https://doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04

ЗЕМЛЕУСТРІЙ, КАДАСТР І МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ
науково-виробничий журнал

№4 (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 англомовною версією зі збереженням змісту, структури та основних наукових положень українськомовного оригіналу. Англомовна 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 надрукувано і не подано до інших видань. Бажано 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 № 5 від 26 листопада 2026 року).

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

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

ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА:
Купріянчик Ірина, д. екон. н., проф. (G17 Архітектура та містобудування);
Дорош Ольга, д. екон. н., проф. (G18 Геодезія та землеустрій);
Опенько Іван, д. екон. н., проф. (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)
Купріянчик 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 30.12.26 року.
Формат 70x100/16 Умовн. друк. арк.: 21,6
Папір офсетний. Друк цифровий.
Гарнітура Times New Roman.
Наклад 100 прим. Зам. №260685

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.

© Землеустрій, кадастр і моніторинг земель, 2026

ЗМІСТ

G18 ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ. УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ

Й. М. Дорош, Ш. І. Ібатуллін, О. С. Дорош, А. В. Тарнопольський, А. Й. Дорош
ЗЕМЛЕВПОРЯДНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ВНАСЛІДОК ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ 6

А. М. Третяк, В. М. Третяк, А. В. Лобунько, Є. В. Бутенко, А. О. Волонтир
НАУКОВІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ У СХЕМАХ ЗЕМЛЕУСТРОЮ 25

А. Г. Мартин, І. Г. Колганова
ВІД КОНТРОЛЮ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДО КОНТРОЛЮ ДОБРОЧЕСНОСТІ: ПРАВОВІ ЗАСАДИ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ЕТИКИ У СФЕРІ ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ 41

Т. Є. Калина, Р. М. Ступень, О. І. Ступень
РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ АГРОБІЗНЕСУ В СИСТЕМІ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ 56

І. П. Купріянчик
ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ЗЕМЕЛЬ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВПЛИВУ ВОЄННИХ НАСЛІДКІВ І ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ 70

G18 ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ. ЗЕМЕЛЬНІ ВІДНОСИНИ ТА АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЗЕМЕЛЬНОЇ РЕФОРМИ

О. Кемпа, Ж. Вирва, А. Кошель, М. Кемпа, А. Розак
ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄННИХ ДІЙ: АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ЗАЛИШКАМИ БОЄПРИПАСІВ, РУЙНУВАННЯМ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА УЛАМКАМИ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ 85

О. М. Чумаченко, Л. А. Гунько, Є. В. Кривов'яз, Л. Л. Кольоса
МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ІНДЕКСУ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ КРАЇН ЄВРОПИ 98

Є. В. Бутенко, О. В. Кузнецова
ЛІСОВІ ЗЕМЛІ УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ, ЗАКОНОДАВЧЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ 115

І. В. Юрченко
ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РИНКОВОЇ ВІДПОВІДНОСТІ ГРОШОВОЇ ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ 135

G17 АРХІТЕКТУРА ТА МІСТОБУДУВАННЯ. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ГЕОСИСТЕМ

С. М. Остапчук, О. П. Остапчук, О. В. Лазарець
КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ВОЛОДІННЯ ТА КОРИСТУВАННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ ДІЛЯНКАМИ В РОЗРІЗІ ДОМОГОСПОДАРСТВ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ 160

О. І. Качановський, Н. Г. Русіна, О. М. Кушнірук, С. В. Булакевич, О. М. Рудько
СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАСОБАМИ БПЛА-ФОТОГРАММЕТРІЇ ТА ГІС 173

І. З. Колб, Ю. З. Ткачик
ФУНКЦІОНАЛЬНА СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТА КОНЦЕПТУАЛЬНА ПОСЛІДОВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОСТОРОВО-ПЛАНУВАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД 189

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

М. С. Куницька, А. В. Панасюк, С. С. Іськов
ЦИФРОВІЗАЦІЯ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ ЯК НАПРЯМ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ 208

О. С. Малащук, Т. В. Мовчан, Л. Ф. Вікуліна
ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЇ В КОНТЕКСТІ СУЧАСНОГО СТАНУ І ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ 224

В. А. Фоменко
GNSS-ТЕХНОЛОГІЇ ТА СУПУТНИКОВА ГЕОДЕЗІЯ НОВОГО ПОКОЛІННЯ..... 242

Є. Ю. Березан, Є. Г. Хлиповка
GNSS-МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ ПОРУШЕНИХ ТЕРИТОРІЙ ДЛЯ ПОТРЕБ БУДІВНИЦТВА 253

CONTENTS

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

Y. Dorosh, Sh. Ibatullin, O. Dorosh, A. Tarnopolskyi, A. Dorosh
LAND MANAGEMENT SUPPORT FOR THE RESTORATION OF LAND DAMAGED AS A RESULT OF ARMED AGGRESSION 6

A. Tretiak, V. Tretiak, A. Lobunko, Ye. Butenko, A. Volontyr
SCIENTIFIC PRINCIPLES OF ASSESSING THE EFFICIENCY OF DESIGN SOLUTIONS IN LAND USE ORGANIZATION SCHEMES 25

A. Martyn, I. Kolganova
FROM DOCUMENT COMPLIANCE TO INTEGRITY CONTROL: LEGAL FOUNDATIONS FOR REGULATING PROFESSIONAL ETHICS IN LAND MANAGEMENT AND TOPOGRAPHIC-GEODETIC ACTIVITY IN UKRAINE 41

T. Kalyna, R. Stupen, O. Stupen
RATIONALIZATION OF LAND USE BY AGRIBUSINESS ENTERPRISES WITHIN THE SYSTEM OF POST-WAR TERRITORIAL RECOVERY 56

I. Kupriianchyk
TRANSFORMATION OF UKRAINE'S LAND PROTECTION SYSTEM UNDER WAR-RELATED IMPACTS AND POST-WAR RECOVERY 70

G18 GEODESY AND LAND MANAGEMENT. LAND RELATIONS AND CURRENT PROBLEMS OF LAND REFORM

O. Kempa, Zh. Vyrva, A. Koshel, M. Kempa, A. Rozak
ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF MILITARY ACTIONS: AN ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL POLLUTION CAUSED BY UNEXPLODED ORDNANCE, INFRASTRUCTURE DAMAGE AND DEBRIS FROM UNMANNED AERIAL VEHICLES 85

O. Chumachenko, L. Hunko, Ye. Kryvoviaz, L. Koliosa
MODELING AN INTEGRAL INDEX OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF LAND USE IN EUROPEAN COUNTRIES 98

Ye. Butenko, O. Kuznetsova
FOREST LANDS OF UKRAINE: CHALLENGES, LEGISLATIVE REGULATION AND STRATEGIC DIRECTIONS OF DEVELOPMENT 115

I. Yurchenko
INFORMATION SUPPORT FOR MARKET CONFORMITY OF THE MONETARY VALUATION OF AGRICULTURAL LAND 135

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

S. Ostapchuk, O. Ostapchuk, O. Lazarets
CARTOGRAPHIC MODELING OF LAND OWNERSHIP AND USE INDICATORS BY HOUSEHOLDS WITHIN THE TERRITORIAL COMMUNITIES OF TERNOPIL OBLAST 160

O. Kachanovskyi, N. Rusina, O. Kushniruk, S. Bulakevych, O. Rudko
CREATING A DIGITAL TWIN OF THE URBAN ENVIRONMENT USING UAV PHOTOGRAMMETRY AND GIS 173

I. Kolb, Yu. Tkachyk
FUNCTIONAL SYSTEMATIZATION AND CONCEPTUAL SEQUENCE OF APPLYING GEOINFORMATION METHODS TO SPATIAL PLANNING TASKS IN TERRITORIAL COMMUNITIES 189

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

M. Kunytska, A. Panasiuk, S. Iskov
THE DIGITALIZATION OF GEODESY AND LAND MANAGEMENT AS A DIRECTION FOR THE DEVELOPMENT OF MODERN GEOINFORMATION TECHNOLOGIES 208

O. Malashchuk, T. Movchan, L. Vikulina
DIGITAL TECHNOLOGIES IN GEODESY AND LAND MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF THE CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT . 224

V. Fomenko
GNSS TECHNOLOGIES AND SATELLITE GEODESY OF THE NEW GENERATION 242

Ye. Berezan, Ye. Hlypovka
GNSS MONITORING OF DEFORMATIONS IN DISTURBED TERRITORIES FOR CONSTRUCTION APPLICATIONS 253

G18 ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ. УПРАВЛІННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ РЕСУРСАМИ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 12.09.2026; Прийнято: 15.10.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК 332.2 http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.01

ЗЕМЛЕВПОРЯДНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ЗЕМЕЛЬ ВНАСЛІДОК ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ

Й.М. ДОРОШ,
доктор економічних наук, професор, академік НААН
E-mail: yosypdorosh@lmi.org.ua
ORCID: 0000-0002-1764-6188
Інститут землекористування НААН України
Ш.І. ІБАТУЛЛІН,
доктор економічних наук, професор, академік НААН
E-mail: shamilibatullin@lmi.org.ua
ORCID: 0000-0002-4032-6182
Інститут землекористування НААН України
О.С. ДОРОШ,
доктор економічних наук, професор
E-mail: dorosh_o@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2906-4174
Національний університет біоресурсів і природокористування України
А.В. ТАРНОПОЛЬСЬКИЙ,
E-mail: atarnopolskyi@lmi.org.ua
ORCID: 0000-0001-5313-6380
Інститут землекористування НААН України
А.Й. ДОРОШ,
PhD з економіки
E-mail: andriydorosh@lmi.org.ua
ORCID: 0000-0002-2234-124X
Інститут землекористування НААН України

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Анотація. *Дослідження присвячене обґрунтуванню землевпорядного забезпечення відновлення пошкоджених земель унаслідок збройної агресії. За результатами дослідження встановлено, що чинні правові інструменти відновлення цих земель фрагментарні й не узгоджені між собою. Розмінування, рекультивація, оцінка шкоди та компенсація врегульовані різними нормативно-правовими актами, здійснюються різними суб'єктами й ґрунтуються на різних інформаційних ресурсах. Обґрунтовано, що інтегрувальну функцію здатен виконати землеустрій. Він поєднує ці процедури в єдиний технологічний ланцюг: від обстеження й фіксації шкоди до відновлення земель і повернення їх у господарський обіг. Доведено, що відновлення пошкоджених земель потребує переосмислення змісту землеустрою. Традиційними чинниками землевпорядного проєктування є природні, економічні, екологічні і соціальні, проте доведено потребу в переосмисленні змісту соціального чинника й наданні йому статусу самостійної складової обґрунтування. Адже в умовах збройної агресії він набуває нового змісту, зокрема: охоплює безпеку населення, збереження доходів власників земельних часток (паїв) і зайнятості сільського населення, а також справедливий розподіл тягаря обмежень між власниками земель і державою. Обґрунтовано доцільність запровадження нового виду документації із землеустрою — проєкту землеустрою щодо відновлення земель, пошкоджених унаслідок збройної агресії, шляхом внесення змін до ст. 25 Закону України «Про землеустрій». Доведено, що об'єктом проєктування має стати земельний масив або територія територіальної громади, а не окрема земельна ділянка. Ці положення становлять основу запропонованої концепції територіально-компенсаційного землеустрою. Обґрунтовано подвійне призначення документації із землеустрою. Вона одночасно є інструментом відновлення земель і доказом заподіяної шкоди для національних і міжнародних механізмів відшкодування, зокрема Реєстру збитків для України. Для цього документація має фіксувати довоєнний стан земель, вид і обсяг пошкоджень, а також джерела й дату їх встановлення у спосіб, придатний для використання як доказ. Встановлено, що консервація пошкоджених земель з ініціативи держави має супроводжуватися справедливою компенсацією власникам і землекористувачам, а не обмежуватися податковими пільгами. Податкова пільга лише звільняє від сплати платежів, але не відшкодовує втрачених доходів від використання землі.*

Ключові слова: *землеустрій, відновлення пошкоджених земель внаслідок збройної агресії, територіально-компенсаційний землеустрій, консервація земель, Державний земельний кадастр, компенсація шкоди.*

Постановка проблеми

Закон України «Про землеустрій» визначає землеустрій як сукупність соціально-економічних та екологічних заходів. Проте в практиці робочого проєктування соціальна складова здебільшого зводилася до загальних декларацій і не мала власних показників обґрунтування проєктних рішень.

До початку повномасштабної війни відновлення порушених земель ґрунтувалося на принципі «відновлює той, хто порушив». Ця модель характеризувалася чіткою логікою

реалізації: встановлений суб'єкт, відповідальний за порушення земель, обґрунтоване проєктне рішення щодо їх відновлення та гарантоване джерело фінансування відповідних заходів.

Збройна агресія російської федерації зробила цю модель непридатною з кількох причин. По-перше, суб'єктом порушення земель є держава-агресор, до якої принцип «відновлює той, хто порушив» безпосередньо застосувати неможливо. По-друге, власники та землекористувачі зазнали збитків не зі своєї вини і, як правило, не мають фінансових і технічних ресурсів для самостійного відновлення порушених земель. По-третє, наслідки пошкодження земель виходять за межі екологічного виміру й набувають вираженого соціального характеру.

За таких умов соціальний чинник набуває нового змісту. Його складовими стають безпека населення, збереження доходів власників земельних часток (паїв) і зайнятості сільського населення, а також справедливий розподіл тягаря обмежень між власниками земель і державою. Тому соціальний чинник доцільно розглядати як самостійну складову обґрунтування проєктних рішень щодо відновлення пошкоджених земель внаслідок збройної агресії, рівнозначну природній, економічній та екологічній.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Третяк А.М. (2014) розглянув теорію землеустрою з урахуванням нових земельних відносин. Автор простежує походження поняття землеустрою та еволюцію його сутності, обґрунтовує роль землеустрою як основоположного механізму управління земельними ресурсами на сучасному етапі розвитку економіки. Вченим проаналізовано також земельний устрій України, поняття землеволодіння і землекористування, форми землекористування й організації території, а також елементи землевпорядної організації території. Важливо, що автор трактує зміст землеустрою як сукупність соціально-економічних і екологічних заходів та організаційно-правових дій. Це створює теоретичне підґрунтя для розгляду соціального чинника як самостійної складової обґрунтування проєктних рішень [1].

Ібатуллін Ш., Дорош Й., Дорош О., Сакаль О., Бутенко Є., Харитоненко Р., Штогрин Г. (2022) на прикладі сільськогосподарських угідь (ріллі) у Київській області розрахували економічні втрати від бойових дій. Для зіставлення даних за попереднім і новим адміністративно-територіальним устроєм враховано зміни кількості й площі районів після реформи. Визначено орієнтовну тривалість розмінування залежно від інтенсивності обстрілів і складності робіт. Розраховано недоотриманий дохід виробників сільськогосподарської продукції від вирощування зернових, зернобобових та олійних культур, а також втрати, пов'язані з вартістю розмінування. Результати екстрапольовано на територію України, що дозволило визначити орієнтовну площу постраждалої ріллі та обсяг економічних втрат на ній [2].

Дорош Й.М., Барвінський А.В., Дорош О.С., Свиридова Л.А. (2022) акцентували увагу на необхідності законодавчо закріпити порядок вилучення пошкоджених земель із сільськогосподарського обігу. Для цього запропоновано доповнити Порядок консервації земель критеріями

та показниками ступеня механічного руйнування і хімічного забруднення ґрунтів. Від них залежать напрям, зміст і обсяг робіт з відновлення земель, відповідно, а отже, й обсяг їх фінансування. Наголошено, що раціонально витрачати кошти й досягати максимального природоохоронного ефекту можна лише за диференційованого підходу до трансформації техногенно забруднених земель. Обґрунтовано, що землеустрій, особливо на місцевому рівні, має бути динамічним і багатоваріантним, щоб своєчасно реагувати на виклики у сфері використання та охорони земель сільських територій. Ученими сформульовано також завдання землеустрою в аграрній сфері, зумовлені збройною агресією та запропоновано шляхи їх вирішення. Виявлено й недоліки чинних законодавчих норм щодо складання документації із землеустрою [3].

Пілічева М.О. (2026) досліджує питання трансформації управління земельними ресурсами територіальних громад, що постраждали від бойових дій. Авторка обґрунтовує перехід від адміністративної моделі до ризик-орієнтованої та адаптивної системи, що ґрунтується на сучасних технологіях. Ключовими характеристиками такої моделі визначено ризик-орієнтованість, диференціацію управлінських рішень залежно від рівня загрози, інтегрованість і технологічне забезпечення. Також проаналізовано взаємодію державного, регіонального та місцевого рівнів управління і роль територіальних громад у реалізації земельної політики. Водночас поза увагою дослідниці залишилися землевпорядні інструменти відновлення постраждалих земель [4].

Дорош О.С., Дорош Й.М., Тарнопольський А.В., Дорош А.Й. (2022) обґрунтували баланс між обмеженням доступу до чутливої інформації Державного земельного кадастру в умовах воєнного стану та забезпеченням суспільних інтересів. Запропоновано зробити доступ до кадастрових даних, зокрема відкритим, регламентованим та авторизованим. Для цього їх слід законодавчо класифікувати за рівнями чутливості, способами використання та регламентами доступу, а також визначити перелік чутливої інформації та способів її відображення. Обґрунтовано доцільність розглядати кадастрову інформацію не як безоплатний ресурс, а як нематеріальний актив із ліцензованим доступом, за аналогією з програмним забезпеченням. По завершенні воєнного стану запропоновано переглянути запроваджені обмеження, внести зміни до законодавства щодо порядку ведення Державного земельного кадастру та оновити склад, зміст і розподільну здатність картографічної основи Публічної кадастрової карти [5].

Хавар Ю., Сай В., Маліброда С. (2023) досліджували особливості виконання робіт із землеустрою в умовах воєнного стану. Науковці звертають увагу на те, що на початку війни виконання робіт із землеустрою тимчасово призупинялося. Водночас функціонування Державного земельного кадастру не припинялось, а землевпорядні організації з часом відновили роботу. Разом із тим виконання робіт у сфері землеустрою набуло певних особливостей. Їх зумовлюють, на думку авторів, такі чинники: технічні, юридичні, організаційні та економічні. Науковці обґрунтовують, що технічні та юридичні обмежують переважно обсяг робіт, тоді як організаційні та економічні позначаються також на їх якості й ефективності.

Для запобігання подібним проблемам дослідники пропонують два кроки. Перший – розробити спеціальне законодавство у сфері землеустрою на період воєнного або надзвичайного стану. Другий – запровадити дієвий механізм інформування суб'єктів земельних відносин [6].

Дорош Й.М., Тарнопольський А.В., Дорош О.С., Харитоненко Р.А., Мельник Д.М. (2025) обґрунтували необхідність класифікації земель і земельних ділянок, що постраждали внаслідок бойових дій в Україні, та встановлення обмежень щодо їх використання. На основі узагальнення наукових підходів до класифікації земель ними сформовано теоретичне підґрунтя класифікатора земель, постраждалих від війни. Запропоновано систему класифікації таких земель, а саме: фізично порушені землі, засмічені землі, забруднені землі, замінновані землі та землі зі змішаним забрудненням та уламками. Розроблено структуру класифікатора, яка визначає: типи й підтипи постраждалих земель, рівні класифікації за ступенем пошкодження, складністю рекультивації та обмеження щодо подальшого використання земель. Запропонована структура класифікатора поєднує ключові критерії оцінювання стану постраждалих земель [7].

Отже, у наукових працях досліджено економічні втрати від бойових дій, класифікацію постраждалих земель, питання доступу до кадастрової інформації та управління земельними ресурсами прифронтових громад. Водночас невирішеними залишаються питання цілісної моделі землевпорядного забезпечення відновлення пошкоджених земель внаслідок збройної агресії. Серед них – об'єкт проєктування, замовник і джерела фінансування робіт, використання документації із землеустрою як доказу шкоди та компенсаційний механізм консервації земель з ініціативи держави. Саме цим питанням присвячено статтю. З метою максимального охоплення релевантних літературних джерел для їх пошуку та оформлення відповідно до ДСТУ 8302:2015 і APA використано мовну модель Claude Opus 5.5.

Метою дослідження є аналіз сучасного стану землевпорядного забезпечення відновлення земель, пошкоджених унаслідок збройної агресії, та обґрунтування концептуальних засад трансформації змісту землеустрою з урахуванням викликів післявоєнного відновлення.

Матеріали і методи дослідження

Системний і порівняльно-правовий методи застосовано для аналізу чинних правових інструментів відновлення земель і виявлення неузгодженостей між ними. За допомогою монографічного методу узагальнено наукові підходи до змісту землеустрою. Абстрактно-логічний метод використано для обґрунтування концепції територіально-компенсаційного землеустрою та формулювання висновків. Методом моделювання розроблено структуру тематичного шару Державного земельного кадастру щодо відновлення пошкоджених земель, унаслідок збройної агресії.

Результати дослідження та їх обговорення

За інформацією Кабінету Міністрів України, з початку повномасштабного вторгнення до квітня 2026

року за результатами гуманітарного розмінування до господарського обігу повернуто 40,7 тис. км² територій [8]. У межах державної програми компенсації вартості гуманітарного розмінування станом на липень 2026 року очищено 16,4 тис. га сільськогосподарських угідь, а обсяг бюджетного фінансування на реалізацію програми у 2026 році становить 1,7 млрд грн. [9]. Водночас, за даними Мінекономіки, близько 10,1 тис. га земель, які віднесено до категорії імовірно або підтверджено забруднених вибухонебезпечними предметами, фактично використовуються для сільськогосподарського виробництва [10]. Це свідчить про недостатню ефективність контролю за використанням таких земель і створює пряму загрозу для життя та здоров'я людей

Твердження про відсутність у національному законодавстві правових інструментів відновлення земель, порушених унаслідок воєнних дій, було б некоректним. Такі інструменти сформовано, проте вони мають фрагментарний характер і не утворюють цілісної системи правового регулювання. За функціональним призначенням їх доцільно згрупувати за п'ятьма напрямами: ***проєктний; режимно-правовий; оцінний; фіскальний і міжнародно-правовий інструментарій***.

Проєктний інструментарій. Робочі проєкти землеустрою розробляються відповідно до Правил, затверджених постановою Кабінету Міністрів України від 02.02.2022 № 86 [11]. Аналіз їхніх положень засвідчує, що вони розраховані на техногенні порушення земель з відомим суб'єктом порушення. Водночас Правила не містять вимог щодо узгодження з результатами нетехнічного й технічного обстеження на наявність вибухонебезпечних предметів, фіксації довоєнного стану земель, формування доказової бази заподіяної шкоди. Ухвалення Правил за три тижні до початку повномасштабного вторгнення пояснює, чому ці аспекти в них не враховані.

Режимно-правовий інструментарій. У 2024 році Порядок консервації земель доповнено положеннями щодо земель, забруднених унаслідок збройної агресії, та земель, зайнятих фортифікаційними спорудами [12]. Проте консервація земель приватної власності й надалі здійснюється лише за заявою власника. Це істотно обмежує її застосування як інструменту державної земельної політики.

Оцінний інструментарій. Чинними є Порядок визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації та методики Мінагрополітики і Міндовкілля. Загальну процедуру визначення шкоди встановлює Порядок, затверджений постановою КМУ № 326 [13]. Розмір шкоди, завданої землям і ґрунтам, визначається за методиками, затвердженими наказами Мінагрополітики № 295 [14] і Міндовкілля № 167 [15]. Тому проєктні рішення та кошторис мають ґрунтуватися на показниках, сумісних із цими методиками. Тоді результати землевпорядного проєктування можна використати безпосередньо для розрахунку шкоди без повторного обстеження. Інформаційною базою оцінки шкоди є акти обстеження земельних ділянок.

Фіскальний інструментарій. Законом № 3050-IX такі землі звільнено від плати за землю [16]. Однак податкова пільга лише зменшує фіскальне навантаження на власників земельних ділянок і землекористувачів і за

своєю економічною природою не є компенсацією завданої шкоди [17].

Міжнародно-правовий інструментарій. У вересні 2026 року Реєстр збитків для України відкрив подання заяв за усіма 43 категоріями [18]. Крім того, 30 квітня 2026 року Верховна Рада України ратифікувала Конвенцію про створення Міжнародної компенсаційної комісії для України [19].

Водночас для землевпорядного забезпечення важливо розрізняти суб'єктів подання заяв. Заяви щодо екологічної шкоди (категорія В3.1) подає держава Україна. Власники та землекористувачі фіксують свої майнові втрати й упущену вигоду за категоріями для фізичних і юридичних осіб. Тому документація із землеустрою повинна формувати доказову базу у двох розрізах. Перший – шкода землям і ґрунтам як природному ресурсу для заяв держави. Другий – втрати конкретних власників і землекористувачів для їхніх індивідуальних заяв.

Фрагментарність розглянутих інструментів зумовлює головну проблему, а саме розрив ланцюга «розмінування – відновлення – оцінка шкоди – компенсація» (рис. 1). Кожну ланку цього ланцюга забезпечує окреме відомство, з власним замовником робіт і власною доказовою базою. Проте між ними немає обов'язкового землевпорядного етапу, який гарантував би послідовність і наступність процесу. Унаслідок цього розмінування повертає землі до господарського використання, але не забезпечує відновлення їхньої родючості та екологічної придатності.

Показовим прикладом є досвід Київської області 2022 року. Після деокупації територій відновлення земель фактично опинилося поза межами державного регулювання. Сільськогосподарські товаровиробники самотужки засипали вирви та проводили сівбу без рекультивації. З погляду продовольчої безпеки такі дії були виправданими. Водночас ґрунти не обстежили на вміст важких металів і нафтопродуктів, доказову базу заподіяної шкоди втратили, а витрати аграріїв на відновлення не задокументували, що ускладнює їх майбутнє відшкодування.

Другою проблемою є невизначеність замовника і платника робіт із відновлення земель. Чинна модель робочого проєкту землеустрою передбачає, що рекультивацію фінансує суб'єкт порушення. В умовах збройної агресії цей суб'єкт є юридично і фактично недосяжним, тому проєкти фактично ніхто не замовляє. Власник земельної частки (паю) не має для цього достатніх фінансових ресурсів. Орендарю економічно невигідно вкладати кошти у відновлення земельної ділянки, яка йому не належить, особливо за короткострокової оренди. Держава ж не має законодавчо закріпленого обов'язку фінансувати такі роботи.

Третьою проблемою є розбіжність економічних інтересів власника і землекористувача. Орендар зазнає упущеної вигоди та витрат на відновлення земель, тоді як власник втрачає родючість ґрунтів, а разом із нею нормативну і ринкову вартість земельної ділянки. Для сільських пенсіонерів орендна плата за пай є частиною соціального доходу, і хто компенсує її втрату в разі консервації, законодавчо не визначено. Ситуацію додатково ускладнює подрібненість земельної власності внаслідок розпаювання. Частина власників земельних часток

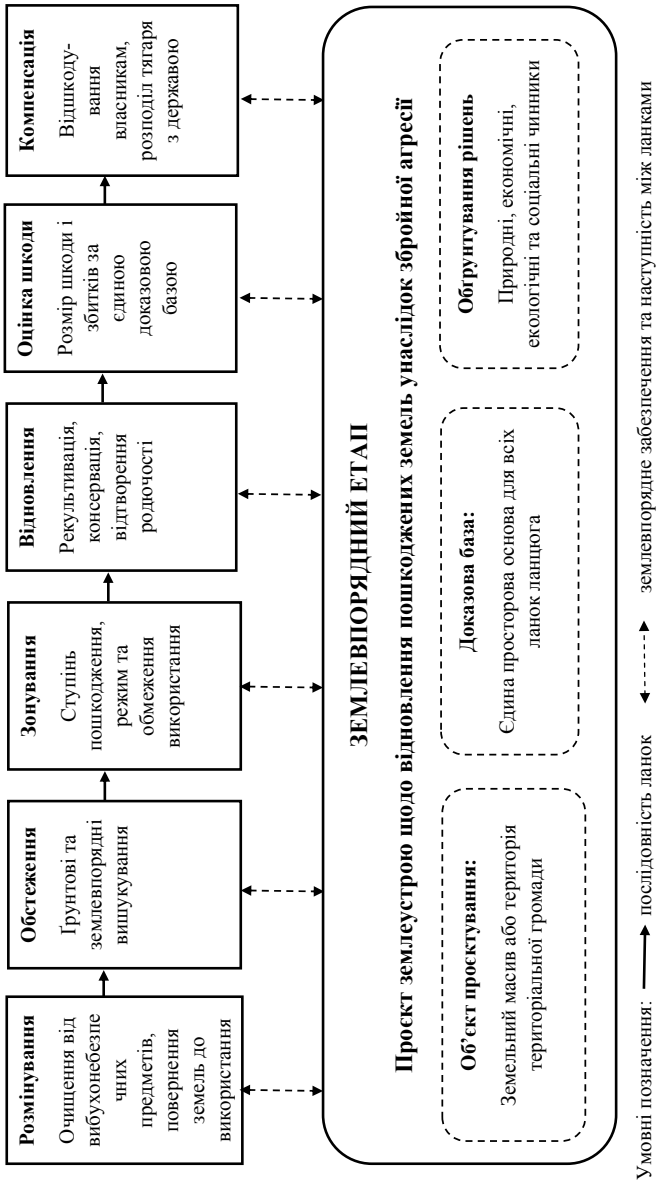


Рис. 1. Зміна концепції від рекультивації окремих ділянок до територіально-компенсаційного землеустрою

(паїв) є внутрішньо переміщеними особами, військовослужбовцями або перебуває за кордоном. Після смерті частини власників спадщину не оформлено. Це унеможливлює оперативне погодження проєктних рішень щодо відновлення земельних масивів, які складаються з десятків і сотень ділянок різних власників.

Четвертою проблемою є невідповідність ділянкового підходу характеру заподіяної шкоди. Фортифікаційні лінії та поля вирв, як правило, перетинають десятки паїв, польові дороги, полезахисні лісосмуги та меліоративні мережі. Рекультивувати окремий пай в межах невідновленого масиву неможливо ні технічно, ні економічно.

П'ятою проблемою є консервація земель без належної компенсації. Якщо держава обмежує використання земель у публічних інтересах, звільнення від плати за землю не компенсує втраченого доходу. Фактично відбувається вилучення земельної ренти у власника та доходу від господарської діяльності у землекористувача.

Шостою проблемою є тимчасово окуповані території, зокрема сільськогосподарські землі Маріупольської, Покровської та інших територіальних громад. Нині ці землі недоступні ні для натурного обстеження, ні для визначення та компенсації шкоди в межах національних процедур. Водночас формування доказової бази можливе вже сьогодні з урахуванням даних дистанційного зондування Землі, архівних відомостей Державного земельного кадастру та документації із землеустрою, а також через подання заяв до Реєстру збитків для України.

Подолання цих проблем потребує не окремих змін до чинних процедур, а оновлення самої концептуальної моделі землеустрою.

Зокрема, чинне законодавство вже передбачає документацію із землеустрою на рівні території громади або земельного масиву. Комплексний план просторового розвитку території територіальної громади є документом стратегічного планування. Він визначає функціональне призначення територій, але не містить робочих проєктних рішень, кошторису та доказової фіксації шкоди. Проєкт землеустрою щодо забезпечення еколого-економічного обґрунтування сівозміни та впорядкування угідь спрямований на організацію використання земель, а не на їх відновлення. Технічна документація з інвентаризації земель фіксує наявний стан, але не обґрунтовує режим відновлення. Робочі проєкти землеустрою, своєю чергою, розробляються щодо окремих земельних ділянок. Отже, жоден із чинних видів документації не поєднує на рівні масиву діагностику шкоди, вибір режиму відновлення, оцінку збитків і соціальні консультації. Це й обґрунтовує потребу в новому виді документації.

З огляду на це пропонуємо перейти від об'єктного (ділянкового) землеустрою рекультивації до територіально-компенсаційного землеустрою відновлення. Його сутність полягає в тому, що землевпорядна документація поєднує розрізнені ланки процесу (розмінування, відновлення, оцінку шкоди та компенсацію) в єдиний технологічний ланцюг. Водночас вона забезпечує комплексне врахування правового, економічного, екологічного та соціального чинників.

Інструментальною основою концепції відновлення пошкоджених земельних масивів та територій терито-

ріальних громад має стати новий вид документації із землеустрою – проєкт землеустрою щодо відновлення земель пошкоджених унаслідок збройної агресії. На відміну від чинних робочих проєктів, його об'єктом є не окрема земельна ділянка, а земельний масив або територія територіальної громади. Проєкт має складатися з чотирьох взаємопов'язаних блоків: ***діагностичного; режимного; економічного; соціального***.

Діагностичний блок передбачає обстеження земель, ідентифікацію та типізацію заподіяної шкоди та просторове зонування території за її видами та ступенем.

Режимний блок містить обґрунтування режиму відновлення для кожної виділеної зони: рекультивації, консервації, трансформації угідь, відновлення до первісного стану тощо.

Економічний блок охоплює визначення шкоди та збитків за чинними методиками, що формує доказову базу для національних і міжнародних компенсаційних процедур.

Соціальний блок ***передбачає кон***сультації з власниками земельних часток (паїв) і землекористувачами, а також оцінку впливу запланованих заходів на зайнятість і доходи населення та умови його повернення до громади.

Другим елементом концепції є зонування пошкоджених земель за трьома режимами відновлення:

— зелена зона передбачає швидке повернення земель в обробіток після документальної фіксації шкоди;

— жовта зона передбачає рекультивацію земель відповідно до проєктних рішень;

— червона зона передбачає консервацію земель із рентною компенсацією, трансформацію угідь (залісення, ренатуралізацію, створення меморіальних територій) або викуп земель у державну власність.

Історичним прецедентом такого підходу є зонування спустошених територій у Франції після Першої світової війни. У 1919 році їх поділили на зелену, жовту та червону зони залежно від ступеня руйнувань [20; 21]. Землі «червоної зони» непридатні для господарського використання, держава викупила у власників землі, і здебільшого їх заліснила [22; 23].

Третім елементом концепції є принцип «проєкт землеустрою як доказ». Кошторис проєкту фактично відображає вимірювану шкоду у формі витрат на рекультивацію, визначених відповідно до Порядку № 326 [13]. Тому документація має містити відомості про довоєнний стан земель і про зафіксовану шкоду, встановлену за даними дистанційного зондування землі, геодезичних вимірювань і лабораторних досліджень ґрунтових проб. Також вона має фіксувати фактично понесені витрати на відновлення, причому у форматі, придатному для подання до Реєстру збитків для України та Міжнародної компенсаційної комісії для України [24].

Для запобігання повторенню «київського сценарію» пропонуємо протокол швидкого відновлення земель. Він передбачає таку послідовність дій: цифрова фіксація шкоди, її оцінка, мінімальна технічна рекультивація, агрохімічне обстеження ґрунтів і лише після цього сівба. Право на компенсацію витрат і податкові пільги має бути пов'язане з наявністю такої фіксації. За цієї умови аграрій, який відновлює землю власним коштом, зберігає право на відшкодування.

Четвертим елементом концепції є дворівнева модель замовника. На рівні земельного масиву публічним за-

мовником проєкту виступає територіальна громада або держава. Роботи фінансуються за рахунок бюджетних коштів і донорських програм, а в перспективі – з коштів компенсаційного фонду. На рівні земельної ділянки замовником є власник, а землекористувач виступає співзаявником. При цьому законодавчо мають бути врегульовані три питання: хто є виконавцем робіт із рекультивації; як розподіляються компенсаційні виплати між власником і землекористувачем; за яких умов призупиняється сплата орендної плати.

П'ятим елементом є консервація земель із компенсацією. Якщо держава обмежує використання земель шляхом їх консервації, вона має компенсувати власникові втрачений дохід. Така компенсація може мати форму щорічної рентної виплати, як у Програмі консерваційного резерву США чи в агроекологічних схемах ЄС, або форму викупу земель у державну власність. Джерелами фінансування можуть стати міжнародний компенсаційний механізм, донорські програми, а також надходження від реалізації вуглецевих одиниць, отриманих завдяки залісенню.

Щодо тимчасово окупованих територій, уже нині доцільно проводити дистанційну інвентаризацію заподіяної шкоди та забезпечити збереження довоєнних кадастрових даних як доказової бази для майбутньої компенсації.

Реалізація всіх запропонованих елементів концепції неможлива без єдиного достовірного джерела відомостей про порушені землі. Тому інформаційною основою концепції має стати окремий шар ДЗК.

На сьогодні відомості про такі землі розпорошені між кількома інформаційними ресурсами. Серед них – реєстр територій, забруднених вибухонебезпечними предметами [25], Державний аграрний реєстр, акти обстеження комісій територіальних громад і заяви до Реєстру збитків для України. Водночас Податковий кодекс України пов'язує звільнення від плати за землю ділянок, забруднених вибухонебезпечними предметами, саме з відомостями Державного земельного кадастру [17]. Отже, Державний земельний кадастр де-факто вже виконує функцію обліку таких земель, однак склад наявних у ньому відомостей для цього недостатній.

З огляду на це пропонуємо запровадити в Державному земельному кадастрі окремий тематичний шар відомостей про пошкоджені землі – ***«Землі, пошкоджені внаслідок збройної агресії».*** Цей шар має охоплювати п'ять груп відомостей (рис. 2):

— ***ідентифікаційні*** – кадастровий номер, межі пошкодженої частини земельної ділянки або масиву, площа;

— *про характер шкоди* – вид пошкодження (вирви, фортифікаційні споруди, хімічне забруднення, наслідки пожеж, засмічення уламками, пошкодження меліоративних систем), дата та джерело фіксації (акт обстеження, дані дистанційного зондування Землі, результати аналізу ґрунтових проб);

— *про довоєнний стан* – агровиробнича група ґрунтів, бал бонітету, нормативна грошова оцінка, показники агрохімічного паспорта земельної ділянки;

— *про правовий режим і стан робіт* – зона відновлення, статус забруднення вибухонебезпечними предметами, реквізити документації із землеустрою, етап робіт (обстеже-

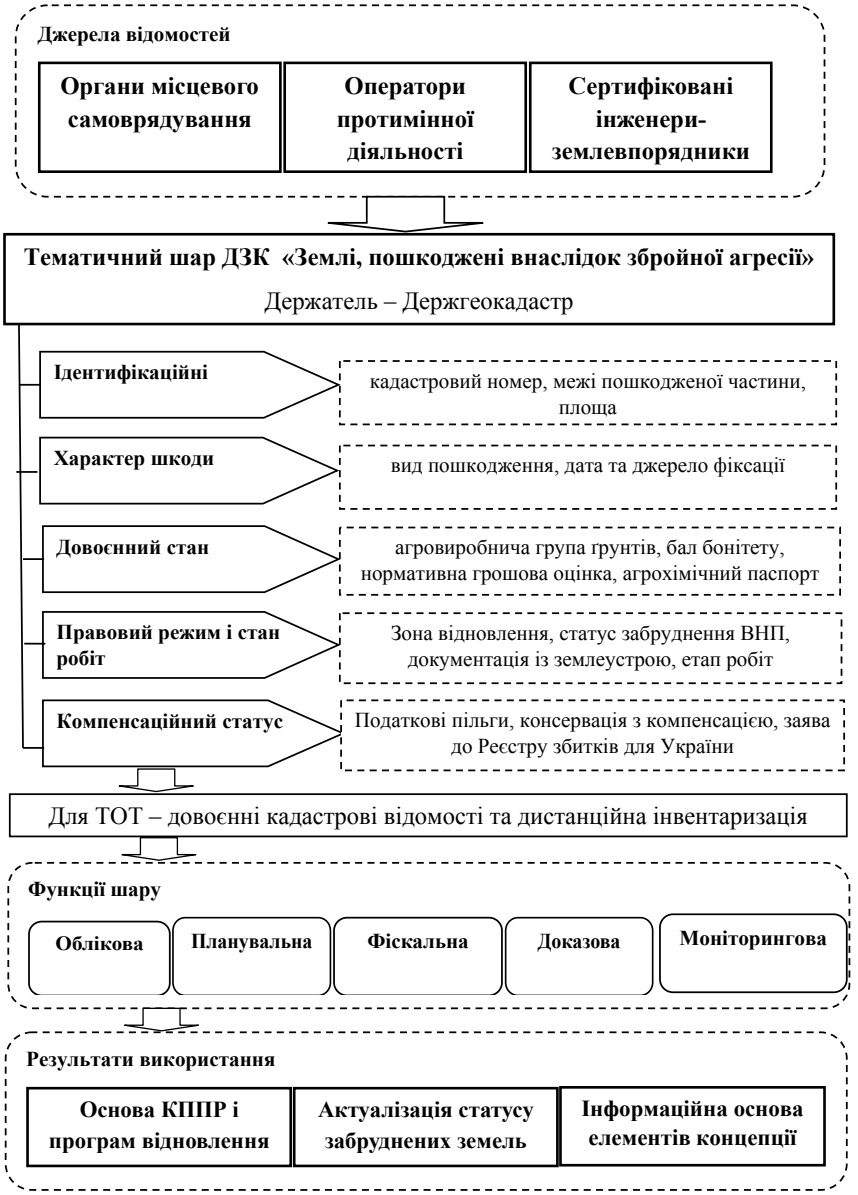


Рис. 2. Структура тематичного шару Державного земельного кадастру «Землі, пошкоджені внаслідок збройної агресії»

но, рекультивовано, законсервовано, трансформовано);

— *про компенсаційний статус* – податкові пільги, консервація земель із компенсацією, подання заяви до Реєстру збитків для України.

Запропонований шар поєднує облікову, планувальну, фіскальну, доказову й моніторингову функції. Він може стати основою для розроблення комп-

лексних планів просторового розвитку територій територіальних громад і програм відновлення. Крім того, він усуває ситуацію, за якої значна кількість земель фактично використовується в сільськогосподарському виробництві, але зберігає статус забруднених і пов'язані з ним податкові пільги.

Держателем шару доцільно визначити Держгеокадастр. Джерелами відомостей для шару мають бути органи місцевого самоврядування, оператори протимінної діяльності (через інформаційну взаємодію з реєстром територій, забруднених вибухонебезпечними предметами), а також сертифіковані інженери-землевпорядники. Щодо тимчасово окупованих територій у шарі слід зберігати довоєнні кадастрові відомості та результати дистанційної інвентаризації шкоди.

Принципове застереження стосується безпеки. В умовах воєнного стану відомості про розташування фортифікаційних споруд не можуть бути публічними. Тому доцільно запровадити диференційовані рівні доступу. Узагальнені відомості мають бути відкритими для територіальних громад і власників земельних ділянок. Деталізовані відомості мають належати до інформації з обмеженим доступом. Правовим підґрунтям запровадження шару має стати доповнення Закону України «Про Державний земельний кадастр» і Порядку ведення Державного земельного кадастру положеннями щодо складу відомостей нового шару, суб'єктів їх подання та режиму доступу до них.

Висновки та пропозиції

Основними результатами дослідження є такі:

1. Чинні правові інструменти відновлення пошкоджених земель фрагментарні й не узгоджені між собою. Розмінування, рекультивацію, оцінку шкоди та компенсацію регулюють різні нормативно-правові акти. Їх здійснюють різні суб'єкти, які спираються на різні інформаційні ресурси. Інтегрувальну функцію здатен виконати саме землеустрій. Він поєднує ці процедури в єдиний технологічний ланцюг: від обстеження й фіксації шкоди до відновлення земель і повернення їх у господарський обіг.

2. Відновлення пошкоджених земель потребує переосмислення змісту землеустрою, насамперед соціального чинника землевпорядного проєктування. В умовах збройної агресії цей чинник охоплює безпеку населення, збереження доходів власників земельних часток (паїв) і зайнятості сільського населення. Він також охоплює справедливий розподіл тягаря обмежень між власниками земель і державою. Тому соціальному чинникові слід надати статус самостійної складової обґрунтування проєктних рішень.

3. Обґрунтовано концепцію територіально-компенсаційного землеустрою. Її основу становлять три положення. Перше – самостійний статус соціального чинника. Друге – новий вид документації із землеустрою, а саме – проєкт землеустрою щодо відновлення земель, пошкоджених унаслідок збройної агресії, який пропонуємо запровадити змінами до ст. 25 Закону України «Про землеустрій». Третє – об'єктом проєктування стає земельний масив або територія територіальної громади замість окремої земельної ділянки.

4. Документація із землеустрою повинна мати подвійне призначення. Вона одночасно є інструментом відновлення земель і доказом заподіяної

шкоди для національних і міжнародних механізмів відшкодування, зокрема Реєстру збитків для України. Для цього документація має фіксувати довоєнний стан земель, вид і обсяг пошкоджень, а також джерела й дату їх встановлення в спосіб, придатний для використання як доказ.

5. Консервація постраждалих земель з ініціативи держави має супроводжуватися справедливою компенсацією власникам і землекористувачам, а не обмежуватися податковими пільгами. Податкова пільга лише звільняє від плати за землю, але не відшкодовує втрачених доходів від її використання.

6. Для реалізації цих положень пропонуємо внести зміни до таких нормативно-правових актів: Земельного кодексу України, законів України «Про землеустрій», «Про охорону земель», «Про оренду землі», «Про Державний земельний кадастр», а також Постанов КМУ від 17.10.2012 № 1051 «Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру», від 19.01.2022 № 35 «Про затвердження Порядку консервації земель» та від 02.02.2022 № 86 «Про затвердження Правил розроблення робочих проектів землеустрою».

