECHNOLOGIES IN GEODESY

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 172-182.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.12>

Abstract. *The integration of artificial intelligence technologies and geoinformation systems (GIS) is one of the key areas of development of modern geodetic science and practice. The combination of spatial analysis tools with intelligent algorithms creates new opportunities for automating the collection, processing, analysis and presentation of geospatial information. This ensures an increase in the accuracy of geodetic measurements, acceleration of work and improvement of the quality of management decisions.*

Current geodetic research is based on the use of significant spatial data arrays coming from global navigation satellite systems, unmanned aerial vehicles, laser scanning and remote sensing of the Earth. The processing of such information by traditional methods requires considerable time and human resources. The use of artificial intelligence technologies allows you to automate the search for regularities, the classification of objects and the performance of complex data analysis with a high level of accuracy and speed.

A special role in the development of modern geodesy is played by machine learning methods and neural networks that provide automatic recognition of objects on satellite and aerial photographs. Their use significantly simplifies the process of creating digital maps, updating geospatial databases and observing changes in the earth's surface. This makes it possible to quickly obtain reliable information about the development of territories, the state of land resources and the course of natural processes.

Geoinformation systems provide accumulation, storage, processing and visualization of spatial information, and the use of artificial intelligence significantly expands the possibilities of its analysis and forecasting. The combination of these technologies contributes to the creation of intelligent geoinformation systems capable of automatically detecting trends in the development of territories, assessing potential risks and predicting changes in the natural environment.

One of the promising areas of use of artificial intelligence in geodesy is the automation of processing the results of geodetic measurements, analysis of geospatial information, construction of digital terrain models and updating of cadastral data. Machine learning algorithms provide more accurate determination of coordinates, automatic recognition of spatial objects and timely detection of changes in geodetic materials. A separate direction is land monitoring, within which artificial intelligence technologies are used to assess land use changes, control the state of land resources, and informational support for the territory management process.

The use of intelligent algorithms during the monitoring of engineering structures, transport networks and natural complexes opens up significant opportunities. By analyzing geodetic observations in real time, such systems can predict deformation processes, detect potentially dangerous areas in a timely manner, and warn of possible emergency situations, which is essential to ensure the safe operation of critical infrastructure.

The integration of artificial intelligence and GIS technologies is also widely used in the field of urban planning and implementation of «smart city» concepts. Geospatial analysis makes it possible to optimize transport infrastructure, plan the development of engineering communications, as well as assess the environmental consequences of urbanization processes. This provides state administration and local self-government bodies with modern tools for sound territorial development planning.

Together with the numerous advantages of introducing artificial intelligence technologies into geodetic activity, it is accompanied by the need to solve the issues of ensuring the quality of raw data, information security and improving analysis algorithms. Further scientific research focuses on increasing the accuracy of machine learning models, developing automated geospatial information processing technologies, and creating new intelligent services for the geodetic industry.

Therefore, the integration of artificial intelligence technologies and geoinformation systems is an important component of the digital transformation of modern geodesy. Their complex use ensures an increase in the efficiency of geodetic works, an improvement in the quality of spatial data analysis, an expansion of territorial monitoring capabilities, and contributes to the development of modern approaches to the management of land resources and infrastructure facilities.

Keywords: *integration, artificial intelligence, GIS technologies, geodesy, geospatial data, machine learning, neural networks, digital maps, monitoring of territories.*

ГЕОІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЛАНУВАННЯ ТА ОБЛІКУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ У ГРОМАДАХ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

М.В. БІГУН,

аспірант,

E-mail: mykola.v.bihun@lpnu.ua

ORCID: 0009-0009-1215-0544

Л.Л. ПОЛЯКОВСЬКА,

кандидат технічних наук,

E-mail: liudmyla.l.poliakovska@lpnu.ua

ORCID: 0009-0001-7942-7757

Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація. Стаття визначає методичні засади геоінформаційного супроводу планування та обліку енергетичних ресурсів на рівні територіальних громад. Запропоновано інтегрувати просторові масиви, цифрові реєстри комунальної інфраструктури, системи оперативного моніторингу та аналітичні інструменти управління. Окремо проаналізовано можливості геоінформаційних платформ під час інвентаризації об'єктів, фіксації втрат енергоресурсів та підготовки інвестиційних проєктів. Метою роботи є створення прикладної моделі застосування геоінформаційних технологій у процесі планування, моніторингу та обліку енергоресурсів на рівні громади. Увагу спрямовано на об'єднання відомостей про обсяги споживання, стан інженерних мереж, резерви локальної генерації та ймовірність аварійних ситуацій. Дослідження базується на чинних нормативних актах, офіційній статистиці, відкритих геопросторових матеріалах, технічних характеристиках мереж та реєстрах об'єктів комунального господарства. Методологічна частина включає системний аналіз, просторове моделювання, економічне пріоритезування заходів, сценарні розрахунки та порівняльну оцінку управлінських варіантів в сфері енергоспоживання. Автори аргументують необхідність формування єдиної цифрової бази енергетичних ресурсів територіальної громади. У статті представлено інструменти для візуалізації ділянок з надмірним споживанням, розрахунку технічних втрат у мережах та визначення майданчиків для розміщення сонячних, вітрових і біоенергетичних установок. Запропоновано метод відбору інвестиційних проєктів

з урахуванням строку окупності, технічної доступності та впливу на довкілля. Доведено ефективність поєднання геоінформаційної системи з лічильниками віддаленого зчитування та місцевим геопорталом. Перспективним напрямом подальшої роботи вважається розробка цифрових двійників муніципальної інфраструктури. Доцільно також дослідити можливості штучного інтелекту у прогнозуванні енергетичних навантажень. Важливим завданням залишається створення галузевих стандартів для обміну просторовими даними.

Ключові слова: геоінформаційні системи, енергетичні ресурси, територіальна громада, енергоефективність, просторове планування, сталий розвиток.

Актуальність

Енергетична стійкість громад сьогодні все більше залежить від того, наскільки якісними є просторові дані та наскільки точним є технічний облік. Місцеві мережі теплопостачання, електропостачання, водопідготовки та зовнішнього освітлення функціонують у складних умовах, де навантаження розподіляється нерівномірно, а втрати ресурсів часто залишаються непоміченими. Звичайні системи звітності фіксують уже готовий результат, однак не дають змоги побачити, де саме в просторі виникає проблема. Саме тому геоінформаційні техніки, цифрові карти та об'єднані реєстри інфраструктури стають цілком практичним інструментом. Вони допомагають громадам більш точно визначати місця надмірних витрат, оцінювати можливості локальної генерації та узгоджувати інвестиційні програми.

У багатьох громадах геодезичний моніторинг, енергетичний облік, бюджетне планування та аварійне реагування досі існують як окремі управлінські контури. Така роз'єднаність знижує ефективність інвестицій, ускладнює модернізацію мереж і сповільнює відновлення територій після криз. Ми припускаємо, що об'єднання GIS-платформ, систем smart-metering,

просторової аналітики та цифрових карт ризику здатне сформувавши нову модель розпорядження енергетичними ресурсами громади.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Останнім часом дослідники дедалі більше уваги приділяють цифровому управлінню енергетичними ресурсами на рівні окремих територій. У роботі Ачкасова А. та ін. [2] наведено результати вивчення геопорталів територіальних громад та особливостей їхнього інформаційного наповнення. Автори показують, що просторові сервіси роблять управлінські дані доступнішими. Водночас питання інтеграції таких платформ із системами енергетичного обліку залишаються розкритими неповністю. Дослідження Ажаман І. та ін. [1] висвітлює міжнародний досвід енергетичного менеджменту та можливості його адаптації в Україні. Управління споживанням ресурсів, як доводять автори, дає відчутний економічний ефект. Однак механізми, які дають змогу деталізувати управлінські рішення територіально, тобто на рівні окремої громади, потребують подальшого уточнення.

У публікації Суходолі О. М. [7] запропоновано модель ризик-орієн-

тованого забезпечення енергетичної безпеки держави. Автор переконливо доводить важливість прогнозування загроз і резервування ресурсів. Але аспекти локального картографування ризиків для конкретних мережевих об'єктів інфраструктури залишилися невирішеними. Робота Буономано А. та ін. [8] представляє результати GIS-планування енергетичних спільнот у містах. Дослідники показують, що просторовий вибір зон генерації, накопичення та балансування попиту є ефективним. Проте чи можна адаптувати такі підходи до українських громад із їхніми зношеними мережами, це питання потребує окремого вивчення. У дослідженні Кочанек А., Генерович А., Зацлона Т. [12] розкрито роль геоінформаційних систем у природоохоронному менеджменті та розвитку відновлюваної енергетики. Автори слушно наголошують на міжгалузовому характері GIS-рішень. Водночас поєднання екологічних і бюджетних критеріїв у муніципальному плануванні висвітлено недостатньо.

У науковій публікації Нассіф В. Г., Аль-Тімімі Й. К., Ельхмаїді Д. [16] обґрунтовано використання методу GIS-АНР для вибору майданчиків під сонячну генерацію. Автори доводять високу точність багатокритеріального відбору територій. Разом із тим залишаються відкритими питання, як сумісно ранжувати сонячні, біоенергетичні та когенераційні проекти в межах однієї громади. Робота Карпаша М. та ін. С. [11] присвячена планам енергетичної безпеки малих муніципалітетів України. Дослідники показують необхідність сценарного планування та прогнозування ресурсних дефіцитів. Однак тема цифрового моніторингу в реальному часі розкрита тут лише частково. У до-

слідженні Зайченка С., Бориченка О., Трачука А. [17] наведено геоінформаційний аналіз розвитку відновлюваної енергетики України з урахуванням віддаленості споживачів. Автори показують, що транспортний і мережевий фактори помітно впливають на доцільність реалізації проєктів. Усе це дає підстави вважати, що актуальним є проведення окремого дослідження в розрізі геоінформаційного забезпечення управління енергетичними ресурсами в громадах.

Мета дослідження. Мета статті – розробити прикладні методичні підходи для впровадження геоінформаційного забезпечення у процеси планування та обліку енергетичних ресурсів на рівні громад.

Матеріали і методи дослідження

Джерельну основу дослідження становлять нормативні документи енергетичного сектору, муніципальні програми розвитку, відкриті геопросторові дані та статистичні матеріали про споживання ресурсів. До складу цього масиву увійшли картографічні шари територій громад, технічні параметри мереж, дані про бюджетні установи, а також відомості щодо локальної генерації енергії. Для аналітичної обробки застосовано системний підхід, порівняльний аналіз і просторове моделювання. За допомогою GIS-інструментів вдалося визначити зони перевантаження мереж, ділянки, а також території з підвищеним ризиком.

Результати дослідження та їх обговорення

Процеси переходу громад до точного управління енергетичними ре-

сурсами, напряму залежать від якості просторових даних. Це пов'язано з тим, що енергетичний облік довгий час розвивався окремо від містобудівного кадастру, а інженерна інфраструктура часто описувалася локальними схемами підприємств. Єдина цифрова база енергетичних ресурсів громади має будуватися на інтеграції кількох джерел. Сюди слід включити державний земельний кадастр, містобудівну документацію, топографічні плани, супутникові знімки та результати GNSS-зйомки. До цієї системи додаються показники фактичного споживання електроенергії, тепла, води, палива. Рівень наповнення бази можна оцінювати коефіцієнтом просторової готовності:

$$K_{pg} = \frac{N_v}{N_z} \cdot 100\% \quad (1)$$

де:

K_{pg} – коефіцієнт просторової готовності бази, %;

N_v – кількість верифікованих об'єктів;

N_z – загальна кількість об'єктів реєстру.

У разі перевищення значення показника за 90 %, громада вже має працездатну цифрову модель. Якщо значення нижче, система ще нестійка, хоча формально існує.

Наступний блок стосується геодезичного позиціонування об'єктів енергоспоживання. Йдеться не лише про будівлі шкіл чи лікарень. Потрібно фіксувати котельні, теплові пункти, насосні станції, трансформаторні підстанції, свердловини, вузли освітлення, аварійні ділянки мереж [16, с. 83]. Без точних координат технічне обслуговування стає реактивним (рис. 1).

Енергоємність просторової одиниці доцільно визначати за формулою:

$$E_d = \frac{Q_{el} + Q_{th} + Q_f}{S} \quad (2)$$

де:

E_d – інтегральна енергоємність території, кВт•год/м²;

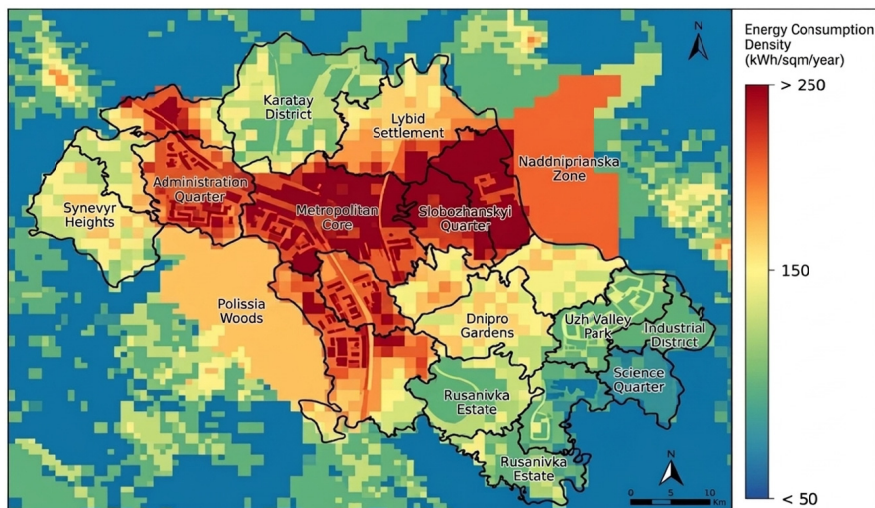


Рис. 1. Просторова карта щільності енергоспоживання (кВт/м²/рік) у міських районах (побудовано авторами в середовищі SolidWorks)

1. Типова структура цифрової бази енергетичних ресурсів територіальної громади [3, 4]

№ з/п	Категорія об'єктів	Джерело даних	Основний параметр обліку	Просторовий формат	Частота оновлення	Пріоритет цифровізації
1	Заклади освіти	Балансоутримувач	кВт•год/рік	Точка/полігон	Щомісячно	Високий
2	Медичні заклади	Управління охорони здоров'я	Г кал/рік	Полігон	Щомісячно	Високий
3	Адмінбудівлі	Виконком громади	кВт•год/м²	Полігон	Щоквартально	Середній
4	Котельні	КП тепломереж	Потужність, МВт	Точка	Щоквартально	Високий
5	Вуличне освітлення	КП благоустрою	Кількість світлоточок	Лінія/точка	Щомісячно	Високий
6	Підстанції	Оператор мереж	кВт	Точка	Щорічно	Високий
7	Водонасосні станції	Водоканал	кВт•год/добу	Точка	Щомісячно	Високий
8	Тепломережі	КП тепломереж	Втрати, %	Лінія	Щорічно	Високий

Q_{el} – споживання електроенергії;
 Q_{th} – теплова енергія у приведеному еквіваленті;

Q_f – паливні ресурси;

S – площа забудови або функціональної зони.

Такий індикатор добре виявляє квартали з аномально високими витратами. Перед переходом до реєстру доцільно порівняти структуру об'єктів, які зазвичай включаються до цифрової бази громади (табл. 1).

GIS-реєстр енергетичної інфраструктури повинен працювати як система рішень, а не як архів. Для кожного об'єкта фіксуються технічний стан, рік введення, знос, балансоутримувач, енерговитрати, фотофіксація, ремонтна історія та прогноз заміни. Це переводить громаду від інтуїтивного ремонту до керованого інвестиційного циклу. Індекс пріоритетності модернізації доцільно визначати так:

$$P_m = 0,45Z + 0,35L + 0,20C \quad (3)$$

де:

P_m – пріоритет модернізації;

Z – рівень зносу;

L – втрати енергії;

C – критичність об'єкта для населення.

Чим вище значення показника, тим раніше об'єкт включають до програми оновлення. Варіанти того, як методика працює на практиці, доречно показати на прикладі Криворізької міської громади. Територія громади перевищує 430 км², а місто має видовжену структуру забудови. Це означає довгі інженерні коридори, значну протяжність зовнішнього освітлення та високі витрати на диспетчеризацію. За відкритими даними міської ради у громаді функціонують десятки комунальних підприємств, велика мережа закладів освіти та охорони здоров'я, а транспортна інфраструктура охоплює трамвайні й тролейбусні системи. Для такої території без GIS-реєстру витрати на координатію неминуче зростають. Практичний кейс можна подати через модель квартального аналізу. Якщо один район має 14 бюджетних будівель із

2. Матриця пріоритетності модернізації енергетичних об’єктів громади [5, 14]

№ з/п	Тип об’єкта	Знос, %	Втрати енергії, %	Індекс пріоритетності	Рекомендована дія
1	Школа старої забудови	71	24	0,64	Термомодернізація
2	Лікарняний корпус	66	21	0,58	Модернізація вузла обліку
3	Котельня квартальна	79	18	0,67	Заміна обладнання
4	Насосна станція	74	16	0,60	Частотне регулювання
5	Вуличне освітлення	48	27	0,51	LED-модернізація
6	Адмінбудівля	53	14	0,43	Автоматизація режимів
7	Тепломережа ділянка	81	29	0,74	Капітальна заміна
8	Спортивний комплекс	59	19	0,49	Локальна санація

середнім споживанням 182 кВт•год/м² на рік, а сусідній район 11 будівель з 126 кВт•год/м², система одразу показує зону втрат. Далі перевіряються утеплення, тепловузли, освітлення, режим експлуатації [6, с. 128-129]. В таблиці 2 наведено приклад аналітичної матриці, яку громада може застосовувати для формування щорічної програми енергоефективності.

Окремої уваги потребує моніторинг у часі. Статична карта швидко старіє. Тому базу даних варто поєднувати з автоматичним імпортом показників лічильників, мобільними обстеженнями та щорічною геодезичною ревізією мереж. Тоді інформація не накопичує похибки. Ефект цифрового управління можна оцінити формулою економії:

$$K_e = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \cdot 100\% \quad (4)$$

де:
Ke – економія витрат, %;
C0 – витрати до впровадження GIS;
C1 – витрати після впровадження.

У муніципальних проєктах подібний показник часто формується через менші аварійні ремонти,

скорочення втрат і точніше бюджетування. Це, як видається, найцінніший ефект цифрової геодезичної моделі громади. Коли карта починає працювати як управлінський інструмент, ресурси вже не розпорошуються, а концентруються у проблемних точках. Саме тому геоінформаційний аналіз потрібен не як додаток до статистики, а як окрема система виявлення втрат. Коли карта поєднана з показниками споживання, приховані дисбаланси стають видимими. Перший етап полягає у картографуванні зон надмірного енергоспоживання [2]. Для цього територію громади поділяють на аналітичні комірки, наприклад 250 × 250 м або 500 × 500 м. Далі до кожної комірки прив’язують річне споживання електроенергії, тепла, природного газу, кількість мешканців, площу забудови та протяжність мереж [9, с. 4]. Після цього формується інтегральний індекс навантаження.

$$I_{en} = \frac{\alpha Q_{el} + \beta Q_{th} + \gamma Q_g}{S^{0.65} \cdot P^{0.35}} \quad (5)$$

де:
Ien – індекс енергетичного навантаження території;

Q_{el} – річне споживання електроенергії, кВт•год;

Q_{th} – теплова енергія, Гкал у приведеному еквіваленті;

Q_g – споживання газу, м³ у енергетичному перерахунку;

S – площа забудови, м²;

P – чисельність населення;

α, β, γ – вагові коефіцієнти ресурсу.

Комірки з перевищенням середнього значення на 25–30 % формують карту критичних зон. Друга задача стосується втрат у теплових та електричних мережах. Вони нерідко розосереджені по дрібних ділянках, тому традиційна звітність згладжує ризики. У GIS середовище вводять шари трубопроводів, кабельних трас, вік мереж, аварійність, температуру носія, опір ліній. Після цього формується просторовий коефіцієнт втрат.

$$K_{loss} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{L_i \cdot Z_i \cdot \Delta T_i}{D_i} \right) + \sum_{j=1}^m (R_j I_j^2 t_j) \quad (6)$$

де:

K_{loss} – інтегральний показник втрат;

L_i – довжина теплової ділянки;

Z_i – коефіцієнт зносу;

ΔT_i – температурний перепад;

D_i – діаметр трубопроводу;

R_j – електричний опір лінії;

I_j – сила струму;

t_j – час навантаження.

Після розрахунку система показує ділянки, де модернізація дасть найбільший ефект за одиницю вкладень. Перед подальшим моделюванням доцільно структурувати технічні параметри, що використовуються при картографуванні енерговитрат і втрат мереж (табл. 3) [12].

Наступний блок пов'язаний із GIS-моделюванням придатних територій для локальної генерації. Для сонячних станцій використовують інсоляцію, ухил рельєфу, орієнтацію схилів, віддаленість від підстанцій, обмеження забудови та екологічні режими. Для вітрових об'єктів додають розу вітрів, шорсткість поверхні, санітарні зони та аеронавігаційні обмеження. Біоенергетика, власне, орієнтується на логістику сировини, транспортну доступність і відстань до споживача тепла [17, с. 62]. При-

2. Технічні параметри GIS-аналізу зон надмірного енергоспоживання та мережевих втрат (розроблено авторами)

№ з/п	Параметр	Одиниця виміру	Джерело даних	Просторовий рівень	Період оновлення
1	Споживання електроенергії	кВт•год/рік	Оператори обліку	Будівля	Щомісячно
2	Споживання тепла	Гкал/рік	Теплопостачальник	Будівля	Щомісячно
3	Протяжність тепломереж	км	Технічний паспорт	Квартал	Щорічно
4	Аварійність мереж	випадків/рік	Комунальне підприємство	Ділянка	Щоквартально
5	Щільність забудови	м²/га	Кадастр	Квартал	Щорічно
6	Вік обладнання	років	Балансоутримувач	Об'єкт	Щорічно
7	Навантаження трансформаторів	%	Енергокомпанія	Підстанція	Щомісячно
8	Втрати напруги	%	Диспетчерський облік	Лінія	Щомісячно

датність ділянки доцільно визначати методом зваженого накладання:

$$S_{fit} = \sum_{k=1}^r w_k x_k - \sum_{h=1}^q p_h y_h \quad (7)$$

де:
 S_{fit} – інтегральний бал придатності;
 w_k – вага позитивного критерію;
 x_k – нормоване значення позитивного фактора;
 p_h – вага обмеження;
 y_h – нормоване значення негативного фактора.