7. Перспективи подальших досліджень полягають у розробленні методики соціальної оцінки проєктних рішень з відновлення земель, критеріїв віднесення земель до зон відновлення та порядку розрахунку рентної компенсації у разі консервації земель з ініціативи держави.

Список використаної літератури

1. Третяк А. М. Землеустрій : підручник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. 520 с.
2. Ibatullin Sh., Dorosh I., Dorosh O., Sakal O., Butenko Y., Kharytonenko R., Shtohryn H. Determination of economic losses on agricultural land in connection with hostilities on the example of the territory of Kyivska Oblast in Ukraine. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus*. 2022. Vol. 21, No. 2. P. 49–61. DOI: https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2022.21.2.49.
3. Дорош Й. М., Барвінський А. В., Дорош О. С., Свиридова Л. А. Завдання землеустрою в аграрній сфері, викликані військовою агресією, та шляхи їх вирішення. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. № 4. С. 6–15. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.01.
4. Пілічева М. О. Управління земельними ресурсами прифронтових територіальних громад: трансформація підходів, ризики та механізми відновлення. *Економіка та суспільство.* 2026. Вип. 85. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-85-109.
5. Дорош О. С., Дорош Й. М., Тарнопольський А. В., Дорош А. Й. Питання відображення чутливої інформації в державному земельному кадастрі та її публічність в умовах військових викликів. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. № 4. С. 45–56. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.05.
6. Хавар Ю., Сай В., Маліброда С. Особливості робіт із землеустрою в умовах воєнного стану. *Вісник Львівського національного екологічного університету. Серія «Архітектура та будівництво».* 2023. № 24. С. 177–183. DOI: https://doi.org/10.31734/architecture2023.24.177.
7. Дорош Й. М., Тарнопольський А. В., Дорош О. С., Харитоненко Р. А., Мельник Д. М. Науково-методичні підходи до класифікації земель, порушених унаслідок воєнних дій на території України. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2025. № 1. С. 4–17. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.01.01.

8. Юлія Свириденко: З початку повномасштабного вторгнення Україна повернула до використання 40 700 км², із них 15,1 тис. га — землі сільськогосподарського призначення. Урядовий портал. 04.04.2026. URL: https://www.kmu.gov.ua/news/yuliia-svyrydenko-z-pochatku-povnomasshtabnoho-vtorhnennia-ukraina-povernula-do-vykorystannia-40-700-km-iz-nykh-151-tys-ha-zemli-silskohospodarskoho-pryznachennia (дата звернення: 12.10.2026).
9. Забруднені території повертають до життя. Урядовий кур'єр. 24.07.2026. URL: https://ukurier.gov.ua/uk/articles/zabrudneni-teritoriyi-povertayut-do-zhittya/ (дата звернення: 12.10.2026).
10. Кабмін врегулював скасування податкових пільг для імовірно замінованих сільгоспземель. NV Бізнес. 12.02.2026. URL: https://biz.nv.ua/ukr/sviy-biznes/rozminuvannya-zemel-nova-perevirka-dlya-podatkovih-pilg-ta-obrobki-dilyanok-50583176.html (дата звернення: 12.10.2026).
11. Про затвердження Правил розроблення робочих проектів землеустрою : постанова Кабінету Міністрів України від 02.02.2022 № 86. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/86-2022-п (дата звернення: 12.10.2026).
12. Про затвердження Порядку консервації земель : постанова Кабінету Міністрів України від 19.01.2022 № 35 (зі змінами, внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 01.03.2024 № 235). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/35-2022-п (дата звернення: 12.10.2026).
13. Про затвердження Порядку визначення шкоди та збитків, завданих Україні внаслідок збройної агресії Російської Федерації : постанова Кабінету Міністрів України від 20.03.2022 № 326. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2022-п (дата звернення: 12.10.2026).
14. Про затвердження Методики визначення шкоди та збитків, завданих земельному фонду України внаслідок збройної агресії Російської Федерації : наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України від 18.05.2022 № 295.
15. 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.
16. Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо звільнення від сплати податку на нерухоме майно, відмінне від земельної ділянки, за знищене чи пошкоджене нерухоме майно : Закон України від 11.04.2023 № 3050-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3050-20 (дата звернення: 12.10.2026).
17. Податковий кодекс України : Закон України від 02.12.2010 № 2755-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17 (дата звернення: 12.10.2026).
18. Міжнародний реєстр збитків для України відкрив усі 43 категорії заяв для отримання компенсацій. Офіційне інтернет-представництво Президента України. 30.09.2026. URL: https://www.president.gov.ua/news/mizhnarodnij-reyestr-zbitkiv-dlya-ukrayini-vidkriv-usi-43-ka-106637 (дата звернення: 12.10.2026).
19. Верховна Рада України ратифікувала Конвенцію про створення Міжнародної компенсаційної комісії для України. Урядовий портал. 30.04.2026. URL: https://www.kmu.gov.ua/news/verkhovna-rada-ukrainy-ratyfikuvala-konventsiiu-pro-stvorennia-mizhnarodnoi-kompensatsiinoi-komisii-dlia-ukrainy (дата звернення: 12.10.2026).
20. Clout H. After the Ruins: Restoring the Countryside of Northern France after the Great War. Exeter : University of Exeter Press, 1996. 332 p.

21. Guicherd J., Matriot C. La terre des régions dévastées. Journal d'Agriculture Pratique. 1921. T. 34.
22. Amat J.-P. Les forêts de la Grande Guerre : histoire, mémoire, patrimoine. 2e éd. Paris : Sorbonne Université Presses, 2024. 630 p.
23. Amat J.-P. La forêt entre guerres et paix, 1870–1995 : étude de biogéographie historique sur l'Arc meusien, de l'Argonne à la Woëvre : thèse de doctorat d'État. Lille : Université de Lille 1, 1999. URL: https://pepite-depot.univ-lille.fr/LIBRE/Th_Num/1999/50377-1999-13-3.pdf (дата звернення: 12.10.2026).
24. Мурзановська О. Реєстр збитків для України (RD4U). Вісник НААУ. 12.06.2026. URL: https://unba.org.ua/publications/11864-reestr-zbitkiv-dlya-ukraini-rd4u.html (дата звернення: 12.10.2026).
25. Деякі питання щодо створення, забезпечення функціонування та ведення реєстру територій, забруднених/імовірно забруднених вибухонебезпечними предметами : постанова Кабінету Міністрів України від 07.06.2024 № 740. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/740-2024-п (дата звернення: 12.10.2026).

References

1. Tretiak, A. M. (2014). Zemleustrii [Land management]: Textbook. OLDI-PLIUS. 520
2. Ibatullin, Sh., Dorosh, I., Dorosh, O., Sakal, O., Butenko, Y., Kharytonenko, R., & Shtohryn, H. (2022). Determination of economic losses on agricultural land in connection with hostilities on the example of the territory of Kyivska Oblast in Ukraine. *Acta Scientiarum Polonorum. Formatio Circumiectus*, 21(2), 49–61. DOI: https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2022.21.2.49
3. Dorosh, Y. M., Barvinskyi, A. V., Dorosh, O. S., & Svyrydova, L. A. (2022). Zavdannia zemleustroiu v ahrarnii sferi, vyklykani viiskovoiu ahresiieiu, ta shliakhy yikh vyrishennia [Land management tasks in the agricultural sector caused by military aggression and ways to address them]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel,* (4), 6–15. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.01
4. Pilicheva, M. O. (2026). Upravlinnia zemelnymy resursamy pryfrontovykh terytorialnykh hromad: Transformatsiia pidkhodiv, ryzyky ta mekhanizmy vidnovlennia [Land resource management in frontline territorial communities: Transformation of approaches, risks and recovery mechanisms]. *Ekonomika ta suspilstvo,* (85). DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-85-109
5. Dorosh, O. S., Dorosh, Y. M., Tarnopolskyi, A. V., & Dorosh, A. Y. (2022). Pytannia vidobrazhennia chutlyvoi informatsii v derzhavnomu zemelnomu kadastri ta yii publichnist v umovakh viiskovykh vyklykiv [Issues of displaying sensitive information in the State Land Cadastre and its public accessibility under military challenges]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel,* (4), 45–56. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.05
6. Khavar, Yu., Sai, V., & Malibroda, S. (2023). Osoblyvosti robit iz zemleustroiu v umovakh voiennoho stanu [Specific features of land management activities under martial law]. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ekolohichnoho universytetu. Seriia «Arkhitektura ta budivnytstvo»,* (24), 177–183. DOI: https://doi.org/10.31734/architecture2023.24.177
7. Dorosh, Y. M., Tarnopolskyi, A. V., Dorosh, O. S., Kharytonenko, R. A., & Melnyk, D. M. (2025). Naukovo-metodychni pidkhody do klasyfikatsii zemel, porushenykh unaslidok voiennykh dii na terytorii Ukrainy [Scientific and methodological approaches to the classification of land disturbed by military operations in Ukraine]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel,* (1), 4–17. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.01.01
8. Uriadovyi portal [Government Portal]. (2026, April 4). Yuliia Svyrydenko: Z po-

chatku povnomasshtabnoho vtorhnennia Ukraina povernula do vykorystannia 40 700 km², iz nykh 15,1 tys. ha — zemli silskohospodarskoho pryznachennia [Yuliia Svyrydenko: Since the beginning of the full-scale invasion, Ukraine has returned 40,700 km² to use, including 15,100 hectares of agricultural land]. Available at: https://www.kmu.gov.ua/news/yuliia-svyrydenko-z-pochatku-povnomasshtabnoho-vtorhnennia-ukraina-povernula-do-vykorystannia-40-700-km-iz-nykh-151-tys-ha-zemli-silskohospodarskoho-pryznachennia

9. Uriadovyi kurier [Government Courier]. (2026, July 24). Zabrudneni terytorii povertaiut do zhyttia [Contaminated territories are being brought back to life]. Available at: https://ukurier.gov.ua/uk/articles/zabrudneni-teritoriyi-povertayut-do-zhittya/
10. NV Biznes [NV Business]. (2026, February 12). Kabmin vrehuliuvav skasuvannia podatkovykh pilh dlia imovirno zaminovanykh silhospzemel [The Cabinet of Ministers regulated the cancellation of tax benefits for potentially mined agricultural land]. Available at: https://biz.nv.ua/ukr/sviy-biznes/rozminuvannya-zemel-nova-perevirka-dlya-podatkovih-pilg-ta-obrobki-dilyanok-50583176.html
11. Pro zatverdzhennia Pravyl rozroblennia robochykh proektiv zemleustroiu [On approval of the Rules for the development of land management working projects]. (2022). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 86 of February 2, 2022. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/86-2022-%D0%BF
12. Pro zatverdzhennia Poriadku konservatsii zemel [On approval of the Procedure for land conservation]. (2022). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 35 of January 19, 2022, as amended by Resolution No. 235 of March 1, 2024. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/35-2022-%D0%BF
13. Pro zatverdzhennia Poriadku vyznachennia shkody ta zbytkiv, zavdanykh Ukraini vnaslidok zbroinoi ahresii Rosiiskoi Federatsii [On approval of the Procedure for determining damage and losses caused to Ukraine as a result of the armed aggression of the Russian Federation]. (2022). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 326 of March 20, 2022. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/326-2022-%D0%BF
14. Pro zatverdzhennia Metodyky vyznachennia shkody ta zbytkiv, zavdanykh zemelnomu fondu Ukrainy vnaslidok zbroinoi ahresii Rosiiskoi Federatsii [On approval of the Methodology for determining damage and losses caused to Ukraine's land resources as a result of the armed aggression of the Russian Federation]. (2022). Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine No. 295 of May 18, 2022.
15. 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]. (2022). Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine No. 167 of April 4, 2022.
16. Pro vnesennia zmin do Podatkovoho kodeksu Ukrainy shchodo zvilnennia vid splaty podatku na nerukhome maino, vidminne vid zemelnoi dilianky, za znyshchene chy poshkodzhene nerukhome maino [On amendments to the Tax Code of Ukraine concerning exemption from real estate tax, other than land tax, for destroyed or damaged real estate]. (2023). Law of Ukraine No. 3050-IX of April 11, 2023. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3050-20
17. Podatkovyi kodeks Ukrainy [Tax Code

of Ukraine]. (2010). Law of Ukraine No. 2755-VI of December 2, 2010. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17

18. Ofitsiine internet-predstavnytstvo Prezydenta Ukrainy [Official Website of the President of Ukraine]. (2026, September 30). Mizhnarodnyi reiestr zbytkiv dlia Ukrainy vidkryv usi 43 katehorii zaiav dlia otrymannia kompensatsii [The International Register of Damage for Ukraine has opened all 43 categories of claims for compensation]. Available at: https://www.president.gov.ua/news/mizhnarodnij-reyestr-zbitkiv-dlya-ukrayini-vidkriv-usi-43-ka-106637
19. Uriadovyi portal [Government Portal]. (2026, April 30). Verkhovna Rada Ukrainy ratyfikuvala Konventsiiu pro stvorennia Mizhnarodnoi kompensatsiinoi komisii dlia Ukrainy [The Verkhovna Rada of Ukraine ratified the Convention establishing the International Claims Commission for Ukraine]. Available at: https://www.kmu.gov.ua/news/verkhovna-rada-ukrainy-ratyfikuvala-konventsiiu-pro-stvorennia-mizhnarodnoi-kompensatsiinoi-komisii-dlia-ukrainy
20. Clout, H. (1996). After the Ruins: Restoring the Countryside of Northern France after the Great War. University of Exeter Press. 332
21. Guicherd, J., & Matriot, C. (1921). La terre des régions dévastées [The land of the devastated regions]. Journal d'Agriculture Pratique, 34.
22. Amat, J.-P. (2024). Les forêts de la Grande Guerre : Histoire, mémoire, patrimoine [The forests of the Great War: History, memory, heritage] (2nd ed.). Sorbonne Université Presses. 630
23. Amat, J.-P. (1999). La forêt entre guerres et paix, 1870–1995 : Étude de biogéographie historique sur l'Arc meusien, de l'Argonne à la Woëvre [Forests between war and peace, 1870–1995: A historical biogeographical study of the Meuse Arc, from the Argonne to the Woëvre] [Doctoral dissertation, Université de Lille 1]. Available at: https://pepite-depot.univ-lille.fr/LIBRE/Th_Num/1999/50377-1999-13-3.pdf
24. Murzanovska, O. (2026, June 12). Reiestr zbytkiv dlia Ukrainy (RD4U) [Register of Damage for Ukraine (RD4U)]. Visnyk NAAU. Available at: https://unba.org.ua/publications/11864-reestr-zbitkiv-dlya-ukraini-rd4u.html
25. Deiaki pytannia shchodo stvorennia, zabezpechennia funktsionuvannia ta vedennia reiestru terytorii, zabrudnenykh/imovirno zabrudnenykh vybukhonebezpechnymy predmetamy [Certain issues concerning the establishment, operation and maintenance of the register of territories contaminated or potentially contaminated with explosive ordnance]. (2024). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 740 of June 7, 2024. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/740-2024-%D0%BF

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

LAND MANAGEMENT SUPPORT FOR THE RESTORATION OF LAND DAMAGED AS A RESULT OF ARMED AGGRESSION

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 6-24
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.01

Abstract. *The study substantiates land management support for the restoration of land damaged as a result of armed aggression. It has been established that the current legal instruments for restoring such land are fragmented and inconsistent with one another. Demining, reclamation,*

damage assessment and compensation are regulated by different legal acts, carried out by different actors and based on different information resources. It is substantiated that land management is capable of performing an integrating function: it combines these procedures into a single technological chain, from surveying and recording the damage to restoring the land and returning it to economic use. It is proved that the restoration of damaged land requires rethinking the content of land management. The traditional factors of land management design are natural, economic, environmental and social; however, the content of the social factor needs to be reconsidered and the factor itself granted the status of an independent component of design justification. Under armed aggression, it acquires new content: it covers the safety of the population, the preservation of the incomes of land share owners and of rural employment, as well as a fair distribution of the burden of restrictions between landowners and the state. The study substantiates the expediency of introducing a new type of land management documentation, namely a land management project for the restoration of land damaged as a result of armed aggression, by amending Article 25 of the Law of Ukraine "On Land Management". It is proved that the object of design should be a land tract or the territory of a territorial community rather than an individual land plot. These provisions form the basis of the proposed concept of territorial and compensatory land management. The dual purpose of land management documentation is substantiated: it serves simultaneously as an instrument for land restoration and as evidence of the damage caused for national and international compensation mechanisms, in particular the Register of Damage for Ukraine. To this end, the documentation must record the pre-war condition of the land, the type and extent of the damage, as well as the sources and date of its establishment, in a form suitable for use as evidence. It has been established that the conservation of damaged land at the initiative of the state should be accompanied by fair compensation to landowners and land users rather than limited to tax benefits. A tax benefit only exempts from payments but does not compensate for the income lost from land use.

Keywords: *land management, restoration of land damaged as a result of armed aggression, territorial and compensatory land management, land conservation, State Land Cadastre, compensation for damage.*

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 10.07.2026; Прийнято: 22.07.2026; Опубліковано: 30.12.2026;;
УДК 332.2:332.3 http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.02

НАУКОВІ ЗАСАДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ У СХЕМАХ ЗЕМЛЕУСТРОЮ

А. М. ТРЕТЯК,
доктор економічних наук, професор,
член-кореспондент НААН
Email: tretyak2@ukr.net
ORCID ID: 0000-0002-1154-4797
Білоцерківський національний аграрний університет
В. М. ТРЕТЯК,
доктор економічних наук, професор,
Email: tretyak2@ukr.net
ORCID ID: 0000-0001-6779-1941
Сумський національний аграрний університет
А. В. ЛОБУНЬКО,
кандидат економічних наук
Email: lobunkoanton@ukr.net
ORCID ID: 0000-0005-3661-3719
Подільський державний університет
Є. В. БУТЕНКО,
кандидат економічних наук, доцент
ORCID ID: 0000-0002-5923-5838
Email: butenko@nubip.edu.ua
Національний університет біоресурсів і природокористування України
А. В. ВОЛОНТИР, *старший викладач*
E-mail: a.volontyr@chdtu.edu.ua
ORCID ID: 0000-0001-5609-4569
Черкаський державний технологічний університет

Анотація. *У статті обґрунтовано положення про те, що концептуальну базу оцінки результативності проектних рішень (за економічною, екологічною та соціальною складовими ефективності) щодо організації землекористування у складі схем землеустрою утворює поєднання загальних та індивідуальних принципів. До групи загальних віднесено: 1.1) науково виважений перерозподіл земельних ресурсів між категоріями земель і типами (підтипами) землекористування в інтересах комплексного еколого-економічного й соціального розвитку регіонів, районів та територіальних громад, а також становлен-*

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

ня сталого (збалансованого) землекористування; 1.2) відповідність цільового призначення земель їхньому функціональному застосуванню; 1.3) переважання сільськогосподарського та природоохоронного напрямів у використанні земель. Індивідуальні принципи охоплюють: 2.1) організацію землекористування та заходів із охорони земель на основі врахування зональних особливостей території та збалансування екологічних, економічних і соціальних інтересів, що забезпечує досягнення високого рівня еколого-економічної й соціальної результативності, збереження екологічної стабільності та сталого розвитку агроландшафтних систем; 2.2) різноманітність і рівність форм власності на землю та форм господарювання; 2.3) охорону земель від негативного антропогенного впливу в процесі землекористування; 2.4) зростання капіталізації та екологізації типів (підтипів) землекористування за одночасного зниження їхньої землеємності. Оцінку ефективності рішень, що ґрунтуються на загальних принципах, доцільно проводити через порівняння змін екологічного стану землекористування, вартості типів (підтипів) землекористування та приросту доданої вартості. Натомість ефективність рішень, які базуються на індивідуальних принципах і характерні для конкретних типів землекористування (зокрема сільськогосподарського), варто оцінювати методом зіставлення динаміки показників інтенсивності використання земель із подальшим розрахунком інтегрального індексу.

Ключові слова: *інтегральна оцінка ефективності, землевпорядкування, землеустрій, землекористування, проектні рішення, схеми землеустрою.*

Постановка проблеми

Відповідно до статті 45 Закону України «Про землеустрій», схеми землеустрою з обґрунтування використання та охорони земель адміністративно-територіальних одиниць призначені для визначення стратегічних напрямів раціонального використання земельних ресурсів та їх охорони. Вони слугують підґрунтям для розроблення пропозицій у сфері земельних відносин, удосконалення організації землекористування, забезпечення охорони земель, а також здійснення перерозподілу земельного фонду з урахуванням потреб сільського, лісового та водного господарства [1]. Водночас підпунктом «г» пункту 1.5 Методичних рекомендацій щодо розроблення схем землеустрою та техніко-економічних обґрунтувань використання й охорони земель адміністративно-територіальних одиниць, затверджених Державним агентством земельних ресурсів України, передбачено обов'язкове визначення економічної результативності заходів, запропонованих у межах відповідних схем землеустрою [2].

Земельні ресурси виступають одним із ключових та незамінних факторів виробництва, а для аграрного сектору вони є базовою умовою здійснення господарської діяльності та формування кінцевих результатів виробництва [4].

У зв'язку з цим забезпечення ефективного використання земельного потенціалу залишається серед пріоритетних напрямів соціально-економічного розвитку держави, особливо

в контексті функціонування сільськогосподарських товаровиробників. Проблематика оцінювання ефективності землекористування традиційно перебуває в центрі уваги економічної науки та пов'язана з розвитком виробничих відносин протягом усієї історії господарської діяльності суспільства [6].

Загальноприйняті підходи передбачають визначення ефективності використання земель через співвідношення отриманих результатів виробництва до площі земельних угідь, вартості виробленої продукції або понесених виробничих витрат. Разом із тим специфічні особливості землі як природного ресурсу, зокрема її просторово обмежений характер та тривалий період відновлення природних властивостей, обумовлюють необхідність застосування спеціалізованих підходів до оцінювання ефективності землекористування, відмінних від тих, що використовуються для інших виробничих ресурсів [15].

Таким чином, комплексне оцінювання ефективності проєктних рішень, передбачених схемами землеустрою на рівні регіону, району чи територіальної громади, залишається актуальним науково-практичним завданням. Особливого значення набуває визначення суспільної, економічної та екологічної результативності заходів, спрямованих на раціональну організацію використання земельних ресурсів, їх охорону та забезпечення збалансованого територіального розвитку.

Метою статті є обґрунтування наукових засад оцінки ефективності (в економічному, екологічному та соціальному вимірах) проектних рішень щодо організації землекористування у складі схем землеустрою.

Матеріали і методи дослідження

У дослідженні використано комплекс загальнонаукових методів пізнання, спрямованих на вивчення нормативно-правового підґрунтя розроблення схем землеустрою регіонального рівня. Інформаційною базою слугували чинні нормативно-правові акти України, зокрема Земельний кодекс, Закон України «Про землеустрій», а також Методичні рекомендації щодо розроблення схем землеустрою і техніко-економічних обґрунтувань використання та охорони земель адміністративно-територіальних одиниць, затверджені Державним агентством земельних ресурсів України. За допомогою системного методу розкрито взаємозв'язки між чинниками, що визначають рівень використання земель у сільському господарстві, а також екологічну, економічну й інтегральну ефективність запропонованих проектних рішень. Метод узагальнення застосовано для обґрунтування практичних рекомендацій і висновків щодо вдосконалення методологічних, методичних та прикладних засад оцінки інтегральної ефективності проектних рішень схем землеустрою..

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проблематика оцінювання ефективності використання сільськогосподарських земель є одним із важливих напрямів досліджень у сфері економіки землекористування, землеустрою та управління земельними ресурсами [3–7, 15, 16]. Значний внесок у розвиток теоретико-методологічних засад раціонального

використання земель, визначення економічної, екологічної та соціальної ефективності землекористування зробили А. О. Гуторов, О. І. Гуторов [3], В. М. Другак [4], М. В. Зось-Кіор [5], І. В. Кошкалда [6], Р. М. Курильців [16], А. М. Третяк, В. М. Третяк та їхні наукові школи [7, 9, 11].

У працях зазначених авторів обґрунтовано підходи до оцінювання ефективності використання земельних ресурсів, формування збалансованого землекористування та забезпечення сталого розвитку агроландшафтів [4–9, 15, 16]. Окрему увагу приділено питанням управління земельними ресурсами, удосконалення інституційного середовища землекористування та економіки землевпорядкування [5, 7, 9, 11, 13].

Водночас відповідно до Закону України «Про землеустрій» та Методичних рекомендацій щодо розроблення схем землеустрою передбачено необхідність обґрунтування заходів раціонального використання й охорони земель та визначення їх ефективності [1, 2]. Це зумовлює потребу у розробленні дієвих методичних підходів до оцінювання результативності проєктних рішень, передбачених схемами землеустрою.

Попри значну кількість наукових праць, дослідження, присвячені інтегральній оцінці ефективності проєктних рішень щодо організації землекористування у складі схем землеустрою, залишаються поодинокими [12, 14]. Більшість існуючих підходів зосереджені на окремих економічних, екологічних або соціальних аспектах землекористування без їх комплексного узагальнення в єдиному показнику ефективності [8, 12].

Одними з небагатьох досліджень, у яких запропоновано методику інтегрального оцінювання ефективності проєктних рішень у схемах землеустрою, є роботи А. М. Третяка та А. В. Лобунька [14]. Разом із тим питання адаптації таких методичних підходів до умов окремих регіонів і територіальних громад потребують подальшого наукового опрацювання [14, 15].

Отже, незважаючи на вагомі наукові напрацювання у сфері економіки землекористування та управління земельними ресурсами [3–11, 15, 16], проблема інтегрального оцінювання ефективності проєктних рішень схем землеустрою залишається актуальною і потребує подальшого розвитку з урахуванням сучасних вимог до збалансованого використання та охорони земельних ресурсів [1, 2, 12, 14].

Виклад основного матеріалу дослідження

Землекористування на рівні регіонів, районів і територіальних громад є складною системою, нерозривно пов'язаною з природним середовищем свого функціонування. Стан довкілля території значною мірою залежить від того, наскільки повно враховуються природні умови під час функціонування цієї системи та наскільки органічно вона в них вписана. Відтак подальше вдосконалення організації землекористування повинно відбуватися виключно на екологічно безпечних засадах. Землевпорядне проектування має відігравати роль регулятора землекористування, орієнтованого на попередження ерозійних процесів, збереження родючості ґрунтів та формування сталого (збалансованого) землекористування [9].

Земельні ресурси становлять стратегічне надбання суспільства,

тому останнє має уважно контролювати форми, методи й способи їх використання. Із цієї причини земельні відносини належать до особливих об'єктів контролю – як із боку органів державної влади, так і з боку громадянського суспільства [13]. Концепція сталого (збалансованого) землекористування, зумовлена вичерпністю, невідновлюваністю та екологічною вразливістю земельних ресурсів, передбачає посилення державного втручання у земельні відносини задля дотримання ключових принципів – справедливого розподілу, ефективного використання й екологічної безпеки землекористування загалом. Державне регулювання землекористування при цьому розглядають як процес добору та оптимізації методів й інструментів, що прямо або опосередковано впливають на рівень ефективності використання земельних ресурсів з урахуванням інтересів суспільства й окремих землекористувачів. Основою управління земельними ресурсами й землекористуванням має бути державна політика, орієнтована на високотехнологічне й екологічно безпечне землекористування, що узгоджується з характером регульованої, соціально орієнтованої ринкової економіки [7].

Питання підвищення ефективності використання земельних ресурсів достатньо повно висвітлено у профільній економічній літературі, причому основну увагу дослідники приділяють технологіям підвищення ефективності сільськогосподарського землекористування та його еколого-економічним аспектам [5, 8]. Зокрема, В. Будзяк зазначає, що ефективне використання земель досяжне лише за умови попереднього врахування наявних екологічних проблем сільськогосподарського землекористування й пошуку оптимальних шляхів їх розв'язання [8]. Водночас більшість екологічних проблем землекористування пов'язана саме з браком виважених управлінських рішень, вироблення яких має відбуватися в процесі землевпорядного планування використання й охорони земель, зокрема під час розроблення схем землеустрою відповідних територій [9].

Ефективність використання земель забезпечується дотриманням таких принципів:

1) науково виважений перерозподіл земельних ресурсів між категоріями земель і типами (підтипами) землекористування в інтересах комплексного еколого-економічного та соціального розвитку регіонів (районів) і територіальних громад, а також формування сталого (збалансованого) землекористування;

2) відповідність цільового призначення земель їхньому функціональному використанню;

3) переважання сільськогосподарського й природоохоронного напрямів у землекористуванні;

4) організація землекористування та охорони земель, що здійснюється з урахуванням природно-кліматичних і зональних особливостей території та ґрунтується на збалансуванні екологічних, економічних і соціальних пріоритетів розвитку, забезпечує підвищення результативності землекористування, підтримання екологічної стабільності та формування стійких агроландшафтів і природних екосистем [16];

5) різноманітність і рівність форм власності на землю та форм господарювання;

6) охорона земель від негативного антропогенного впливу в процесі землекористування [13];

7) зростання капіталізації та екологізації типів (підтипів) землекористування за одночасного зниження їхньої землеємності.

Економічну ефективність варто трактувати як категорію, що відображає дію об'єктивних економічних законів і проявляється через найважливіші аспекти організації використання й охорони земель – капіталізацію та екологізацію землекористування з урахуванням суспільних і соціальних інтересів. Критерій ефективності виступає тим мірилом, яким суспільство послуговується для визначення рівня ефективності землекористування, та розкриває мету землевпорядного проектування через відповідні характеристики і параметри показників.

Наразі оцінка ефективності використання земель як унікального природного активу [10] ґрунтується на системі натуральних і вартісних показників. За підходом, викладеним у працях [9, 11], такі показники доцільно об'єднувати в три групи: показники умов землекористування, показники ефективності землевпорядкування та показники ефективності використання землі як унікального природного активу. На цій основі розроблено класифікацію видів ефекту землевпорядних заходів у системі землевпорядкування [9], а для оцінки проектних рішень у схемах землеустрою запропоновано показники суспільної, економічної, екологічної та соціальної ефективності.

У сучасних економічних умовах використання й охорону земель вважають ефективними та раціональними за одночасного зростання обсягу виробництва з одиниці площі, зниження питомих витрат на одиницю продукції, підвищення вартості землекористування (позитивної капіталізації), забезпечення екологічної безпеки (допустимого антропогенного навантаження й екологічної стабільності землекористування), зростання валової доданої вартості від землекористування (яка розраховується як сума рівня дохідності землекористування та рівня оплати праці на одиницю площі) за одночасного зниження землеємності [9].

Слід зауважити, що механізм державного регулювання сталого (збалансованого) землекористування спирається на комплекс загальних та індивідуальних принципів. Зважаючи на масштаб і ступінь впливу на розвиток економіки типів (підтипів) землекористування, принципи регулювання ефективності землекористування й земельних відносин методом землевпорядкування варто поділяти на загальні та індивідуальні залежно від того, які умови використання й охорони земель вони відображають. Перший, другий і третій із наведених принципів належать до загальних, а четвертий, п'ятий, шостий і сьомий – до індивідуальних.

По-перше, впровадження землевпорядного механізму регулювання ефективності організації використання й охорони земель та земельних відносин через науково обґрунтований перерозподіл земельних ресурсів між категоріями земель і типами (підтипами) землекористування дає змогу досягти належного рівня узгодження політичних та еколого-економічних цілей, а також поєднати адміністративні (нормативні) й економічні методи управління та регулювання. Іншими словами, економіка в межах усіх категорій земель і типів (підтипів) землекористування формується через вироблення управлінських

1. Нормативні значення екологічних, економічних та соціальних показників різних типів землекористування з урахуванням інтенсивності освоєння природних ресурсів в Україні [12].

«Групи типів за інтенсивністю»	«Типи за рівнем інтенсивності землекористування»	«Коеф. ек. стаб. (Кек.ст)»	«Вартість землекористування, грн./га»	«Вартість землекористування, $/га»	«Валова додана вартість, грн./га»	«Валова додана вартість, $/га»
1	1.1.1. «Ресурсно-промисловий (добувна промисловість)»	0,00	62200	2356	4795	182
	1.1.2. «Лісопромисловий»	0,50	12000	455	600	23
	1.1.3. «Сільськогосподарський (традиційне землекористування)»	0,20	25000	947	1895	72
	1.1.4. «Водопромисловий (ГЕС, водний транспорт, рибальство)»	0,50	26400	1000	2000	76
	1.1.5. «Селищний (сільський)»	0,40	663950	25150	50300	1905
2	2.1.1. «Селищний (міський)»	0,05	1897000	71856	143712	5444
	2.2.1. «Промисловий (локальний)»	0,00	41547	1574	3148	119
	2.2.2. «Енергетичний»	0,25	41547	1574	4197	159
	2.2.3. «Транспортний (лінійний)»	0,20	41547	1574	3598	136
	2.2.4. «Спеціальний (оборони)»	0,10	20700	784	-	-
3	3.1.1. «Природно-заповідний»	1,0	73788	2795	6388	242
	3.1.2. «Природоохоронний»	0,90	36894	1398	3727	141
	3.1.3. «Оздоровчий»	0,60	47091	1784	3568	135
	3.1.4. «Рекреаційний»	0,55	39237	1486	2973	113
	3.1.5. «Історико-культурний»	0,55	74566	2825	678	26
	3.1.6. «Лісогосподарський»	0,95	6000	227	400	15
	3.1.7. «Водогосподарський»	0,80	13200	500	1330	50
	3.1.8. «Сільськогосподарський (нетрадиційне землекористування)»	0,51	50000	1894	4040	153
	3.1.9. «Присадибний (особисте селянське господарство)»	0,51	37000	1402	2790	106

Примітка: курс дол. США станом на 17.10.2021 р.: 1 дол. США = 26,400 грн.

рішень у процесі землевпорядного проектування – відповідно до функцій землі як унікального природного активу за ринкових умов.

Наприклад, науково обґрунтований перерозподіл земель між типами (підтипами) землекористування прямо позначається на інтенсивності використання земель, рівні їхньої капіталізації та екологізації. Зіставлення змін вартості типів (підтипів) землекористування та їхнього екологічного стану за проектними рішеннями схеми землеустрою з наявним станом дає змогу оцінити ефективність цих рішень. Для оцінки сталого (збалансованого) землекористування за критеріями екологізації, капіталізації та соціалізації пропонується застосувати методичний підхід, розроблений А. М. Третяком у співавторстві [12]. У табл. 1 наведено нормативи екологічної, економічної та соціальної оцінки основних типів землекористування залежно від рівня інтенсивності використання земель та інших природних ресурсів в Україні.

Виходячи з цих нормативів вартості типів за рівнем інтенсивності землекористування, доцільно розраховувати вартість землекористування відповідної території як за наявною структурою типів землекористування, так і за схемою землеустрою з урахуванням проектних пропозицій щодо зміни структури типів (підтипів) землекористування (табл. 2).

Наведені у табл. 2 дані свідчать,

2. Порівняльна оцінка вартості землекористування при існуючому стані та відповідно до проєктних рішень на території Узинської ОТГ за ключовими типами землекористування [13].

«Типи (підтипи) землекористування та угіддя»	«Вартість, $/га»	«Площа, га»	«Вартість землекористування, $»
«1) Вартість землекористування при використанні земель»			
«Сільськогосподарський (традиційне землекористування)»	947	23171	21942937
«Сельбищний (сільський)»	25150	909	22861350
«Громадської та іншої забудови»	50299	260	13077740
«Промисловості, транспорту, електронних комунікацій, енергетики, оборони та іншого призначення»	50379	2883	145242657
«Іншого призначення»	1486	499	741514
«Природоохоронний»	1398	333	465534
«Лісогосподарський»	227	734	166618
«Водогосподарський»	500	335	167500
«Всього»	7028	29123	204665850
«2) Вартість землекористування при використанні земель з урахуванням авторських пропозицій щодо зміни структури типів (підтипів) землекористування»			
«Сільськогосподарський (традиційне землекористування)»	947	14071	13325237
«Сельбищний (сільський)»	25150	909	22861350
«Громадської та іншої забудови»	50299	260	13077740

«Типи (підтипи) землекористування та угіддя»	«Вартість, $/га»	«Площа, га»	«Вартість землекористування, $»
«Промисловості, транспорту, електронних комунікацій, енергетики, оборони та іншого призначення»	50379	2883	145242657
«Природоохоронний»	1398	333	465534
«Лісогосподарський»	227	734	166618
«Водогосподарський»	500	335	167500
«Сільськогосподарський (нетрадиційне землекористування)»	1402	9100	12758200
«Рекреаційний (сільський зелений туризм)»	1486	499	741514
«Всього»	7170	29123	208806350

що вартість землекористування за наявної структури типів землекористування становить 204,7 млн дол. США (7028 дол. США/га), а з урахуванням проектних пропозицій щодо зміни структури типів (підтипів) землекористування вона зростає до 208,8 млн дол. США (7170 дол. США/га), тобто на 4,1 млн дол. США, або на 2,0 % більше порівняно зі структурою типів (підтипів) землекористування станом на 2017 р. Отже, зміна вартості землекористування на території Узинської ОТГ вказує на помітну докапіталізацію землекористування (на 2,0 %, або 4,1 млн дол. США), що підтверджує ефективність запропонованих проектних рішень.

Не менш важливим загальним принципом регулювання організації використання й охорони земель та земельних відносин є досягнення збалансованості цільового призначення й функціонального використання земель з огляду на життєво важливі інтереси та безпеку особи, суспільства й держави у сфері землекористування. Правову основу реалізації національних інтересів, життя та безпеки особи, суспільства й держави формують чинні закони й нормативні акти. При цьому важливим є не лише законодавче закріплення пріоритету сільськогосподарського та природоохоронного землекористування, а й еколого-економічне обґрунтування суспільної значущості таких рішень, що продиктовано потребою забезпечення продовольчої та екологічної безпеки громадян і суспільства загалом [13].

Щоб підтвердити важливість дотримання окреслених загальних принципів регулювання організації використання й охорони земель та земельних відносин методом землевпорядкування у схемах землеустрою, використано результати досліджень А. М. Третяка та А. В. Лобунько [14], виконаних на матеріалах Хмельницької області, де розораність земель сягає 61,3 % за середнього показника по Україні 54 % [9]. З'ясовано, що основними показниками ефективності використання орних земель є зміни інтенсивності, землеємності, рівня капіталізації та екологізації землекористування відповідної території, які визначаються такими індексами:

1) індекс зміни інтенсивності (Іінт) землекористування – відношення до базового, нормативного або середнього рівня за наявного використання земель та за схемою землеустрою. За базовий рівень інтенсивності використання ріллі приймають

3. Узагальнені результати розрахунку коефіцієнтів кореляції за досліджуваними показниками [14].

№ п/п	«Варіації»	«Коефіцієнти кореляції»
1	«між вартістю виробленої валової продукції і балом бонітету орних земель»	0,34
2	«між вартістю виробленої валової продукції і землеємністю»	–0,99
3	«між вартістю виробленої валової продукції і індексом інтенсивності використання земель»	1,00
4	«між вартістю виробленої валової продукції і величиною нормативної грошової оцінки (НГО) орних земель»	0,56

найвищий показник вартості валової продукції (за урожайністю зернових і зернобобових культур); зокрема, у Хмельницькій області це Городоцька сільська територіальна громада, показник якої прийнято за 1,0;

2) індекс зміни землеємності (Зє) – величина площі землі на 1000 грн валової продукції за наявного використання земель та за схемою землеустрою;

3) індекс зміни капіталізації землекористування – рівень зміни нормативної грошової оцінки за наявного використання земель та за схемою землеустрою;

4) індекс зміни екологічного стану землекористування за наявного використання земель та за схемою землеустрою.

Для оцінки чинників впливу на рівень використання орних земель у територіальних громадах Хмельницької області в табл. 3 узагальнено коефіцієнти кореляції між вартістю виробленої валової продукції, з одного боку, та балом бонітету орних земель, землеємністю, індексом інтенсивності використання земель і величиною нормативної грошової оцінки (НГО) орних земель – з іншого.

Отримані коефіцієнти кореляції показують, що: 1) зв'язок вартості виробленої валової продукції з балом бонітету орних земель є тісним (r = 0,34); 2) зв'язок вартості виробленої валової продукції із землеємністю є дуже тісним і оберненим (r = –0,99); 3) зв'язок вартості виробленої валової продукції з індексом інтенсивності використання земель є дуже тісним (r = 1,00); 4) зв'язок вартості виробленої валової продукції з величиною нормативної грошової оцінки (НГО) орних земель також є дуже тісним (r = 0,56).

Оцінку ефективності організації використання земель щодо реалізації основних проектних рішень із диверсифікації використання орних земель (збільшення площ полезахисних і водорегулюючих лісосмуг, запровадження ґрунтозахисних і ґрунтовідновлювальних сівозмін, розширення площ нетрадиційного землекористування) та інтенсифікації землекористування у схемах землеустрою регіонального рівня проводять за формулою [14]:

$$Іінт \cdot \sqrt[5]{} Ісусп.еф = Іінт \times Ізє \times Ікап \times Іекол.$$

У табл. 4 наведено результати розрахунку інтегрального індексу ефективності основних проектних рішень щодо диверсифікації використання орних земель та інтенсифікації зем-

4. Результати розрахунку інтегрального індексу ефективності основних проєктних рішень схеми землеустрою Хмельницької області [14].

«Модельні територіальні громади»	«Індекс скорочення викидів/поглинання CO2 (ІСО2)»	«Індекс інтенсивності Інт=Іпр.вик/Існ.вик»	«Індекс землесмності Ізс=Зс.існ/Зс.пр.»	«Індекс капіталізації землекорис-тування (Ікап.з)»	«Індекс екологічного стану землекористування (Ієко.з)»	«Добуток функціональних індексів»	«Інтегральний індекс суспільної ефективності Іінт»
«1. Білогірська»	0,74	1,13	1,64	1,68	1,08	2,488	1,20
«2. Віньковецька»	1,27	1,37	2,15	2,06	1,04	8,014	1,52
«3. Волочиська»	0,55	0,97	1,47	1,45	1,13	1,285	1,05
«4. Городоцька»	0,62	1,00	1,50	1,49	1,09	1,510	1,08
«5. Деражнянська»	1,82	1,35	2,00	2,02	1,03	10,224	1,59
«6. Дунаєвецька»	0,69	1,14	1,71	1,71	1,08	2,484	1,20
«7. Ізяславська»	3,83	1,50	2,25	2,24	1,03	29,823	1,97
«8. Кам'янець-Подільська»	1,5	1,39	2,15	2,08	1,05	9,790	1,58
«9. Красилівська»	0,61	1,03	1,57	1,54	1,10	1,671	1,11
10. Летичівська»	3,83	1,44	2,18	2,14	1,04	26,759	1,93
«11. Новоушицька»	3,7	1,44	2,17	2,17	1,02	25,591	1,91
«12. Полонська»	2,35	1,37	2,00	2,04	1,04	13,661	1,69
«13. Славутська»	1,64	1,35	2,00	2,03	1,04	9,348	1,56
«14. Старокостянтинівська»	0,55	0,98	1,53	1,47	1,12	1,358	1,06
«15. Старосинявська»	0,53	0,94	1,40	1,41	1,12	1,101	1,02
«16. Теофіпольська»	0,54	0,96	1,47	1,44	1,13	1,240	1,04
«17. Хмельницька»	0,91	1,23	1,79	1,82	1,07	3,902	1,31
«18. Чемеровецька»	0,59	1,01	1,50	1,50	1,10	1,475	1,08
«19. Шепетівська»	3,83	1,38	2,10	2,06	1,03	23,551	1,88
«20. Ярмолинецька»	0,71	1,16	1,67	1,74	1,09	2,609	1,21
«Разом»	0,83	1,18	1,85	1,76	1,06	3,380	1,28

лекористування в схемі землеустрою регіонального рівня на прикладі сільських територіальних громад Хмельницької області.

Шкала оцінювання побудована так: якщо значення інтегрального індексу ефективності основних проектних рішень перебуває в діапазоні від 1,01 до 1,35, запропоновані рішення щодо підвищення ефективності землекористування вважають задовільно ефективними; у діапазоні від 1,36 до 1,50 – середньо ефективними; за значення понад 1,51 – високоефективними.

За даними табл. 4, середнє по області значення інтегрального індексу ефективності запропонованих

проектних рішень дорівнює 1,28, що відповідає задовільному рівню. Водночас у дев'яти сільських територіальних громадах – Віньковецькій, Деражнянській, Ізяславській, Кам'янець-Подільській, Летичівській, Новоушицькій, Полонській, Славутській та Шепетівській – інтегральний індекс перевищує 1,51, а отже, запропоновані заходи здатні підвищити рівень землекористування до високоефективного.