Ділянки з найвищим балом потрапляють до першої черги інвестиційного розгляду. Але проблема в тому, що висока природна придатність не завжди означає високу економічну доцільність. Саме тому після технічного відбору запускають фінансовий фільтр. Для цього розраховують просторовий індекс окупності:

$$R_{pay} = \frac{CAPEX + \sum OPEX_t (1+r)^{-t}}{\sum CF_t (1+r)^{-t}} \quad (8)$$

де:
 R_{pay} – індекс окупності;
 $CAPEX$ – первинні капітальні витрати;
 $OPEX_t$ – операційні витрати року t ;

CF_t – грошовий потік року t ;
 r – ставка дисконту.

Якщо індекс менший за одиницю, проект має прийнятний фінансовий профіль. Перед остаточним вибором інвестицій громада має зів'язати технічну придатність із доступністю підключення та екологічним ефектом. Саме тут GIS стає інструментом стратегічного ранжування (табл. 4).

Третій етап стосується просторової пріоритезації інвестиційних проєктів. Тут оцінюється не один показник, а пакет параметрів: окупність, кількість споживачів, резерв потужності, екологічний ефект, технічний ризик, доступність землі. Якщо працювати без карти, конфлікти виникають майже гарантовано. Коли ж рішення спирається на просторову матрицю, управлінська логіка стає прозорішою [15, с. 492]. Комплексний рейтинг можна визначати так:

$$Q_{inv} = 0.30F + 0.25A + 0.20E + 0.15T + 0.10R \quad (9)$$

де:
 Q_{inv} – інтегральний рейтинг проєкту;
 F – фінансова ефективність;
 A – доступність інфраструктури;
 E – екологічний ефект;
 T – технічна готовність;

4. Матриця технічної пріоритезації локальних енергетичних проєктів громади (розроблено авторами)

№ з/п	Тип проєкту	Технічний бал, од.	Відстань до мережі, км	Скорочення CO ₂ , т/рік	Пріоритет
1	Наземна СЕС 5 МВт	8,9	0,8	4120	Високий
2	Дахова СЕС школи	7,1	0,1	96	Середній
3	ВЕС локальна 3 МВт	8,4	1,6	3580	Високий
4	Біокотельня 2 МВт	7,8	0,4	2140	Високий
5	Газопоршнева когенерація	6,5	0,3	980	Середній
6	Акумуляторний модуль	7,3	0,2	0	Середній
7	Теплові насоси ЖКГ	7,9	0,2	620	Високий
8	МікроСЕС для водоканалу	6,9	0,1	74	Середній

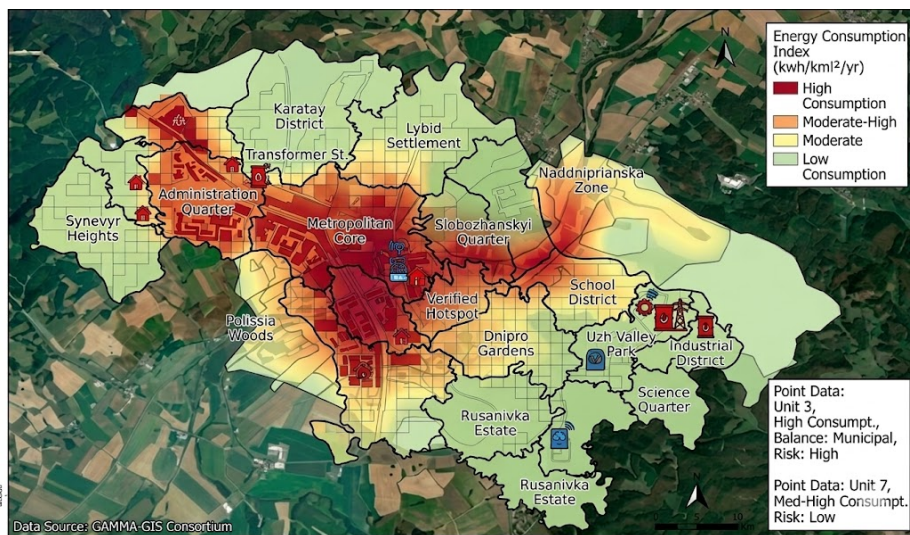


Рис. 2. Теплова карта споживання енергії: ГІС-аналіз міста (побудовано авторами в середовищі SolidWorks)

R – ризик реалізації.

Дані надходять із затримкою, втра-ти накопичуються раніше, а ремонтні рішення приймаються запізно. Саме тому геодезичний моніторинг сьогодні переходить у режим безперервного спостереження. Координати об'єкта, часовий ряд споживання, технічний стан обладнання та просторові зв'язки мають працювати як єдина система.

Інтеграція GIS-платформи з smart-metering починається з прив'язки кожного вузла обліку до координатної основи громади. Лічильник без координати дає лише число [10]. Лічильник у геоінформаційній системі дає контекст: район, балансоутримувач, тип забудови, підстанцію живлення, аварійні ризики (рис. 2).

Для поточного контролю використовується агрегований показник миттєвого відхилення навантаження:

$$D_t = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{it} - \bar{q}_i}{\sigma_i} \right)^2} \quad (10)$$

де:

D_t – інтегральне відхилення у момент часу t ;

q_{it} – поточне споживання об'єкта i ;

$\bar{q}_i$ – середнє нормативне споживання;

σ_i – стандартне відхилення ряду;

n – кількість контрольованих вузлів.

Якщо показник перевищує порогове значення, диспетчер одразу бачить сектор аномального навантаження. Система реального часу має поєднувати лічильники електроенергії, тепла, води, газу, стан насосного обладнання та параметри напруги. До речі, окремий сенс має інтеграція з GNSS-датчиками на мобільних бригадах. Це дає контроль часу реагування, маршруту руху та фактичного місця виконання робіт.

Перед розгортанням цифрового диспетчерського контуру доцільно зафіксувати набір технічних параметрів, які громада повинна збирати автоматично. Без цього потік да-

5. Технічні параметри інтеграції GIS-платформи з системами smart-metering (розроблено авторами)

№ з/п	Параметр моніторингу	Одиниця виміру	Джерело сигналу	Частота оновлення	Просторовий рівень
1	Активна потужність	кВт	Електролічильник	15 хвилин	Будівля
2	Теплове навантаження	Гкал/год	Тепловузол	15 хвилин	Будівля
3	Тиск у мережі	бар	Датчик тиску	5 хвилин	Ділянка
4	Напруга фази	В	Аналізатор мережі	1 хвилина	Підстанція
5	Витрата води	м³/год	Водомір	15 хвилин	Об'єкт
6	Температура носія	°С	Температурний датчик	5 хвилин	Тепломережа
7	Час прибуття бригади	хвилин	GPS-трекер	Подія	Район
8	Статус обладнання	0/1	Контролер PLC	Онлайн	Об'єкт

них швидко перетворюється на шум (табл. 5).

Геопортал громади виступає наступним рівнем управління. Якщо внутрішня GIS-система орієнтована на операторів, то геопортал працює для керівництва, фінансових підрозділів і мешканців. Тут відображаються виконані ремонти, споживання бюджетних установ, динаміка економії, статус інвестиційних проєктів, завантаження мереж [13, с. 224]. Але проблема в тому, що без стандартизації візуалізації керівник бачить красиву карту, а не рішення.

Для оцінки виконання програм енергоефективності доцільно застосовувати індекс бюджетної результативності:

$$B_{ef} = \frac{\sum_{j=1}^m (S_j \cdot \eta_j)}{\sum_{j=1}^m C_j} \quad (11)$$

де:

B_{ef} – індекс бюджетної результативності;

S_j – річна економія коштів заходом j ;

η_j – коефіцієнт досягнення цільового ефекту;

C_j – бюджетні витрати на захід;

m – кількість проєктів.

Чим вищий показник, тим точніше бюджет перетворюється на реальний ресурсозберігаючий результат. У геопорталі корисно відображати не лише завершені роботи, а й прогноз касових потреб до кінця року. Тоді фінансовий департамент бачить не залишок коштів, а майбутню напругу бюджету. Саме через це цифрова карта дедалі частіше стає інструментом казначейського планування. Окремий блок стосується цифрових карт ризиків енергетичної безпеки. Тут поєднуються аварійність мереж, ступінь зносу, резерв потужності, щільність населення, критичні об'єкти, логістична доступність ремонтних служб [11]. У разі надзвичайної події громада повинна знати, яка ділянка найбільш вразлива, а яка може тимчасово прийняти навантаження. Інтегральний ризик території доцільно визначати так:

$$R_z = \lambda_1 A + \lambda_2 Z + \lambda_3 P + \lambda_4 C - \lambda_5 R_s \quad (12)$$

де:

R_z – ризик зони;

A – аварійність мереж;

Z – ступінь зносу;

P – щільність споживачів;

C – критичність соціальних об'єктів;

6. Матриця цифрового ризик-аналізу та сценаріїв відновлення енергетичної інфраструктури (розроблено авторами)

№ з/п	Тип ризику	Ймовірність	Наслідок для системи	Час реагування	Пріоритет дії
1	Пошкодження підстанції	Висока	Втрата живлення району	До 30 хв	Критичний
2	Прорив тепломережі	Висока	Зниження температури сектору	До 1 год	Високий
3	Перевантаження фідера	Середня	Аварійне відключення	До 15 хв	Високий
4	Відмова насосної станції	Середня	Перебої водопостачання	До 30 хв	Високий
5	Кібератака на SCADA	Низька	Втрата керування	Негайно	Критичний
6	Локальний дефіцит палива	Середня	Обмеження генерації	До 6 год	Середній
7	Обрив зв'язку датчиків	Середня	Втрата телеметрії	До 2 год	Середній
8	Масове зледеніння мереж	Низька	Множинні пошкодження	До 12 год	Високий

R_s – резервна спроможність мережі;

$\lambda 1 \dots \lambda 5$ – вагові коефіцієнти.

Зони з максимальним значенням потрапляють до першої черги модернізації та резервування. Перед розробленням сценаріїв післякризового відновлення доцільно структурувати типи ризиків і відповідні технічні реакції громади (табл. 6).

Післякризове відновлення повинно будуватися не за принципом черговості заявок, а за просторовим рейтингом критичності. Для цього вводиться показник відновлювального пріоритету:

$$V_p = \frac{N_c \cdot W_s \cdot T_r^{-1}}{C_r^{0.5}} \quad (13)$$

де:

V_p – пріоритет відновлення;

N_c – кількість споживачів;

W_s – вага соціальної значущості;

T_r – очікуваний час ремонту;

C_r – ресурсна вартість робіт.

Чим більше значення індексу, тим раніше об'єкт включають у графік аварійного відновлення. Те, як працює така система, добре видно під

час пікових навантажень. GIS показує осередок проблеми, smart-metering підтверджує параметри, геопортал відкриває бюджетний ресурс, ремонтна служба отримує маршрут. Отже, кілька раніше роз'єднаних процесів стають одним контуром управління.

Висновки і перспективи

Отримані результати дають підстави стверджувати, що ефективність управління енергетичними ресурсами громади помітно зростає, коли геодезичні дані, цифрове картографування та автоматизований облік споживання об'єднано в єдиному інформаційному середовищі. Саме завдяки такому поєднанню просторових координат і технічних показників стає можливим завчасно виявляти приховані осередки перевитрат, локальну нерівномірність навантаження та зношені ділянки мереж, ще до того, як вони спричинять аварії. Практична користь запропонованого підходу виявляється в переході від реактивного ремонту до прогнозованого сервісного управління. У підсумку громада

отримує більш точне бюджетування, раціональніший розподіл інвестицій і зниження експлуатаційних витрат.

Геоінформаційні системи здатні виконувати не лише візуалізаційну функцію, а й роль аналітичної платформи для стратегічного розвитку територій. За допомогою багатокритеріального ранжування ділянок, оцінки окупності проєктів, моделювання ризиків і різних сценаріїв відновлення формується нова логіка місцевого енергетичного планування. Вона водночас спирається на просторову доцільність, технічну готовність і суспільну потребу. Такий підхід видається особливо важливим для громад, які перебувають у процесі модернізації інфраструктури або післякризового відновлення.

Список використаної літератури

1. Ажаман І. А., Хабіб А., Пущина Н. В., Мельничук О. І. Світовий досвід розвитку системи енергетичного менеджменту та перспективи його впровадження в Україні. *Журнал стратегічних економічних досліджень*. 2023. № 1 (12). С. 73–81. DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5398.2023.1.8>
2. Ачкасов А., Попович Н. В., Пересадько В. А., Гордезіані Т. Геоінформаційне забезпечення геопорталів територіальних громад: довоєнні реалії й післявоєнні перспективи. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2024. № 60. С. 124-135. DOI: <http://dx.doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-09>
3. Громадська спілка «Біоенергетична асоціація України». URL: <https://uabio.org/> (дата звернення: 20.04.2026).
4. Згуровський М. З., Болдак А. О., Бояринова К. О., Дунська А. Р. та ін. Форсайт: виклики енергетичній незалежності країн і регіонів світу на середньостроковому (до 2025 року) і довгостроковому (до 2030 року) часових горизонтах Foresight-Energy-ua-2021. Київ: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку, Інформаційно-аналітичний ситуаційний центр КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2021. 188 с. URL: http://wdc.org.ua/uk/%20energy_foresight2021
5. Кабінет Міністрів України. Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року. Київ, 2024. URL: документ PDF (дата звернення: 20.04.2026).
6. Кучер А. В., Синиця О. Економіка й стале управління енергетичними ресурсами в аграрній сфері: монографія. Пловдив: Academic Publishing House «Talent», 2025. 376 с.
7. Суходоля О. М. Енергетична безпека України: перспективна модель управління ризиками : монографія. Київ : Національний інститут стратегічних досліджень, 2023. 136 с. DOI: <https://doi.org/10.53679/NISS-book.2023.01>
8. Buonomano A., Giuzio G. F., Maka R., Russo G., Zizzania S. GIS-driven planning of energy communities: optimising renewables, storage, and demand aggregation in urban areas. *Renewable Energy*. 2026. Vol. 256. Art. 124521. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.124521>
9. Chowdhury A. K. Smart Renewable Energy Integration for Precision Agriculture in Off-Grid Areas. *Applied Agriculture Sciences*. 2025. Vol. 3. No 1. pp. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.25163/agriculture.3110286>
10. Dedinec A., Dedinec A., Nakev S., Dimitriev D., Mihajloska E., Kocarev L., Zec M., Oakleaf J. R., Kiesecker J. M. Smart Energy Siting to Guide Renewable Energy Transition. *Research Square*. 2025. Preprint. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-7474783/v1>.

11. Karpash M., Zhovtulia L., Soroka N.-A., Maksymiuk S. Development of Municipal Energy Security Plans for Small-sized Municipalities in Ukraine: Challenges, Forecast and Policy Recommendations. *E3S Web of Conferences*. 2025. Vol. 654. Art. 05003. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202565405003>
12. Kochanek A., Generowicz A., Załona T. The Role of Geographic Information Systems in Environmental Management and the Development of Renewable *Energy Sources—A Review Approach. Energies*. 2025. Vol. 18. No 17. Art. 4740. DOI: <https://doi.org/10.3390/en18174740>
13. Koçyiğit A., Aksu K., Terzi A. F., Demirel H. Investigating the Role of Geographic Information Systems in Advancing Positive Energy Districts. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2026. Vol. XLVIII-4/W18-2025. pp. 221-226. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W18-2025-221-2026>
14. Makedon V., Karpenko L., Petko S., Bondarenko S., Ryzhova V. Economic efficiency and environmental benefits of the development of renewable energy sources. *International Journal of Energy, Environment, and Economics*. 2024. Vol. 32. No 2. pp. 239-257. URL: <https://novapublishers.com/shop/economic-efficiency-and-environmental-benefits-of-the-development-of-renewable-energy-sources/> (дата звернення: 20.04.2026).
15. Makedon V., Politykin M., Hromyak S., Novosad I., Doronina I. The Role of Renewable Energy in Advancing SDG 7: Ensuring Clean and Affordable *Energy. Grassroots Journal of Natural Resources*. 2025. Vol. 8. No 2. pp. 485-505. DOI: <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.080223>
16. Nassif W. G., Al-Timimi Y. K., Elhmaidi D. GIS-AHP for Optimal Solar Site Selection: A Case Study of Iraq and Its Implications for Climate Change. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*. 2025. Vol. 47. pp. 71-89. DOI: <https://doi.org/10.54337/ijsepm.10646>
17. Zaichenko S., Borychenko O., Trachuk A. Geoinformation analysis of the prospects for the development of renewable energy sources in Ukraine, taking into account the remoteness of electricity consumers. *Vidnovliuvana Enerhetyka*. 2025. No 2 (81). pp. 58-66. DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2025.2\(81\).58-66](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2025.2(81).58-66)

References

1. Azhaman, I. A., Khabib, A., Pushchina, N. V., & Melnychuk, O. I. (2023). Svitovyi dosvid rozvytku systemy enerhetychnoho menedzhmentu ta perspektyvy yoho vprovadzhennia v Ukraini [World experience in the development of energy management systems and prospects for its implementation in Ukraine]. *Zhurnal stratehichnykh ekonomichnykh doslidzhen*, 1(12), 73–81. DOI: <https://doi.org/10.30857/2786-5398.2023.1.8>
2. Achkasov, A., Popovych, N. V., Peresadko, V. A., & Gordeziani, T. (2024). Heoinformatsiine zabezpechennia heoportaliv terytorialnykh hromad: dovoieni realii y pislavoieni perspektyvy [Geoinformation support of territorial community geoportals: Pre-war realities and post-war prospects]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnogo universytetu imeni V. N. Karazina. Seriiia "Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia"*, 60, 124–135. DOI: <http://dx.doi.org/10.26565/2410-7360-2024-60-09>
3. Hromadska spilka "Bioenerhetychna asotsiatsiia Ukrainy." (n.d.). Available at: <https://uabio.org/>
4. Zghurovskiy, M. Z., Boldak, A. O., Boiarynova, K. O., Dunska, A. R., et al. (2021). Forsait: vyklyky enerhetychnii nezalezhnosti krain i rehioniv svitu na serednostrokovomu (do 2025 roku) i dovhostrokovomu (do 2030 roku) chasovykh

- horyzontakh Foresight-Energy-ua-2021 [Foresight: Challenges to energy independence of countries and regions of the world in the medium-term (to 2025) and long-term (to 2030) horizons]. Kyiv: National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", 188. Available at: http://wdc.org.ua/uk/%20energy_fore sight2021
5. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024). Natsionalnyi plan z enerhetyky ta klimatu na period do 2030 roku [National energy and climate plan until 2030]. Kyiv. Available at: PDF document.
6. Kucher, A. V., & Synysia, O. (2025). *Ekonomika y stale upravlinnia enerhetychnymy resursamy v ahrarnii sferi* [Economics and sustainable management of energy resources in the agricultural sector]. Plovdiv: Academic Publishing House Talent, 376.
7. Sukhodolia, O. M. (2023). *Enerhetychna bezpeka Ukrainy: perspektyvna model upravlinnia ryzykamy* [Energy security of Ukraine: A prospective risk management model]. Kyiv: National Institute for Strategic Studies, 136. DOI: <https://doi.org/10.53679/NISS-book.2023.01>
8. Buonomano, A., Giuzio, G. F., Maka, R., Russo, G., & Zizzania, S. (2026). GIS-driven planning of energy communities: Optimising renewables, storage, and demand aggregation in urban areas. *Renewable Energy*, 256, 124521. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.124521>
9. Chowdhury, A. K. (2025). Smart renewable energy integration for precision agriculture in off-grid areas. *Applied Agriculture Sciences*, 3(1), 1–6. DOI: <https://doi.org/10.25163/agriculture.3110286>
10. Dedinec, A., Dedinec, A., Nakev, S., Dimitriev, D., Mihajloska, E., Kocarev, L., Zec, M., Oakleaf, J. R., & Kiesecker, J. M. (2025). Smart energy siting to guide renewable energy transition. Research Square. Preprint. DOI: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-7474783/v1>
11. Karpash, M., Zhovtulia, L., Soroka, N.-A., & Maksymiuk, S. (2025). Development of municipal energy security plans for small-sized municipalities in Ukraine: Challenges, forecast and policy recommendations. *E3S Web of Conferences*, 654, 05003. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202565405003>
12. Kochanek, A., Generowicz, A., & Załona, T. (2025). The role of geographic information systems in environmental management and the development of renewable energy sources—A review approach. *Energies*, 18(17), 4740. DOI: <https://doi.org/10.3390/en18174740>
13. Koçyiğit, A., Aksu, K., Terzi, A. F., & Demirel, H. (2026). Investigating the role of geographic information systems in advancing positive energy districts. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-4/W18-2025, 221–226. DOI: <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W18-2025-221-2026>
14. Makedon, V., Karpenko, L., Petko, S., Bondarenko, S., & Ryzhova, V. (2024). Economic efficiency and environmental benefits of the development of renewable energy sources. *International Journal of Energy, Environment, and Economics*, 32(2), 239–257. Available at: <https://novapublishers.com/shop/economic-efficiency-and-environmental-benefits-of-the-development-of-renewable-energy-sources/>
15. Makedon, V., Politykin, M., Hromyak, S., Novosad, I., & Doronina, I. (2025). The role of renewable energy in advancing SDG 7: Ensuring clean and affordable energy. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 8(2), 485–505. DOI: <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.080223>
16. Nassif, W. G., Al-Timimi, Y. K., & Elhmaidi, D. (2025). GIS-AHP for optimal solar site selection: A case study of Iraq and its implications for climate change. *International Journal of Sustainable Energy Plan-*

- ning and Management, 47, 71–89. DOI: <https://doi.org/10.54337/ijsepm.10646>
17. Zaichenko, S., Borychenko, O., & Trachuk, A. (2025). Geoinformation analysis of the prospects for the development of renewable energy sources in Ukraine, taking into account the remoteness of electricity consumers. *Vidnovliuvana Enerhetyka*, 2(81), 58–66. DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2025.2\(81\).58-66](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2025.2(81).58-66)
-

Bihun M., Poliakovska L.