На рисунку 1 зображено діаграму інтегрального індексу ефективності

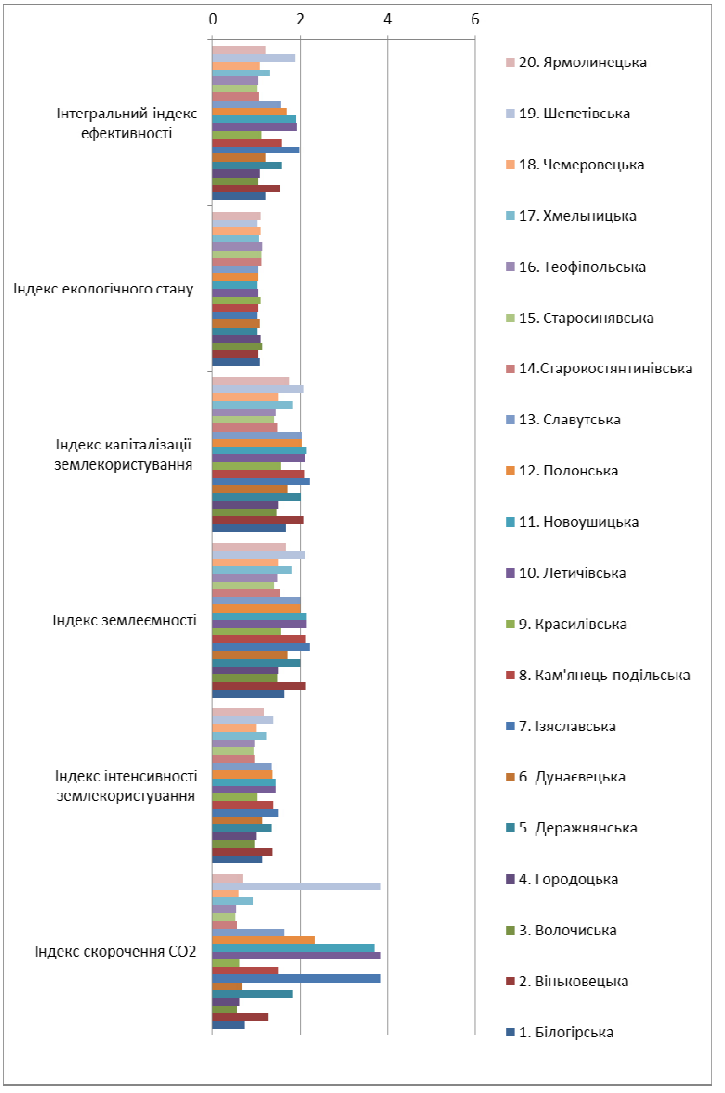


Рис. 1. Порівняльна діаграма інтегрального індексу ефективності основних проєктних рішень за схемою землеустрою в розрізі сільських територіальних громад Хмельницької області.Висновки з проведеного дослідження.

основних проектних рішень у розрізі сільських територіальних громад Хмельницької області за схемою землеустрою, яка наочно демонструє багатофакторний характер інтегральної оцінки ефективності проектних рішень.

Висновки

Проведене дослідження підтверджує, що методологічну основу оцінки ефективності (в економічному, екологічному та соціальному вимірах) проектних рішень щодо організації землекористування у схемах землеустрою становить сукупність загальних та індивідуальних принципів. До загальних належать науково обґрунтований розподіл земельних ресурсів між категоріями земель і типами (підтипами) землекористування в інтересах комплексного еколого-економічного та соціального розвитку територій, відповідність цільового призначення й функціонального використання земель, а також пріоритет сільськогосподарського та природоохоронного землекористування. Індивідуальні принципи охоплюють урахування зональних умов та поєднання екологічних, економічних і соціальних інтересів суспільства [16], різноманітність і рівність форм власності на землю, охорону земель від негативного антропогенного впливу [13], а також зростання капіталізації й екологізації типів (підтипів) землекористування за одночасного зниження їхньої землеємності.

З'ясовано, що ефективність рішень, які спираються на загальні принципи, доцільно оцінювати методом порівняння змін екологічного стану землекористування, вартості типів (підтипів) землекористування та доданої вартості, тоді як рішення, що базуються на індивідуальних принципах (зокрема притаманних сільськогосподарському землекористуванню), варто оцінювати методом зіставлення динаміки показників інтенсивності використання земель із подальшим визначенням інтегрального індексу. Виконані розрахунки на прикладі Узинської ОТГ та сільських територіальних громад Хмельницької області засвідчили практичну придатність запропонованих методичних підходів: докапіталізація землекористування Узинської ОТГ становить 2,0 % (4,1 млн дол. США), а середнє по Хмельницькій області значення інтегрального індексу ефективності проектних рішень дорівнює 1,28, що відповідає задовільному рівню, тоді як у дев'яти територіальних громадах воно перевищує 1,51, що вказує на високу ефективність запропонованих заходів.

Список використаної літератури

1. Про землеустрій : Закон України від 22.05.2003 № 858-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text (дата звернення: 21.10.2025).
2. Методичні рекомендації щодо розроблення схем землеустрою і техніко-економічних обґрунтувань використання та охорони земель адміністративно-територіальних одиниць : наказ Державного агентства земельних ресурсів України від 02.10.2013 № 395. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0395821-13#Text (дата звернення: 01.07.2026).
3. Гуторов А. О., Гуторов О. І., Грошев С. В. Управління ефективністю використання земельних ресурсів фермерських господарств: теорія та практика сталого землекористування / за заг. ред. А. О. Гуторова. Харків : Мадрид, 2020. 224 с.

4. Другак В. М. Економіка сільськогосподарського землекористування: теорія, методологія та практика : дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.06. Київ, 2010. 461 с.
5. Зось-Кіор М. В. Управління земельними ресурсами аграрного сектора економіки України в контексті глобалізації : дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.06. Запоріжжя, 2016. 530 с.
6. Кошкалда І. В. Ефективність використання сільськогосподарських земель у контексті сучасного господарювання. *АгроІнКом.* 2011. № 10. С. 38–43.
7. Третяк А. М., Третяк В. М., Курильців Р. М., Прядка Т. М., Третяк Н. А. Управління земельними ресурсами та землекористуванням: базові засади теорії, інституціолізації, практики : монографія / за заг. ред. А. М. Третяка. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2021. 227 с.
8. Budziak V. Economic and ecological principles of effective use, protection and reproduction of agricultural land. Economics of Nature Use and Environmental Protection. 2009. No. 7. P. 25–33. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/epod_2009_2009_7 (дата звернення: 01.07.2026).
9. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Гунько Л. А., Капінос Н. О., Третяк Р. А., Третяк Н. А. Економіка землекористування та землевпорядкування : у 2 ч. Ч. 2. Економіка землевпорядкування : навч. посіб. 2-ге вид., допов. / за заг. ред. А. М. Третяка. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2025. 457 с.
10. 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.
11. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Капінос Н. О., Третяк Р. А., Третяк Н. А. Економіка землекористування та землевпорядкування : у 2 ч. Ч. 1. Економіка землекористування : навч. посіб. 2-ге вид., допов. / за заг. ред. А. М. Третяка. Біла Церква : ТОВ «Білоцерківдрук», 2024. 320 с.
12. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Капінос Н. О., Третяк Н. А. Оцінка ефективності управлінських дій щодо формування збалансованого землекористування. *Агросвіт.* 2022. № 4. С. 3–9. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6792.2022.4.3.
13. Прядка Т. М. Інституціональне забезпечення розвитку земельного устрою України : дис. ... д-ра екон. наук. Київ, 2025. 543 с.
14. Третяк А. М., Лобунько А. В. Інтегральна оцінка ефективності проектних рішень у схемах землеустрою. *Ефективна економіка.* 2025. № 12. URL: https://www.nayka.com.ua/index.php/ee/article/view/8464/8602 (дата звернення: 10.11.2025). DOI: https://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.12.84.
15. Бутенко Є. В., Купріянчик І. П. Регіональні особливості визначення ефективності використання сільськогосподарських земель. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. 2011. № 163. С. 295–302.
16. Курильців Р. М. Інтегроване управління землекористуванням у контексті сталого розвитку: теорія, методологія і практика : дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.06 / Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. Київ, 2017. 492 с.

References

1. Pro zemleustrii [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
2. Metodychni rekomendatsii shchodo rozroblennia skhem zemleustroiu i tekhniko-ekonomichnykh obgruntuvan vykorystannia ta okhorony zemel admin-

istratyvno-terytorialnykh odynyts [Methodological recommendations for the development of land management schemes and feasibility studies for land use and protection of administrative-territorial units]. (2013). Order of the State Agency of Land Resources of Ukraine No. 395 of October 2, 2013. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0395821-13#Text

3. Hutorov, A. O., Hutorov, O. I., & Hroshev, S. V. (2020). Upravlinnia efektyvnistiu vykorystannia zemelnykh resursiv fermerskykh hospodarstv: teoriia ta praktyka staloho zemlekorystuvannia [Management of the efficiency of land resource use in farms: Theory and practice of sustainable land use] (A. O. Hutorov, Ed.). Kharkiv: Madryd. 224.
4. Druhak, V. M. (2010). Ekonomika silskohospodarskoho zemlekorystuvannia: teoriia, metodolohiia ta praktyka [Economics of agricultural land use: Theory, methodology, and practice] (Doctoral dissertation). Kyiv. 461.
5. Zos-Kior, M. V. (2016). Upravlinnia zemelnymy resursamy ahrarnoho sektora ekonomiky Ukrainy v konteksti hlobalizatsii [Management of land resources in the agricultural sector of Ukraine in the context of globalization] (Doctoral dissertation). Zaporizhzhia. 530.
6. Koshkalda, I. V. (2011). Efektyvnist vykorystannia silskohospodarskykh zemel u konteksti suchasnoho hospodariuvannia [Efficiency of agricultural land use in the context of modern management]. *AhroInKom* [AgroInCom], (10), 38–43.
7. 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 [Management of land resources and land use: Fundamental principles of theory, institutionalization, and practice] (A. M. Tretiak, Ed.). Bila Tserkva: TOV «Bilotserkivdruk». 227.
8. Budziak, V. (2009). Economic and ecological principles of effective use, protection and reproduction of agricultural land. Economics of Nature Use and Environmental Protection, (7), 25–33. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/epod_2009_2009_7
9. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., Hunko, L. A., Kapinos, N. O., Tretiak, R. A., & Tretiak, N. A. (2025). Ekonomika zemlekorystuvannia ta zemlevporiadkuvannia. Chastyna 2. Ekonomika zemlevporiadkuvannia [Economics of land use and land management. Part 2. Economics of land management] (2nd ed., rev.; A. M. Tretiak, Ed.). Bila Tserkva: TOV «Bilotserkivdruk». 457.
10. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., Kapinos, N. O., & Tretiak, N. A. (2025). Kontseptsiia proektu zakonu Ukrainy «Pro zemlevporiadkuvannia» [Concept of the draft Law of Ukraine "On Land Management"]. *Ahrosvit* [AgroSvit], (5), 3–15. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6792.2025.5.3
11. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., Kapinos, N. O., Tretiak, R. A., & Tretiak, N. A. (2024). Ekonomika zemlekorystuvannia ta zemlevporiadkuvannia. Chastyna 1. Ekonomika zemlekorystuvannia [Economics of land use and land management. Part 1. Economics of land use] (2nd ed., rev.; A. M. Tretiak, Ed.). Bila Tserkva: TOV «Bilotserkivdruk». 320.
12. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., Kapinos, N. O., & Tretiak, N. A. (2022). Otsinka efektyvnosti upravlinskykh dii shchodo formuvannia zbalansovanoho zemlekorystuvannia [Assessment of the effectiveness of management actions for balanced land use formation]. *Ahrosvit* [AgroSvit], (4), 3–9. DOI: https://doi.org/10.32702/2306-6792.2022.4.3
13. Priadka, T. M. (2025). Instytutsionalne zabezpechennia rozvytku zemelnoho ustroiu Ukrainy [Institutional support for the development of the land management system in Ukraine] (Doctoral dissertation). Kyiv. 543.

14. Tretiak, A. M., & Lobunko, A. V. (2025). Intehralna otsinka efektyvnosti proektnykh rishen u skhemakh zemleustroiu [Integral assessment of the effectiveness of design solutions in land management schemes]. Efektyvna ekonomika [Efficient Economy], (12). DOI: https://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.12.84. Available at: https://www.nayka.com.ua/index.php/ee/article/view/8464/8602
15. Butenko, Ye. V., & Kupriianchyk, I. P. (2011). Rehionalni osoblyvosti vyznachennia efektyvnosti vykorystannia silskohospodarskykh zemel [Regional features of assessing the efficiency of agricultural land use]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy [Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine], (163), 295–302.
16. Kuryltsiv, R. M. (2017). Intehrovane upravlinnia zemlekorystuvanniam u konteksti staloho rozvytku: teoriia, metodolohiia i praktyka [Integrated land use management in the context of sustainable development: theory, methodology and practice] (Doctoral dissertation). National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv. 492.

Tretiak A., Tretiak V., Lobunko A., Butenko Ye., Volontyr A.

SCIENTIFIC PRINCIPLES OF ASSESSING THE EFFICIENCY OF DESIGN SOLUTIONS IN LAND USE ORGANIZATION SCHEMES

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 25-40.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.02

Abstract. *The paper substantiates that the scientific basis for assessing the effectiveness of design decisions (in terms of economic, environmental and social efficiency) concerning land-use organization measures within land management schemes rests on a combination of general and individual principles. General principles include: 1.1) a scientifically grounded redistribution of land resources among land categories and types (subtypes) of land use aimed at comprehensive ecological, economic and social development of regions, districts and territorial communities and at forming sustainable (balanced) land use; 1.2) consistency between the designated purpose and the functional use of land; 1.3) priority given to agricultural and nature-conservation land use. Individual principles include: 2.1) organization of land use and land protection measures based on taking into account the zonal features of the territory and balancing environmental, economic and social interests, which ensures the achievement of a high level of ecological, economic and social efficiency, preservation of ecological stability and sustainable development of agro-landscape systems; 2.2) plurality and legal equality of forms of land ownership and management; 2.3) protecting land from adverse anthropogenic impact during land use; 2.4) creating conditions for increasing the capitalization and greening of land-use types (subtypes) while reducing their land intensity. Assessing the effectiveness of decisions based on general principles should rely on comparing changes in the ecological condition of land use, the value of land-use types (subtypes) and the added value generated. Assessing decisions based on individual principles - characteristic of specific land-use types, agricultural use in particular - should instead rely on comparing changes in indicators of land-use intensity and, ultimately, on an integral index. The proposed methodology was tested on the Uzyn amalgamated territorial community and on rural territorial communities of Khmelnytskyi oblast, confirming its practical applicability.*

Keywords: *integrated assessment of the effectiveness, land use planning, land use organization, land use, design solutions, land use organization schemes.*

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 24.04.2026; Прийнято: 05.05.2026; Опубліковано: 30.12.2026;;
УДК 528:332.3:174 http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.03

ВІД КОНТРОЛЮ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДО КОНТРОЛЮ ДОБРОЧЕСНОСТІ: ПРАВОВІ ЗАСАДИ РЕГУЛЮВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ ЕТИКИ У СФЕРІ ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УКРАЇНІ

А. Г. МАРТИН,
доктор економічних наук, професор,
член-кореспондент НААН
E-mail: martyn@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0002-6905-2445
І.Г. КОЛГАНОВА,
кандидат економічних наук, доцент
E-mail: kolganova_i@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0001-7771-2696
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. *У статті обґрунтовано необхідність переходу від вузького розуміння якості робіт у сфері землеустрою та топографо-геодезичної діяльності як лише відповідності документації вимогам законодавства, нормам, правилам і технічним характеристикам до ширшої моделі, що охоплює професійну доброчесність, незалежність, прозорість, відповідальність перед суспільством і здатність протидіяти неправомірному впливу замовника. На основі порівняльно-правового аналізу українського законодавства, актів Міжнародної федерації геодезистів (FIG), Королівського інституту дипломованих оцінювачів (RICS), Ради європейських геодезистів (CLGE), Канади, Південно-Африканської Республіки, Австралії, Сінгапуру та суміжних професійних кодексів США доведено, що ефективне етичне регулювання у сучасних юрисдикціях спирається не на декларативні цінності, а на багаторівневу архітектуру: чітко сформульовані обов'язки, механізми розкриття конфлікту інтересів, безперервний професійний розвиток, процедури розгляду скарг, дисциплінарні санкції та публічну підзвітність професії. Встановлено, що чинні українські механізми контролю переважно верифікують форму, зміст, структуру і технічні параметри документації та електроннних файлів, але не дають належних інструментів для виявлення прихованого конфлікту інтересів, свідомого викривлення професійного судження, неповного розкриття обмежень даних або фіктивного особистого контролю сертифікованого фахівця. Наукова новизна дослідження полягає у розробленні концепції*

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

регулювання, чутливого до доброчесності, центральними елементами якої є законодавче запровадження присяги сертифікованого інженера-землевпорядника та інженера-геодезиста, інститут порушення присяги як окремого дисциплінарного делікту, обов'язкова декларація професійної доброчесності до кожного результату робіт, етичний модуль підвищення кваліфікації, незалежна дисциплінарна процедура та публічний реєстр дисциплінарної практики. Практична значущість запропонованої моделі полягає у можливості підвищення довіри до землевпорядної і геодезичної документації, зменшення корупційних ризиків, кращого захисту прав власників і користувачів земель, а також зміцнення публічного інтересу в управлінні просторовими даними.

Ключові слова: ***професійна етика; землеустрій; топографо-геодезична діяльність; присяга; професійна доброчесність; конфлікт інтересів; дисциплінарна відповідальність; зарубіжний досвід.***

Актуальність

Землеустрій і топографо-геодезична діяльність належать до тих сфер професійної практики, у яких наслідки помилки, недбалості або недоброчесності виходять далеко за межі відносин між виконавцем і замовником. Межі земельних ділянок, координати, площі, просторові обмеження, відомості кадастру, матеріали зйомки та геопросторові набори даних впливають на реалізацію права власності, оподаткування, просторове планування, інфраструктурні проєкти, охорону довкілля, судові спори, публічні закупівлі та процеси повоєнного відновлення. Саме тому суспільна довіра до професійного судження сертифікованого інженера-землевпорядника або інженера-геодезиста має інституційне, а не лише приватне значення.

Чинна українська модель контролю якості орієнтована насамперед на перевірку відповідності документації та електронних файлів законодавчим, нормативним і технічним вимогам. Закон України «Про землеустрій» пов'язує засвідчення документації із землеустроєм з підтвердженням її відповідності вимогам законодавства та нормативно-правових актів [1]. Закон України «Про Державний земельний кадастр» передбачає перевірку відповідності електронного документа наявним відомостям кадастру, вимогам до його змісту, структури і технічних характеристик [2]. Схожий підхід закріплено і для валідації матеріалів Державного картографо-геодезичного фонду України [4]. Такі механізми є необхідними, проте вони описують лише один вимір якості – формально-юридичний і техніко-процедурний.

Водночас документ може бути зовні бездоганним і все ж бути продуктом прихованого конфлікту інтересів, неправомірного впливу замовника, фіктивного особистого контролю сертифікованого фахівця, нерозкриття меж точності чи обмежень вихідних даних, а у крайньому разі – свідомого викривлення професійного судження. Отже, контроль документації не тотожний контролю доброчесності. Саме в цій точці виникає потреба у правовому регулюванні професійної етики як самостійного елементу системи забезпечення якості. Без такого елементу державна політика у сфері просторових даних залишається чут-

ливою до корупційних ризиків і втрати довіри до професії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У міжнародному дискурсі професійна етика геодезиста давно перестала сприйматися як суто моральна декларація. FIG у Publication No. 17 сформулювала модельні етичні принципи та прямо закликала національні професійні спільноти адаптувати їх до власного нормативного середовища [5]. CLGE запропонувала для європейських геодезистів рамку, у якій поєднано законність, незалежність, прозорість винагороди, управління конфліктом інтересів, професійну компетентність і механізми моніторингу [7]. RICS перетворила етику на обов'язкову регуляторну систему для членів і фірм, інтегрувавши до неї управління ризиками, документування, відповідальне використання даних і технологій, служіння публічному інтересу та дисциплінарні процедури [6].

Канадська модель поєднує кодекс етики з процедурами розгляду скарг і дисциплінарного провадження у межах самоврядної професійної корпорації [8; 9]. Нормативно обов'язкові кодекси або правила професійної поведінки діють у Сінгапурі, Південно-Африканській Республіці, Австралії та низці юрисдикцій США [10-13]. Для суміжних геопросторових дисциплін етичні стандарти деталізовано у NSPS та ASPRS, де окремо акцентовано відповідальність перед суспільством, чесність у професійному свідченні, недопустимість недобросовісної конкуренції та коректне поводження з даними [14; 15]. У наукових працях FAO, J. Plimmer, S. Sayce, Y. Adler, M. Benhamu та D. Foster професійна етика землевпорядника і геодезиста розглядається як різновид соціального контракту, через який професія отримує суспільну легітимність [16-19].

Натомість у вітчизняному регуляторному полі етичний вимір професії залишається фрагментарним. Основна увага приділяється сертифікації, дотриманню технічних стандартів, процедурі розроблення документації, веденню кадастру та наслідкам порушення спеціальних норм [1-4]. Комплексна модель, яка б пов'язувала присягу, кодекс етики, конфлікт інтересів, обов'язок професійної незалежності, етичне навчання, дисциплінарну процедуру та публічну підзвітність сертифікованих фахівців, станом на сьогодні належним чином не сформована.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є наукове обґрунтування правової моделі регулювання професійної етики у сфері землеустрою та топографо-геодезичної діяльності в Україні на основі критичного аналізу зарубіжного досвіду. Для досягнення цієї мети поставлено такі завдання: 1) виявити межі чинної української моделі контролю якості; 2) систематизувати ключові міжнародні та національні зарубіжні підходи до етичного регулювання діяльності землевпорядників і геодезистів; 3) обґрунтувати доцільність запровадження присяги сертифікованого фахівця як юридичного інституту; 4) запропонувати багаторівневу нормативну та інституційну архітектуру відповідальності за порушення професійної етики; 5) сформулювати практичні законодавчі пропозиції щодо імплементації цієї архітектури в Україні.

Матеріали і методи дослідження

Емпіричну базу дослідження становили чинні акти законодавства України, офіційні документи FIG, RICS, CLGE, Canada Lands Surveyors, South African Geomatics Council, BOSSI (New South Wales), Singapore Land Surveyors regime, професійні кодекси NSPS та ASPRS, а також аналітичні та наукові праці з проблем етики у сфері землекористування і просторових даних [1-20]. У роботі застосовано порівняльно-правовий метод – для зіставлення моделей регулювання у різних юрисдикціях; формально-юридичний метод – для тлумачення змісту норм українського законодавства; інституційно-функціональний аналіз – для оцінки співвідношення між професійним саморегулюванням і державним наглядом; метод правового моделювання – для конструювання пропозицій щодо присяги, декларації професійної доброчесності, дисциплінарної процедури та реєстру дисциплінарної практики; метод системного аналізу – для обґрунтування тези, що якість у цій сфері складається щонайменше з трьох взаємопов'язаних компонентів: законності, технічної надійності та етичної доброчесності.

Результати дослідження

1. Чинна українська модель: контроль документації без повноцінного контролю доброчесності

Проведений аналіз показав, що чинні українські механізми контролю у сфері землеустрою і топографо-геодезичної діяльності побудовані переважно навколо перевірки готового результату як документа чи електронного файлу. У сфері землеустрою сертифікований інженер-землевпорядник засвідчує документацію своїм підписом, печаткою та/або кваліфікованим електронним підписом, підтверджуючи її відповідність вимогам законодавства і нормативно-правових актів [1]. У сфері кадастру посадова особа та автоматизовані сервіси перевіряють відповідність електронного документа наявним кадастровим відомостям та технічним вимогам [2]. У сфері топографо-геодезичної діяльності валідація матеріалів фонду також орієнтована на зміст, структуру та технічні характеристики [4]. Повноваження саморегулівних організацій у землеустрої зосереджені на контролі дотримання нормативно-правових актів і якості документації [1].

Ця модель логічно відповідає завданню формального контролю, але має принципову межу. Вона не відповідає на питання, чи був професійний висновок сформований незалежно, чи розкрив фахівець конфлікт інтересів, чи особисто здійснював належний професійний нагляд за роботою виконавців, чи повідомив замовника та державний орган про суттєві обмеження точності, чи не був документ підготовлений під неправомірним тиском, чи не підписано його формально без реального контролю за процесом. Іншими словами, чинна система працює з документом як із об'єктом перевірки, але майже не працює з професійною поведінкою як із процесом, що передує появі документа.

Для цілей належного регулювання доцільно розрізняти три рівні якості. Перший рівень – нормативна правильність, тобто відповідність документа вимогам закону, підзаконних актів, стандартів і форматів. Другий

1.Чинні українські механізми контролю та їхні етичні сліпі зони

Інструмент контролю	Що перевіряється	Що не перевіряється належним чином	Регуляторний висновок
Засвідчення документації із землеустрою сертифікованим інженером [1]	Відповідність законодавству та нормативно-правовим актам; формальна відповідальність підписанта	Прихований конфлікт інтересів; реальний обсяг особистого контролю; недоброчесний вплив замовника; умисне замовчування обмежень даних	Підпис ще не доводить доброчесність процесу підготовки документа
Перевірка електронного документа у Державному земельному кадастрі [2]	Відповідність відомостям кадастру; зміст, структура і технічні характеристики електронного документа	Незалежність професійного судження; правдивість польових робіт; належне розкриття похибок і припущень	Автоматизована або реєстраційна валідація не замінює етичний аудит
Валідація матеріалів Державного картографо-геодезичного фонду [4]	Зміст, структура, технічні характеристики матеріалів та даних	Добросовісність джерела даних; прихована винагорода; зловживання доступом до просторової інформації	Технічна відповідність не охоплює поведінкові порушення
Контроль СРО за якістю документації і дотриманням нормативних актів [1]	Дотримання норм, правил, стандартів; внутрішня сертифікація та організаційні вимоги	Єдиний, законодавчо обов'язковий етичний стандарт; формалізоване розкриття конфлікту інтересів; публічна дисциплінарна практика	Потрібне пряме законодавче закріплення етичного компонента контролю

Примітка: розроблено Мартин А.Г.

рівень – технічна надійність, тобто достовірність вимірювань, коректність методики, повнота вихідних даних, відтворюваність результату та належне документування процесу. Третій рівень – етична доброчесність, тобто чесність, незалежність, правдивість свідчення, належне розкриття конфліктів інтересів і відмова від неправомірного впливу. Якщо перші два рівні можна частково оцінити через експертизу документа, то третій рівень потребує окремих правових механізмів: присяги, кодексу, декларацій, процедур розгляду скарг і санкцій. Саме цей третій рівень нині є найменш розвиненим (табл.1).

2. Зарубіжний досвід: від модельних принципів до процедурно забезпеченої етики

Зарубіжний досвід свідчить, що етичне регулювання у сфері просторових професій розвивається за кількома моделями, які не суперечать, а взаємодоповнюють одна одну (табл. 2). Перша модель – принципово-рамкова. FIG визначає мінімум того, чого слід очікувати від професійного геодезиста: служіння суспільству, чесність, робота в межах компетентності, належне використання експертизи для stewardship of resources, підтримка професії [5]. CLGE, розвиваючи європейський вимір, підкреслює незалежність, об'єктивність, конфлікт інтересів, прозорість винагороди, страхове покриття, професійну компетентність і моніторинг дотримання кодексу [7]. Ця модель формує нормативний каркас цінностей.

Друга модель – процедурно забезпечена професійна саморегуляція. Найпослідовніше її реалізовано у RICS та в канадському режимі Canada Lands Surveyors. RICS Rules of Conduct поєднують вимоги чесно-

сті, компетентності, документування, управління ризиками, коректного поводження з даними і технологіями, а також обов'язок діяти в публічному інтересі й повідомляти про підозрювані неправомірні дії [6]. Канадська система, окрім самого кодексу, інституціалізує Complaints Committee та Discipline Committee, що надає етичним нормам процесуальну дієвість [8; 9]. Тут важливим є не лише те, які цінності проголошено, а й те, що існує передбачуваний механізм їх примусового застосування.

Третя модель – публічно-правове або ліцензійне закріплення етики. У Сінгапурі кодекс професійної поведінки та етики діє як підзаконний акт у системі Land Surveyors Act [10]. У Південно-Африканській Республіці та в Австралії етичні стандарти інтегровано до діяльності реєстраційних і наглядових органів [11; 12]. Показовим є досвід BOSSI (New South Wales), де етичні вимоги прямо пов'язано з професійною відповідальністю перед публікою, а в адміністративній практиці запроваджено ethical declarations для окремих професійних дій. У Техасі етика винесена в окремий обов'язковий блок підвищення кваліфікації, що фактично визнає її не периферійною, а центральною компетенцією ліцензованого землевпорядника [13].

Окрему увагу заслуговує інститут присяги. Порівняльні європейські матеріали CLGE демонструють, що в Австрії особа після виконання освітніх, практичних та екзаменаційних вимог повинна скласти присягу, після чого офіційно уповноважується здійснювати професійну діяльність; із присягою пов'язуються незалежність, неупередженість і професійна таємниця [20]. Цей досвід важливий тим, що присяга розглядається не як урочиста формальність, а як юридичний механізм персоніфікації публічної відповідальності професіонала.

3. Присяга як юридичний інститут професійної відповідальності

Складання присяги сертифікованими інженерами-землевпорядниками та інженерами-геодезистами доцільно розглядати як центральний елемент нового етичного порядку у професії. Присяга виконує щонайменше п'ять функцій. По-перше, вона здійснює нормативне переналаштування професійної лояльності: фахівець діє не лише в інтересі клієнта, а в межах закону, з урахуванням прав третіх осіб і публічного інтересу. По-друге, присяга персоніфікує відповідальність, оскільки пов'язує професійний статус з особистим публічним словом. По-третє, вона створює зрозумілий еталон для дисциплінарної оцінки поведінки. По-четверте, присяга має превентивний ефект, формуючи професійну ідентичність і культуру самоконтролю. По-п'яте, вона комунікує суспільству, що держава та професійна спільнота очікують від сертифікованого фахівця не лише технічної майстерності, а й особистої доброчесності.

Важливо підкреслити: присяга не повинна підміняти кодекс етики, експертизу документації або спеціальні види юридичної відповідальності. Її функція інша – утворити нормативне ядро, навколо якого вибудовуються кодекс, процедура розгляду скарг, перелік дисциплінарних проступків, етичне навчання та реєстр дисциплінарних рішень. Без цього присяга перетвориться на декоративний текст. Натомість за умови належного законодавчого дизайну вона може стати відсутньою нині ланкою між профе-

2. Ключові моделі етичного регулювання у зарубіжній практиці

Юрисдикція / інституція	Статус етичного регулювання	Ключові елементи	Висновок для України
FIG [5]	Модельні міжнародні принципи	Служіння суспільству; чесність; компетентність; stewardship of resources; адаптація до національного контексту	Національна система має спиратися на універсальні цінності, але бути вбудованою у внутрішнє право
CLGE [7]	Європейський рамковий кодекс	Незалежність; прозорість винагороди; уникнення конфлікту інтересів; CPD; моніторинг дотримання	Потрібне поєднання етики, професійної незалежності та дисциплінарної комунікації
RICS [6]	Обов'язкові rules for members and firms	Публічний інтерес; документування; управління ризиками; дані й технології; whistleblowing; санкції	Етика повинна бути процедурною, перевірюваною і санкціонованою
Canada Lands Surveyors [8; 9]	Кодекс у регуляторній системі професії	Особистий нагляд; чесність; конфіденційність; конфлікт інтересів; комітети скарг і дисципліни	Кодекс має працювати разом із належною процедурою розгляду скарг
Singapore [10]	Обов'язкові правила під законом	Професійна поведінка як юридичний обов'язок, а не факультативний стандарт	Етичні приписи можуть бути прямо інтегровані в нормативно-правовий режим ліцензування
South Africa / BOSSI / Texas [11-13]	Змішані публічно-правові та професійні режими	Публічна відповідальність; ethical declarations; обов'язкове етичне навчання	Україні потрібні декларації доброчесності та окремий етичний компонент підвищення кваліфікації
Austria [20]	Професійна присяга як умова набуття статусу	Офіційне уповноваження після складання присяги; незалежність; неупередженість; таємниця	Присяга може стати вузловим елементом персональної професійної відповідальності

Примітка: авторська розробка на основі узагальнення [5-13, 20]..

сійною честю і юридичною відповідальністю.

Пропонований базовий текст присяги може бути сформульований таким чином: *«Я, (ім'я та прізвище), урочисто присягаю у своїй діяльності інженера-землевпорядника дотримуватися принципів неупередженості, точності та незалежності, слідувати правилам професійної етики, чесно і сумлінно виконувати землевпорядні вишукування, відповідально встановлювати межі. Зобов'язуюсь служити суспільству і професії з чесністю та гідністю, зберігаючи конфіденційність і уникаючи конфлікту інтересів, забезпечувати охорону земель як основного національного багатства Українського народу. Зобов'язуюсь неухильно дотримуватися законодавства України, бути вірним присязі*».

Юридичне значення присяги має бути підсилене прямою вказівкою закону на те, що грубе або повторне порушення присяги є самостійною підставою дисциплінарної відповідальності, а в окремих випадках – тимчасового зупинення або анулювання сертифіката. При цьому порушення присяги не повинно ототожнюватися з будь-якою технічною неточністю. Йдеться насамперед про свідоме викривлення професійного судження,

приховування конфлікту інтересів, підписання документа без належного особистого контролю, фальсифікацію або підміну даних, прийняття прихованої винагороди, нерозкриття суттєвих обмежень результату, а також невиконання обов'язку відмовитися від незаконної вимоги замовника чи посадової особи.

4. Концепція регулювання, чутливого до доброчесності

На підставі проведеного аналізу пропонується перейти від моделі контролю, зосередженої переважно на документі, до моделі регулювання, чутливого до доброчесності. Її базова ідея полягає в тому, що право має оцінювати не лише відповідність результату встановленому формату, а й чесність, незалежність та прозорість професійного процесу, який цей результат породив. Така модель не скасовує технічної експертизи й не применшує значення стандартів; навпаки, вона додає до них другу вісь контролю – етичну (табл. 3).

Першим елементом цієї моделі має стати рамковий Кодекс професійної етики сертифікованих інженерів-землевпорядників та інженерів-геодезистів, обов'язковий для всіх носіїв сертифіката. До його ядра доцільно включити: пріоритет публічного інтересу у випадках, коли професійне рішення впливає на права третіх осіб, кадастрові записи, публічні дані чи судове провадження; вимогу професійної незалежності; заборону прихованого конфлікту інтересів і подвійної винагороди; обов'язок працювати лише в межах компетентності; обов'язок належного документування; зобов'язання розкривати суттєві обмеження точності, походження даних, використання автоматизованих інструментів, геоінформаційної обробки або штучного інтелекту; обов'язок поваги до конфіденційної та персональної інформації; обов'язок відмови від участі у завідомо недоброчесному проєкті.

Другим елементом має бути обов'язкова Декларація професійної доброчесності, що додається до кожного результату робіт у паперовій або електронній формі. На відміну від загальної присяги, декларація доброчесності є ситуаційним інструментом і фіксує обставини саме конкретного проєкту. У ній фахівець повинен підтвердити: 1) що роботи виконано ним особисто або під його реальним професійним наглядом; 2) що відсутній нерозкритий конфлікт інтересів; 3) що суттєві обмеження вихідних даних, точності чи методики розкрито замовнику та, за потреби, відповідному органу; 4) що не було неправомірного впливу на професійне судження; 5) що використані просторові дані одержано та застосовано законно. Цей інститут є надзвичайно перспективним для України, оскільки переводить етику з площини абстракції у площину фіксованого процесуального свідчення.

Третім елементом має стати обов'язкове розкриття «Конфлікту інтересів». У земельних і геодезичних процесах конфлікт інтересів часто не є очевидним: родинні або корпоративні зв'язки із заявником, залежність від субпідрядника, одночасне представництво сторін із протилежними інтересами, участь у формуванні вихідних даних, які потім перевіряються тим самим фахівцем. Законодавство повинно вимагати не лише уникнення конфлікту (стаття 28 Закону України «Про землеустрій»), а й його письмового розкриття, а в окремих випадках – самовідводу. Особливо суворими ці правила мають бути

3. Пропонована архітектура регулювання професійної етики в Україні

Елемент моделі	Нормативне закріплення	Суб'єкт реалізації	Очікуваний ефект
Присяга сертифікованого інженера-землевпорядника та інженера-геодезиста	Закони України "Про землеустрій" і "Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність"	Законодавець; кваліфікаційні комісії; уповноважений орган	Персоніфікація публічної відповідальності та чіткий етичний стандарт для дисциплінарної оцінки
Обов'язковий Кодекс професійної етики	Рамкові положення в законі + деталізація у підзаконному акті та актах СРО	ЦОВВ, СРО, професійні палати, громадська рада	Єдині правила поведінки для всієї професії
Декларація професійної доброчесності до кожного результату робіт	Підзаконний акт з типовою формою; обов'язкова інтеграція в електронні сервіси	Сертифікований фахівець; адміністратор реєстру; замовник	Фіксація доброчесності конкретного проєкту та полегшення доказування порушень
Письмове розкриття конфлікту інтересів і самовідвід	Прямі приписи закону та кодексу	Фахівець; СРО; дисциплінарна палата	Зниження ризику упередженого професійного судження
Етичний модуль підвищення кваліфікації та/або іспиту	Кваліфікаційні вимоги і програми CPD	Освітні провайдери; кваліфікаційні комісії; СРО	Формування практичної етичної компетентності
Незалежна дисциплінарна процедура	Окремий розділ у законі або типовому положенні	Дисциплінарна палата: професійні представники, юрист, представник публічного інтересу	Справедливий розгляд скарг і підвищення довіри до професії
Публічний реєстр дисциплінарної практики	Підзаконний акт про ведення реєстру	Уповноважений орган / СРО	Превенція повторних порушень, єдність практики, навчальний ефект для професії
Цифрова простежуваність – метадані про нагляд, джерела, обмеження, автоматизовану обробку	Технічні регламенти електронних документів і геоданих	Розробники сервісів, адміністратори кадастру, професійні виконавці	Перехід від формального файлу до прозорого і відтворюваного професійного процесу

Примітка: розроблено Мартин А.Г.

для експертних, арбітражних, оціночних та судових землевпорядних і геодезичних висновків.

Четвертим елементом має стати «Етичний модуль у системі підвищення кваліфікації» та, за можливості, окремий блок у кваліфікаційному іспиті. Досвід Техасу, де для ліцензованих землевпорядників передбачено обов'язкові години з етики, свідчить, що компетентність у сфері професійної етики може і повинна оцінюватися нарівні з технічними знаннями [13]. Для України доцільно встановити мінімальну частку етичного навчання в кожному циклі підвищення кваліфікації, з акцентом на конфлікт інтересів, професійну незалежність, етичні аспекти цифрових даних, доказове значення геопросторових матеріалів та стандарти професійного свідчення.

П'ятим елементом має стати обов'язок «Відмови від незаконного або недоброчесного доручення та обов'язок повідомлення про грубий тиск, фальсифікацію або несанкціоновану практику». У міжнародних кодексах така логіка реалізується че-

рез принцип служіння публічному інтересу і повідомлення про порушення [6; 8]. Для України це особливо важливо в контексті земельних спорів, змін меж, кадастрових помилок, містобудівних рішень і реконструкції територій, де ризик тиску на фахівця є об'єктивно високим.

5. Відповідальність за порушення присяги: принципи, склад проступку і санкції

Ключова прикладна проблема полягає не у формулюванні красивих етичних принципів, а в тому, як перетворити їх на справді чинне право. Для цього порушення присяги необхідно сконструювати як окремий дисциплінарний делікт. При цьому законодавець має чітко розмежувати: а) звичайну технічну помилку, що виправляється через процедури перевірки, експертизи чи усунення недоліків; б) грубу професійну недбалість або безрозсудне ігнорування очевидних ризиків; в) умисне недоброчесне діяння, несумісне зі статусом сертифікованого фахівця. Саме остання група становить сутність порушення присяги.

До складу порушення присяги доцільно віднести: засвідчення документа або плану без особистого переконання у його достовірності чи без належного професійного нагляду; приховування реального або потенційного конфлікту інтересів; свідоме внесення неправдивих відомостей про межі, площу, координати, обмеження, джерела даних або методику; прийняття прихованої винагороди; використання чужих результатів без належної перевірки; нерозкриття суттєвих похибок або обмежень; порушення конфіденційності; невиконання обов'язку відмовитися від завідомо незаконного доручення; перешкоджання перевірці або знищення професійних записів. За наявності ознак злочину дисциплінарне провадження не виключає передачі матеріалів правоохоронним органам.

Санкції повинні бути пропорційними й градуйованими. Для менш тяжких порушень доцільні зауваження, попередження, обов'язкове повторне етичне навчання, наглядове наставництво або тимчасове обмеження права підпису щодо певних видів робіт. Для грубих і повторних порушень – штрафні дисциплінарні внески, тимчасове зупинення сертифіката, анулювання сертифіката, заборона входити до кваліфікаційних чи дисциплінарних органів протягом певного строку. Водночас система має містити не лише каральний, а й відновний компонент: після закінчення строку зупинення можливе повернення до професії за умови проходження спеціальної програми професійної реабілітації.

Особливого значення набуває процесуальна справедливість. Дисциплінарна палата не може складатися виключно з колег по цеху, інакше зростає ризик корпоративної солідарності або, навпаки, використання етичних інструментів як засобу конкурентної боротьби. Оптимальною є змішана модель: професійні члени, юрист із досвідом дисциплінарних процедур, представник публічного інтересу, а в разі складних технічних справ – незалежний експерт. Рішення мають бути мотивованими, придатними до оскарження та, у знеособленому або відкритому вигляді залежно від тяжкості справи, оприлюдненими у реєстрі дисциплінарної практики. Саме публічність рішень переводить етичні вимоги з режиму неформальної моралі у режим передбачуваного права (табл. 4).

6. Законодавчі кроки для України

Для практичної імплементації за-

4. Орієнтовна матриця порушень присяги та професійно-етичних санкцій

Тип порушення	Типова форма прояву	Базова реакція	Посилена реакція у разі грубості / повторності
Нерозкритий конфлікт інтересів	Фахівець діє щодо проєкту, де має особисту, родинну чи корпоративну заінтересованість	Попередження; обов'язкове етичне навчання; внесення рішення до реєстру	Тимчасове зупинення сертифіката; заборона на експертні або арбітражні завдання
Підпис без належного особистого контролю	Засвідчення документа, плану чи звіту, підготовленого без реального професійного нагляду	Штрафний дисциплінарний внесок; наглядове наставництво; тимчасове обмеження права підпису	Зупинення або анулювання сертифіката
Свідоме викривлення даних	Фальсифікація координат, площ, меж, джерел даних, точності або методики	Негайне відсторонення на час розгляду; передання матеріалів до правоохоронних органів	Анулювання сертифіката; тривала заборона на повторну сертифікацію
Нерозкриття суттєвих обмежень результату	Приховування похибок, прогалин у вихідних даних, ризиків інтерпретації, автоматизованої обробки	Попередження; виправлення документа; додаткове навчання	Зупинення сертифіката, якщо приховування спричинило істотні наслідки
Прихована винагорода або недоброчесний вплив	Отримання платежу від третьої особи; виконання доручення під неправомірним тиском	Сувора догана; тимчасове зупинення сертифіката; повідомлення замовника/органу	Анулювання сертифіката та матеріали до правоохоронних органів
Порушення конфіденційності та неправомірне використання даних	Передання або використання просторових даних всупереч закону чи професійній таємниці	Попередження або штраф; обов'язкове навчання з data governance	Зупинення сертифіката; обмеження доступу до окремих категорій робіт

Примітка: розроблено Мартин А.Г.

пропонованої моделі доцільно внести зміни щонайменше до двох профільних законів – «Про землеустрій» та «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» [1; 3]. У цих актах слід: 1) закріпити обов'язок складання присяги при отриманні сертифіката; 2) визначити загальні принципи професійної етики; 3) передбачити обов'язок подання декларації професійної доброчесності; 4) встановити обов'язок розкриття конфлікту інтересів і підстави для самовідводу; 5) віднести грубе або повторне порушення присяги і кодексу етики до підстав дисциплінарної відповідальності та, за визначених умов, анулювання сертифіката; 6) уповноважити відповідний орган і професійну спільноту затвердити підзаконні акти щодо кодексу, порядку розгляду скарг, ведення реєстру дисциплінарної практики та програм етичного навчання.

Доцільно також синхронізувати цю реформу із цифровізацією адміністративних процедур. Електронні документи у сфері землеустрою і геодезії можуть містити обов'язкові метадані про автора, дату, етапи професійного нагляду, використані вихідні дані, рівень автоматизованої обробки, розкриті обмеження та факт подання декларації доброчесності.

Такий підхід створює можливість для ризиково-орієнтований нагляд: аналізу повторюваних аномалій, підозрілих шаблонів, незвично великої кількості підписаних робіт, конфліктних збігів учасників проєктів або системного недооцінювання похибок. Інакше кажучи, етика має бути вбудована не лише у текст закону, а й у дизайн цифрового процесу.

Важливо, щоб реформа не була редукована до чергової формальної вимоги. Якщо присяга, кодекс і декларації не супроводжуватимуться реальними процедурами, вони лише збільшать регуляторний шум. Навпаки, грамотно сконструйована система може зменшити бюрократичний тягар: частина спорів і ризиків буде попереджатися превентивно через прозорість конфліктів інтересів, особисту відповідальність і передбачувану дисциплінарну практику. Таким чином, запровадження професійної етики є не моральною надбудовою над технічним регулюванням, а інструментом його ефективності.

Висновки і перспективи подальших досліджень

1. Встановлено, що чинна українська система контролю у сфері землеустрою та топографо-геодезичної діяльності зосереджена насамперед на перевірці відповідності документації законодавчим, нормативним і технічним вимогам. Такий підхід є необхідним, але не вичерпує змісту якості, оскільки майже не дозволяє виявляти прихований конфлікт інтересів, свідоме викривлення професійного судження, неправомірний вплив або фіктивний професійний нагляд [1-4].