GEOINFORMATION SUPPORT FOR ENERGY RESOURCE PLANNING AND ACCOUNTING IN COMMUNITIES AS A TOOL FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY AND ENSURING SUSTAINABLE DEVELOPMENT

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 183-197.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.13>

Abstract. The article defines the methodological foundations of geoinformation support for planning and accounting of energy resources at the level of territorial communities. It proposes integrating spatial datasets, digital registers of municipal infrastructure, operational monitoring systems, and analytical management tools. Particular attention is given to the capabilities of geoinformation platforms during asset inventory, identification of energy losses, and preparation of investment projects. The purpose of the study is to develop an applied model for the use of geoinformation technologies in planning, monitoring, and accounting of energy resources at the community level. Attention is focused on combining data on consumption volumes, the condition of engineering networks, reserves of local generation, and the probability of emergency situations. The research is based on current regulatory acts, official statistics, open geospatial materials, technical characteristics of networks, and registers of municipal utility facilities. The methodological framework includes system analysis, spatial modelling, economic prioritisation of measures, scenario calculations, and comparative assessment of managerial options in the field of energy consumption. The authors substantiate the need to create a unified digital database of energy resources of a territorial community. The article presents tools for visualising areas with excessive consumption, calculating technical losses in networks, and identifying sites for solar, wind, and bioenergy installations. A method for selecting investment projects is proposed, taking into account payback period, technical accessibility, and environmental impact. The effectiveness of combining a geoinformation system with remote-reading meters and a local geoportal is demonstrated. A promising direction for further work is considered to be the development of digital twins of municipal infrastructure. It is also advisable to study the possibilities of artificial intelligence in forecasting energy loads. An important task remains the creation of sectoral standards for spatial data exchange.

Keywords: Geographic Information Systems, energy resources, territorial community, energy efficiency, spatial planning, sustainable development.

G19 БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ. ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНЕ І КАРТОГРАФІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)

Отримано: 20.07.2026; Прийнято: 05.08.2026; Опубліковано: 30.09.2026;

УДК 528.4

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.14>

ЦИФРОВИЙ РОБОЧИЙ ПРОЦЕС ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ НА ПРИКЛАДІ КАРПАТСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

Н.А. КОЛЕСНИК,

кандидат технічних наук

E-mail: kolesniknatalka@gmail.com

ORCID 0009-0004-2991-2924

Національний університет біоресурсів і природокористування України

В.О. ПЕТРЕНКО,

менеджер відділу обліку земель

E-mail: voxzpetrenko69@gmail.com

LLC STATE LAND BANK

Анотація. У статті розроблено та апробовано відтворюваний цифровий робочий процес інвентаризації земель природно-заповідного фонду на прикладі однієї несформованої земельної ділянки державної власності в межах Карпатського національного природного парку (КНПП). Наукова проблема полягає в узгодженні різномірних кадастрових, правових, картографічних, лісовпорядних і геодезичних джерел, які відрізняються часом створення, призначенням та просторовою основою. Запропонований підхід передбачає класифікацію джерел і встановлення їх пріоритетності, просторове зіставлення кадастрових та лісовпорядних матеріалів, польову GNSS-RTK-верифікацію ключових точок меж і режимоутворюючих об'єктів, контроль топології, площ, угідь, обмежень і суміжників, а також формування електронного документа та пов'язаних матеріалів технічної документації. Практичним результатом стало формування земельної ділянки площею 2035,1825 га, підготовки технічної документації та внесення відомостей про неї до Державного земельного кадастру. Для польових робіт застосовано GNSS-RTK South S-82T із мережею System.NET. У DigitalS сформовано XML та автомати-

зовано значну частину похідних текстових і графічних матеріалів. Науковий внесок полягає у методиці багатоджерельного узгодження та системі контролю якості даних, а не у самій нормативній послідовності інвентаризації або стандартних функціях програмного забезпечення.

Ключові слова: інвентаризація земель, природно-заповідний фонд, Карпатський національний природний парк, землеустрій, GNSS, Digitals, геоінформаційні технології, XML-файл, технічна документація.

Постановка проблеми

Інвентаризація земель є складовою землеустрою та одним із механізмів актуалізації відомостей про місце розташування, межі, площу, правовий статус і фактичний стан земель. Для територій природно-заповідного фонду її значення виходить за межі звичайного кадастрового обліку, оскільки просторові рішення мають враховувати особливий режим охорони, функціональне зонування, землі постійного користування, суміжні землекористування, водні об'єкти та інші режимоутворюючі об'єкти [1-4].

Карпатський національний природний парк є показовим об'єктом для дослідження цифрової інвентаризації. За офіційними даними парку, його загальна площа становить 50 495 га, у тому числі 38 322 га земель лісового фонду постійного користування та 12 173 га земель інших землекористувачів. Територія має функціональне зонування, що включає заповідну, зону регульованої рекреації, зону стаціонарної рекреації та господарську зони [10].

Для великих лісових територій недостатньо механічно перенести контур із одного джерела до іншого. Державний земельний кадастр, правовстановлюючі документи, лісовпорядні планшети, відкриті геопросторові дані та сучасні GNSS-вимірювання можуть

мати різну дату, масштаб, призначення і просторову точність. Тому ключовим науково-прикладним завданням є побудова трасованого цифрового процесу, у якому кожне просторове рішення має джерело, критерій пріоритетності та процедуру перевірки.

Чинний Порядок проведення інвентаризації земель визначає зміст інвентаризаційних робіт, а технічна документація погоджується та затверджується у порядку, визначеному статтею 186 Земельного кодексу України [1]. Нормативні вимоги є необхідною основою процедури, але самі по собі не визначають методик узгодження різночасових та різнотипних геопросторових джерел. Це зумовлює потребу в удосконаленні методичних підходів до проведення інвентаризації земель та впровадженні цифрових технологій, які забезпечують підвищення точності, оперативності та достовірності отриманих результатів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питання інвентаризації земель та її ролі в системі управління земельними ресурсами широко висвітлюються у працях вітчизняних та закордонних науковців.

У своїх дослідженнях Є. Бутенко, А. Даньшова, І. Юрченко, М. При-

ходько розглядають інвентаризацію земель як один із ключових інструментів формування достовірної інформаційної бази для ефективного управління земельними ресурсами, наповнення Державного земельного кадастру та вдосконалення системи землеустрою. Особливу увагу дослідники приділяють питанням виявлення неврахованих земельних ділянок, уточнення меж землекористувань, підвищення ефективності використання земельного фонду та забезпечення достовірності кадастрових відомостей. У сучасних умовах децентралізації наукові дослідження акцентують увагу на особливостях проведення інвентаризації земель територіальних громад. Зокрема, обґрунтовується необхідність застосування комплексного підходу, що базується на інтеграції кадастрових даних, геоінформаційних систем, матеріалів дистанційного зондування Землі та результатів польових обстежень, що забезпечує повноту й достовірність інформації про земельно-ресурсний потенціал територіальних громад [5, 6].

Окремий напрям сучасних наукових досліджень пов'язаний із цифровізацією процесів землеустрою та впровадженням геоінформаційних технологій. У роботі А. Кошеля доведено, що використання ГІС-технологій, дистанційного зондування Землі, супутникових даних та цифрових платформ дозволяє суттєво підвищити оперативність і точність інвентаризації земель, автоматизувати процеси оброблення просторових даних та забезпечити ефективний моніторинг змін у землекористуванні [7].

Станіславський В. П. досліджує правові аспекти функціонування Державного земельного кадастру,

акцентуючи увагу на необхідності адаптації українського законодавства до стандартів ЄС. Автор обґрунтовує важливість автоматизованого обміну геопросторовими даними та створення єдиного інформаційного простору для гарантування земельних прав [8].

У своїй роботі Нестеренко Г. Б. аналізує сучасні тенденції інвентаризації земель комунальної власності, пропонуючи модернізацію процесу через впровадження ГІС-технологій, 3D-кадастрів та інтеграцію екологічного моніторингу [9].

Для міжнародного контексту важливими є стандарти Land Administration Domain Model (LADM), які забезпечують концептуальне представлення зв'язків між сторонами, правами, обмеженнями та просторовими одиницями. А також INSPIRE Protected Sites, де охоронювані території розглядаються як окремі просторові об'єкти, пов'язані з іншими тематичними даними. У такому випадку земельна ділянка та межа природоохоронної території не повинні автоматично ототожнюватися [15-17].

Незважаючи на значну кількість наукових робіт залишається необхідність подальших досліджень, спрямованих на вдосконалення методики інвентаризації земель і підвищення ефективності використання сучасних цифрових технологій у землевпорядній діяльності. В даній роботі вирішується питання, як інтегрувати різномірні джерела та забезпечити контроль їхньої геометричної й атрибутивної узгодженості перед кадастровою реєстрацією.

Мета дослідження

Мета дослідження - розробити та апробувати відтворюваний цифровий робочий процес інвентаризації великої лісової території природ-

но-заповідного фонду на прикладі Карпатського національного природного парку, який поєднує багатоджерельне просторове узгодження, GNSS-RTK-верифікацію та контроль якості даних перед формуванням електронного документа.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення ефективного управління земельними ресурсами природно-заповідного фонду, удосконалення кадастрового обліку та встановлення юридично визначених меж територій природоохоронного призначення. Проведення інвентаризації земель сприяє отриманню достовірної інформації про їхній правовий статус, просторові характеристики та фактичне використання, що є необхідною передумовою раціонального землекористування, охорони природних комплексів і запобігання земельним спорам.

Матеріали і методи дослідження

Емпіричною основою є технічна документація із землеустрою щодо інвентаризації земель державної власності природно-заповідного фонду КНПП. Роботи виконувалися на підставі розпорядження Івано-Франківської обласної військової адміністрації №281 від 19.07.2023 р., наказу Головного управління Держгеокадастру в Івано-Франківській області №2-ІЗ від 21.07.2023 р., договору та технічного завдання.

Правовстановлюючою основою був державний акт на право постійного користування землею серії І-ІФ №002770 від 29.12.2001 р., виданий на підставі рішення Яремчанської міської ради народних депутатів від 27.12.2001 р. та зареєстрований

у Книзі записів державних актів за №000019. Загальна площа за актом становила 4133,3200 га. У межах масиву №6 цього акта сформовано земельну ділянку площею 2035,1825 га; залишок площі 2098,1375 га, за матеріалами вихідної роботи, формується іншими технічними документаціями.

Використано відомості Державного земельного кадастру, правовстановлюючі документи та відомості Державного реєстру речових прав, графічні матеріали замовника, План лісонасаджень Вороненківського лісництва та планшети лісовпорядкування 2001 року, результати топографо-геодезичних вишукувань і відкриті геопросторові дані.

При виконанні дослідження застосовано методи просторового аналізу, GNSS-вимірювання, камеральної обробки геодезичних даних, цифрового картографування та формування електронної документації із землеустрою.

Цифровий робочий процес реалізовано у Digitals та включав класифікацію джерел за правовим статусом, датою, масштабом і просторовою якістю; приведення даних до узгодженої координатної основи; зіставлення кадастрових і лісовпорядних меж; польову GNSS-верифікацію ключових точок та об'єктів; контроль геометрії, топології, площі, угідь, обмежень і суміжників; формування електронного документа та технічної документації.

В результаті була запропонована схема пріоритетності джерел: 1) правовстановлюючі документи та актуальні кадастрові відомості є базовими; 2) лісовпорядні матеріали використовуються як просторовий контекст; 3) відкриті дані - як допоміжне джерело; 4) GNSS-RTK - як засіб польової перевірки неоднозначних елементів.

Результати дослідження та їх обговорення

Об'єктом дослідження є неформована земельна ділянка державної власності в межах Карпатського національного природного парку (КНПП), який є частиною природно-заповідного фонду України й знаходиться на заході країни, у межах Івано-Франківської області [10].

У межах досліджуваної ділянки враховано лісові земельні ділянки, не вкриті лісовою рослинністю, природні водотоки, землі під дорогами, сіножаті та пасовища. У ході польових робіт знімалися лінії електропередач, джерела водопостачання та водні об'єкти.

Орієнтовні межі земельної ділянки, що підлягає реєстрації в Державному земельному кадастрі, були на-

дані у вигляді графічного матеріалу (рис. 1).

Надані графічні матеріали були використані для просторової прив'язки до місцевості за допомогою сучасного технологічного засобу, такого як DigitalS. Просторова прив'язка виконана на основі топографо-геодезичних вишукувань.

Використовуючи Єдиний державний вебпортал відкритих даних були отримані відомості про місцерозташування об'єктів природно-заповідного фонду, культурної спадщини, водних об'єктів та інших елементів довкілля [11].

Топографо-геодезичні дослідження, що проводились під час інвентаризації земель Карпатського національного природного парку, були спрямовані на точне визначення розташування об'єктів землеустрою. Вони є ключовою складовою подальших землевпорядних заходів і невід'ємною частиною цього процесу [12].

Оскільки територія проекту охоплює значні площі лісової місцевості, для покращення орієнтування в польових умовах було створено контури земельних ділянок відповідно до вихідних даних і експортовано у формат KML.

Для виконання топографо-геодезичних вимірювань під час інвентаризації земель Карпатського національного природного парку було використано GNSS-RTK приймач South S-82T.

Перед початком робіт було проведено топографо-геодезичні дослідження для визначення просторових характеристик земельних ділянок. Виконано рекогносцювання території та визначено границі зони, в межах якої здійснюватимуться топографо-геодезичні роботи.

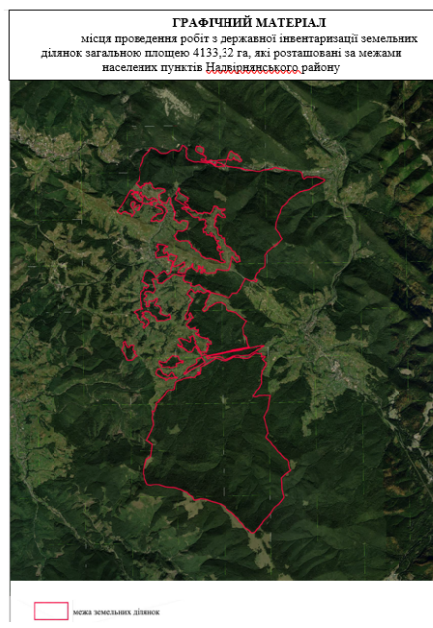


Рис. 1. Графічний матеріал місця проведення робіт щодо інвентаризації земель державної власності

Координатною основою слугувала мережа постійно діючих референсних GNSS-станцій System Solution. Положення базових станцій було визначене в системі координат SK63(3), а перехід до місцевої системи координат (MSK-26), що пов'язана з УСК-2000, здійснено за допомогою модуля перерахунку координат програмного забезпечення Digitals [13, 14].

Визначення координат точок земельних ділянок проводилось за допомогою RTK GNSS-приймача S82-T. Спостереження виконувались у режимі реального часу (RTK) із використанням референсних GNSS-станцій мережі System.NET.

Доступ до серверу мережі здійснювався через мобільний інтернет-зв'язок за стандартом GSM/GPRS. Дані передавалися у форматі RTCM v3.x, а коригувальні поправки формувалися за технологією мережевого RTK Master Auxiliary Corrections

(MAX).

Розрахунок RTK-поправок здійснювався програмним комплексом Leica GNSS Spider v4.3, встановленим на сервері мережі. Обробку польових вимірювань виконано в програмному забезпеченні Digitals. За результатами робіт складено схему GNSS-спостережень (рис. 2).

У результаті топографо-геодезичних робіт було встановлено точні межі земельної ділянки та визначено її площу — 2035,1825 га. Виділено земельні угіддя та режимоутворюючі об'єкти, що дозволило створити цифрову модель місцевості та виготовити топографічний план (рис. 3).

Під час топографо-геодезичних та землевпорядних робіт було виявлено режимоутворюючі об'єкти, що впливають на використання земельної ділянки. Відповідно до них встановлено обмеження та обтяження (табл. 1).

Чинний Порядок ведення Держав-

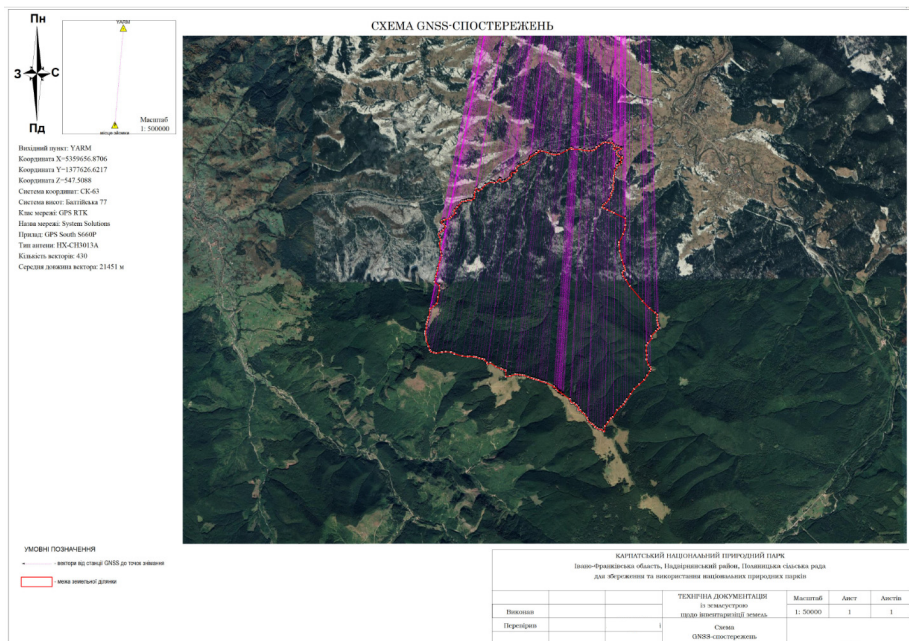


Рис. 2. Схема GNSS-спостережень досліджуваної земельної ділянки

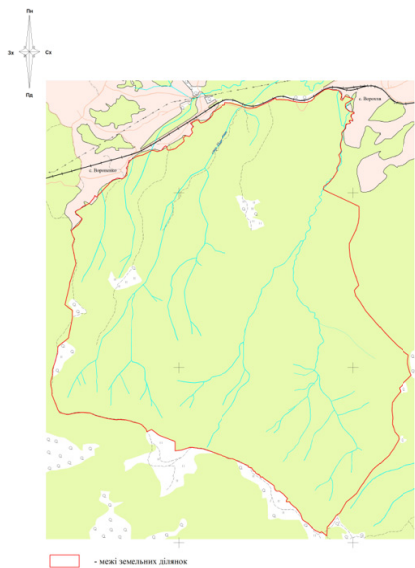


Рис. 3. Матеріали топографо-геодезичних вишукувань

ного земельного кадастру, затверджений постановою Кабінету Міністрів України №1051, визначає вимоги до відомостей, що подаються для державної реєстрації земельної ділянки. Закон України «Про Державний земельний кадастр» передбачає подання документації із землеустрою

в електронній формі та у формі електронного документа.

Реєстрація земельної ділянки в Державному земельному кадастрі здійснювалася на підставі електронного обмінного файлу у форматі XML та технічної документації із землеустрою, підписаних ЕЦП/КЕП.

Обмінний файл повинен містити набір атрибутивних шарів, які забезпечують відповідність технічних характеристик даних для успішної реєстрації земельної ділянки в Державному земельному кадастрі.

XML-файл, що стосується земельної ділянки природно-заповідного фонду загальною площею 2035,1825 га, включає такі атрибутивні шари:

- XML: Реквізити обмінного файлу
- XML: Земельна ділянка
- XML: Кадастрова зона
- XML: Кадастровий квартал
- XML: Угіддя
- XML: Обмеження
- XML: Суміжники

На основі обмінного файлу XML, використовуючи додаткові скрипти-ві функції програмного забезпечення Digitalis, було створено більшість

1. Обмеження (обтяження) у використанні земельної ділянки КНПП

Код та зміст обмеження	Основні законодавчі акти	Площа обмеження, га
10.01 Національні природні парки	Постанова від 3 червня 1980 р. №376 Київ про створення Карпатського національного природного парку	2035,1825
10.08 Заповідні зони Національних природних парків	Закон України від 16 червня 1992 р. "Про природно-заповідний фонд України"	496,0637
10.09 Зони регульованої рекреації національних природних парків	Закон України від 16 червня 1992 р. "Про природно-заповідний фонд України"	1512,6780
10.11 Господарські зони національних природних парків	Закон України від 16 червня 1992 р. "Про природно-заповідний фонд України"	26,4408
05.02 Прибережна захисна смуга вздовж річок, навколо водойм та на островах	Земельний кодекс України, Водний кодекс України, Постанова КМУ від 14.04.1997 №347 "Про затвердження Порядку складання паспортів річок і Порядку установлення берегових смуг водних шляхів та користування ними"	187,5313

текстових та графічних матеріалів технічної документації (ТД) із землеустрою щодо інвентаризації земель КНПП, а саме схема GNSS-спостережень, матеріали топографо-геодезичних вишукувань, кадастровий план земельної ділянки, перелік обмежень у використанні земельної ділянки. Методична перевага полягає у зменшенні повторного ручного введення та ризику розбіжностей між взаємопов'язаними матеріалами.

На підставі технічної документації із землеустрою та обмінного файлу XML земельної ділянки площею 2035,1825 га, призначеній для збереження та використання національних природних парків, було присвоєно кадастровий номер, що підтверджується Витягом із Державного земельного кадастру.

Основна складність інвентаризації земель ПЗФ полягає у взаємодії кількох просторів: юридично визначеної території природоохоронного об'єкта, земельної ділянки як об'єкта кадастру, лісовпорядної структури та функціонального зонування. Ці об'єкти можуть мати різні межі та не повинні автоматично зводитися до одного полігону. Підхід може бути адаптований до інших великих територій ПЗФ і потребує подальшого дослідження.

Висновки і перспективи

Таким чином, в роботі розроблено та апробовано цифровий робочий процес інвентаризації земель ПЗФ, у якому поєднано класифікацію вихідних джерел, ієрархічне просторове узгодження, GNSS-RTK-верифікацію та контроль геометричних і атрибутивних даних перед формуванням електронного документа.