2. Порівняльний аналіз зарубіжного досвіду показав, що у провідних міжнародних та національних моделях етика функціонує як інституційно забезпечена система, до якої входять не лише принципи, а й конкретні обов'язки, процедури розкриття конфлікту інтересів, безперервний професійний розвиток, розгляд скарг, дисциплінарні санкції та публічна підзвітність професії [5-13; 16-20].

3. Обґрунтовано доцільність законодавчого запровадження присяги сертифікованого інженера-землевпорядника та інженера-геодезиста. Присяга повинна розглядатися як юридичний інститут, що персоніфікує публічну відповідальність фахівця, формує стандарт належної поведінки і слугує підставою для дисциплінарної оцінки грубих або повторних порушень.

4. Запропоновано модель регулювання, чутливого до доброчесності, яка складається з таких елементів: присяга; обов'язковий кодекс професійної етики; декларація професійної доброчесності до кожного результату робіт; письмове розкриття конфлікту інтересів; етичний модуль підвищення кваліфікації; обов'язок відмови від незаконного доручення та повідомлення про серйозні порушення; незалежна дисциплінарна процедура; публічний реєстр дисциплінарної практики; цифрова простежуваність професійного процесу.

5. Практичне значення дослідження полягає в тому, що запропонована модель може бути використана як концептуальна основа для оновлення профільного законодавства України, програм підвищення кваліфікації, стандартів саморегулівних організацій і цифрових сервісів у сфері просторових даних. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням проєктів конкретних законодавчих змін, моделі дисциплі-

нарного провадження, типових форм декларації доброчесності, а також методик ризик-орієнтованого виявлення етичних порушень у цифрових кадастрових і геодезичних системах.

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: 22.04.2026).
2. Про Державний земельний кадастр : Закон України від 07.07.2011 № 3613-VI // База даних "Законодавство України" / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/3613-17 (дата звернення: 22.04.2026).
3. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність : Закон України від 23.12.1998 № 353-XIV // База даних "Законодавство України" / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/353-14 (дата звернення: 22.04.2026).
4. Деякі питання функціонування Державного картографо-геодезичного фонду України : Постанова Кабінету Міністрів України від 19.01.2024 № 67 // База даних "Законодавство України" / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/67-2024-%D0%BF (дата звернення: 22.04.2026).
5. FIG. Statement of Ethical Principles and Model Code of Professional Conduct. FIG Publication No. 17. URL: https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub17/figpub17.asp (date of access: 22.04.2026).
6. RICS. Rules of Conduct. Effective from 02 February 2022. URL: https://www.rics.org/content/dam/ricsglobal/documents/standards/2021_roc_en.pdf (date of access: 22.04.2026).
7. CLGE. Code of Conduct for European Surveyors. URL: https://www.clge.eu/wp-content/uploads/2015/11/Code-of-Conduct-European-Surveyors.pdf (date of access: 22.04.2026).
8. Canada Lands Surveyors Regulations, SOR/99-142 // Justice Laws Website. URL: https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/sor-99-142/FullText.html (date of access: 22.04.2026).
9. Canada Lands Surveyors Act, S.C. 1998, c. 14 // Justice Laws Website. URL: https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/L-5.8/ (date of access: 22.04.2026).
10. Land Surveyors (Code of Professional Conduct and Ethics) Rules // Singapore Statutes Online. URL: https://sso.agc.gov.sg/SL/156-R5 (date of access: 22.04.2026).
11. South African Geomatics Council. Code of Conduct. URL: https://sagc.org.za/legislation/ (date of access: 22.04.2026).
12. Board of Surveying and Spatial Information. Ethics and Code of Professional Conduct. February 2021. URL: https://www.bossi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0003/223671/BOSSI_Ethics_and_Code_of_Professional_Conduct_E1.1.pdf (date of access: 22.04.2026).
13. Texas Board of Professional Engineers and Land Surveyors. Continuing Education Requirements for Land Surveyors. URL: https://pels.texas.gov/cep.htm (date of access: 22.04.2026).
14 National Society of Professional Surveyors. Creed and Canons of Ethics. URL: https://nsps.us.com/page/CodeOfEthics (date of access: 22.04.2026).
15. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Code of Ethics. URL: https://www.asprs.org/divisions/pd/code-of-ethics.html (date of access: 22.04.2026).
16. FAO. Good Governance in Land Tenure and Administration. FAO Land Tenure Studies 9. Rome : FAO, 2007. URL: https://www.fao.org/4/a1179e/a1179e00.htm (date of access: 22.04.2026).
17. Plimmer, F., Sayce, S. Ethics and Professional Standards for Surveyors towards a Global Surveying Profession // FIG Work-

ing Week 2003. URL: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig_2003/TS_9/TS9_1_Plimmer_Sayce.pdf (date of access: 22.04.2026).
18. Adler, Y., Benhamu, M. Professional Ethics for Licensed Surveyors: The Proposal for a Social Contract // FIG Working Week 2007. URL: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2007/papers/ts_7e/ts07e_03_adler_benhamu_1503.pdf (date of access: 22.04.2026).
19. Foster, D. Globalized Ethics: Current Norms and Future Challenges for the Surveying Profession // FIG Congress 2018. URL: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2018/papers/ts01a/TS01A_foster_9204.pdf (date of access: 22.04.2026).
20. CLGE. Professional Recognition – Austria. URL: https://www.clge.eu/dpkb-database/professional-recognition (date of access: 22.04.2026).

References

1. Verkhovna Rada Ukrainy. (2003). Pro zemleustrii: Zakon Ukrainy № 858-IV [On land management: Law of Ukraine No. 858-IV]. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/858-15 [in Ukrainian]
2. Verkhovna Rada Ukrainy. (2011). Pro Derzhavnyi zemelnyi kadastr: Zakon Ukrainy № 3613-VI [On the State Land Cadastre: Law of Ukraine No. 3613-VI]. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/3613-17 [in Ukrainian]
3. Verkhovna Rada Ukrainy. (1998). Pro topohrafo-heodezychnu i kartohrafichnu diialnist: Zakon Ukrainy № 353-XIV [On topographic, geodetic and cartographic activity: Law of Ukraine No. 353-XIV]. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/353-14 [in Ukrainian]
4. Kabinet Ministriv Ukrainy. (2024). Deiaki pytannia funktsionuvannia Derzhavnoho kartohrafo-heodezychnoho fondu Ukrainy: Postanova № 67 [Some issues of functioning of the State Cartographic and Geodetic Fund of Ukraine: Resolution No. 67]. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/67-2024-%D0%BF [in Ukrainian]
5. FIG. (n.d.). Statement of ethical principles and model code of professional conduct (FIG Publication No. 17). Available at: https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub17/figpub17.asp
6. RICS. (2022). Rules of conduct. Available at: https://www.rics.org/content/dam/rics-global/documents/standards/2021_roc_en.pdf
7. CLGE. (n.d.). Code of conduct for European surveyors. Available at: https://www.clge.eu/wp-content/uploads/2015/11/Code-of-Conduct-European-Surveyors.pdf
8. Government of Canada. (1999). Canada Lands Surveyors Regulations (SOR/99-142). Available at: https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/sor-99-142/FullText.html
9. Government of Canada. (1998). Canada Lands Surveyors Act (S.C. 1998, c. 14). Available at: https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/acts/L-5.8/
10. Singapore Statutes Online. (n.d.). Land Surveyors (Code of Professional Conduct and Ethics) Rules. Available at: https://sso.agc.gov.sg/SL/156-R5
11. South African Geomatics Council. (n.d.). Code of conduct. Available at: https://sagc.org.za/legislation/
12. Board of Surveying and Spatial Information. (2021). Ethics and code of professional conduct. Available at: https://www.bossi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0003/223671/BOSSI_Ethics_and_Code_of_Professional_Conduct_E1.1.pdf
13. Texas Board of Professional Engineers and Land Surveyors. (n.d.). Continuing education requirements for land surveyors. Available at: https://pels.texas.gov/cep.htm
14. National Society of Professional Surveyors. (n.d.). Creed and canons of ethics. Available at: https://nsps.us.com/page/CodeOfEthics

15. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. (n.d.). Code of ethics. Available at: https://www.asprs.org/divisions/pd/code-of-ethics.html
16. FAO. (2007). Good governance in land tenure and administration (FAO Land Tenure Studies No. 9). Rome: FAO. Available at: https://www.fao.org/4/a1179e/a1179e00.htm
17. Plimmer, F., & Sayce, S. (2003). Ethics and professional standards for surveyors towards a global surveying profession. In FIG Working Week 2003. Available at: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig_2003/TS_9/TS9_1_Plimmer_Sayce.pdf
18. Adler, Y., & Benhamu, M. (2007). Professional ethics for licensed surveyors: The proposal for a social contract. In FIG Working Week 2007. Available at: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2007/papers/ts_7e/ts07e_03_adler_benhamu_1503.pdf
19. Foster, D. (2018). Globalized ethics: Current norms and future challenges for the surveying profession. In FIG Congress 2018. Available at: https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2018/papers/ts01a/TS01A_foster_9204.pdf
20. CLGE. (n.d.). Professional recognition – Austria. Available at: https://www.clge.eu/dpkb-database/professional-recognition

Martyn A., Kolganova I.

FROM DOCUMENT COMPLIANCE TO INTEGRITY CONTROL: LEGAL FOUNDATIONS FOR REGULATING PROFESSIONAL ETHICS IN LAND MANAGEMENT AND TOPOGRAPHIC-GEODETIC ACTIVITY IN UKRAINE

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 41-55.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.03

Abstract. *The article substantiates the need to move from a narrow understanding of quality in land management and topographic-geodetic activity as mere compliance of documentation with legal, regulatory and technical requirements to a broader model that also includes professional integrity, independence, transparency, responsibility to society and resistance to improper influence. On the basis of a comparative legal analysis of Ukrainian legislation and the official ethical frameworks of FIG, RICS, CLGE, Canada, Singapore, South Africa, Australia and related U.S. professional associations, the study demonstrates that effective ethics regulation in contemporary jurisdictions is not limited to declarative values. It is built as a multi-level architecture of enforceable duties, conflict-of-interest disclosure, continuing professional development, complaints handling, disciplinary sanctions and public accountability. The paper shows that the current Ukrainian control model mainly validates the content, structure and technical characteristics of documentation and electronic files, but does not adequately detect concealed conflicts of interest, deliberate distortion of professional judgment, failure to disclose material limitations of data or fictitious personal supervision by a certified professional. The scientific novelty lies in the concept of integrity-sensitive regulation. Its core elements are a statutory oath for certified land survey engineers and geodetic engineers, breach of oath as a distinct disciplinary delict, a mandatory declaration of professional integrity attached to each work product, an ethics component in continuing education, an independent disciplinary procedure and a public register of disciplinary practice. The proposed model is intended to strengthen trust in land and geodetic documentation, reduce corruption risks, protect rights holders and reinforce the public interest in spatial data governance.*

Keywords: *professional ethics; land management; topographic-geodetic activity; oath; professional integrity; conflict of interest; disciplinary liability; foreign experience.*

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 30.09.2026; Прийнято: 12.10.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК 332.3:338.43 http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.04

РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ АГРОБІЗНЕСУ В СИСТЕМІ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТЕРИТОРІЙ

Т.Є. КАЛИНА,
доктор економічних наук, професор,
E-mail: tkalinka.zin@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2705-9382
ПЗВО «Міжнародний класичний університеті імені Пилипа Орлика»
Р.М. СТУПЕНЬ,
доктор економічних наук, професор,
E-mail: romomas@ukr.net
ORCID: 0000-0002-4951-2838
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького
О.І. СТУПЕНЬ,
кандидат економічних наук, доцент,
E-mail: oksanastupen1990@gmail.com
ORCID: 0000-0001-6702-0987
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького

Анотація. *Актуальність дослідження зумовлена масштабними трансформаціями сільськогосподарського землекористування України внаслідок воєнних дій, що проявляються у скороченні та структурних змінах посівних площ, мінному та іншому вибухонебезпечному забрудненні територій, пошкодженні ґрунтового покриву, порушенні виробничої і меліоративної інфраструктури. Метою дослідження є обґрунтування теоретичних положень та визначення пріоритетних напрямів раціоналізації землекористування підприємств агробізнесу в умовах повоєнного відновлення. Методологічну основу дослідження становлять системний та еколого-економічний підходи; використано методи аналізу і синтезу, порівняння, систематизації та узагальнення, статистичний і графічний методи. Уточнено зміст раціоналізації землекористування підприємств агробізнесу як цілеспрямованого процесу удосконалення структури, просторової організації, способів та інтенсивності використання земель відповідно до їх фактичного стану, продуктивного потенціалу, економічних інтересів підприємства, екологічних і безпекових обмежень. Систематизовано основні складові раціоналізації землекористування та проаналізовано трансформацію посівних*

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

площ. Обґрунтовано, що повоєнне відновлення не повинно передбачати механічного відтворення довоєнної моделі землекористування. Наукова новизна полягає в обґрунтуванні диференційованого підходу до вибору напрямів подальшого використання земель залежно від їх фактичного стану, характеру та ступеня порушення, безпекових обмежень, можливостей відновлення продуктивного потенціалу та економічної доцільності. Практична значущість одержаних результатів полягає у можливості їх використання підприємствами агробізнесу для обґрунтування пріоритетності відновлювальних заходів, вибору способів подальшого використання земель та формування адаптивної моделі землекористування в умовах повоєнного відновлення.

Ключові слова: *раціоналізація землекористування, підприємства агробізнесу, сільськогосподарські землі, повоєнне відновлення, воєнний вплив, продуктивний потенціал земель, відновлення земель, адаптивне землекористування.*

Постановка проблеми

Підприємства агробізнесу за сучасних умов функціонують під впливом масштабних викликів, спричинених воєнними діями, які безпосередньо позначаються на можливостях здійснення господарської діяльності та використання земельних ресурсів. Воєнний вплив призводить до порушення сформованих виробничих і просторових зв'язків, обмеження доступу до земельних ділянок, мінного, вибухонебезпечного та іншого забруднення територій, механічного пошкодження ґрунтового покриву, руйнування меліоративної, транспортної та виробничої інфраструктури і посилення деградаційних процесів. В результаті частина земель втрачає можливість повноцінного господарського використання, змінюються умови ведення аграрного виробництва, а підприємства змушені адаптувати сформовані системи землекористування до нових безпекових, економічних та екологічних обмежень. Особливої актуальності зазначена проблема набуває в контексті повоєнного відновлення, оскільки повернення земель до господарського обігу не повинно зводитися виключно до відтворення довоєнних параметрів використання, де різний характер і ступінь порушення земель зумовлюють необхідність оцінювання їх фактичного стану, продуктивного потенціалу та придатності до подальшого сільськогосподарського використання. За таких умов важливого значення набуває раціоналізація землекористування підприємств агробізнесу, орієнтована на приведення структури, способів та інтенсивності використання земель у відповідність до їх фактичного стану, природно-ресурсного потенціалу, екологічних обмежень, безпекових ризиків і економічних можливостей суб'єктів господарювання, що на відміну від простого відновлення порушених земель, раціоналізація передбачає перегляд сформованих підходів до організації землекористування та пошук такого співвідношення виробничих, економічних і екологічних параметрів, яке забезпечуватиме ефективне використання земельних ресурсів без поглиблення деградаційних процесів. В такому ключі, повоєнне відновлення створює необхідність не лише відновлення ви-

робничого потенціалу підприємств агробізнесу, а і формування якісно нових підходів до організації їх землекористування, що актуалізує необхідність обґрунтування змісту та напрямів його раціоналізації, які мають забезпечувати диференційований вибір способів подальшого використання земель, відновлення продуктивного потенціалу, підвищення економічної ефективності та екологічної стійкості аграрного виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблематика раціонального використання земельних ресурсів, формування збалансованого землекористування та забезпечення еколого-економічної ефективності тривалий час перебуває у центрі уваги вітчизняних науковців, де сучасні дослідження дедалі більше орієнтовані на поєднання економічної результативності використання сільськогосподарських земель із необхідністю збереження продуктивного потенціалу, охорони ґрунтів та забезпечення сталості землекористування. Зокрема, Н. М. Бавровська, А. О. Кошель, О. В. Тихенко розглядають збалансоване використання сільськогосподарських земель, порушених війною, як одну з передумов сталого розвитку та повоєнного відновлення, акцентуючи увагу на необхідності узгодження цілей використання та охорони земель [3, с. 49]. Повномасштабні воєнні дії суттєво розширили проблематику досліджень землекористування, актуалізувавши питання оцінювання масштабів порушення сільськогосподарських земель, деградації, забруднення та вибуття з господарського використання. Коломієць Л.П. Шевченко І.П, Повидало В.М, Терещенко О.М, Шквир І.М. досліджують стан ґрунтового покриву земель, порушених унаслідок воєнних дій, та обґрунтовують комплекс заходів щодо їх відновлення [8, с. 55]. Т.Є. Харитонова та Х.А. Григор'єва розглядають післявоєнне відновлення сільськогосподарських земель як комплексний процес, що поєднує фізичні, хімічні й біологічні процеси з відповідними організаційно-правовими заходами, приділяючи окрему увагу розмінуванню, земельним правовідносинам і державній підтримці [15, с.485]. Розвитку управлінський аспект відновлення та реабілітації земель отримав у дослідженні Н. Хомюк, де пошкоджені землі сільськогосподарського призначення розглядаються на засадах сталого, інклюзивного та смарт-розвитку, а традиційні підходи до управління земельними ресурсами пропонуються автором переглядати з урахуванням довгострокових екологічних ризиків та економічної відновлюваності аграрного виробництва [16, с.17]. Окремий напрям сучасних досліджень становить просторове оцінювання трансформацій сільськогосподарського землекористування під впливом війни, де Н. Куссуль, А. Шелестов, Б. Яйлимов, Г. Яйлимова та інші на основі супутникових даних Sentinel і методів машинного навчання дослідили зміни сільськогосподарського землекористування України у 2016-2024 рр. та встановили істотне скорочення оброблюваних земель, особливо на територіях, які охоплені воєнними діями [1]. Дослідження просторової динаміки сільськогосподарських земель засвідчують поширення процесів припинення обробітку та залишення земель, водночас звертаючи увагу на необхідність розмежування

тимчасово необроблюваних і фактично покинутих земель під час планування їх подальшого відновлення. Тож, в науковій літературі сформовано значний доробок щодо раціонального та збалансованого використання земель, оцінювання наслідків воєнного впливу, відновлення і реабілітації пошкоджених сільськогосподарських територій, водночас переважна частина досліджень зосереджена на земельних ресурсах загалом, окремих видах їх пошкодження, екологічній реабілітації або просторовому моніторингу. Недостатньо дослідженим залишається питання раціоналізації землекористування безпосередньо на рівні підприємств агробізнесу, для яких земельні ресурси одночасно виступають просторовим базисом, основним засобом виробництва і визначальним чинником економічної стійкості, що зумовлює необхідність обґрунтування напрямів раціоналізації землекористування підприємств агробізнесу в системі повоєнного відновлення з урахуванням фактичного стану земель, характеру їх порушення, можливостей відновлення, екологічних обмежень та економічної доцільності подальшого використання.

Мета та завдання досліджень. Мета дослідження полягає в обґрунтуванні теоретичних положень та визначенні пріоритетних напрямів раціоналізації землекористування підприємств агробізнесу в умовах повоєнного відновлення. Для досягнення поставленої мети передбачено розкрити сутність раціоналізації землекористування підприємств агробізнесу, оцінити вплив воєнних дій на стан і можливості використання сільськогосподарських земель, систематизувати основні чинники та обмеження їх подальшого використання, а також обґрунтувати напрями раціоналізації землекористування з урахуванням економічної доцільності, екологічної стійкості та необхідності відновлення продуктивного потенціалу земель.

Матеріали і методи дослідження

Інформаційну основу дослідження становили наукові праці вітчизняних і зарубіжних учених з питань раціонального землекористування та повоєнного відновлення сільськогосподарських земель, офіційні статистичні і аналітичні матеріали щодо стану земельних ресурсів, наслідків воєнного впливу та функціонування вітчизняного аграрного сектору. Методологічною основою дослідження є системний та еколого-економічний підходи, що дозволили розглядати землекористування підприємств агробізнесу як сукупність взаємопов'язаних економічних, екологічних і просторових складових. У процесі дослідження застосовано методи аналізу та синтезу - для узагальнення теоретичних положень щодо раціоналізації землекористування; статистичний і порівняльний - для оцінювання змін та наслідків воєнного впливу на сільськогосподарські землі; систематизації та групування - для визначення основних чинників, обмежень і напрямів їх подальшого використання; графічний метод - для представлення концептуальної моделі раціоналізації землекористування підприємств агробізнесу в умовах повоєнного відновлення.

Результати та їх обговорення

Функціонування підприємств агробізнесу безпосередньо пов'язане з використанням земельних ресурсів,

які одночасно є просторовим базисом господарської діяльності, основним засобом сільськогосподарського виробництва та складовою ресурсного потенціалу підприємства. На відміну від інших виробничих ресурсів, земля характеризується територіальною фіксованістю, обмеженістю, неоднорідністю якісних властивостей і залежністю результативності її використання від природних, екологічних та антропогенних чинників. Відповідно, ефективність діяльності підприємств агробізнесу визначається не лише площею залучених до господарського використання земель, а їх якісним станом, просторовою організацією, структурою угідь, інтенсивністю використання та здатністю зберігати продуктивний потенціал у довгостроковій перспективі.

В науковій літературі зміст категоріального поняття «раціональне використання земель» змінювався відповідно до розвитку земельних відносин, екологічних вимог та підходів до організації сільськогосподарського виробництва. В економічно орієнтованих підходах раціональність землекористування насамперед пов'язана з ефективністю та доцільністю використання земель. В сучасних дослідженнях економічний аспект раціонального землекористування розглядається у взаємозв'язку з формуванням дієвих механізмів регулювання використання сільськогосподарських земель. Зокрема, О. І. Дребот, Д. С. Добряк та П. П. Мельник обґрунтовують необхідність економічного регулювання раціонального сільськогосподарського землекористування, спрямованого на забезпечення ефективного використання земельних ресурсів із одночасним збереженням та відтворенням їх якісних характеристик [5, с. 6]. Розвиток теоретичних засад раціонального землекористування характеризується поступовим посиленням його екологічної та просторової складових. Так, Т. М. Прядка, О. І. Дребот та Н. В. Комарова пов'язують сталий (збалансований) розвиток землекористування з екологізацією використання земельних ресурсів, забезпеченням екологічної стабільності територій та формуванням відповідної системи земельного устрою [11, с.20]. Водночас у дослідженнях А. М. Третяк, О.С. Будзяк та В. М. Третяк раціональність використання земель розглядається крізь призму екології землекористування, землеустрою, охорони земель та забезпечення збалансованого розвитку земельних відносин [6]. В сучасних дослідженнях раціональне землекористування дедалі частіше розглядається як комплексна категорія, що передбачає узгодження економічних, екологічних, соціальних та просторових інтересів. І. П. Купріянчик, О. С. Дорош, О. В. Сакаль та Є. В. Бутенко розглядають раціональне використання земель у безпосередньому взаємозв'язку з охороною, збереженням якісного стану та забезпеченням сталого використання земельних ресурсів [9]. Сучасний розвиток такого підходу простежується також у дослідженнях Й. М. Дорош, Ш. І. Ібатуллін, А. В. Тарнопольський, О. С. Дорош, О. В. Сакаль, Р. Ю. Деркульський, І. П. Купріянчик та ін., які акцентують увагу на плануванні сталого використання і охорони сільськогосподарських земель, зонуванні та формуванні організаційно-просторових передумов збалансованого землекористування [13, с. 55]. Узагальнення наукових підходів дозволяє конста-

тувати поступове розширення змісту раціонального використання земель: від переважно економічної ефективності та максимізації господарського результату до необхідності узгодження продуктивного використання земель з їх охороною, відтворенням родючості, забезпеченням екологічної стійкості та оптимальної просторової організації.

Відтак, раціональне землекористування слід розглядати як якісний стан використання земельних ресурсів, за якого забезпечується ефективне залучення до господарської діяльності з урахуванням природних властивостей, продуктивного потенціалу та встановлених обмежень на засадах збалансованого використання земель. Водночас поняття «раціональне землекористування» та «раціоналізація землекористування» не є тотожними. Аналіз наукових праць [9, 14] свідчить, що значно більшого теоретичного розвитку набуло поняття раціонального використання земель, тоді як раціоналізація землекористування переважно розглядається через окремі заходи щодо оптимізації структури земель, удосконалення просторової організації, охорони, відновлення родючості, запобігання деградації та підвищення ефективності використання земельних ресурсів. В такому ключі доцільним є застосування процесного підходу до розуміння раціоналізації землекористування: якщо раціональне землекористування характеризує бажаний якісний стан і результат використання земельних ресурсів, то раціоналізація відображає процес переходу від фактично сформованого стану землекористування до більш економічно ефективної, екологічно збалансованої та просторово обґрунтованої моделі. Такий процес передбачає не лише усунення наявних недоліків у використанні земель, а і систематичне оцінювання їх стану, визначення обмежень і ризиків, перегляд структури та інтенсивності використання, вибір альтернативних способів господарського освоєння, здійснення відновлювальних, землеохоронних заходів та оцінювання результативності прийнятих рішень. Особливого значення таке розмежування набуває для підприємств агробізнесу в умовах воєнного та повоєнного періоду, оскільки воєнні дії змінюють фізичний та екологічний стан земель, можливості доступу, рівень безпечності господарського використання, виробничу інфраструктуру та економічну доцільність повернення окремих ділянок до попередніх способів використання. Тому відновлення землекористування не повинно передбачати автоматичного відтворення його довоєнної структури, а залежно від фактичного стану земель можуть бути необхідними їх повернення до сільськогосподарського обігу після проведення відповідних відновлювальних заходів, зміна інтенсивності чи способу використання, трансформація угідь, застосування ґрунтозахисних технологій або консервація деградованих і малопродуктивних земель.

З огляду на зазначене, під раціоналізацією землекористування підприємств агробізнесу пропонуємо розуміти цілеспрямований і безперервний процес удосконалення структури, просторової організації, способів та інтенсивності використання земельних ресурсів відповідно до їх фактичного стану, продуктивного потенціалу, економічних інтересів підприємства, екологічних і безпекових обмежень та зовнішніх ризиків,

спрямований на забезпечення економічної ефективності, відновлення і збереження продуктивного потенціалу земель та довгострокової стійкості аграрного виробництва. Враховуючи багатоаспектність землекористування підприємств агробізнесу, його раціоналізація не може обмежуватися лише підвищенням економічної ефективності використання земель або оптимізацією структури угідь, а охоплює сукупність взаємопов'язаних змін у просторовій організації, характері та інтенсивності використання земель, способах їх охорони і відновлення, а також у системі прийняття управлінських рішень. В умовах воєнного та повоєнного періоду до традиційних економічних і екологічних параметрів додаються безпекові обмеження та необхідність диференціації земель залежно від характеру і ступеня їх порушення (рис.1).

Тож, наведена на рис.1 систематизація складових раціоналізації землекористування підприємств агробізне-

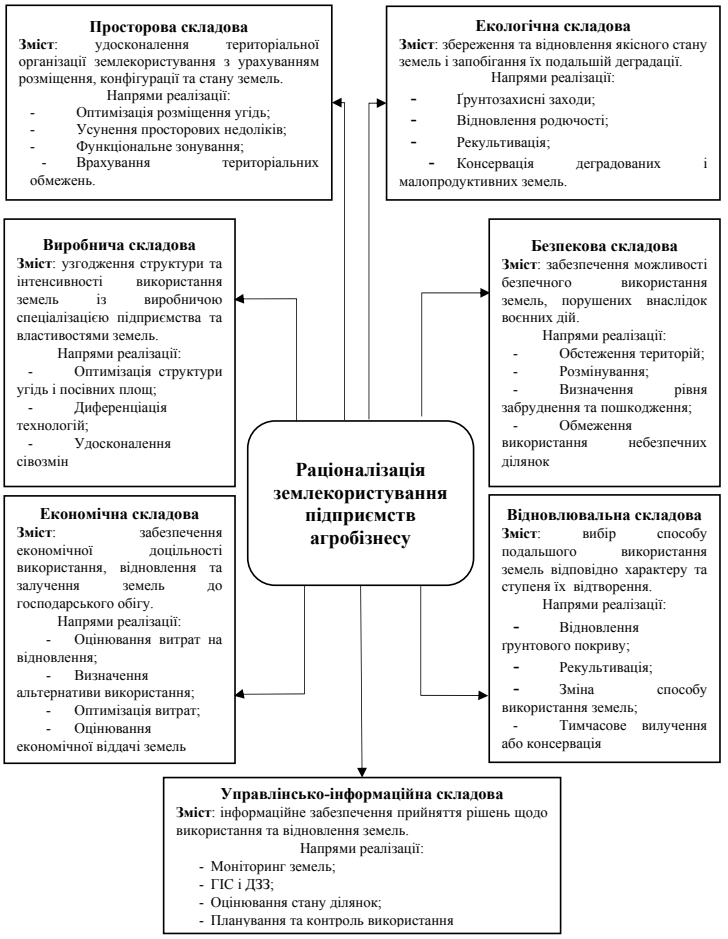


Рис.1. Основні складові раціоналізації землекористування

Джерело: розробка колективу авторів

су свідчить, що вона має комплексний характер і передбачає взаємоузгодження просторових, виробничих, економічних, екологічних, безпекових, відновлювальних та управлінсько-інформаційних рішень. При цьому, в умовах повоєнного відновлення пріоритетність окремих складових визначатиметься фактичним станом земель конкретного підприємства: для земель, що не зазнали істотного порушення, основний акцент може бути зроблено на оптимізації структури та інтенсивності використання; для пошкоджених земель - на відновленні їх продуктивного потенціалу; для забруднених або потенційно небезпечних - на попередньому обстеженні та забезпеченні безпечності; для деградованих і малопродуктивних - на зміні характеру використання або консервації. Отже, раціоналізація передбачає не уніфіковане повернення земель до довоєнного використання, а диференційований вибір найбільш доцільного напряму їх подальшого використання.

Необхідність диференційованого підходу до організації землекористування посилюється масштабними змінами, що відбулися в аграрному секторі внаслідок воєнних дій. Одним із найбільш показових проявів таких трансформацій є зміна посівних площ, яка відображає як скорочення земель, доступних для сільськогосподарського виробництва, так і адаптацію підприємств агробізнесу до нових виробничих, економічних, логістичних та безпекових умов. Аналіз динаміки посівних площ у 2021-2025 рр. засвідчує суттєві зміни в масштабах та структурі сільськогосподарського землекористування, де найбільш відчутним стало скорочення площ під зерновими та зернобобовими культурами, які у 2025 р. становили 74,1 % рівня 2021 р. (табл.1). Водночас зміни мали різноспрямований характер: поряд зі значним скороченням площ під окремими зерновими культурами спостерігалося розширення посівів зернобобових, сої та ріпаку; порівняно стійкими залишалися площі технічних та олійних культур, які у 2025 р. становили 96,3 % довоєнного рівня, що свідчить не лише про кількісне скорочення земель, залучених до аграрного виробництва, а й про суттєві структурні зрушення у їх використанні.

Тож, трансформація посівних площ упродовж 2021–2025 рр. відображає адаптацію землекористування підприємств агробізнесу до змінених умов господарювання. Часткове відновлення посівних площ після їх різкого скорочення у перші роки повномасштабної війни відбувається одночасно зі зміною структури посівів під впливом комплексу економічних, виробничих, логістичних та безпекових чинників. Водночас одним із визначальних чинників таких трансформацій залишається безпосередній вплив воєнних дій, унаслідок якого частина сільськогосподарських земель вибула або була тимчасово обмежена у господарському використанні через окупацію територій, мінне та інше вибухонебезпечне забруднення, пошкодження ґрунтового покриву та руйнування виробничої інфраструктури. Масштабність і неоднорідність зазначених наслідків зумовлюють необхідність їх оцінювання з позиції можливостей подальшого використання та відновлення земель.

Кількісні параметри воєнного впливу свідчать про його комплексний характер та охоплюють не лише прямі пошкодження агропромисло-

1. Динаміка посівних площ основних сільськогосподарських культур в Україні у 2021-2025 рр., тис.га

Культури	2021	2022	2023	2024	2025	2025 до 2021,%
Зернові та зернобобові культури	15994,8	12251,6	11029,4	11160,8	11856,8	74,1
Пшениця	7 095,2	5494,7	4686,1	4907,4	5212,7	73,5
Кукурудза	5522,4	4334,7	4125,9	4089,1	4557,2	82,5
Ячмінь	2475,6	1783,8	1503,8	1404,1	1389,8	56,1
Жито	172,0	102,1	79,3	70,2	63,8	37,1
Овес	178,1	154,3	165,0	173,9	137,9	77,4
Гречка	89,5	121,5	147,6	91,3	59,3	66,3
Просо	82,9	50,8	89,1	94,9	33,4	40,3
Зернобобові культури	313,9	181,6	206,2	297,4	372,6	118,7
Квасоля	48,5	37,5	41,7	51,2	49,6	102,3
Сочевиця	5,4	2,9	5,2	18,0	24,7	457,4
Технічні культури	9244,5	8315,7	8963,6	9406,8	8902,6	96,3
Олійні культури	8997,7	8117,9	8691,9	9127,7	8667,9	96,3
Соняшник	6622,0	5305,6	5257,2	5036,5	5253,0	79,3
Соя	1310,8	1560,0	1854,1	2730,9	2112,6	161,2
Ріпак озимий та кольза (ріпак ярий)	1005,8	1194,5	1438,6	1254,7	1211,4	120,4
Буряк цукровий фабричний	226,7	184,1	250,6	253,7	202,9	89,5

Джерело: сформовано колективом авторів за даними [4]

вого комплексу і земельних ресурсів, а й значні економічні втрати, обмеження доступу до земель унаслідок мінного та іншого вибухонебезпечного забруднення, порушення функціонування меліоративної інфраструктури та необхідність залучення значних ресурсів для відновлення безпечного сільськогосподарського використання територій. Основні показники, що характеризують масштаби зазначених наслідків та їх значення для подальшої раціоналізації землекористування підприємств агробізнесу, систематизовано в табл. 2.

Наведені дані засвідчують, що наслідки воєнного впливу на сільськогосподарське землекористування мають різний характер і потребують відповідно диференційованих підходів до використання земель. При цьому забезпечення фізичного доступу до земель та їх розмінування є лише початковою передумовою повернення територій до господарського обігу, оскільки необхідні рішення мають ґрунтуватися на оцінюванні фактичного стану земель, ступеня порушення ґрунтового покриву, можливостей відновлення продуктивного потенціалу та економічної доцільності їх сільськогосподарського використання. Отже, масштаби воєнних пошкоджень актуалізують необхідність переходу від орієнтації на відновлення довоєнної моделі землекористування до ди-

2. Основні показники воєнного впливу на сільськогосподарське землекористування та їх значення для раціоналізації

Прояв впливу	Масштаб	Наслідки для землекористування	Напрям раціоналізації
Прямі пошкодження агропромислового комплексу та земельних ресурсів	12,1 млрд дол. США станом на лютий 2026 р.	пошкодження ресурсної та виробничої бази агробізнесу	оцінювання стану та визначення пріоритетності відновлення
Економічні втрати аграрного сектору	69,8 млрд дол. США за оцінкою 2024 р.	обмеження фінансових можливостей підприємств щодо відновлення та ведення виробництва	економічне обґрунтування способів подальшого використання земель
Мінне та інше вибухонебезпечне забруднення	близько 16 млн га земель під ризиком	обмеження або неможливість господарського використання	обстеження, розмінування та визначення безпечності використання
Необхідність розмінування сільськогосподарських земель	12,8–26,6 млрд дол. США	значні витрати та тривалий період повернення земель до господарського обігу	визначення пріоритетності та черговості повернення земель
Порушення меліоративної та водогосподарської інфраструктури	руйнування Каховського гідровузла	зміна умов водозабезпечення та зрошення сільськогосподарських земель	перегляд структури та інтенсивності землекористування
Повернення сільськогосподарських земель до використання	16,4 тис. га за державною програмою станом на липень 2026 р.	поступове відновлення доступного для агровиробництва земельного ресурсу	оцінювання стану земель та визначення напряму їх подальшого використання

Джерело: сформовано колективом авторів за даними [2, 7, 10, 12]

ференційованого визначення напрямів використання окремих земельних масивів, де залежно від їх фактичного стану такими напрямами є: повернення до сільськогосподарського використання, проведення відновлювальних і рекультиваційних заходів, зміна структури або інтенсивності використання, трансформація угідь чи тимчасова консервація. Дослідженнями встановлено, що в умовах повоєнного відновлення раціоналізація землекористування підприємств агробізнесу має ґрунтуватися на відмові від уніфікованого підходу до повернення земель у господарський обіг, а різний характер і ступінь порушення земель, неоднакові можливості відновлення продуктивного потенціалу, наявність безпекових та екологічних обмежень зумовлюють необхідність диференціації управлінських рішень залежно від фактичного стану конкретних земельних масивів. Вихідною умовою такого підходу повинно бути комплексне оцінювання земель, яке поєднує визначення їх безпекового стану, характеру та ступеня порушення, якісних характеристик ґрунтового покриву, продуктивного потенціалу, доступності необхідної інфраструктури та економічної доцільності відновлення. За результатами такого оцінювання доцільно визначати пріоритетний сценарій подальшого використання земель:

- повернення до сільськогосподарського виробництва без істотної зміни характеру використання;
- відновлення та рекультивацію з подальшим залученням до господарського обігу;

- коригування структури та інтенсивності використання;
- трансформацію угідь відповідно до їх фактичного стану;
- тимчасову консервацію земель, відновлення яких у короткостроковій перспективі є екологічно або економічно недоцільним.

Важливим при цьому є не лише вибір напряму подальшого використання земель, а і встановлення пріоритетності відновлювальних заходів, де першочергового повернення до господарського обігу потребують безпечні земельні масиви зі збереженим або таким, що може бути відновлений із прийнятними витратами, продуктивним потенціалом. Натомість землі зі значним ступенем порушення потребують попереднього обґрунтування доцільності їх відновлення порівняно з альтернативними варіантами використання. На нашу думку, такий підхід дозволяє спрямовувати обмежені фінансові та матеріальні ресурси підприємств на ті заходи, які забезпечують найбільший економічний, виробничий та екологічний ефект.

Висновки

Раціоналізація землекористування підприємств агробізнесу в системі повоєнного відновлення набуває адаптивного характеру та передбачає послідовний взаємозв'язок між оцінюванням фактичного стану земель, визначенням обмежень і можливостей їх використання, вибором найбільш доцільного сценарію та реалізацією відповідних організаційних, відновлювальних і управлінських заходів, результатом якої повинно стати не відтворення довоєнної структури землекористування, а формування більш стійкої моделі використання земельних ресурсів підприємств агробізнесу, здатної забезпечувати економічну ефективність виробництва, збереження і відновлення продуктивного потенціалу земель та адаптацію до нових безпекових і екологічних умов.

Список використаної літератури

1. Kussul N., Shelestov A., Yailymov B., Yailymova H., Lemoine G., Deininger K. Assessment of war-induced agricultural land use changes in Ukraine using machine learning applied to Sentinel satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2025. Vol. 140. Art. 104551. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104551.
2. Nivievskyi O., Neyter R. An interim assessment of the war-induced damages and losses in Ukraine's agriculture. *Ukrainian Analytical Digest*. 2024. No. 5. P. 2–7. DOI: https://doi.org/10.3929/ethz-b-000665476.
3. Бавровська Н. М., Кошель А. О., Тихенко О. В. Збалансоване використання сільськогосподарських земель, що постраждали внаслідок бойових дій в Україні, як передумова сталого розвитку. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2024. № 1. С. 49–58.
4. Державна служба статистики України : офіційний сайт. URL: https://stat.gov.ua/?utm_source (дата звернення: 29.09.2026).
5. Дребот О. І., Добряк Д. С., Мельник П. П. Наукові основи економічного регулювання раціонального сільськогосподарського землекористування. *Збалансоване природокористування.* 2022. № 2. С. 5-8. DOI: https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2022.261241
6. Екологія землекористування / А. М. Третяк, О. С. Будзяк, В. М. Третяк та ін. ; за заг. ред. А. М. Третяка. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 178 с.

7. Збитки та втрати аграрного сектору України складають понад $80 млрд – KSE Агроцентр / Kyiv School of Economics. 2024. URL: https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zbitki-ta-vtrati-agrarnogo-sektoru-ukrayini-skladayut-ponad-80-mlrd-kse-agrotsentr/ (дата звернення: 29.09.2026).
8. Коломієць Л. П., Шевченко І. П., Повидало В. М., Терещенко О. М., Шквир І. М. Заходи з відновлення земель сільськогосподарського призначення, порушених унаслідок воєнних дій. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 10 (847). С. 55–61. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-08.
9. Купріянчик І. П., Дорош О. С., Сакаль О. В., Бутенко Є. В. Раціональне використання та охорона земель : навч. посіб. Київ : ФОП Гуляєва В. М., 2024. 404 с.
10. Підрив Каховської ГЕС завдав Україні щонайменше $2 млрд прямих збитків – перші обрахунки KSE Institute / Kyiv School of Economics. 2023. URL: https://kse.ua/ua/about-the-school/news/pidriv-kahovskoyi-ges-zavdav-ukrayini-shhonaymenshe-2-mlrd-pryamih-zbitkiv-pershi-obrahunki-kse-institute/ (дата звернення: 29.09.2026).
11. Прядка Т. М., Дребот О. І., Комарова Н. В. Сталий (збалансований) розвиток землекористування – базова основа формування земельного устрою України. *Агроекологічний журнал*. 2024. № 3. С.18-25. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2024.311177
12. Прямі збитки інфраструктурі України через війну зросли до $197,5 млрд – оцінка KSE Institute станом на лютий 2026 року / Kyiv School of Economics. 2026. URL: https://kse.ua/ua/about-the-school/news/pryami-zbitki-infrastrukturi-ukra%D1%97ni-cherez-vijnu-zrosli-do-1975-mlrd-oczinka-kse-institute-stanom-na-lyutij-2026-roku/ (дата звернення: 29.09.2026).
13. Стратегічна екологічна оцінка у сфері землеустрою / Й. М. Дорош, Ш. І. Ібатуллін, А. В. Тарнопольський, О. С. Дорош, О. В. Сакаль, Р. Ю. Деркульський, І. П. Купріянчик, А. Й. Дорош, Є. А. Тарнопольський, Р. А. Харитоненко ; Національна академія аграрних наук України, Інститут землекористування. Київ : Компринт, 2023. 109 с.
14. Ступень Р. М., Калина Т. Є., Рижок З. Р., Ступень О. І. Використання земель сільськогосподарського призначення в умовах післявоєнного відновлення України. *Здобутки економіки: перспективи та інновації.* 2024. № 12. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15207175.
15. Харитонова Т. Є., Григор'єва Х. А. Післявоєнне відновлення сільськогосподарських земель: правові перспективи, земельні спори та державна підтримка. Аналітично-порівняльне правознавство. 2024. № 6. С. 484–490. DOI: https://doi.org/10.24144/2788-6018.2024.06.78.
16. Хомюк Н. Концептуальні підходи до управління відновленням та реабілітацією пошкоджених земель сільськогосподарського призначення на засадах сталого, інклюзивного та смарт-розвитку. *Економічний часопис Волинського національного університету імені Лесі Українки.* 2026. № 2. С. 17–26. DOI: https://doi.org/10.29038/2786-4618-2026-02-17-26.

References

1. Kussul, N., Shelestov, A., Yailymov, B., Yailymova, H., Lemoine, G., & Deininger, K. (2025). Assessment of war-induced agricultural land use changes in Ukraine using machine learning applied to Sentinel satellite data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 140, Article 104551. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104551
2. Nivievskyi, O., & Neyter, R. (2024). An interim assessment of the war-induced damages and losses in Ukraine's agri-

culture. *Ukrainian Analytical Digest,* (5), 2–7. DOI: https://doi.org/10.3929/ethz-b-000665476

3. Bavrovska, N. M., Koshel, A. O., & Tykhenko, O. V. (2024). Zbalansovane vykorystannia silskohospodarskykh zemel, shcho postrazhdaly vnaslidok boiovykh dii v Ukraini, yak peredumova staloho rozvytku [Balanced use of agricultural land affected by hostilities in Ukraine as a prerequisite for sustainable development]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, (1), 49–58.
4. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [State Statistics Service of Ukraine]. (n.d.). Ofitsiinyi sait [Official website]. Available at: https://stat.gov.ua/?utm_source
5. Drebot, O. I., Dobriak, D. S., & Melnyk, P. P. (2022). Naukovi osnovy ekonomichnoho rehuliuvannia ratsionalnoho silskohospodarskoho zemlekorystuvannia [Scientific foundations of economic regulation of rational agricultural land use]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia,* (2), 5–8. DOI: https://doi.org/10.33730/2310-4678.2.2022.261241
6. Tretiak, A. M., Budziak, O. S., Tretiak, V. M., et al. (2017). Ekolohiia zemlekorystuvannia [Land-use ecology]. Institute of Environmental Management and Balanced Nature Use. 178
7. Kyiv School of Economics. (2024). Zbytky ta vtraty ahrarnoho sektoru Ukrainy skladaiut ponad $80 mlrd – KSE Ahrotsentr [Damages and losses to Ukraine's agricultural sector exceed $80 billion – KSE Agrocenter]. Available at: https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zbitki-ta-vtrati-agrarnogo-sektoru-ukrayini-skladayut-ponad-80-mlrd-kse-agrotsentr/
8. Kolomiiets, L. P., Shevchenko, I. P., Povydalo, V. M., Tereshchenko, O. M., & Shkvyr, I. M. (2023). Zakhody z vidnovlennia zemel silskohospodarskoho pryznachennia, porushenykh unaslidok voiennykh dii [Measures for restoration of agricultural lands disturbed as a result of hostilities]. *Visnyk ahrarnoi nauky,* (10), 55–61. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202310-08
9. Kupriianchyk, I. P., Dorosh, O. S., Sakal, O. V., & Butenko, Ye. V. (2024). Ratsionalne vykorystannia ta okhorona zemel [Rational use and protection of land]. FOP Huliaieva V. M. 404
10. Kyiv School of Economics. (2023). Pidryv Kakhovskoi HES zavdav Ukraini shchonaimenshe $2 mlrd priamykh zbytkiv – pershi obrakunky KSE Institute [Destruction of the Kakhovka Hydroelectric Power Plant caused at least $2 billion in direct damages to Ukraine – first estimates by KSE Institute]. Available at: https://kse.ua/ua/about-the-school/news/pidriv-kahovskoyi-ges-zavdav-ukrayini-shhonaymenshe-2-mlrd-pryamih-zbitkiv-pershi-obrahunki-kse-institute/
11. Priadka, T. M., Drebot, O. I., & Komarova, N. V. (2024). Stalyi (zbalansovanyi) rozvytok zemlekorystuvannia – bazova osnova formuvannia zemelnoho ustroiu Ukrainy [Sustainable (balanced) land use development as the basic foundation for forming the land system of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal,* (3), 18–25. DOI: https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2024.311177
12. Kyiv School of Economics. (2026). Priami zbytky infrastrukturi Ukrainy cherez vinu zrosly do $197,5 mlrd – otsinka KSE Institute stanom na liutyi 2026 roku [Direct damage to Ukraine's infrastructure caused by the war increased to $197.5 billion – KSE Institute estimate as of February 2026]. Available at: https://kse.ua/ua/about-the-school/news/pryami-zbitki-infrastrukturi-ukra%D1%97ni-cherez-vijnu-zrosli-do-1975-mlrd-oczinka-kse-institute-stanom-na-lyutij-2026-roku/
13. Dorosh, Y. M., Ibatullin, Sh. I., Tarnopolskyi, A. V., Dorosh, O. S., Sakal, O. V., Derkulskyi, R. Yu., Kupriianchyk, I. P., Dorosh, A. Y., Tarnopolskyi, Ye. A., & Kharytonenko, R. A. (2023). Stratehichna ekolohichna otsinka u sferi zemleustroiu [Strategic environmental assessment in the field of

land management]. National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Institute of Land Use. Komprynt. 109

14. Stupen, R. M., Kalyna, T. Ye., Ryzhok, Z. R., & Stupen, O. I. (2024). Vykorystannia zemel silskohospodarskoho pryznachennia v umovakh pisliavoiennoho vidnovlennia Ukrainy [Use of agricultural land under conditions of post-war recovery of Ukraine]. *Zdobutky ekonomiky: perspektyvy ta innovatsii,* (12). DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.15207175
15. Kharytonova, T. Ye., & Hryhorieva, Kh. A. (2024). Pisliavoienne vidnovlennia silskohospodarskykh zemel: pravovi perspektyvy, zemelni spory ta derzhavna pidtrymka [Post-war restoration of agricultural land: Legal prospects, land disputes and state support]. *Analitychno-porivnialne pravoznavstvo*, (6), 484–490. DOI: https://doi.org/10.24144/2788-6018.2024.06.78
16. Khomiuk, N. (2026). Kontseptualni pidkhody do upravlinnia vidnovlenniam ta reabilitatsiieiu poshkodzhenykh zemel silskohospodarskoho pryznachennia na zasadakh staloho, inkliuzyvnoho ta smart-rozvytku [Conceptual approaches to managing the restoration and rehabilitation of damaged agricultural land based on sustainable, inclusive and smart development]. *Ekonomichnyi chasopys Volynskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky,* (2), 17–26. DOI: https://doi.org/10.29038/2786-4618-2026-02-17-26

Kalyna T., Stupen R., Stupen O.

RATIONALIZATION OF LAND USE BY AGRIBUSINESS ENTERPRISES WITHIN THE SYSTEM OF POST-WAR TERRITORIAL RECOVERY

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 56-69.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.04

Abstract. *The relevance of the study is determined by the large-scale transformations of agricultural land use in Ukraine caused by the war, manifested in the reduction and structural changes in sown areas, landmine and other explosive ordnance contamination, soil cover damage, and disruption of production and irrigation infrastructure. The aim of the study is to substantiate the theoretical foundations and identify priority areas for the rationalization of land use by agribusiness enterprises in the context of post-war recovery. The methodological framework of the study is based on systemic and ecological-economic approaches. The methods of analysis and synthesis, comparison, systematization and generalization, as well as statistical and graphical methods, were applied. The concept of land-use rationalization by agribusiness enterprises is further elaborated as a purposeful process of improving the structure, spatial organization, methods, and intensity of land use in accordance with the actual condition of land, its productive potential, the economic interests of enterprises, and environmental and security constraints. The main components of land-use rationalization are systematized, and the transformation of sown areas is analyzed. It is substantiated that post-war recovery should not involve the mechanical restoration of the pre-war land-use model. The scientific novelty of the study lies in substantiating a differentiated approach to selecting directions for further land use depending on the actual condition of land, the nature and extent of its disturbance, security constraints, the potential for restoring its productive capacity, and economic feasibility. The practical significance of the results lies in their applicability by agribusiness enterprises to substantiate the prioritization of restoration measures, select appropriate options for further land use, and develop an adaptive land-use model in the context of post-war recovery.*

Keywords: *land-use rationalization, agribusiness enterprises, agricultural land, post-war recovery, war impacts, land productive potential, land restoration, adaptive land use.*

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 30.09.2026; Прийнято: 15.10.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК 332.36:338.2 http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.05

ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ЗЕМЕЛЬ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВПЛИВУ ВОЄННИХ НАСЛІДКІВ І ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

І. П. КУПРІЯНЧИК,
доктор економічних наук, професор
E-mail: kupriyanchyk_i@nubip.edu.ua
ORCID ID: 0000-0003-1348-2128
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Анотація. *Актуальність дослідження зумовлена необхідністю трансформації системи охорони земель України в умовах масштабних воєнно-техногенних порушень земельного та ґрунтового покриву і формування завдань повоєнного відновлення. Метою дослідження є теоретико-методологічне обґрунтування напрямів трансформації системи охорони земель України з урахуванням безпекових, екологічних, землевпорядних, моніторингових та євроінтеграційних вимог. Методичною основою стали системний, структурно-функціональний, порівняльно-правовий методи, контент-аналіз нормативно-правових актів і наукових джерел, а також логічне моделювання. Обґрунтовано, що повоєнна система охорони земель має поєднувати інформацію про вибухонебезпечне забруднення, фактичний стан ґрунтів, кадастрово-правові характеристики, землевпорядні рішення, механізми фінансування відновлення та подальший моніторинг. Систематизовано інституційно-правовий, еколого-економічний, землевпорядно-планувальний, моніторинговий і воєнно-відновлювальний підходи. Запропоновано доповнення принципів державної політики у сфері охорони земель принципами екологічної безпеки повоєнного землекористування, безпечного повернення земель у використання, наближення до права ЄС, забезпечення здоров'я ґрунтів, екосистемної цілісності та кліматично стійкого землекористування. Наукова новизна полягає у формуванні цілісного бачення охорони земель як системи управління безпечністю, станом і відновленням земельних ресурсів. Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання для вдосконалення нормативно-правових засад, землевпорядного забезпечення та моніторингу повоєнного відновлення земель.*

Ключові слова: *охорона земель, відновлення земель, землеустрій, моніторинг земель, здоров'я ґрунтів, управління земельними ресурсами, повоєнне відновлення.*

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Актуальність

Земельні ресурси України в сучасних умовах одночасно виконують виробничу, просторову, екологічну, соціальну та безпекову функції. Повномасштабна війна суттєво змінила характер негативних впливів на землю: поряд з ерозією, дегуміфікацією, ущільненням, забрудненням, порушенням структури угідь та іншими традиційними процесами виникли специфічні воєнно зумовлені форми порушення — мінування, забруднення вибухонебезпечними предметами, механічне руйнування ґрунтового профілю, утворення вирв, перемішування генетичних горизонтів, забруднення продуктами детонації, уламками техніки й паливно-мастильними матеріалами, пошкодження гідротехнічної та меліоративної інфраструктури. Відповідно, сьогодні ця зміна інтерпретується як перехід до розуміння землі не лише як засобу виробництва та об'єкта майнових відносин, а як екологічної, економічної, соціальної та безпекової цінності.

У Законі України «Про охорону земель» закладено базову систему правових, організаційних, економічних і технологічних заходів, спрямованих на раціональне використання земель, збереження та відтворення родючості ґрунтів і запобігання негативному антропогенному впливу [1]. Разом із тим наслідки впливу війни формують управлінську ситуацію, у якій юридична належність земельної ділянки до певної категорії та наявність установленого цільового призначення вже не є достатньою передумовою для фактичного її відновлення та використання. Вагомого значення набувають дані про вибухонебезпечне забруднення, фізичний стан земель і ґрунтів, хімічне забруднення, стан інфраструктури та можливість безпечного здійснення відповідного виду діяльності.

В Україні вже сформовано окремі елементи нової інформаційно-управлінської архітектури. Постановою Кабінету Міністрів України № 740 створено нормативні засади Реєстру територій, забруднених (імовірно забруднених) вибухонебезпечними предметами [2]. Реєстр передбачає накопичення результатів нетехнічного обстеження, дистанційних досліджень та заходів з очищення територій. Постановою № 848 затверджено новий Порядок проведення моніторингу земель і ґрунтів [3]. Отже, наукова проблема полягає не лише у відсутності окремих інструментів, а передусім у функціональному розриві між інформацією про небезпеку, даними про стан ґрунтів, кадастрово-правовими характеристиками земельної ділянки, землевпорядним рішенням, фінансуванням відновлення та подальшим моніторингом. Саме подолання цього розриву має бути одним із методологічних завдань сучасної системи охорони земель.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для України, охорона земель є стратегічним напрямом державної політики та запорукою сталого розвитку держави, оскільки земля в Україні виступає не лише просторовою основою господарської діяльності, а й основним національним багатством, базою продовольчої безпеки, екологічної стабільності та післявоєнного відновлення.

Охорона та використання земель є взаємопов’язаними складовими єди-

ної системи земельних відносин. Використання земель без охорони призводить до виснаження, деградації та втрати екологічних функцій ґрунтового покриву, тоді як охорона земель без раціонального використання не забезпечує повноцінного соціально-економічного розвитку територій.

Офіційне визначення охорони земель закріплене у статті 162 Земельного кодексу України, де охорона земель – це система правових, організаційних, економічних та інших заходів, спрямованих на раціональне використання земель, запобігання необґрунтованому вилученню земель сільськогосподарського і лісогосподарського призначення, захист від шкідливого антропогенного впливу, відтворення і підвищення родючості ґрунтів, підвищення продуктивності земель лісогосподарського призначення та забезпечення особливого режиму використання земель природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного й історико-культурного призначення [4].

Закон України «Про охорону земель» деталізує це поняття й підкреслює, що охорона земель включає правові, економічні та соціальні основи, а її метою є забезпечення раціонального використання земель, відтворення та підвищення родючості ґрунтів, збереження екологічних функцій ґрунтового покриву й охорона довкілля [1].

У наукових дослідженнях проблема охорони земель розглядається як комплексне завдання, що поєднує екологічні, агровиробничі, правові, просторові та безпекові аспекти. Вагомою теоретичною основою для розуміння цих процесів є праця О. І. Фурдичка, О. І. Дребот, О. С. Дем'янюк, Є. Д. Ткача та А. А. Бунас «Екологія агросфери» (2022), у якій агросфера розглядається як складна природно-господарська система. Автори акцентують увагу на необхідності екологізації сільськогосподарського виробництва, збереження ґрунтового покриву, підтримання екологічної рівноваги агроландшафтів і формування збалансованого землекористування [5].

Практичне спрямування проблеми охорони земель розкрито у науково-методичних рекомендаціях В. Ф. Камінського, Л. П. Коломієць, І. П. Шевченка, В. М. Повидала, В. М. Штакала та М. І. Шквира щодо консервації деградованих, малопродуктивних і техногенно забруднених орних земель. У цій праці обґрунтовано необхідність вилучення з інтенсивного обробітку земель, які втратили продуктивний потенціал або становлять екологічну небезпеку. Особливу увагу приділено запобіганню виснаженню ґрунтів, відновленню їхніх екологічних функцій та переходу до більш безпечних моделей використання деградованих земель [6].

Подальший розвиток цього напряму простежується у праці Л. П. Коломієць, І. П. Шевченка, В. М. Повидала, М. І. Шквира, Ю. П. Близнюка та О. М. Терещенка, присвяченій функціональним моделям ґрунтоводоохоронних екологічно збалансованих агроландшафтів у зоні Лісостепу. Автори розглядають охорону земель не лише як систему обмежувальних заходів, а як просторово організовану модель землеробства, що має забезпечувати одночасно продуктивність, протиерозійний захист, збереження водного режиму та екологічну стійкість агроландшафтів [7].

Екологічні аспекти раціонального використання й охорони земель досліджує Н. М. Бавровська, яка ак-

центує увагу на необхідності врахування деградації, забруднення, втрати родючості, порушення екологічної рівноваги та впливу воєнних дій на стан земельних ресурсів. У цьому контексті охорона земель постає не лише як правовий обов'язок власників і землекористувачів, а як елемент екологічної безпеки держави. Подібний підхід простежується і в роботі С. А. Балюка, В. В. Хареби та А. В. Кучера, які розглядають стале управління ґрунтами як основу продовольчої безпеки. Автори доводять, що збереження ґрунтового покриву, родючості та екосистемних функцій земель є стратегічною умовою сталого розвитку аграрного сектору й національної безпеки [8; 9].

Після початку повномасштабної війни в Україні науковий дискурс щодо охорони земель суттєво розширився. Й. М. Дорош, А. В. Барвінський, О. С. Дорош і Л. А. Свиридова досліджують виклики землеустрою в агросфері, спричинені військовою агресією, та обґрунтовують необхідність диференційованого підходу до відновлення земель залежно від виду пошкодження, рівня забруднення, механічного руйнування та можливості повернення земель до господарського використання. Автори підкреслюють, що традиційна землевпорядна документація має бути доповнена інструментами оцінки воєнних пошкоджень, консервації, рекультивації та безпечного відновлення землекористування [10].

Костяшкіною І. О. та Луцюк О. В. охорона земель розглядається через призму сталого розвитку. Автори вважають, що охорона земель передбачає їх раціональне використання, яке має визначатися не лише економічним ефектом, а й невиснажливістю, екологічною обґрунтованістю та здатністю зберігати природні ресурси для майбутніх поколінь [11].

У працях В. Теремецького, Г. Шуст, В. Нежевела, О.Піддубного та О. Михайловської охорона земель розглядається через систему державного управління, публічного адміністрування, контролю, участі громад і відповідальності органів влади. Цей підхід показує, що охорона земель не може бути покладена лише на землевласника чи землекористувача. Потрібна дієва система управління, яка поєднує державний контроль, місцеве самоврядування, кадастрову інформацію, екологічний моніторинг, економічні стимули та громадську участь [12; 13; 14].

Еколого-економічний підхід до охорони земель досліджено у наукових працях М. Ступеня, М. Богіри, О. Ступеня, З. Рижок та Т. О. Степаненко. Його сутність полягає в тому, що охорона земель повинна розглядатися не як перешкода економічному розвитку, а як умова довгострокової продуктивності аграрного сектору. М. Ступень та співавтори наголошують, що використання сільськогосподарських земель має базуватися на екологічних пріоритетах, а не лише на виробничій ефективності. Вони підкреслюють, що земля повинна сприйматися як елемент довкілля, а не тільки як засіб виробництва [15; 16].

Т. Степаненко розвиває цей підхід в умовах війни: авторка показує, що деградація, забруднення, мінування та пошкодження земель мають не лише екологічні, а й прямі економічні наслідки - зниження продуктивності, інвестиційної привабливості та стійкості аграрного сектору [16].

Заслуговують уваги й погляди О. В. Гафурової, у своїй статті про агрохімічну паспортизацію, авторка показує, що без якісних даних про стан

ґрунтів охорона земель залишається декларативною. Агрохімічна паспортизація дає змогу фіксувати рівень родючості, забезпечення поживними речовинами, забруднення токсичними речовинами та радіонуклідами. Для України цей підхід має особливе значення, оскільки в практиці управління часто переважає кількісний облік земельних ділянок, тоді як якісний стан ґрунтів враховується недостатньо. Саме тому моніторинг земель і ґрунтів має бути не додатковим елементом, а основою всієї системи охорони земель [17].

Загалом охорона земель розглядається як комплексний міждисциплінарний інститут, що поєднує земельне право, екологічне право, землеустрій, ґрунтознавство, агроекологію, економіку природокористування та просторове планування.

Мета дослідження. Метою статті є теоретико-методологічне обґрунтування напрямів трансформації підходів до системи охорони земель України.

Матеріали і методи дослідження

Інформаційною основою дослідження стали положення земельного законодавства України, нормативні акти щодо моніторингу земель і ґрунтів та обліку територій, забруднених або імовірно забруднених вибухонебезпечними предметами, положення Директиви (ЄС) 2025/2360, а також результати сучасних українських досліджень у сфері мілітарної деградації ґрунтів, класифікації порушених земель, моніторингу та інституційної трансформації землеустрою. Також застосовувалися: системний метод, структурно-функціональний, порівняльно-правовий.

Результати дослідження

У сучасних умовах охорона та використання земель в Україні набувають нового змісту, оскільки повномасштабна війна істотно змінила характер загроз земельним ресурсам. Якщо до війни основна увага приділялася проблемам ерозії, виснаження ґрунтів, забруднення агрохімікатами, надмірної розораності, нераціональної структури землекористування та порушення режимів використання земель, то сьогодні до них додалися специфічні воєнно-техногенні чинники: мінування територій, забруднення вибухонебезпечними предметами, механічне руйнування ґрунтового покриву, утворення вирв від боєприпасів, засмічення земель уламками військової техніки, забруднення паливно-мастильними матеріалами, важкими металами та продуктами вибухів.

За офіційними даними, станом на березень 2026 року в Україні зафіксовано понад 12 тис. випадків шкоди довкіллю, а збитки від забруднення ґрунтів і засмічення земельних ресурсів унаслідок ракетно-бомбових уражень оцінено у понад 1,34 трлн грн [19].

У цьому контексті повоєнне відновлення земель не може зводитися лише до повернення земельних ділянок у господарський обіг. Воно має передбачати комплексну систему дій, спрямованих на встановлення фактичного стану земель, оцінку рівня їхньої безпечності, очищення від вибухонебезпечних предметів, визначення ступеня забруднення ґрунтів, рекультивацію, відновлення родючості, екологічних функцій та формування нових моделей сталого землекористування.

Такий висновок корелюється із дослідженнями низки науковців, так С.

А Балюк із співавторами обґрунтовують, що війна суттєво змінює підходи до управління земельними ресурсами. Автори наголошують на необхідності оцінювання фактичного стану ґрунтів, виявлення воєнно зумовленої деградації, формування системи моніторингу та наукового супроводу відновлення земель. Важливим є те, що автори пов'язують відновлення земель не лише з поверненням їх у господарський обіг, а й з оцінкою екологічної безпечності та відновленням продуктивних функцій ґрунтів [20].

Отже, охорону земель у сучасному науковому розумінні варто розглядати як цілісну систему управління станом земельних ресурсів, яка охоплює правове регулювання, землеустрій, економічне стимулювання, моніторинг, оцінку шкоди, відновлення пошкоджених земель і формування сталих моделей землекористування, відповідно, це дає підстави виділити кілька основних наукових підходів до охорони земель.

Інституційно-правовий підхід. Його суть полягає в тому, що охорона земель неможлива без якісної законодавчої бази, чітких правил використання земель, кадастрової інформації та інституційної відповідальності. Охорона земель розглядається через розвиток землеустрою, імплементацію права ЄС, удосконалення земельного законодавства, класифікацію цільового призначення земель і режимні обмеження.

Еколого-економічний підхід. Його зміст полягає в тому, що земля має не лише ринкову, а й екологічну та відновлювальну цінність, разом з тим охорона земель повинна розглядатися не як перешкода економічному розвитку, а як умова довгострокової продуктивності аграрного сектору.

Землевпорядно-планувальний підхід. Цей підхід доводить, що охорона земель має реалізовуватися через просторову організацію території, планування режимів землекористування, обмеження, зонування та землеустрій.

Моніторинговий підхід. Без достовірних даних про стан земель і ґрунтів неможливо ефективно впроваджувати заходи з охорони земель. На основі даних моніторингу визначається оцінка антропогенного впливу та індекс екологічного благополуччя.

Воєнно-відновлювальний підхід. Його поява пов'язана з повномасштабною війною та новими видами шкоди земельним ресурсам: мінуванням, забрудненням вибуховими речовинами, нафтопродуктами, уламками боєприпасів, механічним руйнуванням ґрунтового покриву, пожежами, пошкодженням меліоративної інфраструктури. Цей підхід включає інвентаризацію уражених земель, оцінку збитків, післявоєнне відновлення, цифрову неперервність ГІС і методичне забезпечення рекультивації та відновлення територій.

З огляду на викладене, варто зазначити що сьогодні чітко простежується зміна наукової парадигми: земля не розглядається тільки як засіб виробництва або об'єкт ринку, вона аналізується як екологічна, соціальна, економічна і безпекова цінність, а також активно формується новий напрям – охорона і відновлення земель, пошкоджених війною.

У зв'язку з цим особливого значення набуває визначення принципів охорони земель, оскільки саме принципи формують методологічну основу всієї системи правового регулювання, державного управління, землеустрою, моніторингу, еконо-

мічного стимулювання та відновлення земель. Вони відображають базові наукові, правові й управлінські орієнтири, відповідно до яких має здійснюватися використання, збереження, відтворення та відновлення земельних ресурсів. Тому подальший аналіз охорони земель доцільно здійснювати через розкриття її основоположних принципів, які забезпечують цілісність, послідовність і практичну спрямованість цієї діяльності.

Відповідно до Закону України «Про охорону земель», об'єктом особливої охорони держави є всі землі в межах території України, а основні принципи державної політики у цій сфері закріплені у статті 3 Закону [1].

Принцип забезпечення охорони земель як основного національного багатства Українського народу. Його сутність в тому, що земельні ресурси не можуть розглядатися лише як об'єкт власності, купівлі-продажу чи оренди. Вони є національним багатством, тому їх використання має бути підпорядковане довгостроковим інтересам суспільства [1].

Принцип пріоритету вимог екологічної безпеки у використанні землі як просторового базису, природного ресурсу і основного засобу виробництва. Його зміст полягає в тому, що будь-яка господарська діяльність на землі має здійснюватися з урахуванням екологічних обмежень. Економічна вигода не повинна досягатися шляхом виснаження ґрунтів, забруднення земель, руйнування ландшафтів, порушення водного режиму, знищення полезахисних лісосмуг або погіршення стану довкілля [1].

Принцип відшкодування збитків, заподіяних порушенням законодавства України про охорону земель. Сутність принципу в тому, що особа, яка погіршила стан земель, забруднила ґрунти, допустила ерозію, самовільно зайняла земельну ділянку, або порушила встановлений режим використання земель, повинна компенсувати завдану шкоду. Цей принцип визначає не лише каральне, а й превентивне значення. Він формує економічний запобіжник проти недбалого або хижацького використання земель. Якщо порушник знає, що шкода буде оцінена й відшкодована, це стимулює дотримання природоохоронних вимог [1].

Принцип нормування і планомірного обмеження впливу господарської діяльності на земельні ресурси, передбачає, що господарська діяльність повинна здійснюватися в межах науково обґрунтованих екологічних, санітарних, агротехнічних і технологічних нормативів [1].

Принцип поєднання заходів економічного стимулювання та юридичної відповідальності в галузі охорони земель. Цей принцип є одним із найважливіших для практичної реалізації охорони земель. Його зміст полягає в тому, що держава повинна не лише карати за порушення земельного законодавства, а й заохочувати землевласників і землекористувачів до екологічно відповідальної поведінки [1].

Публічність у вирішенні питань охорони земель, використанні коштів Державного бюджету України та місцевих бюджетів на охорону земель. Зміст принципу полягає в тому, що питання охорони земель не повинні вирішуватися закрито або виключно адміністративним шляхом. Суспільство, територіальні громади, землевласники, землекористувачі, науковці та громадськість мають бути залучені до обговорення програм охорони земель, просторового планування,

розподілу бюджетних коштів, встановлення обмежень у використанні земель і контролю за виконанням природоохоронних заходів [1].

Отже принципи охорони земель розглядаємо як правила за якими формується та реалізується державна політика у цій сфері, і в цьому контексті варто виокремити також принцип системності заходів з охорони земель. Хоча цей принцип не сформульований у статті 3 Закону України «Про охорону земель», як окремий пункт, він випливає зі змісту Закону. Охорона земель реалізується через систему заходів, серед яких державна комплексна система спостережень, програми використання та охорони земель, документація із землеустрою, створення екологічної мережі, природно-сільськогосподарське, еколого-економічне і протиерозійне районування, економічне стимулювання та нормування. Цей принцип означає, що охорона земель не може бути разовою дією. Вона має охоплювати повний управлінський цикл: виявлення проблеми, моніторинг, оцінку стану земель, планування, розроблення землевпорядної документації, реалізацію заходів, контроль, оцінку результатів і коригування політики [1].

Наукові дослідження вітчизняних учених підтверджують, що чинні принципи сформовані у Законі України «Про охорону земель» є важливою основою державної політики у цій сфері, але в сучасних умовах їх потрібно розширити. Особливої актуальності це набуває в умовах повномасштабної війни, коли земельні ресурси зазнали нових видів негативного впливу. У таких умовах принципи охорони земель набувають не лише теоретичного, а й прикладного значення, оскільки саме вони визначають, якою має бути державна політика щодо земель у період післявоєнного відновлення [8; 10; 20].

Також, з огляду на Угоду про асоціацію Україна - ЄС та сучасну політику Європейського Союзу у сфері охорони ґрунтів, природи, вод, клімату й аграрного виробництва, до вже закріплених у Законі України «Про охорону земель» принципів доцільно додатково сформулювати також низку євроінтеграційних принципів [21; 22; 23].

Принципи державної політики у сфері охорони земель, якими доцільно доповнити статтю 3 Закону України «Про охорону земель»:

Принцип екологічної безпеки повоєнного землекористування – передбачає забезпечення екологічної безпеки землекористування на територіях, що зазнали впливу воєнних дій, шляхом недопущення використання земель, стан яких створює загрозу для довкілля, життя і здоров'я населення, якості сільськогосподарської продукції та продовольчої безпеки держави. Цей принцип конкретизує вже наявний у Законі принцип пріоритету екологічної безпеки, але адаптує його до умов війни та повоєнного відновлення. Йдеться про те, що економічна потреба швидкого повернення земель до обробітку не повинна переважати над безпекою людей, якістю ґрунтів і довгостроковою екологічною стійкістю територій.

Принцип безпечного повернення земель у господарське використання. Забезпечення безпечного повернення земель, пошкоджених або забруднених унаслідок воєнних дій, до господарського, природоохоронного, рекреаційного чи іншого використання лише після проведення необхідного обстеження, розмінування, оцінки

екологічного стану та визначення придатності таких земель до використання. Цей принцип означатиме, що земельна ділянка після бойових дій не може автоматично вважатися придатною для використання лише через наявність кадастрового номера, права власності чи попереднього цільового призначення. Її подальше використання має залежати від фактичного стану: наявності мінної небезпеки, забруднення, механічного руйнування ґрунтів, пошкодження інфраструктури та ризиків для життя і здоров'я людей.

Принцип наближення охорони земель до права та політики ЄС. Його сутність полягає в тому, що охорона земель в Україні має розвиватися не ізольовано, а з урахуванням європейського екологічного законодавства. Для України реалізація цього принципу важлива тому, що євроінтеграція вимагає переходу від формального контролю за використанням земель до комплексного управління земельними ресурсами, ґрунтами, водами, біорізноманіттям, кліматичними ризиками та екосистемними послугами.

Принцип забезпечення здоров'я ґрунтів як основи продовольчої безпеки, екологічної рівноваги, кліматичної стійкості та довгострокової продуктивності земельних ресурсів. У ЄС дедалі більше використовується концепція «soil health» — «здоров'я» ґрунтів. Вона означає, що ґрунт оцінюється не лише за родючістю, а й за здатністю виконувати природні функції: накопичувати органічний вуглець, утримувати вологу, підтримувати біорізноманіття, фільтрувати забруднювачі, забезпечувати виробництво продовольства та кліматичну стійкість. EU Soil Strategy for 2030 передбачає, що до 2050 року всі ґрунтові екосистеми ЄС мають бути «здоровими» й стійкими, а охорона, стале використання та відновлення ґрунтів мають стати спільним стандартом [22; 23].

Принцип екосистемної цілісності, за яким охорона земель здійснюється з урахуванням взаємозв'язку ґрунтів, вод, рослинного покриву, біорізноманіття, клімату та ландшафтної структури територій. Європейський підхід розглядає землю не ізольовано, а як частину екосистеми: ґрунт, вода, рослинність, біорізноманіття, клімат і господарська діяльність взаємопов'язані. Тому охорона земель має включати збереження природних оселищ, екологічної мережі, водно-болотних угідь, лісосмуг, прибережних захисних смуг, луків, пасовищ і природних ландшафтів.

Принцип кліматично стійкого землекористування, який передбачає збереження органічного вуглецю в ґрунтах, підвищення вологоутримувальної здатності, протидію ерозії, адаптацію агроландшафтів до зміни клімату та зменшення викидів від землекористування. У ЄС земельні ресурси розглядаються як важлива складова кліматичної політики. Ґрунти можуть бути як джерелом викидів парникових газів, так і поглиначем вуглецю. Тому охорона земель має включати збереження органічної речовини, захист торфовищ, відновлення лісосмуг, агролісомеліорацію, мінімальний обробіток, покривні культури та кліматично адаптовані сівозміни.

Запропоновані принципи не заперечують чинні положення статті 3 Закону України «Про охорону земель», а розвивають їх відповідно до нових суспільних, екологічних, безпекових і євроінтеграційних умов. Їх закріплення дозволило б перейти від традиційної моделі охорони земель, орієнтованої переважно на контроль,

нормування та відповідальність, до сучасної моделі, що поєднує безпеку, відновлення, моніторинг, «здоров'я» ґрунтів, екосистемний підхід, просторове планування та сталий розвиток територій.

У воєнний та повоєнний період актуальним є закріплення на законодавчому рівні класифікації земель за рівнем безпечності й придатності до повернення у використання та розроблення відповідних критеріїв. Така класифікація дозволить визначати пріоритети відновлення, планувати бюджетні витрати, залучати міжнародну допомогу та забезпечувати повернення земель у господарський обіг. Запропонована Й. Дорошем та співавторами класифікація земель за типом воєнного порушення є важливою діагностичною основою. [18] Водночас тип порушення і готовність території до використання є різними характеристиками. Дві ділянки, віднесені до однакової групи забруднених земель, можуть мати принципово різний рівень ризику, складність відновлення й допустимий режим використання.

Тому як доповнення до класифікації за видом порушення пропонується функціональна класифікація за управлінською готовністю, (табл.1).

Висновки і перспективи подальших досліджень

Проведений аналіз засвідчує, що повномасштабна війна зумовила якісну зміну змісту охорони земель в Україні: поряд із традиційними завданнями раціонального використання, запобігання деградації та відтворення родючості ґрунтів визначальними стають безпечність територій, оцінювання воєнно зумовлених пошкоджень, відновлення функцій ґрунтового покриву та інформаційна взаємодія між системами моніторингу, кадастру, землеустрою і протимінної діяльності. Встановлено, що сучасну систему охорони земель доцільно формувати як інтегрований управлінський механізм, який поєднує інституційно-правовий, еколого-економічний, землевпорядно-планувальний, моніторинговий і воєнно-відновлювальний підходи. Обґрунтовано доцільність розвитку чинних принципів державної політики шляхом їх доповнення прин-

1. Класифікація земель за готовністю до повернення у використання

Клас	Характеристика	Базове управлінське рішення
I — придатні до безпосереднього повернення	критичні небезпеки усунені або не підтверджені; якісний стан відповідає вимогам; функціональні обмеження відсутні	відновлення використання із плановим моніторингом
II — умовно придатні	використання можливе за визначених обмежень, технологічних умов або підвищеної частоти контролю	використання із спеціальним режимом та моніторингом
III — тимчасово непридатні	наявні порушення, які можуть бути усунені шляхом очищення, рекультивації, ремедіації чи відновлення інфраструктури	відновлювальні заходи з наступною повторною оцінкою
IV — непридатні для попереднього виду використання	відновлення до попередньої функції є екологічно, безпеково або технічно недоцільним за визначених умов	консервація, ренатуралізація або розгляд іншого функціонального сценарію

Джерело: сформовано автором на основі [18].

ципами екологічної безпеки повоєнного землекористування, безпечного повернення земель у використання, наближення охорони земель до права і політики ЄС, забезпечення здоров'я ґрунтів, екосистемної цілісності та кліматично стійкого землекористування. Важливою умовою практичної реалізації такої моделі є перехід від формального врахування категорії та цільового призначення земельної ділянки до оцінювання її фактичного стану, безпечності, ступеня деградації, екологічних обмежень і потреби у відновленні. Перспективи подальших досліджень пов'язані з розробленням критеріїв і показників класифікації земель за рівнем безпечності та придатності до повернення у використання, формуванням інтегрованої геоінформаційної моделі пріоритетності відновлення, а також методичного забезпечення моніторингу результативності рекультиваційних і відновлювальних заходів.

Список використаної літератури

1. Про охорону земель : Закон України від 19.06.2003 № 962-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/962-15 (дата звернення: 29.09.2026).
2. Деякі питання щодо створення, забезпечення функціонування та ведення реєстру територій, забруднених/імовірно забруднених вибухонебезпечними предметами : постанова Кабінету Міністрів України від 07.06.2024 № 740. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/740-2024-п (дата звернення: 29.09.2026).
3. Про затвердження Порядку проведення моніторингу земель і ґрунтів : постанова Кабінету Міністрів України від 23.07.2024 № 848. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/848-2024-п (дата звернення: 29.09.2026).
4. Земельний кодекс України : Закон України від 25.10.2001 № 2768-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/2768-14 (дата звернення: 29.09.2026).
5. Фурдичко О. І., Дребот О. І., Дем'янюк О. С., Ткач Є. Д., Бунас А. А. Екологія агросфери : підручник. Київ : ДІА, 2022. 336 с. DOI: https://doi.org/10.33730/978-617-7785-30-8.
6. Науково-методичні рекомендації щодо консервації деградованих, малопродуктивних та техногенно забруднених земель з метою запобігання їх виснаження / за ред. В. Ф. Камінського. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2022. 144 с.
7. Коломієць Л. П., Шевченко І. П., Повидало В. М., Шквир М. І., Близнюк Ю. П., Терещенко О. М. Функціональні моделі ґрунтоводоохоронних екологічно збалансованих високопродуктивних агроландшафтів у системах землеробства зони Лісостепу : наук.-метод. реком. Вінниця : ТВОРИ, 2025. 49 с. ISBN 978-617-552-976-8.
8. Бавровська Н. М. Екологічні аспекти раціонального використання та охорони земель. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2022. № 4. С. 82–88. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.08.
9. Балюк С. А., Хареба В. В., Кучер А. В. Стале управління ґрунтами як основа продовольчої безпеки: глобальні тренди й національні виклики. *Вісник аграрної науки.* 2022. Т. 100, № 10. С. 68–77. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-08.
10. Дорош Й. М., Барвінський А. В., Дорош О. С., Свиридова Л. А. Завдання землеустрою в аграрній сфері, викликані військовою агресією, та шляхи їх вирішення. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. № 4. С. 6–15. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.01.
11. Костяшкін І. О., Луцюк О. В. Правове забезпечення сталого розвитку як умова раціонального використання земель.

Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право. 2021. Вип. 67. С. 144–150. DOI: https://doi.org/10.24144/2307-3322.2021.67.29.

12. Теремецький В. І., Шуст Г. П. Публічне управління у сфері використання та охорони земельних ресурсів: зарубіжний досвід та українські реалії. *Право і безпек*а. 2020. Т. 77, № 2. С. 69–75. DOI: https://doi.org/10.32631/pb.2020.2.09.
13. Нежевело В. В., Піддубний О. Ю. Публічне адміністрування у сфері землекористування та охорони земель: поняття, зарубіжний досвід та сучасний стан в Україні. *Юридичний науковий електронний журнал.* 2020. № 9. С. 164–167. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0374/2020-9/39.
14. Михайловська О. В. Регулювання земельних відносин в Україні: екологічна складова. *Держава та регіони. Серія: Публічне управління і адміністрування.* 2023. № 4 (82). С. 72–77. DOI: https://doi.org/10.32782/1813-3401.2023.4.12.
15. Ступень М., Богіра М., Ступень О., Рижок З. Екологічні пріоритети використання земель сільськогосподарського призначення в Україні. *Аграрна економіка.* 2019. Т. 12, № 3–4. С. 90–95. DOI: https://doi.org/10.31734/agrarecon2019.03.090.
16. Степаненко Т. О. Еколого-економічні аспекти землекористування в умовах воєнного стану. *Економіка: реалії часу.* 2025. № 3 (79). С. 132–139. DOI: https://doi.org/10.15276/etr.03.2025.13.
17. Гафурова О. В. Правові засади агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення в Україні. *Право. Людина. Довкілля*. 2020. Т. 11, № 4. С. 15–22. DOI: https://doi.org/10.31548/law2020.04.002.
18. Дорош Й. М., Тарнопольський А. В., Дорош О. С., Харитоненко Р. А., Мельник Д. В. Науково-методичні підходи до класифікації земель, порушених унаслідок воєнних дій на території України. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2025. № 1. С. 4–17. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.01.01.
19. Наслідки збройної агресії росії: в Україні зафіксовано 10 885 випадків шкоди довкіллю на суму 6,4 трлн грн / Міністерство економіки та довкілля України. 16.03.2026. URL: https://www.me.gov.ua/News/Detail/ddc09c85-a606-447e-b944-688f5c908f54?lang=uk-UA&showMenuTree=true (дата звернення: 29.09.2026).
20. Балюк С. А., Кучер А. В., Солоха М. О., Соловей В. Б. Оцінювання впливу збройної агресії рф на ґрунтовий покрив України. *Український географічний журнал.* 2024. № 1. С. 7–18. DOI: https://doi.org/10.15407/UGZ2024.01.007.
21. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони : Угода від 27.06.2014. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/984_011 (дата звернення: 29.09.2026).
22. European Commission. EU Soil Strategy for 2030: Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate : Communication from the Commission COM(2021) 699 final. Brussels, 17 November 2021. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX-:52021DC0699 (date of access: 29.09.2026).
23. Directive (EU) 2025/2360 of the European Parliament and of the Council of 12 November 2025 on soil monitoring and resilience (Soil Monitoring Law). Official Journal of the European Union. 2025. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2025/2360/oj (date of access: 29.09.2026).

References

1. Pro okhoronu zemel [On Land Protection]. (2003). Law of Ukraine No. 962-IV of June 19, 2003. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/962-15

2. Deiaki pytannia shchodo stvorennia, zabezpechennia funktsionuvannia ta vedennia reiestru terytorii, zabrudnenykh/imovirno zabrudnenykh vybukhonebezpechnymy predmetamy [Certain Issues Concerning the Establishment, Ensuring the Functioning and Maintenance of the Register of Territories Contaminated/Potentially Contaminated with Explosive Objects]. (2024). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 740 of June 7, 2024. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/740-2024-%D0%BF
3. Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia monitorynhu zemel i gruntiv [On Approval of the Procedure for Monitoring Lands and Soils]. (2024). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 848 of July 23, 2024. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/848-2024-%D0%BF
4. Zemelnyi kodeks Ukrainy [Land Code of Ukraine]. (2001). Law of Ukraine No. 2768-III of October 25, 2001. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/2768-14
5. Furdychko, O. I., Drebot, O. I., Demianiuk, O. S., Tkach, Ye. D., & Bunas, A. A. (2022). Ekolohiia ahrosfery: pidruchnyk [Ecology of the agrosphere: Textbook]. DIA. 336 p. DOI: https://doi.org/10.33730/978-617-7785-30-8
6. Kaminskyi, V. F. (Ed.). (2022). Naukovo-metodychni rekomendatsii shchodo konservatsii dehradovanykh, maloproduktyvnykh ta tekhnohenno zabrudnenykh zemel z metoiu zapobihannia yikh vysnazhennia [Scientific and methodological recommendations for the conservation of degraded, low-productivity and technologically contaminated lands to prevent their depletion]. TOV «TVORY». 144 p.
7. Kolomiiets, L. P., Shevchenko, I. P., Povidalo, V. M., Shkvyr, M. I., Blyzniuk, Yu. P., & Tereshchenko, O. M. (2025). Funktsionalni modeli gruntovodookhoronnykh ekolohichno zbalansovanykh vysokoproduktyvnykh ahrolandshaftiv u systemakh zemlerobstva zony Lisostepu: nauk.-metod. rekom. [Functional models of soil- and water-protective, ecologically balanced, highly productive agrolandscapes in farming systems of the Forest-Steppe zone: Scientific and methodological recommendations]. TVORY. 49 p. ISBN 978-617-552-976-8.
8. Bavrovska, N. M. (2022). Ekolohichni aspekty ratsionalnoho vykorystannia ta okhorony zemel [Environmental aspects of rational land use and protection]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel,* (4), 82–88. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.08
9. Baliuk, S. A., Khareba, V. V., & Kucher, A. V. (2022). Stale upravlinnia gruntamy yak osnova prodovolchoi bezpeky: hlobalni trendy y natsionalni vyklyky [Sustainable soil management as the basis of food security: Global trends and national challenges]. *Visnyk Ahrarnoi Nauky,* 100(10), 68–77. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202210-08
10. Dorosh, Y. M., Barvinskyi, A. V., Dorosh, O. S., & Svyrydova, L. A. (2022). Zavdannia zemleustroiu v ahrarnii sferi, vyklykani viiskovoiu ahresiieiu, ta shliakhy yikh vyrishennia [Land management tasks in the agricultural sector caused by military aggression and ways to address them]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel,* (4), 6–15. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.01
11. Kostiashkin, I. O., & Lutsiuk, O. V. (2021). Pravove zabezpechennia staloho rozvytku yak umova ratsionalnoho vykorystannia zemel [Legal provision of sustainable development as a condition for rational land use]. *Naukovyi Visnyk Uzhhorodskoho Natsionalnoho Universytetu.* Seriia: Pravo, (67), 144–150. DOI: https://doi.org/10.24144/2307-3322.2021.67.29
12. Teremetskyi, V. I., & Shust, H. P. (2020). Publichne upravlinnia u sferi vykorystannia ta okhorony zemelnykh resursiv: zarubizhnyi dosvid ta ukrainski realii [Public adminis-

tration in the field of use and protection of land resources: Foreign experience and Ukrainian realities]. *Pravo i Bezpeka,* 77(2), 69–75. DOI: https://doi.org/10.32631/pb.2020.2.09

13. Nezhevelo, V. V., & Piddubnyi, O. Yu. (2020). Publichne administruvannia u sferi zemlekorystuvannia ta okhorony zemel: poniattia, zarubizhnyi dosvid ta suchasnyi stan v Ukraini [Public administration in the field of land use and land protection: Concept, foreign experience and current state in Ukraine]. *Yurydychnyi Naukovyi Elektronnyi Zhurnal*, (9), 164–167. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0374/2020-9/39
14. Mykhailovska, O. V. (2023). Rehuliuvannia zemelnykh vidnosyn v Ukraini: ekolohichna skladova [Regulation of land relations in Ukraine: *Environmental component]. Derzhava ta Rehiony. Seriia: Publichne Upravlinnia i Administruvannia,* (4(82)), 72–77. DOI: https://doi.org/10.32782/1813-3401.2023.4.12
15. Stupen, M., Bohira, M., Stupen, O., & Ryzhok, Z. (2019). Ekolohichni priorytety vykorystannia zemel silskohospodarskoho pryznachennia v Ukraini [Environmental priorities for the use of agricultural land in Ukraine]. *Ahrarna Ekonomika*, 12(3–4), 90–95. DOI: https://doi.org/10.31734/agrarecon2019.03.090
16. Stepanenko, T. O. (2025). Ekoloho-ekonomichni aspekty zemlekorystuvannia v umovakh voiennoho stanu [Environmental and economic aspects of land use under martial law]. *Ekonomika: Realii Chasu*, (3(79)), 132–139. DOI: https://doi.org/10.15276/etr.03.2025.13
17. Hafurova, O. V. (2020). Pravovi zasady ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia v Ukraini [Legal principles of agrochemical certification of agricultural land in Ukraine]. *Pravo. Liudyna. Dovkillia,* 11(4), 15–22. DOI: https://doi.org/10.31548/law2020.04.002
18. Dorosh, Y. M., Tarnopolskyi, A. V., Dorosh, O. S., Kharytonenko, R. A., & Melnyk, D. V. (2025). Naukovo-metodychni pidkhody do klasyfikatsii zemel, porushenykh unaslidok voiennykh dii na terytorii Ukrainy [Scientific and methodological approaches to the classification of lands disturbed as a result of military operations in Ukraine]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel*, (1), 4–17. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.01.01
19. Naslidky zbroinoi ahresii rosii: v Ukraini zafiksovano 10 885 vypadkiv shkody dovkilliu na sumu 6,4 trln hrn [Consequences of Russia's armed aggression: 10,885 cases of environmental damage worth UAH 6.4 trillion recorded in Ukraine]. (2026, March 16). Ministerstvo Ekonomiky ta Dovkillia Ukrainy [Ministry of Economy and Environment of Ukraine]. Available at: https://www.me.gov.ua/News/Detail/ddc09c85-a606-447e-b944-688f5c908f54?lang=uk-UA&showMenuTree=true
20. Baliuk, S. A., Kucher, A. V., Solokha, M. O., & Solovei, V. B. (2024). Otsiniuvannia vplyvu zbroinoi ahresii rf na gruntovyi pokryv Ukrainy [Assessment of the impact of Russia's armed aggression on the soil cover of Ukraine]. Ukrainskyi Heohrafichnyi Zhurnal, (1), 7–18. DOI: https://doi.org/10.15407/UGZ2024.01.007
21. Uhoda pro asotsiatsiiu mizh Ukrainoiu, z odniiei storony, ta Yevropeiskym Soiuzom, Yevropeiskym spivtovarystvom z atomnoi enerhii i yikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony [Association Agreement between Ukraine, on the one part, and the European Union, the European Atomic Energy Community and their Member States, on the other part]. (2014). Agreement of June 27, 2014. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/go/984_011
22. European Commission. (2021). EU Soil Strategy for 2030: Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate: Communication from the Commission COM(2021) 699 final. Brus-

sels. Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX-:52021DC0699

23. Directive (EU) 2025/2360 of the European Parliament and of the Council of 12 November 2025 on soil monitoring and resilience (Soil Monitoring Law). (2025). *Official Journal of the European Union.* Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2025/2360/oj

Kupriianchyk I.