Сформовано одну земельну ділянку державної власності площею

2035,1825 га у постійному користуванні КНПП. Підставами виконання робіт були розпорядження Івано-Франківської ОВА, наказ ГУ Держгеокадастру в Івано-Франківській області, договір і технічне завдання.

GNSS-RTK-вимірювання виконано South S-82T із використанням System.NET. У межах ділянки просторово враховано п'ять типів обмежень: 10.01, 10.08, 10.09, 10.11 та 05.02. Їх подання в цифровому середовищі дозволяє аналізувати взаємне положення меж, функціональних зон та режимоутворюючих об'єктів.

У Digitals сформовано електронний обмінний файл XML і значну частину похідних текстових та графічних матеріалів. Перевагою процесу є узгоджене використання одного набору геометричних та атрибутивних даних, що зменшує ризик повторного введення.

Науковий внесок полягає у відтворюваній логіці узгодження кадастрових, правових, лісовпорядних і геодезичних джерел. Перенесення підходу на інші території природно-заповідного фонду потребує індивідуального розгляду.

Список використаної літератури

1. Земельний кодекс України : Кодекс України від 25.10.2001 р. № 2768-III : станом на 26 січ. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text> (дата звернення: 19.07.2026).
2. Про затвердження Порядку проведення інвентаризації земель та визнання такими, що втратили чинність, деяких постанов Кабінету Міністрів України : Постанова Кабінету Міністрів України від 05.06.2019 р. № 476 : станом на 26 берез. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/476-2019-%D0%BF#Text>

- (дата звернення: 19.07.2026).
3. Про землеустрій : Закон України від 22.05.2003 р. № 858-IV : станом на 31 груд. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text> (дата звернення: 19.07.2026).
 4. Податковий кодекс України : Кодекс України від 02.12.2010 р. № 2755-VI : станом на 1 квіт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text> (дата звернення: 19.07.2026).
 5. Бутенко Є., Даньшова А., Юрченко І. Інвентаризація земель як передумова ефективного управління земельними ресурсами. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. № 4. 2020. С. 14–19. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2020.04.02>.
 6. Бутенко Є., Приходько М. Науково-прикладні засади проведення інвентаризації земель територіальних громад в Україні. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. № 1. 2024. С. 92–105. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.01.08>.
 7. Кошель А., Кошель Д. Сучасні цифрові технології у системах управління земельними ресурсами. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. № 4. 2025. С. 99–106. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.04.09>.
 8. Станіславський В. П. Новітні правові засади функціонування Державного земельного кадастру. *Аналітично-порівняльне правознавство*. № 4. 2023. С. 240–245. DOI: <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2023.04.39>.
 9. Нестеренко Г. Б. Сучасні тенденції та напрями удосконалення інвентаризації земель комунальної власності: міжнародний досвід. *Технічні науки та технології*. № 2 (44). 2026. С. 536–551. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-2\(44\)-536-551](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-2(44)-536-551).
 10. Карпатський національний природний парк : офіційний сайт. URL: <https://karpatskyi-park.in.ua/> (дата звернення: 19.07.2026).
 11. Портал відкритих даних України : офіційний вебпортал. URL: <https://data.gov.ua/> (дата звернення: 19.07.2026).
 12. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність : Закон України від 23.12.1998 р. № 353-XIV : станом на 8 черв. 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text> (дата звернення: 19.07.2026).
 13. Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою : Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 02.12.2016 р. № 509. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16#Text> (дата звернення: 19.07.2026).
 14. Digitals : офіційний сайт програмного забезпечення для підготовки електронних документів із землеустрою. URL: <https://www.vinmap.net/> (дата звернення: 19.07.2026).
 15. International Organization for Standardization. ISO 19152-1:2024 Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM) — Part 1: Generic conceptual model. 2024. URL: <https://www.iso.org/standard/81263.html> (дата звернення: 19.07.2026).
 16. International Organization for Standardization. ISO 19152-2:2025 Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM) — Part 2: Land registration. 2025. URL: <https://www.iso.org/standard/81264.html> (дата звернення: 19.07.2026).
 17. INSPIRE Maintenance and Implementation Group. INSPIRE Data Specification on Protected Sites — Technical Guidelines. European Commission, 2024

References

1. Land Code of Ukraine. (2001). Code of Ukraine No. 2768-III of October 25, 2001.

- Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
2. On approval of the Procedure for conducting land inventory and invalidation of certain resolutions of the Cabinet of Ministers of Ukraine. (2019). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 476 of June 5, 2019. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/476-2019-%D0%BF#Text>
 3. On Land Management. (2003). Law of Ukraine No. 858-IV of May 22, 2003. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>
 4. Tax Code of Ukraine. (2010). Code of Ukraine No. 2755-VI of December 2, 2010. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#Text>
 5. Butenko, Ye., Danshova, A., & Yurchenko, I. (2020). Inventoryzatsiia zemel yak peredumova efektyvnoho upravlinnia zemelnymy resursamy [Land inventory as a prerequisite for effective land resource management]. *Zemleustrii, kadastr i monitoringh zemel [Land Management, Cadastre and Land Monitoring]*, (4), 14–19. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2020.04.02>
 6. Butenko, Ye., & Prykhodko, M. (2024). Naukovo-prykladni zasady provedenia inventoryzatsii zemel terytorialnykh hromad v Ukraini [Scientific and applied principles of land inventory of territorial communities in Ukraine]. *Zemleustrii, kadastr i monitoringh zemel [Land Management, Cadastre and Land Monitoring]*, (1), 92–105. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.01.08>
 7. Koshel, A., & Koshel, D. (2025). Suchasni tsyfrovi tekhnologii u systemakh upravlinnia zemelnymy resursamy [Modern digital technologies in land resource management systems]. *Zemleustrii, kadastr i monitoringh zemel [Land Management, Cadastre and Land Monitoring]*, (4), 99–106. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.04.09>
 8. Stanislavskiy, V. P. (2023). Novitni pravovi zasady funktsionuvannia Derzhavnoho zemelnogo kadastru [Modern legal foundations of the functioning of the State Land Cadastre]. *Analitychno-porivnialne pravoznavstvo [Analytical and Comparative Jurisprudence]*, (4), 240–245. DOI: <https://doi.org/10.24144/2788-6018.2023.04.39>
 9. Nesterenko, H. B. (2026). Suchasni tendentsii ta napriamy udoskonalennia inventaryzatsii zemel komunalnoi vlasnosti: mizhnarodnyi dosvid [Current trends and directions for improving the inventory of municipal lands: International experience]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologii [Technical Sciences and Technologies]*, 2(44), 536–551. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-2\(44\)-536-551](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2026-2(44)-536-551)
 10. Carpathian National Nature Park (n.d.). Official website. Available at: <https://karpatyskiy-park.in.ua/>
 11. Open Data Portal of Ukraine (n.d.). Official web portal. Available at: <https://data.gov.ua/>
 12. On Topographic, Geodetic and Cartographic Activity. (1998). Law of Ukraine No. 353-XIV of December 23, 1998. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text>
 13. On approval of the Procedure for the use of the State Geodetic Reference Coordinate System USK-2000 in land management works. (2016). Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine No. 509 of December 2, 2016. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16#Text>
 14. Digitals. (n.d.). Official website of the software for preparing electronic land management documents. Available at: <https://www.vinmap.net/>
 15. International Organization for Standardization. (2024). ISO 19152-1:2024 Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM) — Part 1:

- Generic conceptual model. <https://www.iso.org/standard/81263.html>
16. International Organization for Standardization. (2025). ISO 19152-2:2025 Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM) — Part 2: Land registration. <https://www.iso.org/standard/81264.html>
17. INSPIRE Maintenance and Implementation Group. (2024). INSPIRE data specification on protected sites — Technical guidelines. European Commission.
-

Kolesnik N., Petrenko V.

A DIGITAL WORKFLOW FOR LAND INVENTORY IN THE NATURAL RESERVE FUND: THE CASE OF THE CARPATHIAN NATIONAL NATURE PARK

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 198-208.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.14>

Abstract. This article develops and tests a reproducible digital workflow for conducting a land inventory of the nature reserve fund, using the example of a single undeveloped state-owned land parcel within the Carpathian National Nature Park (CNNP). The scientific challenge lies in reconciling diverse cadastral, legal, cartographic, forest management, and geodetic sources, which differ in terms of when they were created, their purpose, and their spatial basis. The proposed approach involves classifying the sources and establishing their priority, spatial comparison of cadastral and forest management materials, field GNSS-RTK verification of key boundary points and regime-defining objects, verification of topology, areas, land uses, restrictions, and adjacent properties, as well as the creation of an electronic document and related technical documentation. The practical result was the formation of a land parcel with an area of 2035.1825 hectares, the preparation of technical documentation, and the entry of information about it into the State Land Cadastre. For fieldwork, a GNSS-RTK South S-82T with the System.NET network was used. At Digitals, XML files were generated, and a significant portion of the resulting text and graphic materials was automated. The scientific contribution lies in the methodology for multi-source reconciliation and the data quality control system, rather than in the regulatory sequence of the inventory itself or the standard functions of the software.

Keywords: land inventory, nature reserve fund, Carpathian National Nature Park, land management, GNSS, Digitals, geoinformation technologies, XML file, technical documentation.

ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ТА ГЕОПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВИПАДКІВ ПОКИНУТИХ ДІЛЯНОК ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ, ПОРУШЕННЯ ТА ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ ВНАСЛІДОК ВІЙНИ В СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ: СИСТЕМАТИЧНИЙ ОГЛЯД

В. А. БОГДАНЕЦЬ,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

E-mail: v_bogdanets@nubip.edu.ua

ORCID:0000-0003-0051-1778

Є. М. БЕРЕЖНЯК,

кандидат сільськогосподарських наук, доцент

E-mail: beregniakem@nubip.edu.ua

ORCID:0000-0001-5945-1285

Д. Ю. БРОВКО,

*аспірант * (керівник — доц. Є.М. Бережняк)*

E-mail: brovko.d@nubip.edu.ua

ORCID:0009-0007-0438-387X

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. Повномасштабне військове вторгнення в Україну спричинило багатомірні трансформації сільськогосподарських ландшафтів, ґрунтового покриву та екосистем. Сумська область, розташована вздовж північно-східного кордону з Російською Федерацією, являє собою критично важливий регіон, який постраждав від інтенсивних бойових дій, тривалих артилерійських обстрілів та постійних прикордонних зіткнень у досліджуваний період з 2022 по травень 2026 року. Дана стаття систематично оцінює застосування методів дистанційного зондування та геопросторового моделювання для виявлення, кількісної оцінки та моніторингу покинутості земельних ділянок, тобто виведення таких земель з активного землекористування, спричиненого війною, а також фізичних порушень ґрунтового покриву, хімічного забруднення та ширшої деградації навколишнього середовища. Поєднуючи останні наукові публікації щодо війни в Україні та порівняльні глобальні приклади (Сирія, Ірак та Судан), оцінюється ефективність інтегрування різносенсорних даних, що включають оптичні (Sentinel-2, Landsat), радіолокаційні системи із синтезованою апертурою (SAR; Sentinel-1), теплові

та дуже високороздільні (VHR; Maxar, WorldView) платформи, а також передові алгоритми машинного та глибокого навчання (Random Forest, Deep Learning) й аналізу часових рядів (FANTA, апроксимація кривої з двома періодами). Результати дослідження показують, що хоча геопросторове моделювання є незамінним інструментом для швидкої, масштабної та безконтактної оцінки збитків в умовах активного воєнного конфлікту, зберігаються значні критичні пробіли досліджень, а саме відокремлення короткострокового припинення сільськогосподарського використання від фактичного виведення таких земель з активного землекористування, спричиненого війною, перевірку таких фактів за умови серйозного дефіциту достовірних наземних даних та управління чутливою геопросторовою інформацією. Цей систематичний огляд висвітлює існуючі методологічні прогалини та окреслює майбутні перспективи, необхідні для побудови гармонізованої системи просторового моніторингу, здатної керувати постконфліктним відновленням та екологічною ремедіацією на основі фактичних даних ДЗЗ у масштабі регіону.

Ключові слова: дистанційне зондування; геопросторове моделювання; покинуті земельні ділянки; деградація ґрунтів; збройний конфлікт; машинне навчання; оцінювання збитків для земель.

Актуальність дослідження

Проведення такого систематичного огляду, заснованого на принципах відкритої науки, є актуальним завданням, так як масштабні пошкодження, збитки та подальша деградація ландшафтів Сумщини внаслідок воєнних дій зумовили стрімке зростання кількості як вітчизняних, так і міжнародних наукових досліджень. Вказані праці базуються на різних методологіях дистанційного зондування та різноманітних підходах до геопросторового моделювання, тому виникає гостра необхідність в єдиному аналітичному структуруванні досягнутих результатів. Систематичний огляд дозволить об'єднати розрізнені дані, виявити методологічні прогалини та сформувати цілісну наукову базу, необхідну для подальшого моніторингу, оцінювання збитків і розробки стратегій відновлення екосистем регіону.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Масштаби військових операцій після повномасштабного вторгнення росії в Україну у 2022 році призвели до безпрецедентних порушень сільськогосподарської інфраструктури та екологічної стабільності [21, 37]. Сумська область, що географічно розташована на передовій північно-східного напрямку військового конфлікту, пережила наслідки традиційної механізованої війни, обстрілів важкою артилерією та зміни динаміки контролю територій [11, 21]. Це призвело до масового занедбання земельних ділянок, глибоких змін фізичного покриття та значної деградації земель в одній з найпродуктивніших сільськогосподарських зон України [6, 21].

Моніторинг екологічних наслідків сучасних високоінтенсивних бойових дій створює серйозні логістичні та фізичні проблеми. Прямі польові

вимірювання та традиційні кампанії з картографування ґрунтів часто обмежені, є дуже небезпечними або повністю забороненими через тривалі бойові дії, активні вектори артилерійської загрози та повсюдну присутність нерозірваних боєприпасів та наземних мін [5, 21]. У таких умовах технології дистанційного зондування та геоінформаційні системи перейшли від ролі допоміжних потоків даних до основного, а часто й єдиного, інформаційного джерела для швидкої, масштабної та безперервної оцінки стану навколишнього середовища [19, 21].

Нещодавні методологічні досягнення призвели до розгортання різноманітних геопросторових архітектур, адаптованих до зон конфліктів. Дослідники використовували сузір'я супутників середньої роздільної здатності, (Landsat та Sentinel-2) у поєднанні з радаром із синтезованою апертурою (SAR) від Sentinel-1, для оцінки динаміки рослинності та структурних змін ландшафту [21, 23, 43]. Інноваційні алгоритми, починаючи від традиційних класифікаторів машинного навчання, таких як Random Forest, і закінчуючи складними моделями глибокого навчання (згорткові нейронні мережі та сіамські нейронні мережі), були навчені виявляти дрібномасштабні аномалії ландшафту [7, 27, 44].

Ці геопросторові інструменти спрямовані насамперед на кількісну оцінку таких параметрів як припинення використання високопродуктивних сільськогосподарських угідь [11, 21]; фізичні мікротопографічні порушення, такі як утворення кратерів, спричинені вибуховими боєприпасами, бомбтурбацією [7]; локальне та дифузне хімічне забруднення ґрун-

ту важкими металами та залишками вибухових речовин [37]; знищення природних об'єктів, таких як захисні лісові смуги та природні водойми [22, 39].

Головною метою цього систематичного огляду є оцінка того, як дистанційне зондування та геопросторове моделювання допомогли виявити та відобразити занедбання земель, порушення ґрунтів та їх деградацію, спричинену війною, з акцентом на операційні дії в межах Сумської області протягом періоду з 2022 по травень 2026 року. У цьому систематичному огляді аналізуються сучасні технічні тенденції, розглядаються досягнуті емпіричні результати, визначаються домінуючі методологічні та системні прогалини, а також пропонуються стратегічні напрямки для майбутніх досліджень та планування відновлення землекористування після конфлікту.

Матеріали і методи дослідження

Систематичний огляд – це структурований метод дослідження, який визначає, критично оцінює та синтезує доступні рецензовані факти, щоб відповісти на конкретне, чітко сформульоване дослідницьке питання. Щоб запобігти упередженості та маніпуляціям даними під час процесу, складено протокол, що викладає повну методологію, перш ніж розпочати пошук. Цей протокол публічно зареєстрований у базі даних OSF, що гарантує дотримання принципів «відкритої науки» [9]. Це гарантує, що автори не змінили свої критерії посеред процесу лише для того, щоб отримати бажані результати. Систематичні огляди пишуться та структуруються

відповідно до міжнародних стандартів, зокрема, до декларації PRISMA (Переважні елементи звітності для систематичних оглядів та метааналізів), такий контрольний список гарантує, що кожен етап огляду є повністю прозорим для рецензентів та читачів [33]. Цей систематичний огляд було проведено у відповідності до рекомендацій щодо переважних елементів звітності для систематичних оглядів та метааналізів (PRISMA) для забезпечення прозорого, об'єктивного та відтворюваного синтезу фактів. Для систематичного документування процесу відбору досліджень було використано блок-схему PRISMA [26], яка чітко описує ідентифікацію, скринінг, відповідність критеріям та включення всіх оцінюваних статей. Сервіси бібліографічного пошуку Google scholar та Consensus було використано для пошуку ключових публікацій за тематикою даного дослідження. Consensus оперує усіма доступними бібліографічними базами даних, серед яких Semantic Scholar, OpenAlex, PubMed, включає мільйони наукових праць, які також перетинаються з базами Scopus та Web of Science, та загалом налічує понад 200 млн. рецензованих матеріалів. Для створення графічних схем використано Google Notebook LM з опцією інфографіки.

Результати та їх обговорення

Технічні процеси, що використовуються для дистанційного моніторингу змін земної поверхні, спричинених війною, спираються на структуровану ієрархію збору даних за допомогою сенсорів, обробку сигналів, класифікацію машинного навчання та багатокритеріальний просторовий аналіз на основі ГІС. Ця

багаторівнева архітектура розроблена для подолання прогалин у даних, спричинених хмарним покривом, атмосферними перешкодами та відсутністю систематичних та актуальних наземних довідкових даних [19, 23]. Базова конфігурація для оцінки ландшафтного масштабу вимагає об'єднання кількох потоків дистанційного зондування для фіксації різних біофізичних характеристик поверхні землі [8, 23].

Схема об'єднання цих потоків (рис. 1) ілюструє комплексний алгоритм обробки даних дистанційного зондування для отримання геопросторової аналітики. Процес розпочинається зі збору інформації через різноманітні сенсори, включаючи супутникові оптичні та радіолокаційні системи. Отримані дані проходять етапи очищення від атмосферних перешкод та обчислення спеціалізованих індексів, таких як стан рослинності чи наслідки пожеж. Надалі за допомогою алгоритмів машинного навчання та геопросторового аналізу система структурує інформацію для прийняття рішень. Завершальним кроком є статистична перевірка точності результатів, що підтверджує надійність побудованої моделі. Цей підхід демонструє поєднання інноваційних методів ГІС для детального моніторингу земної поверхні.

Оптичні супутники середньої роздільної здатності Sentinel-2 (Copernicus) та Landsat 8/9 (USGS) забезпечують основні багатоспектральні спостереження, необхідні для моніторингу фенології сільськогосподарських культур, стану земного покриття та загальної життєздатності рослинності [1, 8, 21]. Використовуючи специфічні спектральні діапазони, зокрема області

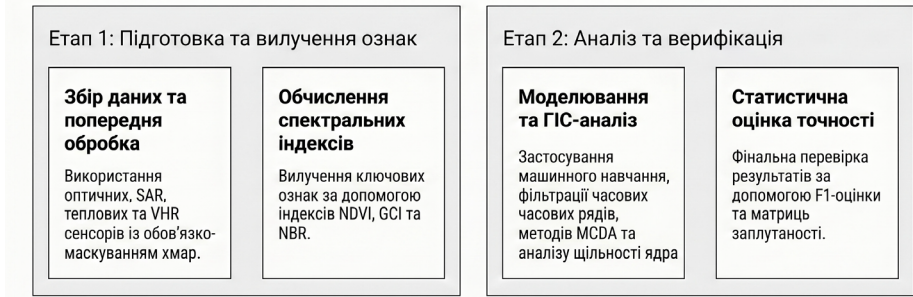


Рис. 1. Схема об'єднання кількох потоків дистанційного зондування

червоного краю та ближнього інфрачервоного (NIR) діапазонів, дослідники обчислюють важливі показники рослинності, такі як індекс нормалізованої різниці рослинності (NDVI), індекс зеленого хлорофілу (GCI) та нормалізований коефіцієнт вигорання (NBR), для виявлення занедбаності полів, скорочення рослинності та слідів вигорання [1, 8, 21].

Радар із синтезованою апертурою (SAR) Sentinel-1 у С-діапазоні інтегрований разом із оптичними даними для забезпечення можливостей спостереження за будь-якої погоди, вдень і вночі [13, 23]. Інтенсивність зворотного розсіювання SAR та метрики інтерферометричної когерентності є дуже чутливими до шорсткості поверхні, структурних пошкоджень забудованої інфраструктури та змін вологості ґрунту, що дозволяє безперервно виявляти зміни земного покриву навіть у періоди сильної сезонної хмарності на півночі України [13, 23].

Теплові інфрачервоні сенсори (TIRS) отримують теплові діапазони, отримані з Landsat, використовуються для отримання моделей температури поверхні землі (LST). Теплові аномалії допомагають оцінити дефіцит вологи в ґрунтах та змінений мікроклімат у зонах сильно деградованого ландшафту [23].

Комерційні субметрові зображення із сузір'їв супутників Махаг, WorldView та GeoEye вибірково використовуються для цільового аналізу гарячих точок [7, 17]. Ці ресурси є важливими для виявлення та картографування окремих, дрібномасштабних структурних модифікацій, таких як сліди військової техніки, системи оборонних траншей, зони ущільнення ґрунту та окремі вирви від бомб чи мін.

Перетворення необроблених спектральних даних та даних зворотного розсіювання радіолокаційного випромінювання на практичні карти землекористування включає ретельну реконструкцію часових рядів та алгоритми машинного навчання [21, 23]. Для цього застосовують техніки згладжування часових рядів та виявлення аномалій. Для фільтрації шуму від хмарного покриву та різноманітних атмосферних впливів багаточасові оптичні набори даних попередньо обробляються за допомогою вдосконалених фільтрів згладжування, таких як комбінований метод фільтра Гао та Савіцького-Голея (GF-SG method) [21]. Після згладжування такі алгоритми, як алгоритм виявлення перелогів на основі аномалій (FANTA), застосовуються для вилучення відхилень в очікуваних

профілях росту сільськогосподарських угідь порівняно з історичними базовими періодами (2018–2021), що дозволяє автоматизовано виявляти перелогові або повністю необроблені сільськогосподарські угіддя [21].

Двоперіодні підходи апроксимації кривої індексів NDVI та EVI відстежують часову динаміку сільськогосподарських ділянок протягом вегетаційних сезонів до та після конфлікту [8, 43]. Таке математичне моделювання сільськогосподарських угідь дозволяє виявити поля, які повністю не використовуються (що демонструють природні ознаки сукцесії бур'янів/чагарників), від полів, які просто залишаються без нагляду або обробляються із запізненням через логістичні обмеження конфлікту [8, 43].

Алгоритм Random Forest (RF) домінує у процесах класифікації земного покриття на основі машинного навчання завдяки своїй стійкості до високовимірних даних та мультиколінеарності [19, 21]. RF-моделі використовують ансамбль дерев рішень, навчених на комбінованих спектральних діапазонах, індексах рослинності та топографічних змінних, що регулярно забезпечує високу макроусереднену продуктивність класифікації в зонах, що постраждали від конфлікту [1, 21].

Розширені моделі семантичної сегментації, включаючи згорткові нейронні мережі (CNN), все частіше використовуються для захоплення просторово-контекстуальних варіацій у зображеннях високої роздільної здатності [20, 27] для здійснення глибокого навчання та об'єднання даних для виявлення змін. Стратегії контекстно-залежного згладжування та інтеграції даних з урахуванням па-

раметрів земного покриття поєднують вхідні дані Sentinel-1 та Sentinel-2 для усунення фонових шумів сигналу та покращення розмежування як структурних пошкоджень, так і раптових змін рослинності [15, 23]. Фіналізовані вектори класифікації інтегруються в середовище геоінформаційної системи (ГІС) для створення практичних карт для підтримки рішень [21].

Точкові дані, що представляють локалізовані пошкодження (наприклад, кратери від снарядів, мін або ділянки вигорання рослинного покриття), перетворюються на моделі безперервної поверхні за допомогою оцінки щільності ядра (KDE) та гексагональних просторових сіток бінінгу [21]. Це висвітлює регіональні кластери деградації та відстежує просторову міграцію ліній фронту з часом.

Багатокритеріальний аналіз рішень (MCDA) представлений насамперед моделями просторової оптимізації, що включають процес аналітичної ієрархії (АНП), поєднують шари дистанційного зондування з допоміжними змінними, такими як тип ґрунту, близькість до військових оборонних ліній та топографію території. Це дозволяє створювати карти придатності земель та визначати «актори ризику», які попереджають про потенційне забруднення мінами або серйозну небезпеку деградації верхнього шару ґрунту.

Валідація моделі виконується за допомогою незалежних наборів тестування, розділених на доступні наземні дані, історичні довідкові реєстри та порівняння з архівами пошкоджень Супутникового центру Організації Об'єднаних Націй (UNOSAT) [1, 19]. Стандартизовані матриці запутаності створюються для повідомлення про загальну точність, ко-

ефіцієнти Каппа та F1, що забезпечує структурну прозорість та наукову обґрунтованість [19, 21].

Застосування дистанційного зондування та геопросторових архітектур у Сумській області та на ширших територіях України дало широке емпіричне розуміння екологічних наслідків війни, що тривала з 2022 по 2026 рік.

Узагальнені порівняльні дані джерел, використаних для систематичного огляду, наведено у таблиці 1.

Виявлення та картографування занедбаня землекористування, спричиненого війною. Аналіз часових рядів супутникових даних задокументував суттєвий, різкий зсув у сільськогосподарських операціях з початку повномасштабного вторгнення у 2022 році [11, 21].

Просторова кластеризація та динаміка: Інтеграція алгоритмів FANTA та класифікаторів Random Forest виявила різке збільшення кількості покинутих, необроблених та незібраних сільськогосподарських угідь після 2022 року [11, 21]. Географічно такі поля розподілені не випадковим чином; натомість вони демонструють інтенсивну просторову кластеризацію в межах районів, що безпосередньо перетинають лінії фронту, сильно укріплені оборонні рубежі та безпосередні північні прикордонні зони Сумської області [19, 43].

Ефективність класифікації: Структури класифікації випадкових лісів досягли високих показників ефективності при картографуванні цих сільськогосподарських змін [1, 21].

1. Узагальнені порівняльні дані джерел, використаних для систематичного огляду

Категорія датчика / методології	Використана система/ алгоритм	Основний домен застосунку	Основний кількісний показник результату	Джерела
Оптичний з середньою роздільною здатністю	Sentinel-2 / Landsat 8–9	Картування індексів рослинності (NDVI, GCI, NBR)	Макроаграрні фенологічні траєкторії	[1] Shelestov et al., 2022 [21] Yue-Wei Ma et al., 2022;
Радар із синтезованою апертурою	Sentinel-1 C-діапазону	Структурні зміни та моніторинг за будь-якої погоди	Зміщення інтенсивності та когерентності зворотного розсіювання (σ^0)	[23] Mhanna S. et al., 2023; [15] Karwowska et al., 2026
Дуже висока роздільна здатність (VHR)	Maxar / WorldView / GeoEye	Мікروتопографічна ідентифікація військових слідів	Кількість кратерів, ширина колії ущільнення	[6, 7] Bonchkovskiy et al., 2025; Bonchkovskiy et al., 2023
Фільтрація часових рядів	Фільтр GF-SG	Згладжування даних та реконструкція хмари	Реконструйовані безперервні профілі NDVI	[21] Yue-Wei Ma et al., 2022
Аномальні зміни використання земель	Фреймворк FANTA	Розмежування перелогових та некерованих зон	Оцінки часового відхилення	[21] Yue-Wei Ma et al., 2022
Машинне навчання з учителем	Алгоритм RF	Багатокласова класифікація земного покриву	Класифікаційні F1-бали (~0,83–0,87)	[1, 21] Shelestov et al., 2022 Yue-Wei Ma et al., 2022;
ГІС просторової агрегації	Щільність ядра / Шестикутні сітки	Регіональна кластеризація деградації	Карти щільності гарячих точок / Прапорці ризику	[21] Yue-Wei Ma et al., 2022

Використовуючи інтегровані оптичні спектральні діапазони та похідні індекси рослинності, ці робочі процеси показали високу ефективність класифікації, при цьому показники F1 постійно знаходилися в діапазоні від $\sim 0,83$ до $0,87$, а в кількох оптимізованих регіональних дослідженнях перевищували $0,90$ [1, 19, 21].

Типологічна диференціація: Методології апроксимації кривої NDVI з двома періодами успішно розділили виведені землі з активного землекористування на чіткі операційні підкатегорії [8, 43]. Система ефективно розрізняла «невикористані сільськогосподарські угіддя», що характеризуються повною відсутністю сільськогосподарських ознак та швидким початком природної сукцесії бур'янів або чагарників, та «недоглянуті сільськогосподарські угіддя», де поля були засіяні, але залишені незібраними або зібрані із затримкою через активні місцеві загрози безпеці [8, 43].

3.2. Кількісна оцінка фізичних порушень ґрунту

Фізичний вплив військових операцій на ґрунтовий покрив Сумської області був охарактеризований за допомогою просторового моделювання надвисокої роздільної здатності, яке виявило широко розповсюджену механічну деградацію [6, 7].

Визначення поняття: Бомбтурбація описує серйозне порушення профілів ґрунту, горизонтів та місцевих геоморфологічних структур, спричинене детонацією вибухових боєприпасів, що призводить до постійного перемішування ґрунтової матриці, локального ущільнення та утворення кратерів.

Картування кратерів та відстеження щільності: Субметрові набо-

ри даних VHR (Maxar, WorldView) сприяли ідентифікації та каталогізації сотень тисяч бомбових та артилерійських кратерів на полях, постраждалих від конфлікту [6, 7]. Ця систематична ідентифікація виявила великі профілі «бомбтурбації» — структурного перекидання та руйнування природних ґрунтових профілів, спричинених механікою удару високовибухових речовин [7].

Вторинні геоморфологічні та гідрологічні ризики: Окрім безпосереднього утворення кратерів, геопросторовий моніторинг з 2022 року по 2026 рік фіксував поточні вторинні геоморфологічні зміни [7]. Було показано, що кратери, що залишилися необробленими, зазнають поступової мікроярової ерозії та деградації, що дестабілізує навколишні шари верхнього шару ґрунту, прискорює процеси ерозії та значно підвищує просторовий ризик зустрічі з нерозірваними боєприпасами (НВБ) під час будь-якого наступного повернення сільськогосподарських об'єктів на територію [7].

Профілі механізованого ущільнення: Завдяки цілеспрямованому вилученню спектральних індексів, чутливих до коливань щільності верхнього шару ґрунту та поверхневої вологості, дослідники успішно картографували розгалужені мережі ущільнення ґрунту [7]. Важкі військові транспортні лінії, що характеризуються гусеничною бронетехнікою та логістичними конвоями, спричинили серйозне структурне руйнування макроагрегатів ґрунту, що значно знизило майбутню здатність до інфільтрації вологи та аерацію ґрунту на великих коридорах орних земель [6, 7].

3.3. Оцінка хімічного забруднення та деградації ґрунту

Пов'язування карт пошкоджень, отриманих за допомогою дистанційного зондування, з цільовими польовими кампаніями дало чітке розуміння токсикологічного сліду, залишеного інтенсивними військовими діями [37, 38].

Локалізовані гарячі точки важких металів: Польові кампанії з відбору проб, спрямовані на конкретні координати цілей через зони ударів снарядів, виявлені дистанційним зондуванням, виявили тривожні концентрації токсичних важких металів у центрах кратерів та безпосередньо прилеглих ґрунтах [7, 38]. Зразки ґрунту підтвердили сплески кадмію (Cd), міді (Cu), свинцю (Pb) та цинку (Zn), які безпосередньо корелювали з характером фрагментації боєприпасів, причому локалізовані концентрації іноді перевищували національні нормативні норми безпеки до 62 разів [7].

Просторові характеристики забруднення: Порівняльне моделювання ландшафту показало чітке розмежування між просторовим впливом фізичної та хімічної деградації [6, 25]. Хоча механічні порушення, такі як ущільнення ґрунту та утворення кратерів, були поширені на великих сільськогосподарських ділянках, екстремальне хімічне забруднення залишалося високо локалізованим навколо певних точок детонації та військових оборонних укріплень, а не проявлялося як дифузне забруднення регіонального масштабу [7, 25].

Біологічний та функціональний спад: Лабораторні аналізи, пов'язані з геопросторовими показниками, підтвердили, що ці хімічні аномалії в поєднанні з високотемпературними вибухами призвели до серйозної біологічної деградації ґрунтової сис-

теми [36]. Зони удару демонстрували глибоке порушення ґрунтового мікробіому, повну стерилізацію корисної мікрофлори та негайне зниження загальних параметрів родючості ґрунту, яке зберігається протягом кількох сезонів після удару [36, 38].

3.4. Ширший вплив на навколишнє середовище та екосистему

Вплив деградації ландшафтів, спричиненої війною, виходить за межі окремих сільськогосподарських угідь, змінюючи регіональний екологічний баланс та захисну інфраструктуру по всій Сумській області [22, 36].

Знищення лісових захисних смуг: Дистанційні оцінки за різними сенсорами задокументували серйозні пошкодження захисних лісових захисних смуг (вітрозахисних смуг), оцінюючи, що приблизно 18% цих критично важливих лінійних лісових насаджень у буферних зонах активних конфліктів деградували або повністю знищені [22]. Це знищення позбавляє життєво важливих функцій захисту ландшафту, безпосередньо наражаючи величезні ділянки навколишніх сільськогосподарських угідь на прискорену вітрову ерозію, змінений мікроклімат та неблаганну втрату вологи верхнього шару ґрунту [22, 25].

Пірогенні тенденції: Багаточасові робочі процеси моніторингу пожеж з використанням теплових аномалій MODIS та Sentinel-2 виявили значне збільшення як частоти, так і просторового охоплення ландшафтних пожеж [40]. Ці пожежі, спричинені переважно кінетичними бойовими діями, артилерійськими ударами та навмисним тактичним підпалюванням, палали на сільськогосподарських полях та природних лісових насадженнях, спричиняючи швидку

втрату рослинності та масове вивільнення вуглецю [40].

Гідрологічні зміни: Просторовий моніторинг також зафіксував значні зміни в гідрології поверхневих вод та безпеці водних ресурсів. Фізичне руйнування критичної водогосподарської інфраструктури, дамб та сільських зрошувальних каналів призвело до локальних повеней, некерованого скупчення води на сільськогосподарських рівнинах та структурного забруднення місцевих природних заповідників та водно-болотних угідь [39].

Системне зниження рівня зеленості рослинності: Регіональні оцінки часових рядів протягом усього періоду конфлікту (2022–2026) показують узагальнене, стійке зниження інтегрованих індексів зеленості рослинності (NDVI/EVI) у зонах, що зазнали тривалої військової присутності, що відображає системну багаторічну деградацію ландшафту [37, 43].

Обговорення

Емпіричні дані, накопичені між 2022 і 2026 роками, вказують на те, що дистанційне зондування, інтегроване з геопросторовим моделюванням, забезпечує безцінну безконтактну основу для відстеження екологічної шкоди в зонах конфліктів, що не підлягають розширенню [21, 23]. Впровадження багатосенсорних моделей об'єднання даних (оптичних, радіолокаційних, теплових) успішно усуває традиційні вузькі місця моніторингу, такі як постійна хмарність або прогалини в даних, забезпечуючи безперервні спостереження за допомогою аналізу зворотного розсіювання радара [23, 41]. Класифікатори машинного навчання, зокрема архітектури

Random Forest, довели свою високу адаптивність для картографування складних змін землекористування за умови використання щільних багаторічних часових рядів [15, 19].

Однак ці технічні переваги врівноважуються серйозними експлуатаційними обмеженнями. Хоча платформи VHR (Maxar, WorldView) пропонують чудову просторову роздільну здатність, необхідну для ідентифікації окремих мікротопографічних ударів, таких як вирви від снарядів або сліди важкої техніки, їх системне розгортання по всіх регіональних адміністративних секторах (таких як вся Сумська область) залишається серйозно обмеженим через високі комерційні витрати на придбання та вузьку зону покриття датчиків [6]. Крім того, точність передових моделей машинного навчання знижується без адекватних, безперервних даних наземної перевірки. В умовах активних бойових дій або високого рівня мінного забруднення збір незалежних польових зразків для перевірки практично неможливий, що змушує дослідників покладатися на віддалені проксі-індикатори, які вносять просторові невідомості в кінцеві результати класифікації [11, 19].

Постійною методологічною проблемою в дистанційному зондуванні після конфлікту є точне розмежування між стандартним, плановим сільськогосподарським паруванням та справжнім, спричиненим війною структурним занедбанням земель [8, 23]. Короткострокові спектральні варіації можуть виглядати ідентичними при оцінці односезонного неврожаю або стандартного циклу ротаційного парування [8]. Щоб подолати цей ризик неправильної класифікації, нещодавні методики успішно змістилися в

бік багаторічного аналізу фенологічної траєкторії в поєднанні з методами апроксимації кривої за два періоди [8, 43].

Відстежуючи багаточасову вегетаційну криву протягом безперервного трьох-чотирьохрічного періоду, ці алгоритми можуть виділити автентичні, довгострокові ознаки занедбаності, що підтверджуються поступовим заростанням чагарниками та постійною втратою регулярних циклів вирощування, від тимчасового логістичного парування, спричиненого короткостроковою нестачею насіння або палива [8]. Тим не менш, досягнення абсолютної достовірності класифікації вимагає інтеграції допоміжних соціально-економічних наборів даних, таких як локалізовані показники міграції сільського населення, індекси порушень ланцюгів поставок та регіональні моделі доступності ринків, які залишаються складними для складання в умовах мінливих конфліктів.

Просторові дані високої роздільної здатності, що детально описують зміни місцевості, структурні пошкодження та конкретні сільськогосподарські транспортні коридори, мають характеристики подвійного використання; вони можуть ненавмисно надавати тактичну інформацію щодо переміщень військ, розташування укріплень або логістичних вразливостей [19, 34]. Отже, дослідники стикаються з проблемою балансування наукової прозорості та відповідності даним відкритого доступу до суворих протоколів військової оперативної безпеки, що часто вимагає навмисного погіршення просторової роздільної здатності або затримки термінів публікації конфіденційних геопросторових результатів.

Основні варіації платформ призводять до прогалин в інтеграції даних. Об'єднання потоків необроблених даних між різними системами обробки, такими як міграція робочих процесів між Google Earth Engine (GEE) та екосистемою простору даних Copernicus (CDSE), вимагає інтенсивного міжплатформного калібрування для гармонізації різних геометрій датчиків, моделей атмосферної корекції та процедур маскування хмар, що може призвести до артефактів обробки, якщо їх не виправити [19].

Екологічні трансформації, що спостерігаються в Сумській області, відображають закономірності, задокументовані в інших великих сучасних зонах конфліктів [8, 23].

Геопросторове моделювання, застосоване до сирійського збройного конфлікту (наприклад, басейн річки Оронт та провінція Тартус), продемонструвало, як тривалі військові дії спричиняють масову вирубку лісів, некероване занедбання сільськогосподарських угідь та серйозні моделі деградації ландшафту, що відображають втрати захисних смуг та полів по всій Україні [8, 23, 41]. Аналогічно, супутникове відстеження в Судані та Іраку встановило чіткий зв'язок між активною кінетичною війною, подальшими міграціями біженців або внутрішньо переміщених осіб (ВПО) та негайним скороченням регіональної біомаси, прискореною ерозією ґрунту та структурними змінами в довгостроковому земному покриві [2, 12, 28, 29]. Ці міжнародні паралелі підкреслюють, що хоча локальні характеристики ґрунтів різняться (наприклад, дуже вразливий родючий чорноземний верхній шар ґрунту України порівняно з посушливими

грунтовими профілями Близького Сходу), основні геопросторові методології, необхідні для відстеження деградації навколишнього середовища, спричиненої війною, залишаються застосовними в усьому світі [8, 23].

Майбутні перспективи та стратегічні рамки відновлення. Для переходу від реактивного картографування пошкоджень до проактивного, заснованого на доказах відновлення ландшафтів, спільнота дистанційного зондування повинна зосередитися на побудові інтегрованих, автоматизованих архітектур просторового моніторингу [14]. Майбутнє відновлення цінних сільськогосподарських активів Сумської області вимагає інституціоналізації гармонізованої національної просторової бази даних, здатної автоматично обробляти багатосенсорні спостереження для створення безперервних карт вразливості ландшафтів.

Перетворюючи вихідні дані, такі як шари щільності кратерів, вектори ущільнення ґрунту та індекси деградації захисних смуг, на просторові конвеєри багатокритеріального аналізу рішень (MCDA), національні планувальники можуть динамічно визначати пріоритети певних зон для гуманітарного розмінування, механічного відновлення підґрунту та цілеспрямованого екологічного відновлення [19, 43]. Ця автоматизована інтеграція забезпечує наукову основу, необхідну для підтримки міжнародних претензій щодо екологічної шкоди та оптимізації розподілу ресурсів для постконфліктного відновлення ландшафтів [19, 37, 38].

Висновок

Технології дистанційного зонду-

вання в поєднанні з передовими геопросторовими моделями забезпечують важливу, науково обґрунтовану методологію для виявлення, категоризації та моніторингу занедбання земельних ділянок, спричинених війною, фізичних порушень верхнього шару ґрунту, хімічного забруднення та ширшої деградації екосистем у Сумській області України протягом періоду конфлікту 2022–2026 років. Поєднуючи багатоспектральні оптичні зображення, всепогодні спостереження SAR та вибірккові комерційні набори даних дуже високої роздільної здатності з надійними архітектурами машинного навчання (такими як Random Forest та фільтри фенологічних кривих часових рядів), дослідники можуть точно відобразити динаміку пошкодження ландшафту в умовах високої небезпеки, що перешкоджають проведенню стандартних польових кампаній.

Хоча ці геопросторові системи демонструють високу ефективність класифікації та адаптивність до багатьох датчиків, їхня операційна інтеграція продовжує стикатися зі значними труднощами, серед яких ми відмітимо наступні:

- Високі фінансові обмеження та обмеження охоплення даних, пов'язані із сенсорами надвисокої роздільної здатності (VHR) з роздільною здатністю менше 1 метра.
- Складна вимога надійно дешифрувати та розрізнити короткострокове переорювання сільськогосподарських угідь від структурного занедбання внаслідок війни.
- Серйозний дефіцит довідкових даних наземного рівня, спричинений активними загрозами безпеки та забрудненням мінами.
- Критичні етичні та національні

нально-безпекові обов'язки, пов'язані з обробкою конфіденційних просторових розвідувальних даних подвійного використання.

Питання для подальшого дослідження

Майбутні дослідницькі зусилля у галузі дистанційного зондування, орієнтованого на конфлікти, та безпосередньої підтримки післявоєнного екологічного відновлення, повинні розглянути кілька критичних проблем:

1. *Алгоритмічна оптимізація:* Як можна оптимізувати методи трансферного навчання та моделі генерації синтетичних даних для підтримки високої точності класифікації в зонах активних конфліктів, де можна безпечно збирати дані для перевірки нульової достовірності?

2. *Об'єднання соціально-економічних даних:* Які найефективніші протоколи об'єднання даних для систематичної інтеграції непросторових соціально-економічних змінних (наприклад, регіональної міграції робочої сили, перебоїв у постачанні сільськогосподарських ресурсів, індексів краху місцевого ринку) безпосередньо в багатоспектральні моделі дистанційного зондування для покращення розмежування тимчасового парування від постійного занедбання?

3. *Національні архітектури моніторингу:* Як Україна може створити високобезпечну, автоматизовану та юридично стандартизовану національну систему моніторингу просторових даних, яка успішно збалансує вимоги до відкритого доступу до наукової реставрації зі суворими межами військової оперативної безпеки?