TRANSFORMATION OF UKRAINE'S LAND PROTECTION SYSTEM UNDER WAR-RELATED IMPACTS AND POST-WAR RECOVERY

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 70-84.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.05

Abstract. *. The relevance of the study is determined by the need to transform Ukraine's land protection system under large-scale war-induced and technogenic disturbances of land and soil cover and the emerging tasks of post-war recovery. The aim is to substantiate theoretically and methodologically the directions of transformation of the national land protection system with due regard to safety, environmental, land-management, monitoring and European integration requirements. The methodological framework combines systemic, structural-functional and comparative legal approaches, content analysis of regulatory and scientific sources, and logical modelling. The study substantiates that a post-war land protection system should integrate information on explosive ordnance contamination, the actual condition of soils, cadastral and legal characteristics, land-management decisions, recovery financing mechanisms and subsequent monitoring. Institutional-legal, ecological-economic, land-management and planning, monitoring, and war-recovery approaches are systematised. It is proposed to complement the principles of state land-protection policy with the principles of environmental safety of post-war land use, safe return of land to use, approximation to EU law and policy, soil health, ecosystem integrity and climate-resilient land use. The scientific novelty lies in a holistic interpretation of land protection as a system for managing the safety, condition and recovery of land resources. The practical significance consists in the possibility of using the results to improve regulatory provisions, land-management support and monitoring of post-war land recovery.*

Keywords: *land protection, land restoration, land management, land monitoring, soil health, land-resource management, post-war recovery.*

G18 ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ. ЗЕМЕЛЬНІ ВІДНОСИНИ ТА АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЗЕМЕЛЬНОЇ РЕФОРМИ

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Received: 15.09.2026; Accepted: 15.10.2026; Published: 30.12.2026;
UDC 504.5:355.4:623.746-519 http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.06

ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF MILITARY ACTIONS: AN ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL POLLUTION CAUSED BY UNEXPLODED ORDNANCE, INFRASTRUCTURE DAMAGE AND DEBRIS FROM UNMANNED AERIAL VEHICLES

O. KEMPA,
Doctor of Technical Sciences, Senior Lecturer
Email: olgierd.kempa@upwr.edu.pl
ORCID: 0000-0002-5153-2010
Wroclaw University of Environmental and Life Sciences
ZH. VYRVA,
Master of Engineering Sciences, Assistant
Email: joanna.wyrwa@upwr.edu.pl
ORCID: 0000-0002-2540-8999
Wroclaw University of Environmental and Life Sciences
A. KOSHEL,
Doctor of Economic Sciences, Professor
Email: koshel_a@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0001-9032-1622
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
M. KEMPA,
Student
Email: 131984@student.upwr.edu.pl
ORCID: 0009-0000-6084-9338
Wroclaw University of Environmental and Life Sciences
A. ROZAK,
Master of Engineering Sciences, Director
Email: angeo@onet.pl
ORCID: 0009-0007-3238-5514
AnGeo Enterprise

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Abstract. *Armed conflicts leave a lasting mark on the environment. They alter the landscape and leave behind materials whose presence does not cease with the end of hostilities. The aim of this study is to categorise such residues. Four main criteria have been adopted: source, area of distribution, mechanism of impact and material properties. The study draws on research findings from former battlefields, military sites and areas of current conflict. It examines munitions remnants, metals, energy materials, chemicals, radionuclides, fuel, technical waste and permanent changes to the terrain. Examples from France, Belgium, Vietnam, Kosovo, the Persian Gulf region and Ukraine show that environmental pressure can arise in various ways. It may occur at the site of weapon deployment, at the site of equipment destruction, during the subsequent handling of remnants, or as a result of changes in land use. In this broader context, unmanned systems are proposed as a new subject of study regarding technical remnants. Their construction involves a variety of materials. It covers metals, polymers, composites, electronics and energy sources. Fibre-optic cables are also used in some FPV systems. When a platform is lost, they can leave a linear trail on the ground. The scale of this phenomenon and its environmental consequences are as yet unknown. The available data do not allow these residues to be compared with well-studied munitions residues. Therefore, this article is primarily of a systematic and identificatory nature. It sets out directions for further research: spatial inventory, material identification, assessment of degradation and migration, as well as studies into the potential impact on soil, water, vegetation and fauna.*

Keywords: *armed conflict, environmental pressure, munitions, soil contamination, unmanned systems, geoinformation.*

Relevance

War causes social, material and environmental damage. This paper does not consider the consequences for human health and life. We are interested in the natural environment and the material legacy of military operations that remains in the landscape after they have ended.

Hostilities cease, but what they have left behind in the landscape does not simply disappear. Studies of former battlefields show that craters, metals from munitions debris, energetic compounds and the breakdown products of chemical shells can persist in the soil for decades (Certini et al., 2013; Broomandi et al., 2020). A hundred years after the First World War, differences in soil development and elevated levels of copper and lead are still evident in the forest soils of France (Williams & Rintoul-Hynes, 2022). For such areas, it is well known what contaminants are present and how these behave under different conditions.

The situation is now becoming more complex. The Russia–Ukraine war has become the first major conflict in which unmanned systems play a leading role and are being used in very large numbers. A significant proportion of these platforms are single-use: after completing their mission, they crash or are left behind on the ground. A drone contains metals, polymers, composites, electronics and batteries (Negi et al., 2025); in other words, its composition differs markedly from that of a shell or a mine. Some FPV systems are controlled via a fibre-optic cable that is unwound during flight (Tytarenko et al., 2025). Once the platform is lost, the cable may remain on the ground as a linear object for

which there are no analogues amongst conventional military debris.

This issue has received almost no scientific attention. Ukrainian studies have already documented soil degradation, craters and changes in land use (Solokha et al., 2023, 2024; Bonchkovskyi et al., 2025; Domashenko et al., 2025), but these focus primarily on the consequences of munitions use. The remnants of unmanned systems—their quantity, spatial distribution, rate of degradation and environmental impact—are not specifically addressed in these studies. We have neither field measurements nor established terminology, nor any idea as to whether this is a significant phenomenon or a minor one. It is impossible to inventory and study such debris until it is clear to which category they belong and by what criteria they should be described.

Therefore, the need for systematisation arises before the need for measurements. This article does not claim that the debris from unmanned systems constitutes a proven class of pollution. It places them within a broader classification of military debris, clearly distinguishes known facts from hypotheses, and identifies what exactly should be investigated further. For Ukraine, where reconstruction and environmental assessment of territories are only just beginning, such a classification will help to lay the right foundations for spatial inventory and field research at an early stage.

Analysis of recent research and publications

As regards unmanned systems, their structure and multi-material nature have been well documented (Balestrieri et al., 2021; Negi et al., 2025; Hashim, 2025). The use of fibre-optic communication channels in some FPV systems has also been documented (Tytarenko et al., 2025). However, there is still a lack of sufficient data on the number of UAV remnants left behind after military operations, their location, rates of degradation and impact on specific ecosystems. This is primarily due to the period during which unmanned systems began to play a leading role on the battlefield. This period is, in essence, limited to the ongoing conflict between Russia and Ukraine, which significantly affects the ability to obtain direct field data.

Consequently, this paper does not specify the proportion of UAV debris in the total mass of military debris. Nor does it determine a universal half-life for a drone or cable. In the absence of empirical data, no specific toxicological effects are attributed to particular materials. Such limitations are necessary to avoid conflating technical information, mechanistic hypotheses and environmental outcomes.

This article represents the first stage of a research programme. Its aim is to define the problem and systematise existing knowledge. Subsequent studies should move from identification to quantitative measurements and the assessment of mechanisms. This phased approach reduces the risk of drawing conclusions that are not supported by the available data.

Aim and objectives of the study

The aim of this article is to systematise knowledge regarding the environmental consequences of wars, based on previous research. The second aim is to demonstrate the role played by unmanned systems within this context. Particular attention is paid to the classification of debris and its spatial

characteristics. Unmanned systems are considered as a proposed new subject of research. We do not claim that they already constitute a proven, distinct category of pollution.

Materials and methods

This paper is a review. It draws on scientific publications concerning the environmental consequences of conflicts, soil contamination, unexploded ordnance, energy materials, chemical weapons and radionuclides. In addition, publications on unmanned systems, their classification, structure and construction materials have been utilised.

Examples were selected primarily so that they could be compared. For field studies, the location and time of data collection were taken into account, provided that the publication clearly stated this information. Measurement results were separated from mechanistic interpretations. A further restriction was applied with regard to unmanned systems: information on the structure of the devices is not considered as evidence of the presence of a specific contaminant in the environment.

The analysis was based on four elements. The first is the source of the residue. The second is the location where it is found. The third covers the mechanism of impact. The fourth concerns persistence and the potential for transport. This approach makes it possible to compare conventional military remnants with materials left behind by modern technical systems.

Results

The environmental impact of a conflict has two main dimensions. The first is changes to the environment. These include soil degradation, loss of vegetation, changes to the water cycle and alterations to the landscape. The second dimension consists of material remnants. These include, in particular, munitions, metals, explosive materials, fuel, parts of vehicles and infrastructure, as well as waste generated during military operations. Both groups often occur together. They may also interact with one another (Certini et al., 2013; Broomandi et al., 2020).

The environmental significance of these residues depends on their composition, form and location. Environmental conditions are also important. The same material may behave differently in different soils and under different water conditions. The mere presence of an object does not, in itself, answer the question of its impact. It is necessary to distinguish between the source and the residue, as well as the pathway of movement from the environmental component that may be affected.

Advances in military technology have also altered the nature of the materials left behind following its use. The industrialisation of warfare has increased the significance of artillery munitions, fuel and chemical substances. In the 20th century, radionuclides and chemical agents, deployed on a large scale, were added to this list. Modern military systems, in turn, contain an increasing amount of electronics, composites, polymers and power systems. This does not in itself imply the emergence of a new class of contamination. However, it does provide grounds for identifying new categories of residues and assessing whether they require different detection methods.

Classification of environmental military debris

There is no single, universally accepted classification of the environmen-

tal consequences of war. Certini et al. (2013) categorise impacts on soil into physical, chemical and biological effects. Broomandi et al. (2020) focus on pollution associated with military activities and on groups of substances present in the environment. In this paper, both approaches are used as a starting point for our own organisation of the material.

Two independent criteria have been adopted. The first addresses the question of where and in what form the traces of conflict remain. The second describes the manner in which pressure is exerted on the environment. The criteria may overlap. The same object may belong to several classes if it combines different mechanisms of impact.

Along the first axis, four groups have been identified: remnants of weapons, remnants of the immediate frontline zone, remnants of military equipment, and remnants from areas behind the front lines.

Remnants of weapons of war include, in particular, shell fragments, structural elements, explosive materials, unexploded ordnance and soil displaced during detonation. A blast crater is both a geomorphological feature and a record of the weapon's action. It alters the local topography. It can also affect infiltration, water runoff and erosion.

The immediate frontline zone comprises trenches, positions, fortifications, tunnels, shelters and field tracks. This group also includes domestic waste and other debris left behind in areas where troops were stationed for extended periods. The removal of vegetation, soil compaction and the displacement of material are physical consequences observed here. Changes to the flora and fauna should be regarded as a consequence of the impact, rather than as physical remains.

Remains of military equipment include vehicle wreckage, components of the powertrain, metal parts, plastics, rubber and glass. They also include fuel, oils, operating fluids, batteries and electronics. Modern unmanned systems represent a new and distinctive category within this group. Their significance for further research is determined primarily by the number of components and the variety of materials.

Non-combat zones encompass areas subject to rear-area bombing, destroyed industrial and energy infrastructure, warehouses, transport networks and public utilities. Land-use changes associated with population displacement and concentration may also be taken into account here. Environmental pressure may therefore arise far from the immediate theatre of hostilities.

The second axis addresses the mechanisms by which pressure is exerted on the environment. Conventional actions lead to detonation, the formation of craters, the fragmentation of munitions, soil displacement and the creation of debris. Chemical effects encompass both the deliberate use of substances and their subsequent release during storage, incineration or disposal. Radioactive materials require separate consideration due to their physical properties. Indirect impacts include changes in land use, hydrology and ecosystem functioning.

This distinction helps to avoid confusing the source with the effect. A crashed vehicle is a technical residue. Fuel that has leaked from its tank is a source of potential chemical pressure. A change in the concentration of a substance in the soil is already an observable effect. The same approach should be followed when analysing the residues of unmanned systems.

Ammunition remnants and physical changes to the terrain

Ammunition remnants are among the best-studied types of military environmental debris. Broomandi et al. (2020) highlight the presence of metals and energetic compounds in areas associated with military activity. Certini et al. (2013) also draw attention to the formation of craters, trenches, soil compaction and soil displacement.

The First World War provided a wealth of material for comparison. Primarily due to the scale of artillery use. Bausinger et al. (2007) investigated the consequences of the post-war destruction of chemical munitions in the Verdun area of France. After the war, this area was used for the incineration of shells containing arsenic compounds. High concentrations of arsenic and metals were detected in the topsoil. This demonstrates that the handling of residues can itself become a secondary source of contamination.

Thouin et al. (2016) investigated the mobility of arsenic and heavy metals in the soil of the Place-à-Gaz area in the Spincourt Forest, approximately 20 km north-east of Verdun. The area was associated with the post-war destruction of shells containing arsenic compounds. The results confirmed the importance of soil properties for the movement of contaminants. This is also relevant for other debris. The mere fact that material lies on the soil surface does not in itself indicate how far it can travel.

Williams and Rintoul-Hynes (2022) analysed soils in the forests of the Pas-de-Calais department in France, in an area that had been subjected to shelling during the First World War. The study was carried out approximately one hundred years after the end of hostilities. Differences in soil development linked to the presence of shell craters were identified. However, no significant differences in heavy metal concentrations were found between the craters and flat areas. At the same time, higher concentrations of Cu and Pb were observed compared with the regional background values. The results clearly demonstrate the extent to which local conditions can alter the distribution of war remnants.

Van Meirvenne et al. (2008) investigated the possibility of localising metal remnants in former frontline areas of Belgium. This work highlights the importance of combining two aspects: the object remaining in the soil and the method used to locate it spatially. Historical military remnants can therefore constitute both an environmental and a geospatial issue.

Chemical sources of environmental pressure

Chemical contamination associated with war has at least two sources. The first is the direct use of chemical substances. The second is the subsequent release of substances contained in munitions, depots, industrial facilities and infrastructure. In the latter case, the problem may only arise after hostilities have ceased.

Bausinger et al. (2007) demonstrated this mechanism using the example of a chemical munitions incineration site in the Verdun area. The results indicate that the method of dealing with residues can be just as significant as the very fact that they are left behind. This is of direct importance for the assessment of post-war measures and remediation.

Vietnam presented a different kind of pressure. Operation Ranch Hand took place between 1961 and 1971. Herbicides were sprayed from the air to limit vegetation cover. Stellman et al. (2003) analysed revised data on the scale and spatial distribution of the spraying. The

analysis covered Vietnam, as well as data on Laos and Cambodia. This case demonstrates that military operations can deliberately alter vegetation over a very large area.

The destruction of infrastructure can create new, secondary sources of pollution. Fires at industrial plants, warehouses and energy facilities can release materials stored within these sites. Certini et al. (2013) and Broomandi et al. (2020) classify such processes as physical and chemical consequences of military activity. In modern conflicts, this mechanism may be of significant importance due to the quantity of substances accumulated within the infrastructure.

Radioactive materials as an example of a specific residue

Radioactive materials form a distinct group of residues. Their specific characteristics are determined, in particular, by the possibility of identifying the source on the basis of isotopic properties and by the long-term persistence of some radionuclides. The examples of Hiroshima and Nagasaki show that, when interpreting the current presence of radionuclides, a distinction must be made between global fallout and material directly associated with the weapon used.

Yamamoto et al. (1985) analysed Pu, ^{241}Am and ^{137}Cs in soils from Hiroshima and Nagasaki. The samples were taken from areas associated with the bombings of 6 and 9 August 1945. In the Nishiyama area of Nagasaki, the isotopic ratios indicated a significant proportion of plutonium originating from the bomb. In Hiroshima, the interpretation was more complex. This example clearly demonstrates that the mere detection of a radionuclide is not sufficient. It is also important to establish its origin.

During the Gulf War, a different mechanism was at work. Bem and Bou-Rabee (2004) analysed the environmental consequences of the use of depleted uranium. Their review covered data from Kuwait and southern Iraq, in particular measurements from 1992–1994. The authors considered the possibility of corrosion of metallic uranium and the migration of the products of this process. At the same time, they did not find widespread exceedances of drinking water quality criteria in the studied part of Kuwait. This is a good example of the difference between potential mobility and confirmed exceedances of regulatory limits.

Danesi et al. (2003) investigated depleted uranium particles in selected samples from Kosovo approximately 1.5 years after the end of hostilities. They identified fine particles of depleted uranium (DU) and analysed the potential for their transport. This case highlights the importance of particle size for the spatial distribution of residues.

The non-military dimension of influence

The environmental impact of war is not necessarily linked to the location of direct hostilities. Land-use changes, population displacement, the establishment of camps, restrictions on access to certain areas, or changes in the way infrastructure operates can all have an impact. Such pressures may develop beyond the area where weapons are being used.

Hagenlocher et al. (2012) analysed a camp for internally displaced persons in North Darfur, Sudan. They used multi-temporal, very high-resolution satellite imagery. The analysis covered the years 2002, 2004 and 2008. As the camp's area and population increased, a reduction in the number of trees and shrubs and the degradation of part of the surrounding area were observed.

The study shows that remote sensing makes it possible to track environmental changes even beyond the immediate combat zone.

Rose (2005) analysed the impact of military activities on local and regional geological conditions. He drew particular attention to explosions, roads, airfields and fortifications. A common feature of these activities is a change in surface geometry and soil properties. For contemporary research, this implies the need to view the territory as a carrier of two types of information: material remains and persistent spatial changes.

Modern unmanned systems as a proposed new area of research

Unmanned systems should not be equated solely with aerial drones. Balestrieri et al. (2021) describe systems operating in the air, on land, and both on and beneath the water's surface. Hereinafter, the abbreviations UAV/UAS are used for aerial platforms, UGV for ground-based platforms, USV for surface vessels and UUV for underwater vehicles.

In this article, the primary focus of analysis is on UAVs. Today, it is easier to link their remnants to the observable actions of modern conflicts. However, this does not mean that the proposed category applies only to aerial platforms. UGVs, USVs and UUVs can be analysed using a similar material and spatial framework.

Technical literature describes UAVs using a variety of parameters. Chamola et al. (2021) take into account, in particular, mass, propulsion type, operating altitude and purpose. Balestrieri et al. (2021) focus on the sensors and measurements used in unmanned systems. From an environmental perspective, however, a comprehensive operational classification is not the most important factor. It is far more important what the device is made of and what form it may take after it is lost.

Negi et al. (2025) draw attention to the multi-material composition of drones and analyse it in the context of the life cycle. The structures contain metals, polymers and fibre-reinforced composites. There are also electronic components and energy storage systems. However, the results of the life-cycle analysis cannot be directly applied to the behaviour of military debris. The publication describes the composition of the structure. It does not show the actual release of substances from the debris into the environment.

Hashim (2025) describes the avionics architecture, which encompasses communications, power supply, sensing, navigation, trajectory planning and control. The debris left behind by a UAV is therefore not limited to the airframe. Following the loss of the entire system, electronic components, power sources, cables, optical components and structural elements may remain in the environment.

Four groups of UAV debris have been proposed for environmental research. The first covers structural elements. The second covers functional components. The third covers power sources. The fourth covers auxiliary and operational materials. This is a working classification. Its purpose is to organise the research, rather than to create a formal taxonomy.

The structural group comprises metals, polymers and composites. The functional group comprises electronics, cables, sensors, optical systems and communication components. The energy group consists primarily of batteries. The auxiliary group includes adhesives, resins, coatings and insulation. Negi et

al. (2025) provide a basis for material identification. However, their data do not allow the proportion of individual components in actual military UAV debris to be determined.

On the modern battlefield, the number of unmanned systems in use is very high. A significant proportion of these are regarded as single-use systems and are abandoned or destroyed after completing their mission. The spatial form of the debris is also important. Debris can be recorded as a point or surface object. Fragments may form a cluster of dispersed objects. In some FPV systems, linear debris may also occur.

Tytarenko et al. (2025) describe the use of fibre-optic cables in FPV systems in conflict situations. The cable creates a physical connection between the platform and the operator. During operation, it is unwound from a reel. After the platform is lost, part of it may remain along the flight path. In this case, a thin, long and spatially continuous element is formed. It differs from a single piece of debris in both its shape and the method by which it can be inventoried.

At present, there are not enough field studies to determine the typical length of cable remaining after the loss of a single platform. Nor is it possible to specify a universal degradation time for the entire cable. The cable has a layered structure. The core may be made of glass or plastic, whilst the protective sheaths are made of polymeric materials. The rate of ageing depends on the specific design and exposure conditions.

In the case of cables, two issues need to be distinguished. The first concerns the fate of the material. The second concerns its physical presence in the environment. The possibility of organisms becoming entangled in cables remains, at this stage, a research hypothesis. Without field data, it should not be presented as a confirmed environmental impact.

The most important argument for singling out UAV debris as a subject of research is its as yet unproven toxicity. This relates to the changing nature of technical debris. A single system contains many materials, which distinguishes it from traditional weapons. Once part of the system is lost, these materials may become dispersed. Some platforms may also leave a linear trail. This gives rise to a problem whose scale cannot currently be determined on the basis of the literature.

It is proposed that UAV debris be considered as a research category within the broader group of military equipment debris. The word ‘new’ here refers to the subject of the research. It does not imply that the existence of a new mechanism of contamination is accepted. The hypothesis needs to be tested. Quantitative measurements, material identification, monitoring of degradation and environmental studies are required.

Spatial and geospatial significance

Each of the categories described has its own spatial geometry. A crater is a surface feature. A piece of munition is usually in the form of a point or a small surface feature. Vehicle debris can be localised as a point. Destroyed infrastructure, on the other hand, must be represented as an area. Therefore, the classification of debris must also take into account the geometry of the observed object.

In the case of a UAV, the location where debris is detected does not necessarily correspond to the launch site. It may be associated with the location where the platform was lost, where it broke up, or with the cable route. In FPV systems, linear geometry takes on particular significance. Recording

a cable as a polyline makes it possible to determine its length, orientation and spatial density.

Research conducted in Ukraine shows that data on surface changes can be combined with environmental analysis. Solokha et al. (2023) used field and remote sensing data to assess changes in soil and vegetation. Bonchkovskyi et al. (2025) applied high-resolution spatial data to identify craters and analyse soil disturbances in north-eastern Ukraine. Domashenko et al. (2025) highlight the usefulness of geodetic methods, GNSS, UAVs, LiDAR and GIS for monitoring land-use changes in Ukraine during the period of Russian aggression and reconstruction.

In the forthcoming inventory of UAV debris, it is advisable to record at least the coordinates, the date of observation, the data source, the type of object, its condition and an assessment of the accuracy of its location. This data can be combined with soil maps, hydrography, land cover and land use information. The analysis will then not be limited to the question of where the debris is located. It will also be possible to examine the environment in which it is found.

A geoinformation approach is particularly useful where direct access to the area is restricted. Remote sensing can help to detect changes in the surface and locate some of the objects. Determining the material composition, however, requires field or laboratory investigations. If an image does not provide grounds for unambiguous identification of the material, it should not replace measurements.

Discussion

The literature confirms the presence of environmental residues from munitions, military equipment and war-related industrial activities. Physical transformations of the territory and the persistence of some of these changes have also been confirmed (Certini et al., 2013; Broomandi et al., 2020; Rodríguez-Seijo et al., 2024). However, these findings cannot be directly applied to UAV debris.

In the case of unmanned systems, their structure and multi-material nature have been well documented (Balestrieri et al., 2021; Negi et al., 2025; Hashim, 2025). The use of fibre-optic communication channels in some FPV systems has also been documented (Tytarenko et al., 2025). At the same time, there is still a lack of sufficient data on the number of UAV debris following military operations, its spatial distribution, rate of degradation and impact on specific ecosystems. This is primarily due to the relatively recent period in which unmanned systems began to play a leading role on the battlefield. It is effectively limited to the Russia–Ukraine conflict, which significantly affects the ability to obtain direct field data.

Therefore, this study does not specify the proportion of UAV debris in the total mass of military debris. Nor is a universal degradation time for drones or cables determined. Specific materials are not attributed particular toxicological effects without empirical data. Such limitations are necessary to avoid conflating technical information, mechanistic hypotheses and environmental outcomes.

This article represents the first stage of a research programme. Its aim is to define the problem and organise existing knowledge. Subsequent work should move from identification to quantitative measurement and the assessment of mechanisms. This division into stages reduces the risk of drawing conclusions that are not supported by the available data.

Conclusions and prospects for further research

1. Military operations leave behind both permanent physical changes to the environment and materials that may become a source of subsequent pressure.

2. For research purposes, two complementary classification frameworks are proposed. The first describes the location and form of the residue. The second describes the mechanism by which pressure arises.

3. The best-studied remnants are munitions, metals, energy materials, chemical compounds and some radionuclides. Their behaviour depends on both the properties of the material and environmental conditions.

4. Unmanned systems should currently be classified as military equipment remnants. However, their multi-material composition and the potential for their components to be dispersed provide grounds for considering them as a separate subject of research.

5. Fibre-optic cables are used in some FPV systems. Following the loss of the platform, they may form linear debris. However, there is a lack of data that would allow for a quantitative assessment of their presence and environmental significance.

6. At present, there are no grounds for considering UAV debris to be a proven, distinct class of pollution. The category presented in this paper is intended as a research proposal.

7. Further research should combine geoinformation-based inventorying, material analysis, studies of degradation and migration, and an assessment of the impact on specific environmental components.

Declaration on the use of artificial intelligence

Whilst preparing this manuscript, the authors used a generative artificial intelligence tool (Claude, Anthropic) for linguistic and stylistic editing, structuring the text and translating the abstract into English. After using this tool, the authors personally checked, edited and reviewed the content and bear full responsibility for the scientific accuracy, data, interpretations and conclusions. The AI tool was not used to generate scientific results, sources, citations or numerical data.

References

1. Balestrieri, E., Daponte, P., De Vito, L., & Lamonaca, F. (2021). Sensors and measurements for unmanned systems: An overview. *Sensors*, 21(4), Article 1518. DOI: https://doi.org/10.3390/s21041518
2. Bausinger, T., Bonnaire, E., & Preuss, J. (2007). Exposure assessment of a burning ground for chemical ammunition on the Great War battlefields of Verdun. Science of the Total Environment, 382(2–3), 259–271. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.04.029
3. Bem, H., & Bou-Rabee, F. (2004). Environmental and health consequences of depleted uranium use in the 1991 Gulf War. *Environment International*, 30(1), 123–134. DOI: https://doi.org/10.1016/S0160-4120(03)00151-X
4. Bonchkovskyi, O., Ostapenko, P., Bonchkovskyi, A., & Shvaiko, V. (2025). War-induced soil disturbances in north-eastern Ukraine (Kharkiv region): Physical disturbances, soil contamination and land use change. Science of the Total Environment, 964, Article 178594. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178594
5. Broomandi, P., Guney, M., Kim, J. R., & Karaca, F. (2020). Soil contamination in areas

impacted by military activities: *A critical review. Sustainabili*ty, 12(21), Article 9002. DOI: https://doi.org/10.3390/su12219002

6. Certini, G., Scalenghe, R., & Woods, W. I. (2013). The impact of warfare on the soil environment. Earth-Science Reviews, 127, 1–15. DOI: https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.08.009
7. Chamola, V., Kotesh, P., Agarwal, A., Naren, Gupta, N., & Guizani, M. (2021). A comprehensive review of unmanned aerial vehicle attacks and neutralization techniques. Ad Hoc Networks, 111, Article 102324. DOI: https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2020.102324
8. Danesi, P. R., Markowicz, A., Chinea-Cano, E., Burkart, W., Salbu, B., Donohue, D., Ruedenauer, F., Hedberg, M., Vogt, S., Zahradnik, P., & Ciurapinski, A. (2003). Depleted uranium particles in selected Kosovo samples. Journal of Environmental Radioactivity, 64(2–3), 143–154. DOI: https://doi.org/10.1016/S0265-931X(02)00045-0
9. Domashenko, H., Monar, D. S., & Prokopenko, N. (2025). Geodetic support for monitoring changes in the land use structure of Ukraine during the period of Russian armed aggression and post-conflict recovery. *Land Management, Cadastre and Land Monitoring*, (2), 20–32. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.02.02
10. Hagenlocher, M., Lang, S., & Tiede, D. (2012). Integrated assessment of the environmental impact of an IDP camp in Sudan based on very high resolution multi-temporal satellite imagery. Remote Sensing of Environment, 126, 27–38. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.08.010
11. Hashim, H. A. (2025). Advances in UAV avionics systems architecture, classification and integration: A comprehensive review and future perspectives. Results in Engineering, 25, Article 103786. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103786
12. Negi, H., Vedrtnam, A., & Kalauni, K. (2025). Materials and energy-centric life cycle assessment for drones: *A review. Journal of Composites Science,* 9(4), Article 169. DOI: https://doi.org/10.3390/jcs9040169
13. Pichtel, J. (2012). Distribution and fate of military explosives and propellants in soil: A review. Applied and Environmental Soil Science, 2012, Article 617236. DOI: https://doi.org/10.1155/2012/617236
14. Rodríguez-Seijo, A., Fernández-Calviño, D., Arias-Estévez, M., et al. (2024). Effects of military training, warfare and civilian ammunition debris on the soil organisms: An ecotoxicological review. Biology and Fertility of Soils, 60, 813–844. DOI: https://doi.org/10.1007/s00374-024-01835-8
15. Rose, E. P. F. (2005). Impact of military activities on local and regional geologic conditions. *Reviews in Engineering Geology*, 16, 51–66. DOI: https://doi.org/10.1130/2005.4016(05)
16. Solokha, M., Pereira, P., Symochko, L., Vynokurova, N., Demyanyuk, O., Sementsova, K., Inacio, M., & Barcelo, D. (2023). Russian-Ukrainian war impacts on the environment: Evidence from the field on soil properties and remote sensing. Science of the Total Environment, 902, Article 166122. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122
17. 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), Article 1614. DOI: https://doi.org/10.3390/land13101614
18. Stellman, J. M., Stellman, S. D., Christian, R., Weber, T., & Tomasallo, C. (2003). The extent and patterns of usage of Agent Orange and other herbicides in Vietnam. Nature, 422(6933), 681–687. DOI: https://doi.org/10.1038/nature01537
19. Suleimenov, I., Kadyrzhan, A., Vitulyova, Y., Shaltykova, D., et al. (2025). The use of fiber optics for securing information during

command transmission to UAV groups. International Journal of Information Technology. DOI: https://doi.org/10.1007/s41870-025-02719-2
20. Tytarenko, O., Abramov, S., Ktitorov, M., & Synytsina, Y. (2025). Countering FPV drones: Insights from Ukraine's combat experience. *Advances in Military Technology,* 20(2), 421–434. DOI: https://doi.org/10.3849/aimt.01998
21. Van Meirvenne, M., Meers, E., Verstraete, S., Smolders, E., & Tack, F. M. G. (2008). Could shelling in the First World War have increased copper concentrations in the Belgian soil? Science of the Total Environment, 391(2–3), 170–179. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.10.007
22. Williams, O. H., & Rintoul-Hynes, N. L. J. (2022). Legacy of war: Pedogenesis divergence and heavy metal contamination on the WWI front line a century after battle. European *Journal of Soil Science*. DOI: https://doi.org/10.1111/ejss.13297
23. Yamamoto, M., Komura, K., Sakanoue, M., Hoshi, M., Sawada, S., & Okajima, S. (1985). Pu isotopes, 241Am and 137Cs in soils from the atomic bombed areas in Nagasaki and Hiroshima. *Journal of Radiation Research*, 26(2), 211–223. DOI: https://doi.org/10.1269/jrr.26.211

Кемпа О., Вирва Ж., Кошель А., Кемпа М., Розак А.

ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄННИХ ДІЙ: АНАЛІЗ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ЗАЛИШКАМИ БОЄПРИПАСІВ, РУЙНУВАННЯМ ІНФРАСТРУКТУРИ ТА УЛАМКАМИ БЕЗПІЛОТНИХ СИСТЕМ

ЗЕМЛЕУСТРІЙ, КАДАСТР І МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ 4'26: 85-97
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.06

Анотація. *Збройні конфлікти залишають у довкіллі тривалий слід. Вони змінюють територію і залишають матеріали, присутність яких не припиняється разом із бойовими діями. Метою цієї роботи є впорядкування таких залишків. Прийнято чотири основні критерії: джерело, місце поширення, механізм впливу та властивості матеріалу. Використано результати досліджень колишніх полів битв, військових територій і районів сучасних конфліктів. Розглянуто залишки боєприпасів, метали, енергетичні матеріали, хімічні речовини, радіонукліди, паливо, технічні відходи та стійкі зміни поверхні території. Приклади з Франції, Бельгії, В'єтнаму, Косова, регіону Перської затоки та України показують, що екологічний тиск може виникати порізному. Він може з'являтися в місці застосування зброї, у місці знищення техніки, під час подальшого поводження із залишками або внаслідок змін у використанні простору. У цьому ширшому контексті безпілотні системи запропоновано розглядати як новий об'єкт дослідження технічних залишків. Їхня конструкція є багатоматеріальною. Вона охоплює метали, полімери, композити, електроніку та джерела енергії. У частині FPV-систем також застосовуються оптоволоконні кабелі. Після втрати платформи вони можуть залишати на місцевості лінійний слід. Поки що невідомі масштаб цього явища та його екологічні наслідки. Наявні дані не дають змоги порівняти ці залишки з добре дослідженими залишками боєприпасів. Тому стаття має насамперед систематизувальний та ідентифікаційний характер. Вона визначає напрями подальших досліджень: просторову інвентаризацію, матеріальну ідентифікацію, оцінку деградації та міграції, а також дослідження можливого впливу на ґрунт, воду, рослинність і фауну.*

Ключові слова: *збройний конфлікт, екологічний тиск, воєнні залишки, забруднення ґрунтів, безпілотні системи, геоінформація.*

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 01.09.2026; Прийнято: 15.09.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК 332.14:502 http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.07

МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНОГО ІНДЕКСУ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ КРАЇН ЄВРОПИ

О.М. ЧУМАЧЕНКО,
доктор економічних наук, доцент,
Email: chumachenko_o@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0002-1560-5518
Л.А. ГУНЬКО,
доктор економічних наук, доцент,
Email: gunko_l@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0002-9454-744X
Є.В. КРИВОВ'ЯЗ,
кандидат економічних наук, доцент
Email: kryvoviaz_y@nubip.edu.ua
ORCID: 0000-0003-2908-6664
Л.Л. КОЛЬОСА,
кандидат економічних наук, доцент
Email: kll_ludmila@ukr.net
ORCID: 0000-0002-2970-703X
Національного університету біоресурсів і природокористування України

Анотація. *У статті досліджено екологічну стійкість землекористування європейських країн з урахуванням просторової забезпеченості природоохоронними територіями, структури земельних угідь, рівня екологічної стабільності та антропогенного навантаження. Обґрунтовано необхідність переходу від оцінювання окремих природоохоронних показників до комплексного аналізу здатності територій зберігати природний потенціал, біологічне різноманіття та екосистемні функції. Методологічною основою дослідження стали показники розвитку екомережі Natura 2000 і Смарагдової мережі, коефіцієнт заповідності, показник антропогенного насичення природних територіальних комплексів, частка ріллі, коефіцієнт екологічної стабільності та коефіцієнт антропогенного навантаження. Для їх зіставлення застосовано нормалізацію за методом мінімаксного перетворення та рівнозначне зважування показників. На цій основі запропоновано інтегральний індекс екологічної стійкості землекористування, який дає змогу комплексно оцінювати співвідношення природоохоронної та господарської складових територіального розвитку. Здійснено моделювання*

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

індексу для 27 країн Європейського Союзу та України. Встановлено суттєву диференціацію країн за рівнем екологічної стійкості. Найвищі значення інтегрального індексу характерні для Словенії, Фінляндії, Швеції, Хорватії та Естонії, тоді як найнижчі - для Данії, України, Угорщини, Мальти та Чехії. Середнє значення індексу для країн Європейського Союзу становить близько 0,50, тоді як для України - 0,22. Доведено, що значна площа природоохоронних територій сама по собі не забезпечує високої екологічної стійкості землекористування, якщо супроводжується високою часткою ріллі та значним антропогенним навантаженням. Запропонований індекс може бути використаний для порівняльної оцінки країн, просторового планування, удосконалення земельної та природоохоронної політики, а також обґрунтування напрямів формування екологічно збалансованих систем землекористування.

Ключові слова: *екологічна стійкість, землекористування, екомережа, біорізноманіття, природоохоронні території, антропогенне навантаження, екосистемні послуги.*

Постановка проблеми

Сучасні екологічні та соціально-економічні виклики зумовлюють необхідність переходу до моделей землекористування, орієнтованих не лише на отримання економічних результатів, а й на збереження природного капіталу, біологічного різноманіття та здатності екосистем забезпечувати суспільство життєво важливими послугами. Європейська практика забезпечення населення екосистемними послугами ґрунтується на комплексному розвитку програм зі збереження, охорони та відновлення природних територій. Важливим елементом цієї системи є формування взаємопов'язаної екологічної мережі, яка забезпечує збереження цінних природних комплексів, підтримання екологічних зв'язків між ними та довгострокове функціонування екосистем [8]. Ключову роль у реалізації такого підходу відіграє мережа Natura 2000, створена як основний інструмент збереження біорізноманіття Європейського Союзу [14, 15]. Її територіальна структура сформована на основі спеціальних природоохоронних територій, визначених відповідно до Директиви про птахів та Директиви про оселища, для яких передбачаються відповідні заходи управління і охорони видів та природних середовищ їх існування [10, 11]. Мережа Natura 2000 охоплює понад 18 % суходольної території Європейського Союзу та понад 8 % морських територій і включає близько 27 тис. природоохоронних об'єктів [3]. Водночас просторове поширення таких територій істотно відрізняється між державами. Найвища частка територій Natura 2000 характерна для Словенії, Хорватії, Болгарії та Словаччини, тоді як в окремих інших країнах вона є значно нижчою [21]. Така диференціація свідчить про неоднорідність природоохоронного навантаження та різні підходи держав до інтеграції екологічних пріоритетів у структуру землекористування. Важливим доповненням до Natura 2000 є Смарагдова мережа (Emerald Network), сформована в рамках Бернської конвенції [5, 16]. Вона охоплює території особливого природоохоронного інтересу та забезпечує поширення загальноєв-

ропейських стандартів охорони біорізноманіття за межами Європейського Союзу. Взаємна сумісність Natura 2000 і Смарагдової мережі формує цілісний просторовий підхід до охорони природних середовищ існування на європейському континенті. Для України імплементація європейських принципів розвитку екологічної мережі має особливе значення в контексті європейської інтеграції та необхідності відновлення природних ресурсів [19]. Смарагдова мережа України вже включає 271 територію, площа яких становить близько 12 % території держави [14]. Подальше вдосконалення її просторової структури, забезпечення ефективного управління природоохоронними територіями та узгодження земельної політики з європейськими природоохоронними стандартами є важливими передумовами підвищення екологічної стійкості територій. Особливої актуальності дослідження набуває в контексті реалізації Європейської зеленої угоди та Стратегії ЄС щодо біорізноманіття до 2030 року, якими передбачено збільшення масштабів охорони природних територій і посилення ролі екосистем у забезпеченні сталого розвитку [12]. Тому дослідження просторових характеристик Natura 2000, оцінювання відмінностей між європейськими країнами та визначення їхнього взаємозв'язку зі стійкістю землекористування є важливим науковим і практичним завданням. Такий підхід дає змогу обґрунтувати напрями вдосконалення екологічної політики, просторового планування та системи управління земельними ресурсами на засадах збереження біорізноманіття й забезпечення стабільного потоку екосистемних послуг.

Метою статті є розроблення інтегрального підходу до оцінювання екологічної стійкості землекористування європейських країн на основі показників розвитку екомережі, природоохоронної забезпеченості, структури земельних угідь, екологічної стабільності та антропогенного навантаження, а також визначення диференціації рівня екологічної стійкості країн Європи.

Матеріали і методи дослідження

Матеріалами дослідження стали статистичні та просторові дані щодо структури землекористування, природоохоронних територій та екомережі Natura 2000 і Смарагдової мережі країн ЄС та України, отримані з офіційних джерел ЄС, Світового банку та Державної служби статистики України. Для комплексної оцінки екологічної стійкості землекористування використано шість показників: індекс розвитку екомережі (In), коефіцієнт заповідності (Кз), показник антропогенного насичення природних територіальних комплексів (Іа.н), частку ріллі (Р), коефіцієнт екологічної стабільності (Кек.ст) та коефіцієнт антропогенного навантаження (Кан). Зазначені показники характеризують дві взаємопов'язані складові екологічної стійкості землекористування. Перша характеризує природоохоронний та екологічно стабілізуючий потенціал території, а друга - рівень антропогенного перетворення земель.

До першої групи віднесено: індекс розвитку екомережі Natura 2000 та Смарагдової мережі (In); коефіцієнт заповідності (Кз); коефіцієнт екологічної стабільності (Кек.ст). Збільшення кожного з цих показників ха-

рактеризує позитивну тенденцію з позицій екологічної стійкості території. Високий рівень розвитку екомережі означає більшу просторову забезпеченість збереження біорізноманіття та екосистемних функцій, збільшення коефіцієнта заповідності свідчить про розширення природоохоронного фонду, а високий коефіцієнт екологічної стабільності відображає сприятливішу структуру земельних угідь.

До другої групи належать показники, збільшення яких, навпаки, свідчить про посилення антропогенного впливу: антропогенне насичення природних територіальних комплексів (Іа.н); частка ріллі як основного дестабілізуючого компонента агроландшафтів (Р); коефіцієнт антропогенного навантаження (Кан). Таким чином, для побудови інтегрального індексу було враховано різну спрямованість впливу зазначених показників. Оскільки на цьому етапі дослідження кожен із показників розглядається як самостійна та методично рівнозначна характеристика екологічної стійкості землекористування, для шести складових інтегрального індексу застосовано рівнозначні ваги (1/6). Такий підхід, дає змогу уникнути суб'єктивного пріоритетування окремих складових та забезпечує прозорість і відтворюваність інтегральної оцінки. Нормалізацію показників здійснювали методом мінімаксного перетворення [2]. Для показників-стимуляторів використовували співвідношення xi′=(xi-xmin)/(xmax-xmin), а для показників-дестимуляторів - xi′=(xmax-xi)/(xmax-xmin). У результаті нормовані значення всіх показників набувають діапазону від 0 до 1, де більше значення відповідає вищому рівню екологічної стійкості землекористування.