4. *Довгострокове відстеження*

відновлення ґрунтів: Які конкретні спектральні проксі-індикатори можна розробити для моніторингу багаторічного хімічного та біологічного відновлення ґрунтів, постраждалих від «бомбардування» та забруднення важкими металами, після тактичних відновлювальних заходів?

Відповіді на ці питання вдосконалять методології дистанційного зондування та нададуть емпіричні дані, необхідні для керівництва масштабним екологічним відновленням та плануванням сталого управління земельними ресурсами в постконфліктній Україні.

Список використаної літератури

1. Advanced method of land cover classification based on high spatial resolution data and convolutional neural network / A. Shelestov et al. 2022. <http://dx.doi.org/10.25673/76943>
2. Ahmed A., et al. Assessment of the environmental impacts of conflict-driven Internally Displaced Persons: A Sentinel-2 satellite based analysis of land use/cover changes in the Kas locality, Darfur, Sudan. PLOS ONE. 2024. Vol. 19, no. 5. Art. e0304034. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304034>
3. Ahn E., Kang H. Introduction to systematic review and meta-analysis. *Korean Journal of Anesthesiology*. 2018. Vol. 71, no. 2. P. 103–112. URL: <https://doi.org/10.4097/kjae.2018.71.2.103>
4. Andualet T. G., Belay G., Guadie A. Land use change detection using remote sensing technology. *Journal of Earth Science & Climatic Change*. 2018. Vol. 9, no. 10. Art. 6. URL: <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000496>
5. Boali A., et al. Evaluation of early warning signals for soil erosion using remote sens-

- ing indices in northeastern Iran. *Scientific Reports*. 2025. Vol. 15. Art. 9742. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94926-x>
6. Bonchkovskiy O. S. et al. Remote sensing as a key tool for assessing war-induced damage to soil cover in Ukraine (the case study of Kyivska territorial hromada). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2023. Vol. 32, no. 3. P. 474-487. URL: <https://doi.org/10.15421/112342>
 7. Bonchkovskiy O. et al. Spatiotemporal analysis of land cover changes in Ukraine due to war using remote sensing. *The Science of the Total Environment*. 2025. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178594>
 8. Daiyoub A., et al. War and Deforestation: Using Remote Sensing and Geospatial Modeling to Assess the Impact of the Syrian Armed Conflict on Forest Cover. *Land*. 2023. Vol. 12, no. 3. Art. 682. URL: <https://doi.org/10.3390/land12081509>
 9. Discrepancy review: a feasibility study of a novel peer review intervention to reduce undisclosed discrepancies between registrations and publications / TARG Meta-Research Group and Collaborators. *Royal Society Open Science*. 2022. Vol. 9, no. 7. Art. 220142. URL: <https://doi.org/10.1098/rsos.220142>
 10. Drobitko A. et al. Land degradation in Ukraine: retrospective analysis 2017-2022. *International Journal of Environmental Studies*. 2023. Vol. 80, no. 2. P. 355-362. URL: <https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2160079>
 11. Drozd S. et al. Remote Sensing and Machine Learning for War Impact Assessment on Agriculture in Ukraine. 14th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT) (Athens, Greece, 2024). 2024. P. 1-7. URL: <https://doi.org/10.1109/dessert65323.2024.11122118>
 12. Guo Z., et al. Monitoring Indicators of Economic Activities in Sudan Amidst Ongoing Conflict Using Satellite Data. *Defence and Peace Economics*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1080/10242694.2023.2290474>
 13. Huang Z., et al. An Ensemble Learning Approach for Urban Land Use Mapping Based on Remote Sensing Imagery and Social Sensing Data. *Remote Sensing*. 2020. Vol. 12, no. 19. Art. 3254. URL: <https://doi.org/10.3390/rs12193254>
 14. Kalyna T. et al. Application of geodetic methods and remote sensing for monitoring land use changes in Ukraine. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technological Sciences*. 2025. No. 4. P. 297-301. URL: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-4-59>
 15. Karwowska K. et al. Integrating optical and radar satellite data for conflict-related change detection in Ukraine. *Sci Rep* 16, 12557 (2026). <https://doi.org/10.1038/s41598-026-41424-3>
 16. Khan K. S. et al. Five Steps to Conducting a Systematic Review. *Journal of the Royal Society of Medicine*. 2003. Vol. 96, no. 3. P. 118-121. URL: <https://doi.org/10.1177/014107680309600304>
 17. Kholoshyn I.V., et al. 2023 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1254 012132 DOI 10.1088/1755-1315/1254/1/012132
 18. Kocher M., Riegelman A. Systematic reviews and evidence synthesis: Resources beyond the health sciences. *College & Research Libraries News*. 2018. Vol. 79, no. 5. Art. 248. URL: <https://doi.org/10.5860/crln.79.5.248>
 19. Kussul N. et al. Assessment of war-induced agricultural land use changes in Ukraine using remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2025. Vol. 140. Art. 104551. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104551>
 20. Lv Z., et al. Spatial-Contextual Information Utilization Framework for Land Cover Change Detection With Hyperspectral

- Remote Sensed Images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/tgrs.2023.3336791>
21. Ma Y.-W., et al. Spatiotemporal analysis of land use/land cover changes in Ukraine due to war using remote sensing. *Land*. 2022. Vol. 11, no. 10. Art. 1810. URL: <https://doi.org/10.3390/land11101810>
22. Matsala M. et al. Assessment of war-induced agricultural land use changes in Ukraine using remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2025. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104012>
23. Mhanna S., et al. Using machine learning and remote sensing to track environmental impacts of armed conflicts in the Orontes River Basin. *The Science of the Total Environment*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164234>
24. Mohamed M. A. et al. Monitoring of Changes in Land Use/Land Cover in Syria Using Remote Sensing and GIS. *Land*. 2020. Vol. 9, no. 5. Art. 142. URL: <https://doi.org/10.3390/land9070226>
25. Nasibov A. et al. The impact of war on the fields of Ukraine. *International Journal of Environmental Studies*. 2024. Vol. 81, no. 1. P. 159–168. URL: <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314889>
26. Page M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021. Vol. 372. Art. n71. URL: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
27. Pushkarenko Y., et al. Research on the state of areas in Ukraine affected by military actions based on remote sensing data and deep learning architectures. *Radioelectronic and Computer Systems*. 2024. URL: <https://doi.org/10.32620/reks.2024.2.01>
28. Rasha Abbas Ali, et al. Land Cover Change Detection in Iraq Using SVM Classification: A Remote Sensing Approach. *Iraqi Journal for Computers and Informatics*. 2025. URL: <https://doi.org/10.25195/ijci.v5i1.567>
29. Rash A., et al. Quantitative assessment of Land use/land cover changes in a developing region using machine learning algorithms: A case study in the Kurdistan Region, Iraq. *Heliyon*. 2023. Vol. 9. Art. e21253. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21253>
30. Remote Sensing Applied for Land Use Change Assessment and Governance in Riau-Indonesia / A. Agustiyara et al. HCI International 2023 Posters. *HCI 2023 (Communications in Computer and Information Science, vol. 1835)* / ed. by C. Stephanidis et al. Cham : Springer, 2023. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-36001-5_56
31. Santos A. B. et al. A Remote Sensing Diagnosis of Water Use and Water Stress in a Region with Intense Irrigation Growth in Brazil. *Remote Sensing*. 2020. Vol. 12, no. 22. Art. 3725. URL: <https://doi.org/10.3390/rs12223725>
32. Sarwar A. et al. Mapping annual soil loss in the southeast of Peshawar basin, Pakistan, using RUSLE model with geospatial approach. *Geology, Ecology, and Landscapes*. 2025. Vol. 9, no. 3. P. 1102–1113. URL: <https://doi.org/10.1080/24749508.2024.2373493>
33. Shaheen N. et al. Appraising systematic reviews: a comprehensive guide to ensuring validity and reliability. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*. 2023. Vol. 8. URL: <https://doi.org/10.3389/frma.2023.1268045>
34. Shevchuk S. A. et al. The Use of Remote Sensing Data for Investigation of Environmental Consequences of Russia-Ukraine War. *Journal of Landscape Ecology*. 2022. URL: <https://doi.org/10.2478/jlecol-2022-0017>
35. Siddaway A. P., Wood A. M., Hedges L. V. How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. *Annual Review of Psychology*. 2019. Vol. 70. P. 747–770. URL: <https://doi.org/10.1146/an>

- nurev-psych-010418-102803
36. Solokha M. et al. Soil degradation and contamination due to armed conflict in Ukraine. *Land*. 2024. Vol. 13, no. 10. Art. 1614. <https://doi.org/10.3390/land13101614>
 37. Solokha M. et al. The impact of the Russian-Ukrainian war on land use in Ukraine: A remote sensing perspective. *The Science of the Total Environment*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122>
 38. Solokha M. et al. Assessment of soil cover chemical pollution using satellite data: A case study of Kharkiv region, Ukraine. *Science of The Total Environment*. 2025. Vol. 995. Art. 180105. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.180105>
 39. Stakhiv I. et al. Spatial analysis of the flooded land area of the Kherson region nature reserve using remote sensing data. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*. 2025. URL: <https://doi.org/10.17721/1728-2713.109.14>
 40. Tomchenko O. V. et al. Assessment and monitoring of fires caused by the War in Ukraine on Landscape scale. *Journal of Landscape Ecology*. 2023. Vol. 16, no. 2. P. 76-97. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2023-0011>
 41. Younes A., et al. Understanding Dynamics of Land Use & Land Cover Change Using GIS & Change Detection Techniques in Tartous, Syria. *European Journal of Geography*. 2023. URL: <https://doi.org/10.48088/ejg.a.you.14.3.020.041>
 42. Zenebe Reta Roba, et al. Assessing the impacts of forest cover change on carbon stock and soil moisture dynamics using geospatial techniques: A case study of Nensebo forest, Southern Ethiopia. *Environmental Monitoring and Assessment*. 2025. URL: <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13611-0>
 43. Zhang Y. et al. Satellite Remote Sensing Time-Series Observation of Russia–Ukraine War: Ongoing Conflict Increased Crop Risk. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*. 2025. Vol. 18. P. 10582-10594. doi: 10.1109/JSTARS.2025.3560935
 44. Zhu Z., et al. Remote Sensing of Land Change: A Multifaceted Perspective. *Remote Sensing of Environment*. 2022. doi: <https://doi.org/10.1002/essoar.10510470.1>

References

1. Abdalrahman Ahmed, et al. (2024). Assessment of the environmental impacts of conflict-driven Internally Displaced Persons: A Sentinel-2 satellite based analysis of land use/cover changes in the Kas locality, Darfur, Sudan. *PLOS ONE*. 19(5): e0304034. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304034>
2. Abdolhossein Boali, et al. (2025). Evaluation of early warning signals for soil erosion using remote sensing indices in northeastern Iran. *Scientific Reports*. 15, 9742. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-94926-x>
3. Abdulqadeer Rash, et al. (2023). Quantitative assessment of Land use/land cover changes in a developing region using machine learning algorithms: A case study in the Kurdistan Region, Iraq. *Heliyon*. 9 (2023) e21253 <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21253>
4. Agustiyara, A., Székely, B., Nurmandi, A., Musyimi, P.K. (2023). Remote Sensing Applied for Land Use Change Assessment and Governance in Riau-Indonesia. In: Stephanidis, C., Antona, M., Ntoa, S., Salvendy, G. (eds) HCI International 2023 Posters. HCII 2023. Communications in Computer and Information Science, vol 1835. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36001-5_56
5. Ahn, E., & Kang, H. (2018). Introduction to systematic review and meta-analysis. *Korean Journal of Anesthesiology*, 71(2), 103–112. <https://doi.org/10.4097/kjae.2018.71.2.103>

6. Andualem, T. G., Belay, G., & Guadie, A. (2018). Land use change detection using remote sensing technology. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 9(10), 6. <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000496>
7. Angham Daiyoub, et al. (2023). War and Deforestation: Using Remote Sensing and Geospatial Modeling to Assess the Impact of the Syrian Armed Conflict on Forest Cover. *Land*, 12(3), 682. <https://doi.org/10.3390/land12081509>
8. Bonchkovskiy, O. et al. (2025). Spatiotemporal analysis of land cover changes in Ukraine due to war using remote sensing. *The Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178594>
9. Bonchkovskiy, O. S., Ostapenko, P. O., Shvaiko, V. M., & Bonchkovskiy, A. S. (2023). Remote sensing as a key tool for assessing war-induced damage to soil cover in Ukraine (the case study of Kyivska territorial hromada). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 32(3), 474-487. <https://doi.org/10.15421/112342>
10. Drobitko, A., Markova, N., Tarabrina, A. M., & Tereshchenko, A. (2023). Land degradation in Ukraine: retrospective analysis 2017-2022. *International Journal of Environmental Studies*, 80(2), 355-362. <https://doi.org/10.1080/00207233.2022.2160079>
11. Drozd, S. et al. (2024). Remote Sensing and Machine Learning for War Impact Assessment on Agriculture in Ukraine. 14th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Athens, Greece, 2024, pp. 1-7. <https://doi.org/10.1109/dessert65323.2024.11122118>
12. Kalyna, T. et al. (2025). Application of geodetic methods and remote sensing for monitoring land use changes in Ukraine. *Ukrainian Journal of Applied Economics and Technological Sciences*. (4):297-301. <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-4-59>
13. Karwowska, K., Slesinski, J., Sekrecka, A. et al. Integrating optical and radar satellite data for conflict-related change detection in Ukraine. *Sci Rep* 16, 12557 (2026). <https://doi.org/10.1038/s41598-026-41424-3>
14. Khan, K. S., Kunz, R., Kleijnen, J., & Antes, G. (2003). Five Steps to Conducting a Systematic Review. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 96(3), 118-121. <https://doi.org/10.1177/014107680309600304>
15. Kholoshyn I.V., et al 2023 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1254 012132 DOI 10.1088/1755-1315/1254/1/012132
16. Kocher, M., & Riegelman, A. (2018). Systematic reviews and evidence synthesis: Resources beyond the health sciences. *College & Research Libraries News*, 79(5), 248. <https://doi.org/10.5860/crln.79.5.248>
17. Kussul, N. et al. (2025). Assessment of war-induced agricultural land use changes in Ukraine using remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Volume 140, 104551. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104551>
18. Matsala, M. et al. (2025). Assessment of war-induced agricultural land use changes in Ukraine using remote sensing. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104012>
19. Mohamed, M. A. et al. (2020). Monitoring of Changes in Land Use/Land Cover in Syria Using Remote Sensing and GIS. *Land*, 9(5), 142. <https://doi.org/10.3390/land9070226>
20. Nasibov, A., Shebanina, O., Kormyshkin, I., Gamayunova, V., & Chernova, A. (2024). The impact of war on the fields of Ukraine. *International Journal of Environmental Studies*, 81(1), 159-168. <https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314889>
21. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(n71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
22. Pushkarenko Yuliia, et al. (2024). Research on the state of areas in Ukraine affected by military actions based on remote sensing data and deep learning architectures. Radi-

- oelectronic and Computer Systems. <https://doi.org/10.32620/reks.2024.2.01>
23. Rasha Abbas Ali, et al. (2025). Land Cover Change Detection in Iraq Using SVM Classification: A Remote Sensing Approach. *Iraqi Journal for Computers and Informatics*. <https://doi.org/10.25195/ijci.v5i1i.567>
24. Saeed Mhanna, et al. (2023). Using machine learning and remote sensing to track environmental impacts of armed conflicts in the Orontes River Basin. *The Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164234>
25. Santos, A. B. et al. (2020). A Remote Sensing Diagnosis of Water Use and Water Stress in a Region with Intense Irrigation Growth in Brazil. *Remote Sensing*, 12(22), 3725. <https://doi.org/10.3390/rs12223725>
26. Sarwar, A., Ali, M., Israr, M., Gulzar, S., Khan, M. I., Ali, M. A. S., ... Rukh, S. (2025). Mapping annual soil loss in the southeast of Peshawar basin, Pakistan, using RUSLE model with geospatial approach. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 9(3), 1102–1113. <https://doi.org/10.1080/24749508.2024.2373493>
27. Shaheen, N., Shaheen, A., Ramadan, A., Hefnawy, M. T., Ramadan, A., Ibrahim, I. A., Hassanein, M. E., Ashour, M. E., & Flouty, O. (2023). Appraising systematic reviews: a comprehensive guide to ensuring validity and reliability. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 8. <https://doi.org/10.3389/frma.2023.1268045>
28. Shevchuk S. A. et al. (2022). The Use of Remote Sensing Data for Investigation of Environmental Consequences of Russia-Ukraine War. *Journal of Landscape Ecology*. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2022-0017>
29. Siddaway, A. P., Wood, A. M., & Hedges, L. V. (2019). How to Do a Systematic Review: A Best Practice Guide for Conducting and Reporting Narrative Reviews, Meta-Analyses, and Meta-Syntheses. *Annual Review of Psychology*, 70, 747–770. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102803>
30. Solokha, M. et al. (2023). The impact of the Russian-Ukrainian war on land use in Ukraine: A remote sensing perspective. *The Science of the Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122>
31. Solokha, M., Demyanyuk, O., Symochko, L., Mazur, S., Vynokurova, N., Sementsova, K., & Mariychuk, R. (2024). Soil degradation and contamination due to armed conflict in Ukraine. *Land*, 13(10), 1614. <https://doi.org/10.3390/land13101614>
32. Solokha, M., Melnyk, O., Cannon, N., Horton, M., Datsko, O., & O'Connor, D. (2025). Assessment of soil cover chemical pollution using satellite data: A case study of Kharkiv region, Ukraine. *Science of The Total Environment*, 995, 180105. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.180105>
33. Stakhiv, I. et al. (2025). Spatial analysis of the flooded land area of the Kherson region nature reserve using remote sensing data. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.109.14>
34. TARG Meta-Research Group and Collaborators. (2022). Discrepancy review: a feasibility study of a novel peer review intervention to reduce undisclosed discrepancies between registrations and publications. *Royal Society Open Science*, 9(7), 220142. <https://doi.org/10.1098/rsos.220142>
35. Tomchenko, O. V., Khyzhniak, A. V., Sheviakina, N. A., Zahorodnia, S. A., Yelistratova, L. A., Yakovenko, M. I., & Stakhiv, I. R. (2023). Assessment and monitoring of fires caused by the War in Ukraine on Landscape scale. *Journal of Landscape Ecology*, 16(2), 76-97. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2023-0011>
36. Shelestov, A., Yailymova, H., Lavreniuk, A., Kussul, N., Yailymov, B., Lavreniuk, M., ... & Shumilo, L. (2022). Advanced Method of Land Cover Classification Based on High Spatial Resolution Data and Convolutional Neural Networks. *Remote Sensing*, 14(12), 3012. <https://doi.org/10.3390/rs14123012>

- tional Neural Network. In Proceedings of International Conference on Applied Innovation in IT (pp. 125-132). <http://dx.doi.org/10.25673/76943>
37. Younes, et al. A. (2023). Understanding Dynamics of Land Use & Land Cover Change Using GIS & Change Detection Techniques in Tartous, Syria. *European Journal of Geography*. <https://doi.org/10.48088/ejg.a.you.14.3.020.041>
38. Yue-Wei Ma, et al. (2022). Spatiotemporal analysis of land use/land cover changes in Ukraine due to war using remote sensing. *Land*, 11(10), 1810. <https://doi.org/10.3390/land11101810>
39. Z. Lv, et al. (2023). Spatial-Contextual Information Utilization Framework for Land Cover Change Detection With Hyperspectral Remote Sensed Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. <https://doi.org/10.1109/tgrs.2023.3336791>
40. Zenebe Reta Roba, et al. (2025). Assessing the impacts of forest cover change on carbon stock and soil moisture dynamics using geospatial techniques: A case study of Nensebo forest, Southern Ethiopia. *Environmental Monitoring and Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s10661-024-13611-0>
41. Zhang, Y. Hu, Q., Wang, S., Zhao, P., and Ai, M. Satellite Remote Sensing Time-Series Observation of Russia–Ukraine War: Ongoing Conflict Increased Crop Risk. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 18, pp. 10582-10594, 2025, doi: 10.1109/JSTARS.2025.3560935
42. Zhe Guo, et al. (2023). Monitoring Indicators of Economic Activities in Sudan Amidst Ongoing Conflict Using Satellite Data. *Defence and Peace Economics*. <https://doi.org/10.1080/10242694.2023.2290474>
43. Zhe Zhu, et al. (2022). Remote Sensing of Land Change: A Multifaceted Perspective. *Remote Sensing of Environment*. <https://doi.org/10.1002/essoar.10510470.1>
44. Zhou Huang, et al. (2020). An Ensemble Learning Approach for Urban Land Use Mapping Based on Remote Sensing Imagery and Social Sensing Data. *Remote Sensing*, 12(19), 3254. <https://doi.org/10.3390/rs12193254>

Bogdanets V., Berezniak Ye., Brovko D.

REMOTE SENSING AND GEOSPATIAL MODELING FOR THE DETECTION OF WAR-INDUCED LAND USE ABANDONMENT, SOIL DISTURBANCE, AND DEGRADATION IN SUMY REGION OF UKRAINE: A SYSTEMATIC REVIEW

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 2'26: 209-228.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.02.15>

Abstract. The full-scale military invasion of Ukraine has caused multidimensional transformations of agricultural landscapes, land cover, and ecosystems. The Sumy region, located along the northeastern border with the Russian Federation, is a critical region that has suffered from intense fighting, prolonged artillery shelling, and ongoing border clashes during the study period from 2022 to May 2026. This paper systematically evaluates the application of remote sensing and geospatial modeling techniques to detect, quantify, and monitor war-induced land abandonment, as well as physical land cover disturbances, chemical contamination, and broader environmental degradation in this theater of war. Combining recent scientific publications on the war in Ukraine and comparative global examples (Syria, Iraq, and Sudan), the effectiveness of integrating multi-sensor data, including optical (Sentinel-2, Landsat), synthetic aperture radar (SAR; Sentinel-1), thermal, and very high resolution (VHR; Maxar, WorldView) platforms, as well as advanced

machine and deep learning algorithms (Random Forest, Deep Learning) and time series analysis (FANTA, two-period curve approximation), is assessed. The results of the study show that while geospatial modeling is an indispensable tool for rapid, large-scale, and non-contact damage assessment in active conflict settings, significant critical research gaps remain, namely separating short-term cessation of agricultural use from actual land abandonment caused by war, verifying such facts in the face of a severe shortage of reliable ground data, and managing sensitive geospatial information. This systematic review highlights existing methodological gaps and outlines future perspectives needed to build a harmonized spatial monitoring system capable of guiding post-conflict recovery and environmental remediation based on actual remote sensing data at the regional scale.

Keywords: *remote sensing; geospatial modeling; abandoned land; soil degradation; armed conflict; machine learning; land damage assessment.*

РОЗРОБКА МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ КРЕНУ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД БАШТОВОГО ТИПУ

Є.Г. ХЛИПОВКА,

старший викладач кафедри геодезії

E-mail: hevengeng@knu.edu.ua

ORCID: 0009-0009-0855-8475

Криворізький національний університет

В.В. ПЕРЕГУДОВ,

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри геодезії

E-mail: vperegudov@knu.edu.ua

ORCID: 0000-0001-6173-1374

Криворізький національний університет

А.Ю. ПАЛАМАР,

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії

E-mail: palamar1alena@gmail.com

ORCID: 0000-0003-2682-6786

Криворізький національний університет

О.М. НОВІКОВА,

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії

E-mail: elenanovikova131254@gmail.com

ORCID: 0000-0001-8096-5168

Криворізький національний університет

К.Р. НАЗАРЕНКО,

асистент кафедри геодезії

E-mail: katarina.nazarenko@gmail.com

ORCID: 0000-0002-0022-8799

Криворізький національний університет

Анотація. У статті досліджено сучасні підходи до визначення крену інженерних споруд баштового типу із застосуванням безпілотних літальних апаратів та методів цифрової фотограмметрії. Актуальність дослідження обумовлена необхідністю підвищення точності, оперативності та безпеки геодезичного контролю технічного стану висотних споруд, які в процесі експлуатації зазнають впливу природних і техногенних факторів. Запропоновано методикку визначення крену димових труб, що базується на виконанні аерофотознімання квадрокоптером із подальшою фотограмметричною обробкою отриманих цифрових зображень у програмному комплексі Digital. Детально розглянуто основні етапи

польових робіт, планування маршрутів польоту, отримання фотоматеріалів, побудову просторової моделі об'єкта, визначення координат характерних точок конструкції та розрахунок величини крену. За результатами експериментальних досліджень підтверджено високу ефективність запропонованої методики, яка забезпечує отримання достовірних геометричних параметрів споруди та дозволяє виконувати оцінку її просторового положення з необхідною точністю. Встановлено, що використання безпілотних літальних апаратів істотно скорочує тривалість польових вимірювань, зменшує трудомісткість геодезичних робіт, мінімізує ризики для персоналу під час обстеження важкодоступних об'єктів та знижує економічні витрати порівняно з традиційними методами інструментального контролю. Практична цінність дослідження полягає у розробленні універсальної методики геодезичного визначення крену баштових споруд, придатної для виконання експлуатаційного контролю, технічного обстеження, моніторингу деформацій та своєчасного виявлення небезпечних змін просторового положення висотних інженерних конструкцій.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат (БПЛА), квадрокоптер, аерофотознімання, фотограмметрія, крен споруди, димова труба, геодезичний моніторинг.

Актуальність

Різноманітність висотних споруд баштового типу призвело до розробки численних методів їх зведення, що залежать від конструктивних особливостей споруди і його параметрів, застосовуваних матеріалів, характеристик будівельного майданчика. Великий тиск на підставу, вітрові та теплові впливи призводять до деформацій, які вимагають обліку при зведенні баштового споруди.

При впливі температурного градієнта, силових факторів, підвищеної вологості в агресивному середовищі в несучих конструкціях можливо утворення системи вертикальних і горизонтальних тріщин в відшаруванні цегли. Істотний вплив можуть надати помилки при проектуванні, а також некоректні припущення при розрахунку оболонки стовбура димової труби.

Сучасні технології створення топографічних та кадастрових планів

ґрунтуються саме на використанні матеріалів цифрового аерознімання. Однак собівартість застосування літаків та гелікоптерів для локального великомасштабного знімання на порядок вища. Тому альтернативним рішенням є використання для вищевказаних цілей БПЛА, які дають змогу швидко та економічно вигідно виконати аерознімання територій невеликої площі, з метою складання кадастрових планів та ортофотопланів,

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проблема визначення крену інженерних споруд баштового типу досліджується переважно в напрямках використання електронної тахеометрії, наземного лазерного сканування, фотограмметрії та комплексних автоматизованих систем моніторингу. Сучасні дослідження орієнтовані на перехід від спостережень за окремими контрольними точками до побудови

просторових моделей споруди та визначення положення її геометричної осі на різних висотних рівнях.

У роботі Ž. Pleterski, G. Rak та K. Kregar [1] запропоновано визначати неперпендикулярність димових труб за даними наземного лазерного сканування. Автори поділяють хмару точок на вузькі горизонтальні перерізи, вилучають сторонні точки алгоритмом RANSAC, апроксимують контури колами або еліпсами методом найменших квадратів і за зміщенням центрів перерізів визначають просторове положення осі труби. Перевагою методу є можливість аналізу локальних відхилень конструкції на різних висотах.

M. Zhou та співавтори [2] розробили автоматизований підхід до визначення крену промислових димових труб за LiDAR-хмарами точок. Метод передбачає формування горизонтальних зрізів, визначення геометричних центрів, апроксимацію центральної осі та розрахунок кута і напрямку нахилу. Дослідники також застосували інтеграцію LiDAR, GNSS-позиціонування та дистанційної передачі даних, що підвищує рівень автоматизації моніторингу.

У дослідженні Ji, Ren, Fu, Zhang та Li [3] запропоновано визначати динамічні переміщення одностійкових комунікаційних веж шляхом об'єднання даних акселерометрів і тензометричних датчиків із використанням фільтра Калмана. Такий підхід забезпечує безперервне оцінювання деформаційного стану споруди, проте потребує встановлення спеціалізованих датчиків безпосередньо на конструкції.

Перспективність використання безпілотних літальних апаратів для технічного обстеження споруд підтверджено в дослідженні J. Ває та

співавторів [4]. Запропонована система поєднує аерофотознімання, термографію, алгоритми машинного навчання та побудову тривимірних хмар точок для виявлення тріщин і деформацій конструкцій. Дослідження доводить доцільність застосування БПЛА для безконтактного огляду важкодоступних частин інженерних об'єктів.

Проведений аналіз показує, що лазерне сканування забезпечує детальне відтворення геометрії баштових споруд, а автоматизовані сенсорні системи — безперервність спостережень. Водночас лазерні сканери й стаціонарні вимірювальні комплекси характеризуються високою вартістю та складністю розгортання. Тому актуальним залишається розроблення доступнішого безконтактного методу визначення крену димових труб із використанням квадрокоптера, цифрових знімків і програмного комплексу Digitals. Запропонований підхід має передбачати визначення центрів верхнього, нижнього та проміжних перерізів споруди, побудову її геометричної осі й обчислення лінійного та кутового крену.

Метою дослідження є розроблення та експериментальна апробація методу визначення крену інженерних споруд баштового типу із застосуванням безпілотних літальних апаратів і цифрової фотограмметрії для підвищення точності, оперативності та безпеки геодезичного контролю їх технічного стану.

Матеріали і методи дослідження

Нові технічні рішення конструкцій, нове обладнання, вироби та матеріали повинні мати підтвердження їх

придатності для застосування в умовах будівництва та експлуатації висотних будинків згідно з постановою КМ України ДБН В.1.3-2:2010 [5].

Геодезичні роботи в зв'язку із технічною складністю висотного об'єкта рекомендується виконувати спеціалізованими організаціями, які мають ліцензію на виконання цього виду робіт та повинні виконуватись згідно зі ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 [6]. Для зведення висотних будинків рекомендується створення постійно діючої геодезичної групи на весь період будівництва цього об'єкта.

Для унікальних будівель і споруд, а також при виконанні спостережень, що вимагають безперервного отримання результатів вимірювань, рекомендується використовувати автоматизовані системи спостережень. Моніторинг деформацій будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації, слід проводити в разі появи неприпустимих тріщин, розкриття швів, а також різкої зміни умов роботи будівлі або споруди.

Крен є найбільш характерним показником спільної деформації висотної споруди. У таких спорудах, що володіють підвищеною чутливістю до деформацій ґрунтів основи, крен викликає розвиток додаткового моменту, який в свою чергу сприяє збільшення крену і може привести до втрати стійкості споруди [1,7-8].

Отже, об'єкти баштового типу (димові труби, ректифікаційні колони, грануляційні башти, радіотелевізійні антенні опори тощо) належать до інженерних споруд підвищеного рівня відповідальності.

Під час виконання будівельних робіт або в процесі експлуатації споруди можуть зазнавати деформацій унаслідок нерівномірного осідан-

ня та дії інших чинників. Крім того, через конструктивні особливості споруд можуть виникати кручення та згин, спричинені нерівномірним сонячним нагріванням або вітровим навантаженням. Це може призводити до крену споруд, тобто їх відхилення від вертикалі [3].

Подібні деформації можуть привести до втрати стійкості споруди. Тому періодичне визначення деформацій (моніторинг) набуває особливої актуальності [9]. За результатами таких вимірювань при необхідності можуть розроблятися профілактичні заходи для усунення крену з метою забезпечення безаварійної експлуатації споруди.

Сучасні тенденції оцінки деформаційного стану споруд полягають в створенні автоматизованого, постійно діючого моніторингу з використанням високоточних систем космічного позиціонування (GPS-систем), роботизованих електронних тахеометрів, високоточних інклінометрів (типу Leica Nivel210 / Nivel220) з точністю вимірювання кута нахилу 0,09 сек., і застосуванням програмного комплексу GeoMoS (LeicaGeosystems) [10-14].

Значна частина висотних інженерних споруд, що експлуатуються в Україні, була введена в дію кілька десятиліть тому та функціонує в умовах тривалого впливу природних і техногенних факторів. У процесі експлуатації такі споруди зазнають дії нерівномірних осідань фундаментів, температурних коливань, вітрових навантажень, вібрацій та інших чинників, що можуть спричиняти зміну їх геометричного положення, виникнення крену та розвиток деформацій. З огляду на це особливого значення набуває впровадження сучасних методів геодезичного контролю, які

забезпечують своєчасне виявлення відхилень від проєктного положення та об'єктивне оцінювання технічного стану споруд.

Більшість традиційних методів визначення крену баштових споруд базується на виконанні високоточних кутових і лінійних вимірювань із використанням електронних тахеометрів, теодолітів або інших геодезичних приладів. Незважаючи на високу точність отриманих результатів, такі методи потребують створення геодезичної опорної мережі, забезпечення взаємної видимості між пунктами спостережень та значних витрат часу на виконання польових вимірювань. Крім того, проведення геодезичних робіт на промислових об'єктах часто ускладнюється обмеженням доступом до споруди та необхідністю дотримання підвищених вимог безпеки.

Відповідно до чинних нормативних документів [6], контроль просторового положення висотних інженерних споруд повинен здійснюватися протягом усього періоду їх експлуатації. Для новозбудованих об'єктів геодезичні спостереження за креном і осіданнями фундаментів рекомендується виконувати не рідше двох разів на рік протягом перших двох років експлуатації. Надалі періодичність спостережень визначається технічним станом споруди та інтенсивністю деформаційних процесів. За умови стабілізації осідань контрольні вимірювання можуть проводитися з більшими інтервалами відповідно до вимог нормативної документації.

Останніми роками значного поширення набули безпілотні літальні апарати (БПЛА), які є ефективним інструментом для виконання інженерно-геодезичних робіт і технічного обстеження висотних споруд. Виконання

робіт квітання квадрокоптерів, оснащених високороздільними цифровими камерами та супутниковими навігаційними системами, забезпечує можливість оперативного отримання фотограмметричних матеріалів із важкодоступних ділянок об'єкта без необхідності виконання небезпечних висотних робіт. Сучасні БПЛА дозволяють здійснювати фото- та відеознімання у форматі 4K, автоматично реєструвати координати центрів фотографування, а також формувати масиви даних, придатні для побудови ортофотопланів, цифрових моделей місцевості та тривимірних моделей інженерних споруд [1, 3, 8, 15-16].

В даній роботі для аерофотознімання інженерної споруди баштового типу використовувався безпілотний літальний апарат DJI Phantom 4 Pro, оснащений цифровою камерою з 1-дюймовою CMOS-матрицею роздільною здатністю 20 Мп, об'єктивом із фактичною фокусною відстанню 8,8 мм (еквівалентною 24 мм у 35-мм форматі) та механічним затвором, що забезпечує мінімізацію геометричних спотворень під час знімання. Просторова прив'язка фотограмметричної моделі виконувалася без застосування високоточного RTK-позиціонування. Визначення просторового положення моделі здійснювалося на основі даних, отриманих під час аерофотознімання, та подальшої фотограмметричної обробки цифрових зображень. Калібрування камери виконувалося автоматично в процесі фотограмметричної обробки із застосуванням методу самокалібрування внутрішніх параметрів. Такий підхід забезпечив формування просторової моделі інженерної споруди, достатньої для визначення її геометричних параметрів та оцінювання величини

крену в межах поставлених завдань дослідження. RTK-позиціонування в межах проведеного експериментального дослідження не застосовувалося, тому його вплив на точність просторової прив'язки фотограмметричної моделі не оцінювався.

Вертикальне знімання оголовка труби виконувалося з перевищенням приблизно 7 м над верхньою точкою споруди. За таких умов площа охоплення одного кадру становила орієнтовно $10,5 \times 7,0$ м, а розрахунковий розмір пікселя на поверхні об'єкта (GSD) — близько 1,9 мм/пікс. Обрана висота забезпечувала повне розміщення оголовка труби в центральній частині кадру та достатній запас навколо його контуру для визначення геометричного центра верхнього перерізу.

Оскільки розроблений метод визначення крену базується на незалежному аналізі зображень, перекриття кадрів не передбачалося. Теоретично мінімальна кількість зображень, необхідна для одноразового визначення крену, становить чотири: по два зображення, отримані з протилежних напрямків уздовж кожної з взаємно перпендикулярних осей X та Y (рис. 2). Для підвищення достовірності та точності визначення крену вимірювання доцільно виконувати декілька разів із подальшим усередненням отриманих результатів.

Результати дослідження та їх обговорення

Для дослідження крену димової труби теплоелектроцентралі, як споруди баштового типу, використовувався безпілотний літальний апарат DJI Phantom 4 Pro. Процес виконання аерофотознімання за допомогою

БПЛА включає підготовку майданчика запуску, планування маршруту польоту з урахуванням наявних перешкод і метеорологічних умов, а також визначення основного та резервного місць посадки.

Перед початком знімання на земній поверхні біля труби будуються базиси в двох взаємно перпендикулярних напрямках, які формують умовну систему координат X, Y. Саме вздовж цих напрямків послідовно здійснюється фото- та відеознімання труби, що забезпечує повне охоплення геометрії споруди.

На фотознімку рис. 1 представлена труба теплотраси Центрально-Міського району міста Кривий Ріг, Обстеження труби виконувалося в 2021 році. Базиси на рис. 2 показані червоними переривчастими лініями. Їх реальна довжина, виміряна на поверхні землі, дорівнює:

$$S_X = 16,482 \text{ м}, S_Y = 20,261 \text{ м} \quad (1)$$

Вздовж кожного базису за одне фотознімання труби формуються не менш як 2 знімки. На рис. 2 показані два положення труби під час зйомки та схематично показані нижнє коло труби (чорний колір) та верхнє коло труби (червоний колір). Зйомка виконується таким чином, щоб центр знімка збігся з верхнім краєм труби послідовно спочатку в положенні, яке показано на рис. 2 а, а потім в положенні, яке показане на рис. 2 б.

На отриманих знімках виконується вимірювання відстаней між верхнім та нижнім колами труби. Перша різниця вздовж руху квадрокоптера позначається літерою а, друга — б. Загальний крен вздовж кожної осі обчислюється по формулам:

$$\Delta x_i = a_i^x - b_i^x, \quad (2)$$

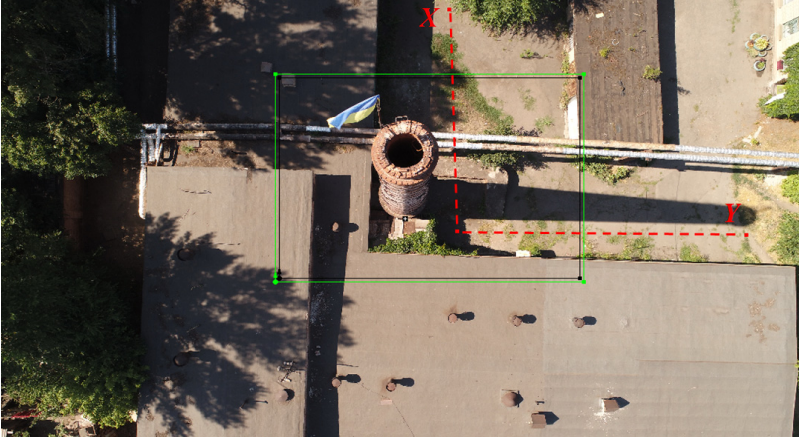


Рис. 1 – Умовна система координат, сформована за допомогою взаємоперпендикулярних базисів (зйомка крена труби теплотраси 2021 року

$$\Delta y_i = a_i^y - b_i^y, \quad (3)$$

де a_i^x, b_i^x – різниці між нижньою та верхньою колами труби вздовж осі X ; a_i^y, b_i^y – аналогічні величини вздовж осі Y i – того циклу вимірювань крену.

Для визначення кута крену мінімально необхідні дві пари знімків, отримані під час зйомки вздовж двох взаємно перпендикулярних осей. Такий набір даних забезпечує можливість обчислення крену, проте точність результату обмежується похибками окремих вимірювань.

Для підвищення точності та достовірності визначення крену доцільно виконувати серію незалежних вимірювань, наприклад дві групи по чотири знімки (по дві пари знімків у кожній групі). Подальше усереднення отриманих результатів дає змогу зменшити вплив випадкових похибок, шумів вимірювальної системи та нестабільності умов зйомки, що забезпечує більш точне й відтворюване визначення кута крену.

Перед початком фотограмметричної обробки виконується масштабування знімків за контрольними ба-

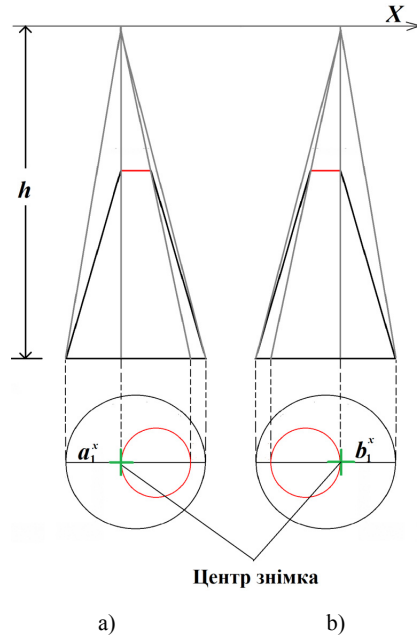


Рис. 2 – Схема положень труби у вертикальній площині під час фотознімання та відповідні зображення її нижнього і верхнього поперечних перерізів: а) центр знімка суміщено з верхнім краєм труби в першому положенні; б) центр знімка суміщено з верхнім краєм труби в другому положенні.

зисами, закріпленими на місцевості (рис. 1). Для цього виконується вимірювання довжин базисів на знімках. Для базисів, представлених рівняннями (1), були отримані наступні значення:

$$s_X = 0,329 \text{ м}, s_Y = 0,405 \text{ м} \quad (4)$$

Масштаб знімку розраховується вздовж кожної осі по формулам:

$$m_X = \frac{s_X}{s_{X'}}, m_Y = \frac{s_Y}{s_{Y'}} \quad (5)$$

Загальний масштаб знімку обчислюється як середнє арифметичне з масштабів вздовж осей X, Y. Для розглянутої задачі він виявився рівним:

$$m = \frac{1}{50,06}$$

За допомогою цього масштабу крен, отриманий в одиницях знімків переводиться в абсолютні одиниці.

Для визначення геометричних параметрів верхньої частини димової труби виконують векторизацію її контуру у програмному комплексі Digitals. На першому етапі в меню «Збір» обирають інструмент створення лінійного об'єкта, після чого послідовно виконують оцифрування зо-

внішнього контуру верхнього обрізу труби шляхом фіксації характерних точок по її периметру. Для підвищення точності апроксимації криволінійної поверхні застосовується функція «Вставити дугу», яка забезпечує згладжування окремих лінійних сегментів та формування геометрично коректного контуру.

На завершальному етапі здійснюється редагування положення опорних точок з урахуванням форми контуру, що дозволяє мінімізувати похибки оцифрування та отримати точну модель верхнього перерізу димової труби. Сформований контур використовується для подальшого визначення координат центра перерізу, побудови геометричної осі споруди та розрахунку величини її крену (рис. 3).

Аналогічним чином виконується визначення геометричних параметрів нижнього перерізу димової труби. Оскільки частина контуру перекрита конструктивними елементами споруди, оцифровуються лише видимі точки периметра. За отриманими точками програмний комплекс Digitals автоматично визначає центр кола та



Рис. 3 – Результат формування геометрично скоригованого контуру верхнього перерізу димової труби після редагування опорних точок



Рис. 4 – Загальний центр та діаметр вже сбудованою частиною відсутніх елементів нижнього кола труби

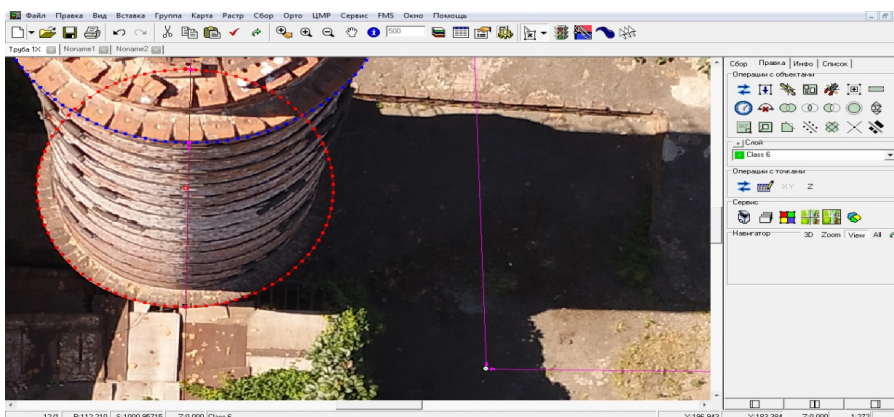


Рис. 5 – Визначення периметра контуру нижнього перерізу димової труби у програмному комплексі DigitalS

його діаметр, що дає змогу відновити відсутню частину нижнього кільця й сформувати повний контур перерізу для подальшого визначення геометричної осі та розрахунку крену споруди (рис. 4-5).