Для забезпечення уніфікованого представлення даних у розрахунках інтегрального індексу показники індексу розвитку екомережі (In) та коефіцієнта заповідності (Кз) використовувалися у вигляді часток одиниці в діапазоні від 0 до 1 (табл.1). У нашому дослідженні відсоткові значення застосовуються лише для характеристики площ та їх структури. Рівні інтегрального індексу ІЕСЗ визначено за такими інтервалами: 0-0,19 – критичний; 0,20-0,39– низький; 0,40-0,59 – середній; 0,60-1,00 – високий. Інтегральний індекс екологічної стійкості землекористування (ІЕСЗ) визначено як середнє нормованих значень шести показників. Отримані значення використано для порівняльного ранжування країн Європи та визначення рівнів екологічної стійкості землекористування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасні дослідження підтверджують доцільність комплексної оцінки екологічної стійкості землекористування, оскільки стан європейських агроландшафтів визначається не лише площею природоохоронних територій, а й структурою землекористування, інтенсивністю сільськогосподарського виробництва, фрагментацією природних оселищ та антропогенним навантаженням. Так дослідження Nicholas, Scown (2024) доводить, що сільські системи землекористування Європи одночасно сприяють досягненню та створюють перешкоди для Цілей сталого розвитку [6]. Автори наголошують на необхідності одночасного врахування екологічних і соціально-економічних показників, що методологічно

відповідає запропонованому в статті інтегральному підходу [13]. Важливим напрямом сучасних досліджень є оцінювання антропогенного навантаження сільськогосподарських земель. Зокрема, дослідження 2024 року встановило, що врахування інтенсивності сільського господарства майже вдвічі посилює зв'язок між землекористуванням та екологічним станом річок у Європі [9]. Окремі публікації акцентують увагу на ролі ландшафтних елементів і екологічної зв'язності. За результатами дослідження JRC, ландшафтні елементи займають близько 5,6 % сільськогосподарських земель ЄС і мають важливе значення для збереження біорізноманіття та екосистемних послуг. Інші дослідження показують, що відновлення зв'язків між природними оселищами та агроекосистемами може підвищувати функціональність Natura 2000 [4]. Суттєвою проблемою залишається інтенсифікація сільського господарства. Дослідження 2024 року показало прискорене скорочення популяцій сільськогосподарських птахів у низці європейських країн, причому основним чинником визначено саме інтенсифікацію агровиробництва [13]. Вивченню проблем просторової забезпеченості збереження біологічного різноманіття та екосистемних функцій територій Європи присвячені праці вітчизняних дослідників [1, 7, 21].

Отже, останні публікації підтверджують наукову обґрунтованість запропонованого авторського підходу, оскільки екологічна стійкість землекористування має розглядатися як результат взаємодії природоохоронної забезпеченості, структури угідь, екологічної стабільності та антропогенного навантаження.

Виклад основного матеріалу дослідження

Загальноєвропейська екологічна мережа є складною територіальною структурою, для якої характерні неоднорідність та нерівномірність просторового розміщення природоохоронних об'єктів. Реалізація природоохоронної складової екомережі ускладнюється тим, що до її структури входять не лише природні території, а й землі, які активно використовуються у господарській діяльності, зокрема сільськогосподарські угіддя. Частка агроекосистем у складі національних мереж Natura 2000 характеризується значними відмінностями за країнами. Аналіз її територіальної структури свідчить, що до складу екомережі включено значні площі земель сільськогосподарського та лісогосподарського призначення, які одночасно виконують природоохоронні та господарські функції. У межах ЄС до структури екомережі залучено близько 11 % сільськогосподарських угідь та 22,9 % лісогосподарських земель (рис. 1).

Найбільша частка сільськогосподарських угідь, включених до територій Natura 2000, спостерігається в Хорватії - 25,7 %, Болгарії - 22,4 % та Словенії - 23,2 %. Натомість найнижче значення цього показника зафіксовано у Фінляндії - лише 1,2 %. Ще суттєвішими є відмінності між державами Європейського Союзу за часткою лісогосподарських територій, охоплених мережею Natura 2000: відповідний показник варіює від 7,6 % у Швеції до 53,2 % у Болгарії. Наведені дані свідчать, що значну частину площ екомережі в країнах ЄС формують лісовкриті території.

З огляду на активну політику Європейського Союзу щодо розширен-

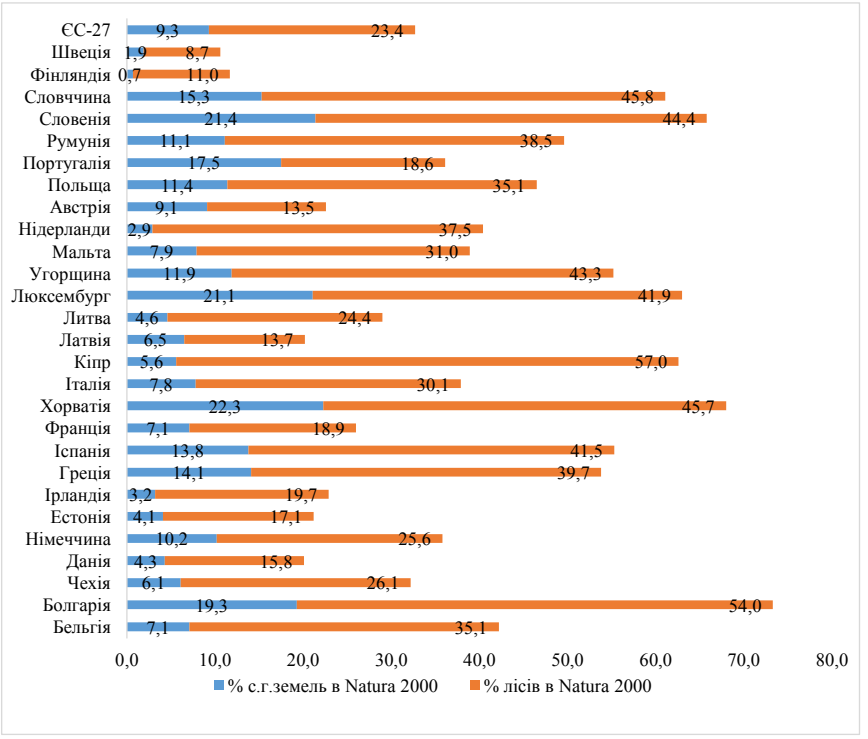


Рис. 1. Частка сільсько- та лісогосподарських земель у Натура 2000, % [5]

ня та розвитку природоохоронних мереж, важливим завданням дослідження є оцінювання рівня забезпеченості європейських держав територіями, охопленими мережами Natura 2000 та Смарагдовою мережею.

У дослідженні для країн ЄС використано показники територіального охоплення мережею Natura 2000, тоді як для України відповідний показник Смарагдової мережі. Їх методична співставність визначається спільною природоохоронною спрямованістю та орієнтацією на збереження біорізноманіття, природних оселищ і екосистемних функцій. Тому в межах інтегральної моделі вони розглядаються як різні національно-інституційні форми реалізації європейського підходу до формування екомережі. Для уникнення термінологічної неоднозначності в дослідженні ми використовуємо єдиний термін «індекс розвитку екомережі» (In), який охоплює Natura 2000 для країн ЄС та Смарагдову мережу для України. Такий підхід на нашу думку відповідає наведеному в статті положенню про взаємну сумісність Natura 2000 і Смарагдової мережі та їх спільну природоохоронну функцію.

З цією метою в межах дослідження було розроблено та розраховано індекс розвитку екомережі, який дає змогу комплексно оцінити рівень представленості природоохоронних територій у структурі землекористування європейських країн.

$$I_n = \frac{\sum S_c + \sum S_m}{\sum S_з}, \qquad (1)$$

де: ∑Sc – сума площ ділянок суші під об'єктами екомережі;

∑Sm – сума площ морських ділянок під об'єктами екомережі;

∑Sз – загальна площа адміністративної одиниці.

У процесі обчислень було отримані результати, представлені у таблиць 1.

Зазначений показник дає змогу здійснити комплексну оцінку просторової забезпеченості територій умовами, необхідними для збереження біологічного різноманіття та підтримання екосистемних функцій. У межах цього дослідження оцінювання проведено для держав - членів Європейського Союзу та України. Найвищі значення індексу зафіксовано в Німеччині - 0,61 та Бельгії - 0,50. Найнижчий рівень забезпеченості характерний для Чехії - 0,14 та Ірландії - 0,15. Середнє значення показника для країн Європейського Союзу становить 0,26, тоді як для України значення Смарагдового індексу дорівнює 0,12. Для оцінки рівня природозабезпеченості території нами було пораховано коєфіцієнт заповідності як частку природоохоронних територій (Sз.т.), тобто відношення площі природоохоронних територій певної території (Sпзф) до її загальної площі (Sзаг.):

$$S_{з.т.} = S_{пзф}/S_{заг} * 100\%. \qquad (2)$$

Показник вказує на рівень природно-ресурсного потенціалу та екосистемних послуг території держави. Серед європейських країн найвищий рівень заповідності територій зафіксовано в Люксембурзі - 51 %, Болгарії - 41 % та Словенії - 40 %. Найменші значення цього показника характерні для Ірландії - 14 % та Фінляндії - 13 %. В Україні частка природоохоронних територій становить лише 7 %, що суттєво поступається середньоєвропейському значенню - 26 %. Таке співвідношення свідчить про недостатню забезпеченість території України природоохоронними об'єктами порівняно з державами - членами Європейського Союзу. Для забезпечення уніфікованого представлення даних у розрахунках інтегрального індексу значення показника були взяті як частки одиниці в діапазоні від 0 до 1 (табл. 1).

Оцінити структуру природних територіальних комплексів (ПТК), на нашу думку варто за допомогою показника антропогенного насичення природних територіальних комплексів (ПТК) – Іа..н. (див. формулу 5.3), який дозволяє оцінити частку антропогенно навантажених територій (сільськогосподарські угіддя, урбанізація) – в загальній структурі природних територіальних комплексів (∑Sa) та саме в лісових, водно-болотних, водних угіддях і сухих територіях, що мають особливий рослинний покрив (∑Sп).

$$I_{а.н.} = \frac{\sum S_a}{\sum S_n}. \qquad (3)$$

Збільшення цього показника вказує на зростаючу функцію антропогенно навантажених територій у структурі природокористування та дозволяє стверджувати, що взаємопроникнення і, як наслідок, взаємовплив, територіальних складових прямує до свого максимуму. Так, найвищі показники виявлено в структурі землекористувань Данії (1,25), Люксембургу (1,22), Мальти (1,00), Угор-

щини (0,87), Франції (0,80), Німеччини (0,79), що свідчить про високий рівень інтеграції агросектору (адже частка сільськогосподарських угідь найбільша) в систему природокористування. Найнижчі показники виявлено в структурі землекористування Фінляндії (0,02), України та Швеції (0,05), Естонії (0,14), Ірландії (0,21), Словенії (0,24), що свідчить про дуже низьку та низьку інтеграцію агросистем у систему природних територіальних комплексів відповідних країн.

Одним із ключових напрямів дослідження є проведення комплексної екологічної оцінки територій окремих європейських держав та України. Інформаційною базою дослідження стали статистичні й офіційні дані Європейського Союзу, Світового банку та Державної служби статистики України. Методологічною основою агроекологічної оцінки територій визначено підхід, що передбачає встановлення ступеня порушення екологічної рівноваги між орними землями, які розглядаються як основний дестабілізуючий компонент агроландшафтів, та сукупністю природних елементів ландшафту - лісами, луками, водними об'єктами, сіножатями, пасовищами та іншими угіддями, що виконують екологостабілізуючу функцію [17]. Розрахунок здійснювався за формулами:

$$P = \frac{Sp}{Sp+Secy}\ 100, \qquad (4)$$

де, P – питома вага ріллі у групі угідь;

Sp – площа ріллі, га;

Secy – сумарні природні території, га.

Питома вага екологостабілізуючих угідь (ЕСУ) в групі угідь розраховується за формулою:

$$ЕСУ = \frac{Secy}{Sp+Secy}\ 100, \qquad (5)$$

де ЕСУ – питома вага екологостабілізуючих угідь у групі угідь Р+ЕСУ, %.

Для характеристики ступеня порушення екологічної рівноваги агроландшафтів застосовано п'ятибальну шкалу оцінювання [18]. Результати, наведені в таблиці 1 подані, як частки одиниці, що забезпечує уніфікацію результатів дослідження. Разом з тим, результати нашого дослідження засвідчують, що значна частина досліджуваних землекористувань європейських країн характеризується оптимальним агроекологічним станом за показником Р у межах від 0 до 20. До цієї групи належать Мальта, Швеція, Ірландія, Фінляндія, Словенія, Португалія, Кіпр, Хорватія, Естонія, Австрія та Греція. Добрий агроекологічний стан, за значеннями Р від 21 до 36, встановлено для Латвії, Італії, Іспанії, Люксембургу, Франції, Словаччини, Нідерландів, Болгарії, Литви та Бельгії. Задовільний стан територій, що відповідає діапазону Р від 37 до 55, характерний для Німеччини, Польщі, Румунії, Чехії та Угорщини. Незадовільний агроекологічний стан, за якого значення Р перебуває в межах від 56 до 70, встановлено в Україні - 56 % та Данії - 60 %. Такий рівень показника свідчить про значне антропогенне навантаження та надмірний рівень використання природного потенціалу екосистем. Водночас середні значення показників Р = 24,9 та ЕСУ = 75,1 для країн Європейського Союзу загалом характеризують їх територію як таку, що має добрий агроекологічний стан.

Оцінювання екологічної стабіль-

ності та рівня антропогенного впливу на території здійснювалося відповідно до методичних рекомендацій щодо визначення екологічної стабільності агроландшафтів і сільськогосподарського землекористування, розроблених А. М. Третяком [18].

Оцінка впливу структури угідь на екологічну стабільність території характеризується коефіцієнтом екологічної стабільності – Кек.ст., який розраховували за формулою:

$$Кек.ст. = \frac{\sum Кі \cdot Пі}{\sum Пі} \qquad (6)$$

де, Кі – коефіцієнт екологічної стабільності угіддя і-го виду [18];

Пі – площа угідь і-го виду, тис. га.

Аналіз екологічної збалансованості ландшафтів та ступеня їх антропогенного перетворення показав, що в Данії, Мальті, Нідерландах, Угорщині, Бельгії та Україні сформувався слабо стабільний екологічний стан. Значення коефіцієнта екологічної стабільності (Кек.ст.) у цих країнах знаходиться в межах 0,34-0,50. Найвищий рівень позитивного впливу структури земельних угідь на екологічну стабільність територій спостерігається у Фінляндії - 0,88, Швеції - 0,85, Словенії - 0,78 та Естонії - 0,72. Середнє значення відповідного показника для країн Європейського Союзу становить 0,60, що відповідає середньому рівню екологічної стабільності територій.

Екологічну збалансованість ландшафтів і вплив діяльності людини на стан довкілля, зокрема і на земельні ресурси, оцінюють за коефіцієнтом антропогенного навантаження [20] (Ка.н.), який розраховували за формулою:

$$Кан = \frac{\sum Буі \cdot Пі}{\sum Пі}, \qquad (7)$$

де, Буі – бал за рівнем антропогенного навантаження на угіддя і-го виду;

Пі – площа угідь і-го виду, тис. га.

Окремим напрямом дослідження стало визначення рівня антропогенного навантаження, що характеризує інтенсивність впливу господарської діяльності людини на стан та функціонування територіальних екосистем. Розрахунки показали, що підвищений рівень антропогенного навантаження, який відповідає значенням коефіцієнта від 3,1 до 4,0, характерний для Мальти, Данії, Бельгії, Нідерландів та України. Для решти досліджуваних європейських країн встановлено середній рівень антропогенного навантаження (табл. 1).

Так як екологічну стійкість землекористування варто визначати не окремим показником, а сукупністю взаємопов'язаних характеристик, які відображають здатність території зберігати природний потенціал, забезпечувати функціонування екосистем та одночасно протистояти антропогенному навантаженню. З огляду на це ми пропонуємо використання інтегрального індексу екологічної стійкості землекористування (ІЕСЗ), адже використання лише одного показника, наприклад частки природоохоронних територій або коефіцієнта екологічної стабільності, не дає змоги комплексно оцінити стан землекористування країни. У проведеному дослідженні для формування інтегральної оцінки використано шість показників, представлених у досліджуваному матеріалі: індекс розвитку екомережі (In), коефіцієнт заповідності (Кз), показник антропогенного насичення природних територіальних комплексів (Іа.н), частка ріллі у структурі угідь (Р), коефіцієнт еколо-

гічної стабільності території (Кек.ст) та коефіцієнт антропогенного навантаження (Кан).

Інтегральний індекс екологічної стійкості землекористування визначено за формулою:

$$I_{ЕСЗ} = \frac{ZI_{п} + ZK_{э} + ZK_{ек.ст.} + ZI_{ан} + ZP + ZK_{ан}}{6} \quad (8)$$

де ІЕСЗ - інтегральний індекс екологічної стійкості землекористування.

1. Моделювання інтегрального індексу екологічної стійкості землекористування країн Європи

Країна	Іп	Sз.т.	Іа.н.	Р	ЕСУ	К ек. ст.	К ан.	ІЕСЗ	Рівень
Австрія	0,15	0,29	0,41	0,17	0,83	0,67	2,80	0,54	середній
Бельгія	0,50	0,15	0,58	0,35	0,65	0,44	3,40	0,38	низький
Болгарія	0,43	0,41	0,68	0,33	0,67	0,58	3,00	0,54	середній
Греція	0,32	0,35	0,46	0,17	0,83	0,64	2,80	0,60	середній
Данія	0,24	0,15	1,25	0,61	0,39	0,34	3,60	0,07	критичний
Естонія	0,36	0,21	0,14	0,16	0,84	0,77	2,50	0,68	високий
Ірландія	0,15	0,14	0,21	0,07	0,93	0,60	2,90	0,50	середній
Іспанія	0,35	0,28	0,38	0,24	0,76	0,60	2,90	0,55	середній
Італія	0,20	0,21	0,44	0,24	0,76	0,60	2,90	0,46	середній
Кіпр	0,29	0,38	0,41	0,12	0,88	0,57	3,00	0,58	середній
Латвія	0,27	0,18	0,33	0,22	0,78	0,72	2,60	0,57	середній
Литва	0,37	0,17	0,35	0,34	0,66	0,57	3,00	0,47	середній
Люксембург	0,27	0,51	1,22	0,27	0,74	0,57	3,10	0,45	середній
Мальта	0,18	0,29	1,00	0,05	0,95	0,38	3,60	0,32	низький
Нідерланди	0,40	0,26	0,36	0,30	0,70	0,43	3,40	0,43	середній
Німеччина	0,61	0,38	0,79	0,37	0,63	0,51	3,20	0,52	середній
Польща	0,41	0,40	0,78	0,38	0,63	0,54	3,10	0,48	середній
Португалія	0,23	0,22	0,63	0,11	0,89	0,68	2,70	0,54	середній
Румунія	0,44	0,23	0,48	0,39	0,62	0,53	3,10	0,46	середній
Словаччина	0,30	0,37	0,32	0,29	0,71	0,63	2,90	0,57	середній
Словенія	0,43	0,40	0,24	0,09	0,91	0,78	2,50	0,79	високий
Угорщина	0,21	0,22	0,87	0,50	0,50	0,43	3,30	0,23	низький
Україна	0,12	0,07	0,05	0,56	0,44	0,40	3,40	0,22	низький
Фінляндія	0,21	0,13	0,02	0,07	0,93	0,88	2,20	0,71	високий
Франція	0,44	0,27	0,80	0,29	0,71	0,55	3,10	0,47	середній
Хорватія	0,46	0,38	0,41	0,15	0,85	0,70	2,70	0,70	високий
Чехія	0,14	0,22	0,51	0,43	0,57	0,52	3,20	0,32	низький
Швеція	0,25	0,14	0,05	0,06	0,94	0,85	2,30	0,71	високий

Розраховано авторами із використанням даних [22]

Запропонований підхід дозволяє одночасно врахувати рівень розвитку природоохоронної інфраструктури, екологічну стабільність структури земельних угідь та інтенсивність антропогенного навантаження. На основі наведених у дослідженні даних було розраховано інтегральний індекс екологічної стійкості землекористування для 27 країн ЄС та України.

Результати моделювання свідчать про суттєву диференціацію країн Європи за рівнем екологічної стійкості землекористування. Найвище значення інтегрального індексу отримано для Словенії - 0,786, що зумовлено одночасним поєднанням високої екологічної стабільності земельних угідь (0,78), значної частки природоохоронних територій (0,40), відносно низької частки ріллі (9,4 %) та невисокого антропогенного навантаження (2,5). Високий рівень екологічної стійкості також характерний для Фінляндії (0,71), Швеції (0,71), Хорватії (0,70) та Естонії (0,68). Спільною характеристикою цих країн є сприятлива структура землекористування, значні площі природних територій, висока екологічна стабільність та порівняно низьке антропогенне навантаження. Особливо показовою є ситуація Фінляндії та Швеції: незважаючи на відносно невисокі значення індексу розвитку екомережі та коефіцієнта заповідності, вони компенсуються дуже високими значеннями коефіцієнта екологічної стабільності та низькими показниками ріллі й антропогенного навантаження.

Середній рівень екологічної стійкості встановлено для більшості досліджуваних країн. Значення ІЕСЗ від 0,40 до 0,59 отримано для Греції, Кіпру, Латвії, Словаччини, Іспанії, Болгарії, Португалії, Австрії, Німеччини, Ірландії, Польщі, Литви, Франції, Італії, Румунії, Люксембургу та Нідерландів. Серед цієї групи особливу увагу привертає Німеччина, яка має найвище серед досліджуваних країн значення індексу розвитку екомережі - 0,61, однак її інтегральний показник становить лише 0,52. Це пояснюється високим антропогенним насиченням природних територіальних комплексів (0,79), значною часткою ріллі (36,7 %) та відносно високим антропогенним навантаженням (3,2). Отже, розвинена система природоохоронних територій сама по собі не гарантує високої екологічної стійкості землекористування, якщо одночасно зберігається значний рівень антропогенного перетворення території.

Низький рівень екологічної стійкості характерний для Бельгії (0,38), Чехії (0,32), Мальти (0,32), Угорщини (0,23) та України (0,22). Для цих країн характерне поєднання високого антропогенного навантаження, значної частки сільськогосподарського використання та недостатньої екологічної стабільності структури землекористування. Особливо важливим є результат для України. Значення ІЕСЗ становить 0,22, що суттєво нижче за середнє значення для країн ЄС, яке за запропонованою моделлю становить приблизно 0,50. Таким чином, за модельною оцінкою інтегральний рівень екологічної стійкості землекористування України становить близько 43 % від середнього рівня країн ЄС. Низьке значення ІЕСЗ України формується під впливом декількох взаємопов'язаних факторів. Передусім це низький рівень розвитку екомережі (0,12), найнижчий серед досліджуваних коефіцієнт заповідності (0,07), низький коефіцієнт екологіч-

ної стабільності (0,40), висока частка ріллі (56,3 %) та підвищений коефіцієнт антропогенного навантаження (3,4). Водночас низьке значення показника антропогенного насичення природних територіальних комплексів (0,05) не може компенсувати загального дисбалансу, оскільки воно у запропонованій моделі розглядається як позитивне лише за умови достатнього розвитку природних компонентів території. Найнижчий результат отримано для Данії - 0,07. Це пов'язано насамперед із найбільшою серед досліджуваних країн часткою ріллі (60,6 %), найвищим показником антропогенного насичення ПТК (1,25), одним із найвищих рівнів антропогенного навантаження (3,6) та найнижчим коефіцієнтом екологічної стабільності (0,34). Отриманий результат підтверджує, що висока інтенсивність використання земель сільськогосподарського призначення може істотно знижувати загальну екологічну стійкість території навіть за наявності розвиненої природоохоронної політики.

Запропонований інтегральний індекс дає змогу перейти від аналізу окремих екологічних характеристик до комплексної оцінки стійкості системи землекористування (рис. 2). Його перевагою є поєднання просторової природоохоронної складової, представленої екомережею та природоохоронними територіями, зі структурною характеристикою земельних угідь та показниками антропогенного навантаження. Важливим є те, що модель не ототожнює поняття природоохоронної забезпеченості та еко-

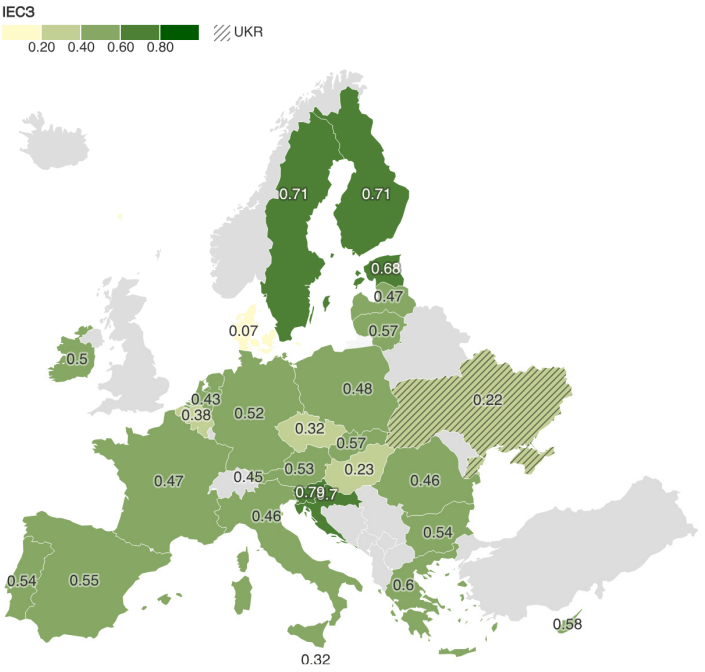


Рис.2. Інтегральний індекс екологічної стійкості землекористування країн Європи

логічної стійкості. Наприклад, країна може мати значні площі Natura 2000 або природоохоронних територій, але водночас характеризуватися високою часткою ріллі, значним антропогенним навантаженням і низькою екологічною стабільністю агроландшафтів. Тому інтегральна оцінка дозволяє врахувати компенсаційний ефект окремих складових та виявити реальний дисбаланс між природоохоронною та господарською функціями земель.

Висновки

Таким чином, проведене дослідження показало, що екологічна стійкість землекористування країн Європи формується під впливом трьох ключових компонентів: природоохоронної забезпеченості території, екологічної стабільності структури земельних угідь та рівня антропогенного навантаження. Найбільш збалансованими за сукупністю цих характеристик є Словенія, Фінляндія, Швеція, Хорватія та Естонія. Натомість землекористування Данії, України, Угорщини, Мальти та Чехії характеризуються найнижчими значеннями інтегрального показника. Для України пріоритетними напрямами підвищення екологічної стійкості землекористування мають бути розширення екомережі та природоохоронних територій, збільшення частки екологічно стабілізуючих угідь, оптимізація структури сільськогосподарського землекористування та зниження антропогенного навантаження на земельні ресурси. Практично індекс може бути використаний для порівняння екологічної стійкості землекористування, визначення проблемних територій, оцінювання результативності земельної та природоохоронної політики, обґрунтування напрямів розширення екомережі, оптимізації структури земельних угідь та визначення пріоритетів екологізації сільськогосподарського землекористування. Водночас отримані результати слід розглядати як авторську модельну оцінку, оскільки вихідні показники характеризують різні аспекти екологічного стану територій і мають різну природу формування.

Список використаної літератури

1. Valeri S., Schmitz V., Acosta-Gallo B., Lamonico D., Villodre V. Condition of linear landscape elements improves with contiguity to protected habitats: Empirical evidence useful for agroecosystem accounting and restoration. *Agriculture, Ecosystems & Environment.* 2024. Vol. 375. Art. 109199. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109199.
2. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. URL: http://www.coe.int/en/web/conventions/full-list?module=treaty-detail&treatynum=104 (дата звернення: 01.08.2026).
3. Landscape features in agricultural land: what is the extent? General publications. Joint Research Centre. 2024. URL: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/landscape-features-agricultural-land-what-extent-2024-09-30_en (дата звернення: 01.08.2026).
4. Openko I., Tykhenko R., Tsvyakh O., Shevchenko O., Tykhenko O., Stepchuk Ya., Rokochinskiy A., Volk P., Shatkovskyi A., Kryvoviaz Ye., Chumachenko O. Mathematical models for estimating the economic impact of using forestry land in the European Union. *International Journal of Green Economics.* 2026. Vol. 20, No. 1. P. 1–13. DOI: https://doi.org/10.1504/IJGE.2026.151892.

5. Мінімакс. Вікіпедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Мінімакс (дата звернення: 01.08.2026).
6. Natura 2000 Barometer. European Environment Agency. URL: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/natura-2000-barometer (дата звернення: 01.08.2026).
7. Nicholas K. A., Scown M. Rural land systems both support and hinder the Sustainable Development Goals across Europe. Communications Earth & Environment. 2024. Vol. 5. Art. 692. DOI: https://doi.org/10.1038/s43247-024-01736-6.
8. Openko I., Tykhenko R., Kuzmych L., Tykhenko O., Tsvyakh O., Rokochynskyi A., Volk P., Halecki W. Economic modeling of shelterbelt land use on agricultural production in Ukraine. *Land.* 2025. Vol. 14, No. 11. Art. 2236. DOI: https://doi.org/10.3390/land14112236.
9. Protected areas in Europe — an overview. European Environment Agency. 2012. No. 5/2012. URL: http://besafe.pensoft.net/news.php?n=38 (дата звернення: 01.08.2026).
10. Schürings C., Globevnik L., Lemm J., Psomas F., Snoj L., Hering D., Birk S. River ecological status is shaped by agricultural land use intensity across Europe. *Water Research.* 2024. Vol. 251. Art. 121136. DOI: https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121136.
11. The Birds Directive. European Union. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0147 (дата звернення: 01.08.2026).
12. The Habitats Directive. European Commission. URL: https://ec.europa.eu/environment/nature/legislation/habitatsdirective/index_en.htm (дата звернення: 01.08.2026).
13. Updated list of officially adopted Emerald sites. 2019. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. URL: http://rm.coe.int/updated-list-of-officially-adopted-emerald-sites-december-2019-/168098ef51 (дата звернення: 01.08.2026).
14. Базове дослідження стану та напрямів розвитку екологічної політики України та перспектив посилення участі організацій громадянського суспільства у розробці та впровадженні політик, дружніх до довкілля : аналітичний звіт. 2018–2019. URL: https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2019/12/baseline-research_report_publishing-dec-2019.pdf (дата звернення: 01.08.2026).
15. Василюк О., Борисенко К., Куземко А., Марущак О., Тєстов П., Гриник Є. Проектування і збереження територій мережі Емеральд (Смарагдової мережі) : методичні матеріали / за ред. А. А. Куземко, К. А. Борисенко. Київ : LAT & K, 2019. 78 с.
16. Дані Natura 2000. European Environment Agency. URL: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/trend-of-sites-designated-under-3/#tab-chart_1 (дата звернення: 01.08.2026).
17. Ракоїд О. О. Методичні рекомендації з комплексної агроекологічної оцінки земель сільськогосподарського призначення. Київ : Логос, 2008. 51 с.
18. Третяк А. М., Третяк Р. А., Шквир М. І. Методичні рекомендації оцінки екологічної стабільності агроландшафтів та сільськогосподарського землекористування. Київ : Інститут землеустрою УААН, 2001. 15 с.
19. Угода про асоціацію з Європейським Союзом. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Угода_про_асоціацію_з_Європейським_Союзом (дата звернення: 01.08.2026).
20. Фурдичко О. І., Стадник А. П. Методологія управління агроландшафтами лісомеліоративними методами. Київ : Аграрна наука, 2010. 60 с.
21. Чумаченко О. М. Оцінка просторової забезпеченості збереження біологічного різноманіття та екосистемних функцій

територій Європи. Формування ринкових відносин в Україні. 2022. № 4 (251). С. 60–68. URL: https://search.nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=njuu_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21COLTERMS=0&S21STR=%D0%9669574%2F2022%2F4 (дата звернення: 01.08.2026).

22. Чумаченко О. М. Теоретичні засади оцінки земельно-ресурсного потенціалу європейських країн в економічному та екологічному вимірах : монографія. Київ, 2022. 608 с.

References

1. Valeri, S., Schmitz, V., Acosta-Gallo, B., Iamonico, D., Villodre, M., Arnáiz-Schmitz, C., & Capotorti, G. (2024). Condition of linear landscape elements improves with contiguity to protected habitats: Empirical evidence useful for agroecosystem accounting and restoration. *Agriculture, Ecosystems & Environment,* 375, 109199. DOI: https://doi.org/10.1016/j.agee.2024.109199
2. Council of Europe. (1979). Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. Available at: http://www.coe.int/en/web/conventions/full-list?module=treaty-detail&treatynum=104
3. Joint Research Centre. (2024). Landscape features in agricultural land: What is the extent? General publications. Available at: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/landscape-features-agricultural-land-what-extent-2024-09-30_en
4. Openko, I., Tykhenko, R., Tsvyakh, O., Shevchenko, O., Tykhenko, O., Stepchuk, Y., Rokochynskyi, A., Volk, P., Shatkovskyi, A., Kryvoviaz, Ye., & Chumachenko, O. (2026). Mathematical models for estimating the economic impact of using forestry land in the European Union. *International Journal of Green Economics*, 20(1), 1–13. DOI: https://doi.org/10.1504/IJGE.2026.151892
5. Minimax. (n.d.). Wikipedia. Available at: https://uk.wikipedia.org/wiki/Minimax
6. European Environment Agency. (n.d.). Natura 2000 Barometer. Available at: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/natura-2000-barometer
7. Nicholas, K. A., & Scown, M. (2024). Rural land systems both support and hinder the Sustainable Development Goals across Europe. Communications Earth & Environment, 5, 692. Available at: https://www.nature.com/articles/s43247-024-01736-6
8. Openko, I., Tykhenko, R., Kuzmych, L., Tykhenko, O., Tsvyakh, O., Rokochynskyi, A., Volk, P., & Halecki, W. (2025). Economic modeling of shelterbelt land use on agricultural production in Ukraine. *Land,* 14(11), 2236. DOI: https://doi.org/10.3390/land14112236
9. European Environment Agency. (2012). Protected areas in Europe—An overview (EEA Report No. 5/2012). Available at: http://besafe.pensoft.net/news.php?n=38
10. Schürings, C., Globevnik, L., Lemm, J. U., Psomas, A., Snoj, L., Hering, D., & Birk, S. (2024). River ecological status is shaped by agricultural land use intensity across Europe. *Water Research*, 251, 121136. DOI: https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121136
11. European Parliament & Council of the European Union. (2009). Directive 2009/147/EC on the conservation of wild birds (The Birds Directive). Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32009L0147
12. European Council. (1992). Council Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora (The Habitats Directive). Available at: https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/habitats-directive_en

13. Council of Europe. (2019). Updated list of officially adopted Emerald sites. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats. Available at: https://rm.coe.int/updated-list-of-officially-adopted-emerald-sites-december-2019-/168098ef51
14. Bazove doslidzhennia stanu ta napriamiv rozvytku ekolohichnoi polityky Ukrainy ta perspektyv posylennia uchasti orhanizatsii hromadianskoho suspilstva u rozrobtsi ta vprovadzhenni polityk, druzhnikh do dovkillia: Analitychnyi zvit [Baseline research of the state and directions of development of environmental policy of Ukraine and prospects for strengthening the participation of civil society organizations in the development and implementation of environmentally friendly policies: Analytical report]. (2019). Available at: https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2019/12/baseline-research_report_publishing-dec-2019.pdf
15. Vasyliuk, O., Borysenko, K., Kuzemko, A., Marushchak, O., Tiestov, P., & Hrynyk, Ye. (2019). Proektuvannia i zberezhennia terytorii merezhi Emerald (Smarahdovoi merezhi): Metodychni materialy [Design and conservation of Emerald Network sites: Methodological materials] (A. A. Kuzemko & K. A. Borysenko, Eds.). Kyiv. LAT & K. 78.
16. European Environment Agency. (n.d.). Dani Natura 2000 [Natura 2000 data]. Available at: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/trend-of-sites-designated-under-3/#tab-chart_1
17. Rakoid, O. O. (2008). Metodychni rekomendatsii z kompleksnoi ahroekolohichnoi otsinky zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Methodological recommendations for comprehensive agroecological assessment of agricultural land]. Kyiv: Lohos. 51.
18. Tretiak, A. M., Tretiak, R. A., & Shkvyr, M. I. (2001). Metodychni rekomendatsii otsinky ekolohichnoi stabilnosti ahrolandshaftiv ta silskohospodarskoho zemlekorystuvannia [Methodological recommendations for assessing the ecological stability of agrolandscapes and agricultural land use]. Kyiv: Institute of Land Management of UAAS. 15.
19. Uhoda pro asotsiatsiiu z Yevropeiskym Soiuzom [Association Agreement with the European Union]. (n.d.). Available at: https://uk.wikipedia.org/wiki/Uhoda_pro_asotsiatsiiu_z_Ievropeiskym_Soiuzom
20. Furdychko, O. I., & Stadnyk, A. P. (2010). Metodolohiia upravlinnia ahrolandshaftamy lisomelioratyvnymy metodamy [Methodology of agrolandscape management using forest reclamation methods]. Kyiv. Ahrarna nauka. 60.
21. Chumachenko, O. M. (2022). Otsinka prostorovoi zabezpechenosti zberezhennia biolohichnoho riznomanittia ta ekosystemnykh funktsii terytorii Yevropy [Assessment of spatial provision for the conservation of biodiversity and ecosystem functions of European territories]. Formuvannia Rynkovykh Vidnosyn v Ukraini, 4(251), 60–68. Available at: https://search.nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=njuu_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21COLORTERMS=0&S21P03=I=&S21STR=%D0%9669574%2F2022%2F4
22. Chumachenko, O. M. (2022). Teoretychni zasady otsinky zemelno-resursnoho potentsialu yevropeiskykh krain v ekonomichnomu ta ekolohichnomu vymirakh [Theoretical foundations for assessing the land-resource potential of European countries in economic and environmental dimensions]. Kyiv. 608.

Chumachenko O., Hunko L., Kryvoviaz Y., Kolosa L.

MODELING AN INTEGRAL INDEX OF ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF LAND USE IN EUROPEAN COUNTRIES

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 98-114.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.07

Abstract. *The article examines the environmental sustainability of land use in European countries, taking into account the spatial provision of protected areas, land-use structure, the level of environmental stability, and anthropogenic pressure. The necessity of shifting from the assessment of individual environmental indicators to a comprehensive analysis of the capacity of territories to preserve their natural potential, biological diversity, and ecosystem functions is substantiated. The methodological basis of the study comprises indicators of the development of the Natura 2000 and Emerald ecological networks, the protection coefficient, the indicator of anthropogenic saturation of natural territorial complexes, the share of arable land, the environmental stability coefficient, and the anthropogenic pressure coefficient. To ensure their comparability, normalization using the min-max transformation method and equal weighting of the indicators were applied. On this basis, an integral index of environmental sustainability of land use was proposed, which enables a comprehensive assessment of the relationship between the environmental protection and economic components of territorial development. The index was modeled for the 27 countries of the European Union and Ukraine. Significant differentiation of countries by the level of environmental sustainability was established. The highest values of the integral index are characteristic of Slovenia, Finland, Sweden, Croatia, and Estonia, while the lowest values are observed in Denmark, Ukraine, Hungary, Malta, and the Czech Republic. The average value of the index for the European Union countries is approximately 0.50, whereas for Ukraine it is 0.22. It was established that a significant area of protected territories alone does not ensure high environmental sustainability of land use if it is accompanied by a high share of arable land and substantial anthropogenic pressure. The proposed index can be used for comparative assessment of countries, spatial planning, improvement of land and environmental policies, and substantiation of directions for developing environmentally balanced land-use systems.*

Keywords: *environmental sustainability, land use, ecological network, biodiversity, protected areas, anthropogenic pressure, ecosystem services.*

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 18.09.2026; Прийнято: 01.10.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК 630*114:005(477) http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.08

ЛІСОВІ ЗЕМЛІ УКРАЇНИ: ВИКЛИКИ, ЗАКОНОДАВЧЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТА СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ

Є. В. БУТЕНКО,
кандидат економічних наук, доцент
E-mail: Butenko@nubip.edu.ua
ORCID ID: 0000-0002-5923-5838
Національний університет біоресурсів і природокористування України
О. В. КУЗНЕЦОВА,
старший викладач
E-mail: kuznec-68@ukr.net
ORCID ID: 0009-0006-2189-7306
Черкаський державний технологічний університет

Анотація. *У статті визначено цінність лісових земель України як стратегічного природного ресурсу, які виконують численні економічні, екологічні та соціальні функції. Зокрема, підкреслено необхідність ефективного управління лісовими землями для збереження навколишнього природного середовища та запобігання деградації земель.*

Проведено всебічний аналіз сучасного стану використання лісових земель та їх ключових проблем в умовах воєнних дій та викликів, пов'язаних із війною. Розкрито основні аспекти використання лісових земель, враховуючи їх екологічне, економічне та соціальне значення для країни. Було здійснено аналіз найважливіших інструментів лісової політики Європейського Союзу та можливість їх впровадження в Україні.

У процесі дослідження інформації про стан лісових земель в України, їх динаміку та особливості їх функціонального використання особливу увагу було приділено управлінню лісовими землями, як важливого компонента кліматично-енергетичних рамок Європейського Союзу до 2030 року. У статті акцентовано увагу на необхідності комплексного підходу до ефективного управління лісовими землями в Україні при досягненні екологічного балансу охорони лісів, відновленні екосистем та їх ефективному використанні.

Висвітлено проблематику забруднення лісових площ вибухонебезпечними речовинами, та розглянуто шляхи подолання цієї проблеми.

Проаналізовано основні нормативно-правові акти, які регулюють земельні і лісові відносини, зокрема Земельний і Лісовий кодекси України, закони та під-

законні акти, що регулюють права та обов'язки органів управління, а також власників і користувачів лісових земель.

У статті визначено необхідність доповнення існуючої нормативно правової бази управління лісовими землями стратегічним напрямом подолання наслідків війни і повоєнної розбудови держави.

Ключові слова: *лісові землі, кліматичні зміни, функції лісових земель, забруднення лісових площ, воєнні дії, повоєнне відновлення, лісова політика Європейського Союзу, проблеми неефективного управління лісовими землями, стратегія розвитку, законодавче забезпечення, управління лісовими землями.*

Постановка проблеми

Лісові землі є надзвичайно цінним природним ресурсом України, який впливає на екологічну, економічну, соціальну складову та має визначальне значення у боротьбі з негативними екологічними явищами, насамперед, такими як ерозія земель та зміна клімату [15].

Виходячи з цього, можна визначити функції лісових земель, як трьох компонентну економіко-еколого-соціальну систему із відповідними, взаємозалежними властивостями у загальній структурі сталого просторового розвитку територій (рис. 1):

- економічну функцію, пов'язану із використанням та відтворенням сировинних ресурсів лісових земель;
- екологічну функцію, що включає захисний, відновлювальний, охоронний вплив лісових земель на різні компоненти навколишнього середовища;
- соціальну функцію, яка визначає здатність лісових земель надавати рекреаційні, санітарно-гігієнічні, культурно-естетичні, оздоровчі та інші послуги населенню.

За інформацією Державного агентства лісових ресурсів України, площа лісового фонду України становить 10,4 млн га, а лісистість території визначається на рівні 15,9 % у динаміці статистичних даних 2015–2023 років, при чітко визначеному цільовому орієнтирі, встановленому на 2020 рік, – 17,0 %. Це визначає управління лісовими землями їх збереження і збільшення площі як стратегічній напрям економіки країни [16].

При визначенні основних проблем ефективного використання лісових земель в Україні, розглядаємо їх крізь призму глобальних змін клімату, зниження площ продуктивних лісових екосистем, воєнних дій.

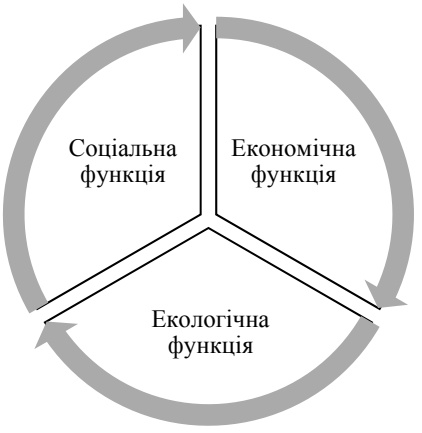


Рис. 1. Функції лісових земель у системі сталого просторового розвитку територій.

Подолання цих викликів є першочерговим завданням на шляху ефективного управління лісовими землями в Україні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Лісові землі відіграють важливе значення у збереженні навколишнього середовища, забезпеченні сталого розвитку територій та привертають увагу наукових досліджень, оскільки є ключовим елементом глобальних змін клімату та опустелювання територій.

Stubenrauch, J., Garske, B., Ekardt, F., & Hagemann, K. дослідили інструменти «управління лісами в ЄС та здійснили аналіз найважливіших інструментів лісової політики Європейського Союзу. Вони визначили потенційні переваги заліснення та лісовідновлення для пом'якшення клімату та досягнення кліматичної нейтральності. Автори підкреслюють, що лише біорізноманітні та стійкі ліси можуть функціонувати як довгострокові поглиначі вуглецю» [8].