На рис. 5 представлена процедура визначення периметру контуру нижнього перерізу димової труби у програмному комплексі DigitalS. Для труби, яка розглядається периметр визначений рівним: $P = 11,221$ м.

Діаметр труби розраховується на

основі периметру за допомогою відомої формули:

$$D = \frac{P}{\pi} \quad (6)$$

і дорівнює: $D = 3,57$ м.

Для подальших обчислень необхідно сформувати осьову лінію через центри верхнього та нижнього кіл, так як це показано на рис. 6. Процедура виконується в програмному комплексі DigitalS.

Верхній і нижній перерізи відповідають горизонтальним перерізам

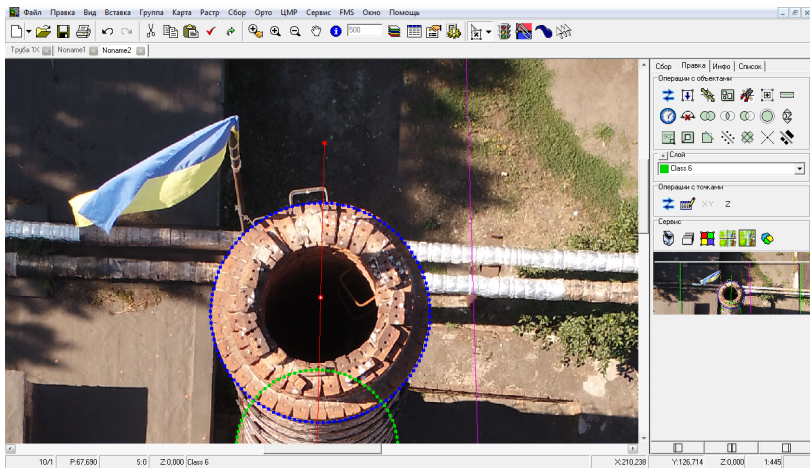


Рис. 6 – Осьова лінія, яка проводиться між верхнім та нижнім колами димової труби

труби на рівні її оголовка та основи відповідно, а відстань між їх геометричними центрами по вертикалі прийнята рівною повній висоті досліджуваної споруди — 35 м; зміщення центра верхнього перерізу відносно центра нижнього характеризує величину крену труби.

За допомогою цієї осьової лінії

вимірюється величини a_r , b_r . Зокрема, для знімків, отриманих вздовж осі X,Y визначені величини, представлені в табл. 1.

У табл. 1 величини a_i^x , b_i^x , a_i^y , b_i^y наведено як результати вимірювань, отримані на цифровому зображенні за допомогою програмного комплексу Digitals. Значення подано в міліме-

1. Обчислення крену труби теплоцентралі Центрально-Міського району (Кривий Ріг) за двома циклами спостережень

Величина	Чисельне значення	Величина	Чисельне значення
a_1^x (мм, на знімку)	4,93	a_2^x (мм, на знімку)	7,43
b_1^x (мм, на знімку)	3,68	b_2^x (мм, на знімку)	6,18
a_1^y (мм, на знімку)	5,05	a_2^y (мм, на знімку)	7,52
b_1^y (мм, на знімку)	3,84	b_2^y (мм, на знімку)	6,33
a_1^x (мм)	246,7	a_2^x (мм)	371,8
b_1^x (мм)	184,4	b_2^x (мм)	309,6
a_1^y (мм)	252,6	a_2^y (мм)	376,5
b_1^y (мм)	192,3	b_2^y (мм)	317,1
Δx_1 (мм)	62,3	Δx_2 (мм)	62,2
Δy_1 (мм)	60,3	Δy_2 (мм)	59,4
ΔL_1 (мм)	86,7	ΔL_2 (мм)	86,0
ΔL_{cp} (мм)	86,4	Відносна похибка (%)	1

трах у системі координат знімка. Для переведення цих величин у реальні лінійні розміри їх необхідно поділити на масштабний коефіцієнт:

$$Z = \frac{z}{m}, \quad (7)$$

де z — будь-яка з величин a_i^x , b_i^x , a_i^y , b_i^y виміряна в одиницях знімка; m — масштаб зображення; Z — відповідна величина, виражена в реальних одиницях.

Використання результатів двох незалежних груп знімків дає змогу підвищити достовірність визначення просторового положення геометричної осі споруди та мінімізувати вплив похибок фотограмметричної обробки. На основі отриманих значень виконується розрахунок абсолютної величини крену димової труби вздовж осей X та Y за допомогою формул (2-3).

Для додаткової перевірки достовірності отриманих результатів виконано контрольне зіставлення з результатами тахеометричного визначення крену. Контрольне значення крену прийнято рівним 85,6 мм. Середнє значення, отримане за результатами двох циклів БПЛА-знімання, становило 86,35 мм. Абсолютна різниця між результатами дорівнює 0,75 мм, а відносна розбіжність — 0,87 %, що свідчить про високу узгодженість результатів та підтверджує можливість застосування запропонованого

методу для визначення крену інженерних споруд баштового типу.

Для оцінювання точності визначення крену сформовано бюджет невизначеності, який враховує основні складові фотограмметричного процесу: масштабування цифрового зображення, векторизацію контуру, визначення геометричного центра перерізу, просторову роздільну здатність зображень (GSD) та повторюваність результатів двох незалежних циклів спостережень. Комбіновану стандартну невизначеність визначено шляхом урахування окремих складових невизначеності, а розширену невизначеність для довірчої ймовірності приблизно 95 % — із застосуванням коефіцієнта охоплення $k=2$.

За результатами оцінювання невизначеності величину крену досліджуваної димової труби можна представити у вигляді $K=(86,35 \pm 3,08)$ мм за довірчої ймовірності приблизно 95 %. Відповідний довірчий інтервал становить 83,27–89,43 мм. Отриманий інтервал характеризує діапазон можливих значень крену з урахуванням основних джерел невизначеності фотограмметричного визначення та підтверджує відтворюваність результатів двох циклів спостережень.

Абсолютний крен труби обчислюється так:

$$\Delta L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}, \quad (8)$$

2. Контрольне зіставлення з результатами тахеометричного визначення крену

Метод / цикл	Крен, мм	Різниця від контрольного значення, мм	Розбіжність, %
БПЛА, цикл 1	86,7	1,1	1,29
БПЛА, цикл 2	86,0	0,4	0,47
Середнє значення БПЛА	86,35	0,75	0,87
Контрольне тахеометричне значення	85,6	0	0

3. Бюджет невизначеності

Джерело невизначеності	Стандартна невизначеність, мм
Масштабування зображення	0,80
Векторизація контуру	0,70
Визначення центра перерізу	0,90
Вплив GSD та дискретності зображення	0,55
Повторюваність двох циклів	0,35
Комбінована стандартна невизначеність (u_c)	1,54
Розширена невизначеність ($U_{\{95\}}, (k=2)$)	3,08

Оскільки досліджувана споруда являє собою димову трубу, застосування положень міжнародного нормативного документа CICIND (Model Code for Steel Chimneys) [17, р. 22] є обґрунтованим та відповідає його сфері застосування. Використовуючи висоту труби, визначену за результатами аерофотознімання з квадрокоптера, відповідно до положень розділу 11.7 CICIND (Model Code for Steel Chimneys) можна розрахувати граничне відхилення труби від вертикалі за наведеною нижче формулою [17, р. 22]:

$$\Delta_{\text{доп}} = \max(0,025, \frac{H}{0,6}). \quad (9)$$

де H — висота труби, м. В цьому випадку величина $\Delta_{\text{доп}}$ також визначається в м. Для досліджуваної труби висота становить 35 м. Отже, гранично допустиме значення крену дорівнює:

$$\Delta_{\text{доп}} = 0,058 \text{ м.}$$

За результатами виконаних розрахунків встановлено, що величина крену досліджуваної димової труби становить 0,086 м (табл. 1), що перевищує розрахункове граничне значення 0,058 м. Виявлене перевищення свідчить про необхідність проведення термінового комплексного технічного обстеження спо-

руди із залученням спеціалізованої організації для уточнення її фактичного технічного стану та прийняття обґрунтованого рішення щодо умов подальшої експлуатації.

Запропонована методика не обмежується визначенням загального крену споруди. Для підвищення інформативності дослідження доцільно виконувати визначення положення центрів проміжних горизонтальних перерізів димової труби на різних висотних рівнях. Побудова кіл, що відповідають геометрії цегляної кладки кожного перерізу, дозволяє визначити локальні значення відхилень осі споруди відносно її основи та дослідити характер просторової деформації по всій висоті конструкції.

Наявність координат центрів перерізів на декількох висотних рівнях створює можливість побудови тривимірної цифрової моделі димової труби із застосуванням програмних комплексів Digital, AutoCAD або іншого спеціалізованого програмного забезпечення. Така модель забезпечує візуалізацію просторового положення геометричної осі споруди, визначення напрямку крену відносно сторін горизонту та аналіз впливу зовнішніх факторів, зокрема вітрових навантажень, температурних деформацій і нерівномірного осідання фундаменту.

Додатковою перевагою використання безпілотної літальної апаратури є можливість проведення детальної візуальної обстеження зовнішньої поверхні споруди. Аерофотознімки високої роздільної здатності дозволяють виявляти тріщини, локальні руйнування, дефекти цегляної кладки, пошкодження захисного покриття та інші ознаки погіршення технічного стану конструкції. Поєднання фотографічних вимірювань із резуль-

татами візуального обстеження забезпечує комплексну оцінку технічного стану димової труби, створює інформаційну основу для прогнозування розвитку деформаційних процесів та прийняття обґрунтованих рішень щодо подальшої експлуатації, ремонту або реконструкції споруди.

Таким чином, запропонована методика поєднує можливості аерофотограмметрії, цифрового моделювання та геодезичного аналізу, що дозволяє оперативно, безконтактно й з достатньою точністю визначати крен інженерних споруд баштового типу та здійснювати комплексний моніторинг їх технічного стану.

Висновки і перспективи

У результаті проведеного дослідження розроблено та апробовано метод визначення крену інженерних споруд баштового типу із застосуванням безпілотних літальних апаратів та цифрової фотограмметричної обробки матеріалів аерознімання. Запропонований підхід базується на визначенні геометричних параметрів верхнього та нижнього перерізів споруди за цифровими зображеннями, отриманими з протилежних напрямків знімання, із подальшим розрахунком просторового положення геометричної осі та величини крену.

Експериментальні дослідження підтвердили можливість використання квадрокоптера DJI Phantom 4 Pro у поєднанні з програмним комплексом Digitals для виконання геодезичного контролю висотних споруд. Отримані результати показали, що визначене значення крену димової труби (0,086 м) перевищує розрахункове граничне значення (0,058 м). Встановлене перевищення обґрунтовує необхідність

термінового проведення комплексного технічного обстеження споруди із застосуванням інструментальних методів контролю для оцінювання її фактичного технічного стану та визначення можливих умов подальшої експлуатації.

Запропонована методика забезпечує комплексне оцінювання технічного стану інженерної споруди, оскільки, крім визначення величини крену, дозволяє виконувати побудову просторової тривимірної моделі об'єкта, визначати положення його геометричної осі на різних висотних рівнях, аналізувати характер деформацій та здійснювати детальне візуальне обстеження зовнішньої поверхні конструкції. Використання високоякісних аерофотознімків створює можливість своєчасного виявлення тріщин, пошкоджень кладки, локальних дефектів та інших ознак погіршення технічного стану споруди.

Порівняно з традиційними геодезичними методами запропонований підхід характеризується скороченням тривалості польових робіт, відсутністю необхідності створення спеціальної геодезичної мережі, підвищенням безпеки виконання вимірювань на важкодоступних промислових об'єктах та зменшенням витрат на проведення інженерно-геодезичних робіт.

Отримані результати підтверджують можливість застосування безпілотного аерофотознімання та цифрової фотограмметрії для визначення геометричних параметрів і оцінювання крену інженерних споруд баштового типу. Просторова прив'язка фотограмметричної моделі в межах проведеного дослідження здійснювалася без використання RTK-позиціонування, а внутрішні параметри камери визначалися методом автома-

тичної самокалібровки під час фотограмметричної обробки. Одержаної якості просторової моделі було достатньо для вирішення поставленого завдання та визначення величини крену досліджуваної споруди.

Перспективним напрямом подальших досліджень є автоматизація процесу визначення крену на основі алгоритмів комп'ютерного зору, інтеграція результатів аерофотознімання з даними наземного лазерного сканування та GNSS-вимірювань, а також створення автоматизованої системи моніторингу технічного стану інженерних споруд баштового типу в режимі реального часу. Реалізація такого підходу сприятиме підвищенню ефективності геодезичного контролю, своєчасному виявленню небезпечних деформацій та забезпеченню безпечної експлуатації висотних інженерних споруд.

Список використаної літератури

1. Pleterski Ž., Rak G., Gregar K. Determination of Chimney Non-Verticality from TLS Data Using RANSAC Method. *Remote Sensing*. 2024. Vol. 16, No. 23. Art. 4541. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs16234541>.
2. Zhou M., Qin Y., Xie Q., Song Q., Lin S., Qin L., Zhou Z., Wu G., Yan P. Tilt Monitoring of Super High-Rise Industrial Heritage Chimneys Based on LiDAR Point Clouds. *Buildings*. 2025. Vol. 15. Art. 3046. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings15173046>.
3. Ji X., Ren L., Fu X., Zhang Q., Li H. Deformation Monitoring of Monopole Communication Towers Based on Multi-Source Data Fusion. *Buildings*. 2023. Vol. 13, No. 11. Art. 2709. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13112709>.
4. Bae J., Lee J., Jang A., Ju Y. K., Park M. J. SMART SKY EYE System for Preliminary Structural Safety Assessment of Buildings Using Unmanned Aerial Vehicles. *Sensors*. 2022. Vol. 22, No. 7. Art. 2762. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22072762>.
5. ДБН В.1.3-2:2010. Геодезичні роботи у будівництві. Київ : Мінрегіон України, 2010. 70 с.
6. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження і моніторингу будівель і споруд. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 47 с.
7. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. Київ : Мінрегіон України, 2018. 36 с.
8. Popović J., Pandžić J., Pejić M., Vranić P., Milovanović B., Martinenko A. Quantifying Tall Structure Tilting Trend through TLS-Based 3D Parametric Modelling. *Measurement*. 2022. Vol. 188. Art. 110533. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.110533>.
9. Teng J., Shi Y., Wang H., Wu J. Review on the Research and Applications of TLS in Ground Surface and Constructions Deformation Monitoring. *Sensors*. 2022. Vol. 22, No. 23. Art. 9179. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22239179>.
10. Leick A., Rapoport L., Tatarnikov D. GPS Satellite Surveying. 4th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2015. 840 p.
11. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E. GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and More. Wien : Springer, 2008. 516 p.
12. Welsch W. M., Heunecke O. Models and Terminology for the Analysis of Geodetic Monitoring Observations. FIG Publication No. 25. Copenhagen : International Federation of Surveyors (FIG), 2001. URL: <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub25/figpub25.asp> (дата звернення: 06.07.2026).
13. International GNSS Service (IGS). GNSS Data Formats and Standards. URL: <https://igs.org/formats-and-standards/> (дата звернення: 13.07.2026).
14. Leica Geosystems AG. Leica GeoMoS Monitoring Solution. URL: <https://leica-geo->

- systems.com/products/total-stations/software/leica-geomos (дата звернення: 03.07.2026).
15. García-Nieto M. C., Huesca-Tortosa J. A., Martínez-Segura M. A., Espín de Gea A., Navarro M. Structural Deformation Monitoring Using UAV Photogrammetry to Assess Slender Historic Buildings. *Journal of Building Engineering*. 2025. Vol. 100. Art. 111766. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.111766>.
16. Sun J., Peng B., Wang C. C., Chen K., Zhong B., Wu J. Building Displacement Measurement and Analysis Based on UAV Images. *Automation in Construction*. 2022. Vol. 140. Art. 104367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104367>.
17. CICIND. Model Code for Steel Chimneys: The CICIND Chimney Standard. Revision 2. Rotterdam : International Committee on Industrial Chimneys, 2010. 23 p. URL: <https://pdfcoffee.com/cicind-model-code-for-steel-chimneys-1999-pdf-pdf-free.html> (дата звернення: 13.07.2026).
-
- ### References
1. Pleterski, Ž., Rak, G., & Kregar, K. (2024). Determination of chimney non-verticality from TLS data using RANSAC method. *Remote Sensing*, 16(23), Article 4541. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs16234541>
2. Zhou, M., Qin, Y., Xie, Q., Song, Q., Lin, S., Qin, L., Zhou, Z., Wu, G., & Yan, P. (2025). Tilt monitoring of super high-rise industrial heritage chimneys based on LiDAR point clouds. *Buildings*, 15, Article 3046. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings15173046>
3. Ji, X., Ren, L., Fu, X., Zhang, Q., & Li, H. (2023). Deformation monitoring of monopole communication towers based on multi-source data fusion. *Buildings*, 13(11), Article 2709. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13112709>
4. Bae, J., Lee, J., Jang, A., Ju, Y. K., & Park, M. J. (2022). SMART SKY EYE system for preliminary structural safety assessment of buildings using unmanned aerial vehicles. *Sensors*, 22(7), Article 2762. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22072762>
5. DBN V.1.3-2:2010. Heodezychni roboty u budivnytstvi [Geodetic works in construction]. (2010). Minrehion Ukrainy.
6. DSTU-N B V.1.2-18:2016. Nastanova shchodo obstezhennia i monitorynhu budivel i sporud [Guidelines for inspection and monitoring of buildings and structures]. (2016). DP "UkrNDNTs".
7. DBN V.2.1-10:2018. Osnovy i fundamente budivel ta sporud. Osnovni polozhennia [Foundations of buildings and structures. Basic provisions]. (2018). Minrehion Ukrainy.
8. Popović, J., Pandžić, J., Pejić, M., Vranić, P., Milovanović, B., & Martinenko, A. (2022). Quantifying tall structure tilting trend through TLS-based 3D parametric modeling. *Measurement*, 188, Article 110533. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.110533>
9. Teng, J., Shi, Y., Wang, H., & Wu, J. (2022). Review on the research and applications of TLS in ground surface and constructions deformation monitoring. *Sensors*, 22(23), Article 9179. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22239179>
10. Leick, A., Rapoport, L., & Tatarnikov, D. (2015). GPS satellite surveying (4th ed.). John Wiley & Sons.
11. Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). GNSS – Global Navigation Satellite Systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more. Springer.
12. Welsch, W. M., & Heunecke, O. (2001). Models and terminology for the analysis of geodetic monitoring observations (FIG Publication No. 25). International Federation of Surveyors (FIG). Available at: <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub25/figpub25.asp>
13. International GNSS Service. (n.d.). GNSS data formats and standards. Available at:

- <https://igs.org/formats-and-standards/>
14. Leica Geosystems AG. (n.d.). Leica Geo-MoS monitoring solution. Available at: <https://leica-geosystems.com/products/total-stations/software/leica-geomos>
 15. García-Nieto, M. C., Huesca-Tortosa, J. A., Martínez-Segura, M. A., Espín de Gea, A., & Navarro, M. (2025). Structural deformation monitoring using UAV photogrammetry to assess slender historic buildings. *Journal of Building Engineering*, 100, Article 111766. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.111766>
 16. Sun, J., Peng, B., Wang, C. C., Chen, K., Zhong, B., & Wu, J. (2022). Building displacement measurement and analysis based on UAV images. *Automation in Construction*, 140, Article 104367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104367>
 17. International Committee on Industrial Chimneys (CICIND). (2010). Model code for steel chimneys: The CICIND chimney standard (Rev. 2). Available at: <https://pdfcoffee.com/cicind-model-code-for-steel-chimneys-1999-pdf-pdf-free.html>

Hlypovka Ye., Perehudov V., Palamar A., Novikova E., Nazarenko K.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING THE TILT OF TOWER-TYPE ENGINEERING STRUCTURES

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 229-244.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.16>

Abstract. paper investigates modern approaches to determining the tilt of tower-type engineering structures using unmanned aerial vehicles (UAVs) and digital photogrammetry techniques. The relevance of the research is driven by the growing need to improve the accuracy, efficiency, and safety of geodetic monitoring of high-rise engineering structures subjected to natural and anthropogenic influences throughout their operational life. A geodetic methodology for determining the tilt of industrial chimneys is proposed, based on UAV aerial image acquisition followed by photogrammetric processing of digital images using the Digitals software package. The study describes the principal stages of the proposed methodology, including flight mission planning, image acquisition, photogrammetric data processing, three-dimensional reconstruction of the structure, determination of the coordinates of characteristic points, and calculation of the tilt magnitude. Experimental investigations confirmed the effectiveness and reliability of the proposed approach, demonstrating its capability to provide accurate geometric characteristics of the structure and to assess its spatial position with a high degree of precision. The obtained results indicate that UAV-based photogrammetric surveying significantly reduces fieldwork duration, decreases labor intensity, enhances personnel safety during inspections of inaccessible structures, and lowers operational costs compared with conventional geodetic surveying methods. The practical significance of the research lies in the development of a universal geodetic methodology for tilt determination of tower-type engineering structures that can be effectively applied for operational inspection, technical condition assessment, deformation monitoring, and the timely detection of hazardous changes in the spatial position of high-rise engineering facilities. The proposed methodology provides an efficient, reliable, and economically feasible solution for modern engineering surveying and structural health monitoring applications.

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV); quadcopter; aerial photogrammetric survey; digital photogrammetry; structural tilt; industrial chimney; geodetic monitoring.