Rompppanen S. дослідила «LULUCF Regulation, який охоплює питання управління лісовими землями, як важливого компонента кліматично-енергетичних рамок ЄС до 2030 року та надає державам-членам можливість гнучкості у встановленні контрольних рівнів, що забезпечуватиме ефективне управління та сталий, позитивний вплив на клімат» [2].

Lambou F. J., Ngoufo R., Foyet Gankam A. D., & Tchuenga Seutchueng, T. G. у своїй роботі проаналізували «територію Камеруна, яка має другий за величиною лісовий масив в Африці. Визначили, що існуюча екосистема лісі відіграє ключову роль у регулюванні клімату, накопиченні вуглецю, відновленні ґрунтів, наданні товарів та інших послуг. Метою їхнього дослідження був аналіз впливу зміни площ лісових масивів на існуючу екосистему та оцінка наслідків REDD+ при управлінні лісовими землями в Нгамбе-Тікар» [12].

Опенько І. А., Цвях О. М., присвятили роботу «аналізу проблем лісових пожеж, численних еколого-економічних збитків, які вони спричиняють. Лісові пожежі привертають до себе особливу увагу в контексті сталого розвитку та визначає, що лісові пожежі не є основною причиною зниження деревного покриву в Україні, хоча площі лісових земель пройдених пожежами є дуже суттєвими» [13].

Враховуючи реалії нинішнього життя, часте виникнення пожеж у зв’язку з вибухами та вплив на екологію ландшафтів, викиди вуглецю у повітря група науковців: С. В. Зібцев, Й. Г. Голдаммер, В. В. Миронюк, О. М. Сошенський, Р. Д. Василишин, І. Л. Будзінський, С. В. Сидоренко, О. А. Борсук, Є. В. Кальчук, І. С. Зібцева провели дослідження та розрахували площі пожежних поривів та кількість викидів вуглецю станом у період 2022 та 2023 років [5, 6].

Мета дослідження. Метою дослідження є визначення викликів, стану законодавчого регулювання та стратегічних напрямів розвитку управління лісовими землями в Україні.

Матеріали і методи наукового дослідження

У процесі наукового дослідження використовувалися різні матеріали та методи дослідження, які дають змогу комплексно проаналізувати стан лісових земель, та ефективність їх правого регулювання і використання

корисних функцій для оцінки перспектив сталого управління лісовими землями.

Правовою основою дослідження стали: чинна нормативно-правова база регулювання земельних і лісових відносин, управління лісовими землями, директиви ЄС стосовно кліматичних змін та нульового вуглецевого сліду.

У ході наукового дослідження використовувалися монографічний, абстрактно-логічний, розрахунковий методи та метод аналогії.

Монографічним методом вивчено особливості лісових земель з урахуванням природних, економічних і соціальних факторів. Проаналізовано нормативно-правові акти управління лісовими землями, концепції та стратегії управління лісовими землями, проведено аналіз результативності існуючих заходів управління, описано проблеми забруднення лісових масивів вибухонебезпечними речовинами та причини лісових пожеж.

Абстрактно-логічним методом проаналізовано проблеми управління лісовими землями їх вплив на екологічну, економічну та соціальну сферу в Україні.

Розрахунковим методом досліджено загальну площу лісового фонду, площу лісових земель, лісистість країни, динаміку зміни площ і розподіл лісового фонду за відомчою підпорядкованістю.

Використовуючи метод аналогії, в дослідженні здійснено пошук проблем і можливих шляхів їх вирішення. Аналогію використано в порівнянні лісів двох категорій (забруднених радіоактивними речовинами та вибухонебезпечними), які потребують спеціального моніторингу та відновлення. Застосування передового досвіду інших країн у сфері відновлення екосистем може бути використано як приклад використання методу аналогії для покращення управління лісовими землями України.

Результати дослідження та обговорення

Лісові землі є одним із найцінніших природних ресурсів, що лежать в основі екологічної рівноваги, біорізноманіття та соціально-економічного розвитку. «Ефективне управління лісами відіграє ключову роль у збереженні навколишнього природного середовища, запобіганні деградації ґрунтів та зміні клімату» та набуває особливої уваги, адже лісові землі є ключовим ресурсом для екологічної рівноваги [9].

Нормою Земельного кодексу України у статті 55 визначено склад земель лісогосподарського призначення, до яких належать «землі, вкриті лісовою рослинністю, а також не вкриті лісовою рослинністю, нелісові землі, які надані та використовуються для потреб лісового господарства» [4].

У свою чергу Лісовий кодекс України у статті 5 містить визначення землі лісогосподарського призначення: «До земель лісогосподарського призначення належать лісові землі, на яких розташовані лісові ділянки, та нелісові землі, зайняті сільськогосподарськими угіддями, водами й болотами, спорудами, комунікаціями, малопродуктивними землями тощо, які надані в установленому порядку та використовуються для потреб лісового господарства» [7].

Аналізуючи правове визначення поняття «земель лісогосподарського призначення» в Земельному та Лісовому кодексах України, виникає логічне твердження, що землі не на-

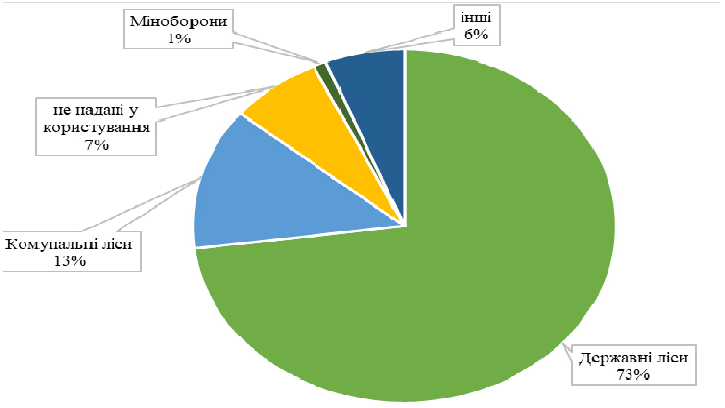


Рис. 2. Розподіл загальної площі земель лісового фонду України за відомчою підпорядкованістю, за даними Державного агентства лісових ресурсів України [3].

дані в установленому порядку та використовуються для потреб лісового господарства без чітких меж в натурі, - не є лісовими землями, а факт самозалісення земельної ділянки, не означає автоматичного віднесення її до категорії лісових земель [1].

Управління лісовими землями вимагає комплексного підходу, що включає: ухвалення стратегічних документів, узгодження існуючих правових норм у чинному законодавстві, оформлення в установленому порядку і закріплення на місцевості площ лісових земель, забезпечення балансу між екологічними, економічними та соціальними функціями, впровадження цифрових технологій моніторингу для підвищення ефективності та прозорості управління [3].

Одним із важливих елементів управління лісовими землями є раціональний розподіл загальної площі земель лісового фонду України за відомчою підпорядкованістю (див. рис. 2), адже чітке визначення відповідальності кожного органу забезпечує більш ефективне управління та досягнення цілей стратегії на різних рівнях.

У цьому контексті складність управління лісовими землями обумовлена підпорядкованістю існуючих лісокористувачів, які належать до різних міністерств і відомств. Це створює багатовідомчу структуру управління лісовими землями об’єднану загальними цілями, збереження біорізноманіття та збільшення середньої лісистість території нашої країни і наближення її до рівня європейських країн (табл. 1).

Як видно із таблиці 1, рівень лісистості України – один із найнижчих серед європейських країни. Найвищі показники лісистості спостерігаються у північних країнах, таких як Фінляндія та Швеція, де площі лісових земель займають більшу частину території. Це пов'язано з кліматичними умовами та історичними особливостями розвитку лісового господарства у цих регіонах.

Площі лісових земель, представлені у різних природних зонах України, потребують індивідуальних під-

1.Середня лісистість території країни європейських країн

Країна	Лісистість території, (%)
Фінляндія	73
Швеція	68
Словенія	62
Латвія	54
Естонія	52
Греція	50
Іспанія	37
Україна	**15,9**

Джерело: Євростат, ФАО, 2022 рік

ходів до управління. У кожній зоні повинні враховуватися специфічні кліматичні, ґрунтові та гідрологічні умови для визначення оптимальних методів лісокористування.

Тому важливим завданням є збереження існуючих лісових екосистем, аналіз причин вирубки і деградації лісових земель (табл. 2) та їх відновлення, особливо в тих регіонах, де площа була зменшена через господарську діяльність, військові дії або природні катастрофи.

Сучасні методи управління лісовими землями спрямовані на баланс

2. Причини вирубки та деградації лісів

	У лісовому секторі	Поза лісовим сектором
Прямі	• сильний вплив і незаконні рубки.	•розширення сільського господарства; •обмеженість земельних ресурсів; •розширення поселень; •розвиток інфраструктури; •пожежі; •попит на деревину; •попит на деревне паливо.
Непрямі	• недосконала управлінська складова; • слабке управління лісовим сектором: о слабке правове регулювання та контроль; о низький рівень обізнаності зацікавлених сторін та їх залучення; о корупція; о відсутність прозорості та звітності; о відсутність оцінки впливу на навколишнє середовище. • відсутність розмежування лісових територій; • низька обізнаність; • відсутність альтернативного постачання деревини, як джерела енергії; • відсутність ефективних інструментів для стимулювання розвитку управління лісами; • низька ефективність використання деревини; • недостатня інформація про стан лісових ресурсів.	• збільшення чисельності населення; • зростання доходів і попиту на ресурси; • підвищення доступності лісових масивів; • низька врожайність сільськогосподарських культур; • міграція в лісові зони; • військова діяльність; • активний агропромисловий розвиток; • відсутність інформації про землекористування та документів на землю; • управління: о збіги/нечіткість юрисдикцій; о нераціональне землеволодіння; о слабке правове управління; о відсутність справедливого та прозорого вирішення судочинства; о системні адміністративні порушення; та міжвідомчі суперечки. • соціальна безвідповідальність; • низьке усвідомлення екологічної ролі лісів.

Джерело: Assessment of land use, forest policy and governance in Cambodia.



Рис. 3. Ключові проблеми неефективного управління лісовими землями

між використанням деревини у промисловості та збереженням лісових площ для майбутніх поколінь. Адже, існуюча система управління лісовими землями нараховує низку проблем, які виникли через її недосконаліть, застарілість управлінських підходів та невідповідність сучасним реаліям в країні (рис. 3).

Лісові землі України є складовою частиною комплексного Європейського зеленого курсу, спрямованого на досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Вони підтримують біорізноманіття, сприяють відновленню деградованих площ, забезпечують сталий розвиток сільських територій та поглинають вуглекислий газ, зменшуючи загальні викиди парникових газів [17].

Враховуючи, що значна частина лісів України має екологічне значення, важливим є розвиток зеленої економіки, орієнтованої на формування екосистемних послуг, які надають ліси шляхом очищення повітря, поглинання поверхневого стоку, та захист ґрунтів від прояву ерозійних процесів, що свідчить про підвищення значущості ефективного управління лісовими землями.

Відновлення лісів має велике значення для екології та біорізноманіття. Із аналізу даних Державної служби статистики України можна спостерігати стабільне зростання площі лісових земель у період 2010–2022 роки, де цей показник складає 22,2 %. Відновлення лісів та лісорозведення показують 33 % позитивної динаміки, що сприяє збільшенню загальної площі лісових земель. Зокрема, у 2022 році площа відновлених лісів значно перевищила показники попередніх років, що свідчить про ефективність заходів з відновлення лісових площ та сталого управління лісовими землями. Ці тенденції є важливими для підтримки екологічного балансу та зменшення викидів парникових газів, що відповідає цілям Європейського зеленого курсу. Тому їх відновлення є критично важливим для забезпечення стійкості природних екосистем і підтримки сталих взаємозв'язків у навколишньому природному середовищі [28].

Ще однією важливою частиною лісовідновлювальних робіт є ство-

рення штучних лісів, особливо в умовах післявоєнного відновлення. Такі ліси можуть допомогти швидко відновити лісові площі, забезпечити екологічну стабільність та підтримати біорізноманіття. Проте вони потребують постійного моніторингу і догляду, щоб забезпечити їх стійкість і довгострокову екологічну та економічну користь.

За даними Державного агентства лісових ресурсів України, площа штучних лісів в Україні становить близько 1,7 мільйонів гектарів. Щорічно проводяться роботи з лісовідновлення на площі понад 50 тисяч гектарів. Слід визначити їх важливу роль в екологічній та економічній стабільності країни за рахунок приросту деревини, а також можливості рекреаційного та туристичного використання цих територій [29].

Ще одним, перспективним напрямком є розвиток природного лісівництва, яке відображає прогресивну форму лісової політики, спрямованої на збереження екосистеми лісів та підтримку їх стійкості. Цей підхід узгоджується з сучасними європейськими стандартами і відповідає потребам суспільства, яке прагне розглядати ліси не тільки як джерело деревини, але і як важливу частину екосистеми.

Аналізуючи екологічні виклики управління лісовими землями та збереження біорізноманіття, слід згадати Смарагдову мережу, створену на виконання положень Бернської конвенції про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі, членом якої із 1996 року є Україна. Смарагдова мережа в Україні вже включає 377 природоохоронних територій, що складає 13,4 % її площі, включаючи площі природно-заповідного фонду України, яка становить 6,82 % від загальної площі країни та має динаміку подвоєння до 2030 року. Це відіграє важливу роль у поглинанні викидів CO2, сприяє зменшенню парникового ефекту та боротьбі зі зміною клімату. Ці аспекти є критично-важливими для забезпечення сталого управління лісовими землями та досягнення екологічної рівноваги [30].

Проблеми з управлінням лісовими землями, у своїй суті, пов’язані із недостатньою координацією між органами управління, відсутністю ефективного довгострокового планування та недостатнім контролем. Тому ефективне управління лісовими землями в Україні потребує комплексного підходу, який поєднує охорону природних лісів, відновлення екосистем, а також ефективне використання лісових ресурсів, збереження біорізноманіття і забезпечення екологічного балансу.

Похідною до однієї з основних проблеми є: масштабні нелегальні рубки лісів, які завдають значної шкоди екосистемам та економіці країни та розкривають проблему не ефективного контролю та моніторингу з боку державних органів. Як видно із аналізу звітів Лісової варти [18], відсутність чітко встановлених меж лісових земель унеможливлює ефективне управління та їх охорону. Це призводить до неможливості ідентифікації порушень та порушників, що сприяє збільшенню незаконних вирубок та інших правопорушень на цих землях. Матеріали Звіту визначають необхідність проведення робіт із винесення меж лісових та природоохоронних територій, а також закріплення їх в натурі для забезпечення належного контролю та захисту цих

земель в Україні. Тобто, відсутність меж постійних лісокористувачів не дає можливості ідентифікувати порушення й порушника, а заподіяну лісу шкоду, у разі невстановлення винних у заподіянні такої шкоди осіб, повинен відшкодувати орган місцевого самоврядування, що визначено частиною другою статті 107 Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо збереження лісів» №2321-IX від 20.06.2022 [19]. Ця проблема стала настільки масовою та гострою, що привернула увагу правоохоронних органів, зокрема прокуратури, але її вирішення полягає у проведенні робіт із винесення меж лісових та природоохоронних територій та закріплення їх в натурі.

Проблемою відтворення та охорони лісів є недостатнє відновлення лісових насаджень після вирубки, використанням низькоякісного посадкового матеріалу, високим рівнем ураження лісів шкідниками та хворобами. При цьому в Україні відбуваються процеси самозаліснення земель, що сприяє природному відновленню екосистем, збереженню біорізноманіття, покращенню якості ґрунтів, допомагає зменшити ерозію та відновити деградовані землі, що є важливим для екологічної стабільності і боротьби зі зміною клімату. Однак, відсутність чітко встановлених меж для таких земель та їх правовий статус ускладнює ефективне управління ними.

До екологічних факторів слід віднести зміну клімату, що негативно впливає на ареал зростання та стан лісів, збільшення кількості лісових пожеж і, як наслідок, забруднення повітря та водних ресурсів у результаті вирубки лісових площ. До організаційно-господарських слід віднести обмеженість інформації про обсяги вирубки в умовах війни та реалізацію деревини, відсутності ефективного громадського контролю.

Зважаючи на наявність лісів, що зростають на радіаційно забруднених територіях, зокрема в Чорнобильському радіаційно-екологічному біосферному заповіднику, важливо продовжувати моніторинг і наукові дослідження із оцінки ступеня радіаційного забруднення лісових територій, аналізу показників для можливості безпечного використання існуючих лісових ресурсів та відновлення їх продуктивних властивостей.

Війна в Україні спричинила значні екологічні проблеми. Згідно з даними звіту FOREST EUROPE, площа лісових земель, що постраждали від воєнних дій, значно зросла, а до основних екологічних проблем лісових земель слід віднести: знищення лісів у результаті воєнних дій; забруднення лісових земель вибухонебезпечними предметами; лісові пожежі.

Особливого значення набуває відновлення лісових площ, що постраждали від воєнних дій в Україні та потребують значних зусиль та ресурсів на їх очищення від небезпечних предметів. Ліси, які постраждали від воєнних дій, часто містять небезпечні залишки, такі як міни та невибухлі боєприпаси, що робить процес розмінування складним і тривалим.

Післявоєнне відновлення території включає кілька етапів, серед яких розмінування є одним з найважливіших. Спочатку розміновуються населені пункти, потім сільськогосподарські землі і лише після цього приступають до розмінування лісів. Це означає, що ліси часто залишаються небезпечними протягом трива-

лого часу після завершення воєнних дій та деокупації територій.

З початку повномасштабного вторгнення в Україні постраждало близько 3 мільйонів гектарів лісів, що становить майже третину лісового фонду країни. За даними Державного агентства лісових ресурсів України, повністю знищено майже 900 гектарів лісів. Загальні збитки, завдані лісовому фонду, оцінюються в 60 мільярдів доларів [31].

На думку авторів, проблема повоєнного відновлення лісів складається із декількох ключових аспектів [14].

По-перше, частина лісових масивів тепер небезпечна для перебування людей через наявність мін, нерозірваних снарядів та інших боєприпасів. Це створює загрозу життю та здоров'ю як цивільного населення, так і в спеціалістів, які працюють.

По-друге, забруднення вибухонебезпечними предметами шкодить екосистемі. Ліси, які є домівкою для багатьох видів тварин і рослин, опиняються під загрозою. Вибухи можуть знищити флору і фауну, а також спричинити пожежі, що ще більше погіршує хворобу.

По-третє, проблема проблеми на економічну діяльність. Лісове господарство, заготівля деревини, збір грибів та ягід, а також туристична галузь знають серйозних збитків, остання багато територій залишаються небезпечними.

Таким чином, забруднення лісів вибухонебезпечними об’єктами є багатогранною проблемою, яка має як гуманітарний, так і екологічний та економічний вимір. Її розв'язання потребує комплексного підходу: розмінування території, екологічного моніторингу та проведення інформаційної роботи серед населених пунктів [6].

Лісові пожежі в Україні є серйозною екологічною проблемою, особливо в умовах активних воєнних дій. У 2022 році 70 % від площі всіх пожеж було зареєстровано у 25-кілометровій буферній зоні. Площа пожеж на лісових землях у 2023 році охоплює 51 тис. га, а основними причинами пожеж є бойові дії, обстріли та мінування лісових земель. «Найчастіше лісові пожежі трапляються в таких регіонах:

• окуповані райони Херсонщини: постраждало 8,2 тис. га лісів, великі лісові пожежі – 8,1 тис. га;

• частково окупована територія Миколаївської області: постраждало 2,3 тис. га, охоплено великими лісовими пожежами 2,2 тис. га;

• частково окупована територія Харківської області: постраждало 1,2 тис. га, охоплено великими лісовими пожежами 1,1 тис. га;

• деокуповані території Київської області: постраждало 2,3 тис. га, охоплено великими лісовими пожежами 2,1 тис. га» [22].

Зміна клімату значно впливає на поглинання парникових газів лісовими землями. Ліси відіграють важливу роль у поглинанні вуглекислого газу (CO_2), що допомагає зменшити парниковий ефект. Згідно із даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [21], у 2020 році лісові землі України поглинули 42.5 млн. тонн CO_2, що на 5.2% більше порівняно з 2015 роком. Однак, викиди CO_2 від лісових пожеж у 2020 році склали 1,8 млн тонн, що на 12,5 % більше порівняно з 2015 роком та нівелює ефект лісових земель у протидії змін клімату та процесам опустелення територій. Наведені дані підкреслюють важливість ефективного управління лісовими

3. Концепції, державні стратегії і програми, які стосуються управління лісовими землями

Назва стратегічного документу	Про лісові землі	Особливості заходів/інструментів/ механізмів
Державна стратегія управління лісами України до 2035 року	Створення необхідної інфраструктури для управління лісовими землями, збалансованої правової системи та забезпечення прозорості в лісовому господарстві. Активне залучення державних та приватних суб'єктів, міжнародних організацій та використання сучасних технологій для моніторингу та захисту лісових ресурсів.	Державна стратегія управління лісами України до 2035 року спрямована на вирішення ключових проблем, таких як баланс між екологічними, економічними та соціальними функціями лісів, недосконале управління лісовими землями, фінансові труднощі, екологічні проблеми та подолання наслідків війни. Стратегія передбачає реформування державного управління, відновлення лісових площ після воєнних дій та створення єдиної електронної бази даних про лісові землі.
Всеєвропейська стратегія збереження біологічного та ландшафтного різноманіття	Розробка і здійснення плану дій для впровадження аспектів біологічного та ландшафтного різноманіття з розбудовою екологічної мережі в лісовий менеджмент та урахуванням під час використання лісової продукції і її відновлення	економічні і соціальні сектори. Зокрема, очікується, що сільське господарство, морське рибальство, лісове господарство і туризм визнають необхідність збереження біологічного та ландшафтного різноманіття своєю головною турботою і активно прагнутимуть підтримувати та покращувати якість природи та ландшафтів. Лісівництво: ефективніше впроваджувати стратегічні принципи в управлінні лісовим господарством, для чого підвищити здатність місцевих видів дерев до відновлення, виділити в окремі зони лісові райони, які розвиваються природним шляхом, і узгодити політику лісонасаджень з природоохоронними заходами та політикою збереження ландшафтів, а також раціоналізувати застосування добрив і пестицидів Оборона: інтегрувати завдання біологічного та ландшафтного різноманіття в оборонну галузь з метою уникнення негативного впливу військової діяльності на території, що характеризуються великою природною цінністю і попереджувати чи зменшувати цей вплив на ландшафти, сприяти впровадженню раціональних форм землекористування
Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат	Інтегроване планування та управління земельними та водними ресурсами	Сторони застосовують підхід інтегрованого управління земельними ресурсами, як це визначено у розділі 10 "Порядку денного на 21 сторіччя", шляхом розробки і виконання відповідних інструментів, таких як плани щодо інтегрованого управління, що стосуються територій цієї Конвенції

Назва стратегічного документу	Про лісові землі	Особливості заходів/інструментів/ механізмів
Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року	Визначається важливість лісових земель для збільшення поглинання вуглецю через афоресстацію (відновлення лісів) та інші заходи, що є частиною стратегії України щодо досягнення цілей Паризької угоди та переходу до низьковуглецевої економіки.	Описує комплекс інструментів для досягнення низьковуглецевого розвитку України, включаючи відновлення лісів, підвищення енергоефективності, збільшення частки відновлюваних джерел енергії, покращення управління відходами та розвиток органічного сільського господарства, що сприяє зменшенню викидів парникових газів та переходу до екологічно стійкої економіки.
Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року	Політично, економічно і науково обґрунтовані рішення з питань зміни клімату повинні прийматися для всіх секторів економіки, включаючи енергетику, промисловість, агропромисловий комплекс, транспорт, водне, лісове і житлово-комунальне господарства, землекористування, а також охорону здоров'я, збереження і відтворення екосистем	Збільшити обсяг поглинання парникових газів шляхом здійснення заходів у лісовому господарстві та землекористуванні.
Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року	Крім наявної деревної біомаси перспективним відновлюваним джерелом для виробництва теплової енергії є енергетичні рослини, які вирощуються на малопродуктивних землях та можуть бути стійкі до посушливих умов та потребувати меншої кількості або повної відмови від використання хімічних засобів захисту рослин	Вирощування енергетичних рослин не повинно витісняти традиційне вирощування сільськогосподарських культур та призводити до трансформації лісів, водно-болотних угідь, торфовищ тощо, зокрема в сільськогосподарські землі, що негативно впливає на навколишнє природне середовище та збільшує емісії парникових газів. Виробництво біопалива, біомаси та іншої відповідної сільськогосподарської сировини для виробництва енергії не повинно перешкоджати цілям охорони навколишнього природного середовища, збереженню природоохоронних територій та об'єктів, цінних екосистем, видів біоти тощо. В Україні налічується понад 500 тис. гектарів земель, що потребують консервації. Станом на початок 2024 року під енергетичні культури було задіяно лише 6,5 тис. гектарів малопродуктивних земель

Джерело сформовано на основі [10, 23, 24, 25, 26, 27]

землями для зменшення викидів парникових газів та збільшення їх поглинання. Згідно із Постановою Кабінету Міністрів України № 303 від 2007 року, «відведення земельних ділянок для лісорозведення сприяє збільшенню площі лісових насаджень, що є критичним для зменшення викидів парникових газів та покращення екологічного стану країни», тому відведення ділянок під лісорозведення є важливим кроком для збільшення площі лісових земель та підтримки екологічної стабільності.

Однак, важливою умовою для досягнення цих завдань є науково обґрунтоване, раціональне використання лісових земель, яке не тільки відповідає економічним інтересам, але й враховує екологічні вимоги, сприяючи сталому розвитку лісового господарства в Україні [7].

Для забезпечення раціонального та ефективного управління лісовими землями в Україні, питаннями лісових відносин і регулювання на законодавчому рівні, необхідно створити правову основу для функціонування лісового господарства. Відповідно до ст. 3 Лісового кодексу України, лісові відносини, окрім зазначеного колексу, регулюються низькою основних документів, серед яких: Конституція України, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Державної стратегії управління лісами України до 2035 року», Всеєвропейська стратегія збереження біологічного та ландшафтного біорізноманіття, Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат, Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року, Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року, Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року, а також інші законодавчі акти, які встановлюють правові норми та стратегічні напрямки розвитку у сфері екології та управління лісовими землями (табл. 3).

Загалом, існуючі концепції, державні стратегії і програми, які стосуються управління лісовими землями, є амбітним і комплексним планом дій, що націлений на вирішення не тільки економічних, але й екологічних викликів. Вони забезпечують баланс між необхідністю сировинного використання лісових площ та збереженням екологічної стабільності лісових екосистем. Система існуючих концепцій та державних стратегій має потенціал для покращення управління лісовими землями, збереження природних ресурсів та посилення ролі лісових площ у боротьбі з кліматичними змінами, однак для їх реалізації необхідні значні фінансові ресурси та ефективна координація між державними, місцевими органами та громадськістю.

У цьому контексті особливої уваги набувають сучасні моделі управління лісовими землями, які не лише спрямовані на збереження та відновлення лісів, а й забезпечують їхню раціональну експлуатацію з урахуванням нових викликів. Такі моделі розглядаються як основа платформи системних взаємодій між лісо-ресурсним та ринковим циклами розвитку. Вони сприяють ефективному функціонуванню економічної системи, забезпечуючи аналітичну підтримку управлінських рішень, розробку, впровадження та поступове вдосконалення єдиної стратегії розвитку. Такі моделі сприяють позитивним трансформаціям у структурах та взаємозв'язках систем, усуваючи чинники, що призводять до зниження стану лісових ресурсів та екосистем, а також втрачають їх корисність та цінність для сучасних і майбутніх поколінь.

Структура моделі збалансованого використання лісових земель передбачає реалізацію комплексної системи охорони і відтворення природних ресурсів на їх площах [11]. До таких моделей слід віднести три основні вертикалі якісного управління:

1) політичні, правові/нормативні та інституційні рамки;

2) планування та прийняття рішень процеси;

3) імплементація, виконання та дотримання.

Концепція вертикалі якісного управління визначає наступні шість принципів, які переплітаються і стосуються якості управління лісовими землями:

1. Підзвітність – люди та установи повинні відповідати за свої дії.

2. Ефективність – механізми управління лісовими землями мають досягати цілей, які вони мають на меті.

3. Ефективність – управління лісовими землями має працювати з мінімальними затратами ресурсів.

4. Справедливість – цінність лісових земель має бути об'єктивною.

5. Участь – всі зацікавлені люди повинні мати можливість отримати консультації або взяти участь у прийнятті ключових рішень, що стосуються лісових ресурсів.

6. Прозорість – інформація про лісові землі та способи управління ними має бути доступною для всіх [20].

Підсумовуючи, слід виділити основні пропозиції щодо управління лісовими землями, які спрямовані на забезпечення сталого розвитку лісових земель та підтримку екологічної рівноваги в біосфері:

- відновлення лісових земель шляхом посадки місцевих видів дерев для відновлення лісового покриву під впливом воєнних дій та покращення стану деградованих земель;
- створення лісових насаджень, які забезпечують широкий спектр продуктів та послуг, що сприяють просторовому розвитку територіальних громад;
- забезпечення балансу між задоволенням негайних людських потреб та підтримкою здатності біосфери лісів генерувати екологічні послуги у довгостроковій перспективі;
- підвищення якості відновлення та реабілітації лісових земель для зменшення вразливості до кліматичних змін та інших природних викликів.

Висновок

Україна стикається з багаторівневою кризою у сфері управління лісовими землями, що охоплює проблеми незаконної вирубки, застарілих підходів, недосконалої управлінської системи та екологічних викликів. Одним із найгостріших факторів є масштабна нелегальна рубка лісів, що стала можливою через відсутність винесених у натурі меж лісових земель, слабкий контроль і низьку прозорість в обліку. Ці порушення підривають принципи сталого управління, закладені в Політиці ЄС щодо лісових земель (EU Forest Strategy), яка вимагає інтеграції природоохоронного підходу, цифровізації кадастрів і суворого моніторингу.

Сучасна система ведення лісового господарства ґрунтується на застарілих підходах, що не відповідають екологічним, соціальним і кліматичним викликам XXI століття. Лісові землі продовжують розглядатися переважно як джерело деревини, а не як багатофункціональні екосистеми, здатні забезпечувати послуги з очищення повітря, збереження водних ресурсів і регулювання клімату. Існуючі стратегії управління не в повній мірі відображають, а інколи і суперечать Європейській стратегії з біорізноманіття до 2030 року та Зеленому

курсу ЄС, які ставлять на меті охопити охороною щонайменше 30 % території Європи, включно з лісовими землями.

Проблеми відтворення та охорони лісових земель залишаються критичними. Незважаючи на позитивну динаміку: зростання площі лісових земель на 22,2 % з 2010 до 2022 роки та активні програми відновлення (понад 50 тис. га щороку), які забезпечили 33 % приросту, якість лісовідновлення часто залишається незадовільною. Штучні ліси, що охоплюють 1,7 млн га, потребують довгострокового нагляду, а процеси самозалісення — правового врегулювання. Без комплексного підходу, що враховує наукові методи та європейські підходи управління лісовими землями, неможливо забезпечити їх стале використання.

Окрему загрозу становлять екологічні виклики, спричинені воєнними діями та масштабними лісовими пожежами. Близько 3 млн гектарів лісових земель постраждали від воєнних дій, які тривають в Україні, з них 900 гектарів — повністю знищено. У 2023 році площа лісових пожеж склала 51 тис. га, значна частина з яких припала на заміновані території. За наведеною інформацією, у 2020 році ліси поглинули 42,5 млн тонн CO_2, але через зростання частоти пожеж викиди сягнули 1,8 млн тонн CO_2, що частково нівелює кліматичну функцію лісових земель. Відновлення цих територій має базуватися на інтеграції до Смарагдової мережі, яка вже охоплює в Україні 13,4 % території та використанні досвіду ЄС з адаптації до змін клімату, який акцентує увагу на відновленні природних процесів і мінімізації людського впливу.

Список використаної літератури

1. Юридична практика. Шкода лісу: чому громади платять за помилки законодавців. URL: https://pravo.ua/shkoda-lisu-chomu-hromady-platiat-za-pomylky-zakonodavtsiv/ (дата звернення: 17.09.2026).
2. Romppanen S. The LULUCF Regulation: the new role of land and forests in the EU climate and policy framework. *Journal of Energy & Natural Resources Law*. 2020. Vol. 38, No. 3. P. 261–287. DOI: https://doi.org/10.1080/02646811.2020.1756622.
3. Загальна характеристика лісів України. URL: https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini (дата звернення: 17.09.2026).
4. Земельний кодекс України : Закон України від 25.10.2001 № 2768-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text (дата звернення: 17.09.2026).
5. Зібцев С. В., Голдаммер Й. Г., Миронюк В. В., Сошенський О. М., Василишин Р. Д., Будзінський І. Л., Сидоренко С. В., Борсук О. А., Кальчук Є. В., Зібцева І. С. Вплив війни на ландшафтні пожежні режими та пов'язані з цим викиди вуглецю в Україні у 2022–2023 роках. URL: https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023AGUFMGC14…04Z/abstract (дата звернення: 17.09.2026).
6. Зібцев С. В., Сошенський О. М., Голдаммер Й. Г., Миронюк В. В., Борсук О. А., Гуменюк В. В., Мєшкова В. Л., Василюк О. В., Букша І. Ф. Лісоуправління на територіях забруднених вибухонебезпечними предметами. WWF-Україна, 2022. 148 с.
7. Лісовий кодекс України : Закон України від 21.01.1994 № 3852-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text (дата звернення: 17.09.2026).
8. Stubenrauch J., Garske B., Ekardt F., Hagemann K. European Forest Governance: Status Quo and Optimising Options with

Regard to the Paris Climate Target. Sustainability. 2022. Vol. 14, No. 7. Art. 4365. DOI: https://doi.org/10.3390/su14074365.

9. Природоорієнтовані рішення у водному, лісовому та аграрному секторах для відновлення України у повоєнний період та подальшого сталого розвитку з урахуванням зміни клімату = Nature-based solutions in the water, forest and agricultural sectors for Ukraine's post-war recovery and further sustainable development, taking into account climate change : збірник матеріалів проєкту INSURE. Київ, 2022. 88 с.
10. Про схвалення Державної стратегії управління лісами України до 2035 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.12.2021 № 1777-р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-р#n369 (дата звернення: 17.09.2026).
11. Сакаль О. В., Третяк Н. А., Третяк М. А. Особливості новітніх моделей управління лісовими ресурсами. *Економічний вісник університету.* 2021. № 28. С. 102–110.
12. Lambou F. J., Ngoufo R., Foyet Gankam A. D., Tchuenga Seutchueng T. G. Forest cover dynamics and land governance: Implications of REDD+ for forest land management in Ngambé-Tika, Cameroon. African Journal on Land Policy and Geospatial Sciences. 2024. Vol. 7, No. 6. P. 1649–1650. DOI: https://doi.org/10.48346/IMIST.PRSM/ajlp-gs.v7i6.52068.
13. Опенько І. А., Цвях О. М. Регресійний аналіз економічних наслідків від лісових пожеж в Україні. Modern Economics. 2019. № 16. С. 127–134. DOI: https://doi.org/10.31521/modecon.V16(2019)-19.
14. Ibatullin Sh., Dorosh I., Dorosh O., Sakal O., Butenko Ye., Kharytonenko R., Shtohryn H. Determination of economic losses on agricultural land in connection with hostilities on the example of the territory of Kyivska oblast in Ukraine. Acta Scientiarum Polonorum. *Formatio Circumiectus.* 2022. Vol. 21, No. 2. P. 49–61. DOI: https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2022.21.2.49.
15. Мішенін Є. В., Ярова І. Є., Золочевський В. В., Назаренко М. Л., Богомолова К. В. Економічна оцінка еколого-соціальних функцій лісових ресурсів в системі сталого просторового лісогосподарювання. Механізм регулювання економіки. 2021. № 1. С. 70–91.
16. Захист та відновлення екосистем суш. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/csr_prezent/2020/ukr/st_rozv/metadata/15/15.htm (дата звернення: 17.09.2026).
17. Європейський Зелений Курс. URL: https://ecoaction.org.ua/ievropejskyj-zelenyj-kurs.html (дата звернення: 17.09.2026).
18. WWF. Зміни лісового покриву Українських Карпат у період із 1984 по 2016 рр. URL: https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/_____14_02_19__1.pdf (дата звернення: 17.09.2026).
19. Асоціація міст України. Заподіяна лісу шкода має відшкодовуватися. URL: https://auc.org.ua/novyna/zapodiyana-lisu-shkoda-maye-vidshkodovuvatysya (дата звернення: 17.09.2026).
20. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forest Governance. URL: https://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/forest-governance/basic-knowledge/en/?type=111 (дата звернення: 17.09.2026).
21. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Динаміка викидів і поглинання CO2. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/LEDS_ua_last.pdf (дата звернення: 17.09.2026).
22. Forest Europe. Supporting the Recovery and Sustainable Management of Ukrainian Forests and Ukraine's Forest Sector. URL: https://foresteurope.org/wp-content/

uploads/2023/07/UA-Supporting-the-recovery-and-sustainable-management-of-Ukrainian-forests-and-Ukraines-forest-sector.pdf (дата звернення: 17.09.2026).
23. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_711#Text (дата звернення: 17.09.2026).
24. Кабінет Міністрів України. Національна стратегія адаптації до зміни клімату на період до 2030 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_164#top (дата звернення: 17.09.2026).
25. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/LEDS_ua_last.pdf (дата звернення: 17.09.2026).
26. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/KONTSEPTSIYA-realizatsiyi-derzhavnoyi-polityky-u-sferi-zminy-klimatu-na-period-do-2030-roku.doc (дата звернення: 17.09.2026).
27. Кабінет Міністрів України. План заходів щодо реалізації Стратегії низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/761-2024-p#Text (дата звернення: 17.09.2026).
28. Державне агентство лісових ресурсів України. Публічний звіт за 2022 рік. Київ, 2022. URL: https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/publich_zvit/publichnii-zvit-za-2022.pdf (дата звернення: 17.09.2026).
29. Олійник Є. М. Лісогосподарська діяльність в Україні : аналітичне дослідження. Київ : Громадська спілка «Біоенергетична асоціація України», 2019. 38 с. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2019/10/uabio-analytics-forestry-ua-en.pdf (дата звернення: 17.09.2026).
30. Екологія – Право – Людина. Смарагдова мережа України: стан та перспективи. Львів, 2023. URL: https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2023/10/UKR_brif_Smaragdova-fin.pdf (дата звернення: 17.09.2026).
31. Ukraine War Environmental Consequences Work Group. Відновлення лісів в Україні під час та після війни. 2024. URL: https://uwecworkgroup.info/uk/reforestation-in-ukraine-during-and-after-wartime/ (дата звернення: 17.09.2026).

References

1. Legal Practice. (n.d.). Forest damage: Why communities pay for legislators' mistakes. Available at: https://pravo.ua/shkoda-lisu-chomu-hromady-platiat-za-pomylky-zakonodavtsiv/
2. Romppanen, S. (2020). The LULUCF Regulation: The new role of land and forests in the EU climate and policy framework. *Journal of Energy & Natural Resources Law*, 38(3), 261-287. https://doi.org/10.1080/02646811.2020.1756622
3. General characteristics of forests in Ukraine. (n.d.). Available at: https://forest.gov.ua/napryamki-diyalnosti/lisi-ukrayini/zagalna-harakteristika-lisiv-ukrayini
4. Land Code of Ukraine from 25.10.2001 No. 2768-III. (2001). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text
5. Zibtsev, S.V., Goldammer, J.G., Mironyuk, V.V., Soshensky, O.M., Vasylyshyn, R.D., Budzinsky, I.L., Sydorenko, S.V., Borsuk, O.A., Kalchuk, Y.V., & Zibtseva, I.S. (2023). Impact of the war on landscape fire regimes and related carbon emissions in Ukraine in 2022-2023. Avail-

able at: https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2023AGUFMGC14...04Z/abstract

6. Zibtsev, S.V., Soshensky, O.M., Goldammer, J.G., Mironyuk, V.V., Borsuk, O.A., Humeniuk, V.V., Meshkova, V.L., Vasyliuk, O.V., & Buksha, I.F. (2022). Lisoupravlinnia na terytoriakh zabrudnenykh vybukhonebezpechnymy predmetamy [Forest management in areas contaminated with explosive objects]. WWF-Ukraine, 148 s.
7. Forest Code of Ukraine from 21.01.1994 No. 3852-XII. (1994). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text
8. Stubenrauch, J., Garske, B., Ekardt, F., & Hagemann, K. (2022). European forest governance: Status quo and optimizing options with regard to the Paris climate target. *Sustainability,* 14(7), 4365. https://doi.org/10.3390/su14074365
9. Nature-based solutions in the water, forest, and agricultural sectors for Ukraine's post-war recovery and further sustainable development, taking into account climate change. (2022). INSURE Project Materials Collection. Kyiv, 88 s.
10. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2021). On approval of the State Forest Management Strategy of Ukraine until 2035. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#n369
11. Sakal, O. V., Tretyak, N. A., & Tretyak, M. A. (2021). Osoblyvosti novitnikh modeley upravlinnya lisovymy resursamy [Features of the latest models of forest resource management]. Ekonomichnyy Visnyk Universytetu, 28, 102-110.
12. Lambou, F.J., Ngoufo, R., Foyet Gankam, A.D., & Tchuenga Seutchueng, T.G. (2024). Forest cover dynamics and land governance: Implications of REDD+ for forest land management in Ngambé-Tika, Cameroon*. African Journal on Land Policy and Geospatial Sciences,* 7(6), 1649-1650. https://doi.org/10.48346/IMIST.PRSM/ajlp-gs.v7i6.52068
13. Openko, I. A., & Tsvyakh, O. M. (2019). Rehresiinyi analiz ekonomichnykh naslidkiv vid lisovykh pozhezh v Ukraini [Regression analysis of the economic consequences of forest fires in Ukraine]. *Modern Economics*, 16, 127-134. https://doi.org/10.31521/modecon.V16(2019)-19
14. Ibatullin, Sh., Dorosh, I., Dorosh, O., Sakal, O., Butenko, Ye., Kharytonenko, R., & Shtohryn, H. (2022). Determination of economic losses on agricultural land in connection with hostilities on the example of the territory of Kyivska oblast in Ukraine. Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus, 21(2), 49-61. https://doi.org/10.15576/ASP.FC/2022.21.2.49
15. Mishenin, Y. V., Yarova, I. Y., Zolochevsky, V. V., Nazarenko, M. L., & Bogomolova, K. V. (2021). Ekonomichna otsinka ekoloho-sotsialnykh funktsii lisovykh resursiv v systemi staloho prostorovoho lisohospodariuvannia [Economic assessment of the ecological and social functions of forest resources in the system of sustainable spatial forestry]. Mekhanizm Rehuliuvannia Ekonomiky, 1, 70-91.
16. Protection and restoration of terrestrial ecosystems. (n.d.). Available at: https://www.ukrstat.gov.ua/csr_prezent/2020/ukr/st_rozv/metadata/15/15.htm
17. European Green Deal. (n.d.). Available at: https://ecoaction.org.ua/ievropejskyj-zelenyj-kurs.html
18. WWF. (n.d.). Changes in forest cover of the Ukrainian Carpathians from 1984 to 2016. Available at: https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/_____14_02_19__1.pdf
19. Association of Ukrainian Cities. (n.d.). Forest damage must be compensated. Available at: https://auc.org.ua/novyna/zapodiyana-lisu-shkoda-maye-vidshkodovuvatysya
20. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). Forest governance. Available at: https://www.fao.org/sustain-

able-forest-management/toolbox/modules/forest-governance/basic-knowledge/en/?type=111
21. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. (2023). Dynamics of CO2 emissions and absorption. Available at: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/LEDS_ua_last.pdf
22. Orest Europe. (2023). Supporting the recovery and sustainable management of Ukrainian forests and Ukraine's forest sector. Available at: https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2023/07/UA-Supporting-the-recovery-and-sustainable-management-of-Ukrainian-forests-and-Ukraines-forest-sector.pdf
23. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. (2023). Concept for the implementation of state policy in the field of climate change until 2030. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_711#Text
24. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2023). National strategy for adaptation to climate change until 2030. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_164#top
25. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. (2023). Low-carbon development strategy of Ukraine until 2050. Available at: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/LEDS_ua_last.pdf
26. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. (2023). Concept for the implementation of state policy in the field of climate change until 2030. Available at: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/KONTSEPTSIYA-realizatsiyi-derzhavnoyi-polityky-u-sferi-zminy-klimatu-na-period-do-2030-roku.doc
27. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024). Action plan for the implementation of the low-carbon development strategy of Ukraine until 2050. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/761-2024-%D1%80#Text
28. State Forest Resources Agency of Ukraine. (2022). Public report for 2022. Kyiv. Available at: https://forest.gov.ua/storage/app/sites/8/publich_zvit/publichnii-zvit-za-2022.pdf
29. Oliinyk, Ye. M. (2019). Lisohospodarska diialnist v Ukraini: Analitychne doslidzhennia [Forestry activity in Ukraine: Analytical study]. Kyiv: Public Union "Bioenergy Association of Ukraine." Available at: https://uabio.org/wp-content/uploads/2019/10/uabio-analytics-forestry-ua-en.pdf
30. Ecology – Law – Human. (2023). Emerald Network in Ukraine: Status and prospects. Lviv. Available at: https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2023/10/UKR_brif_Smaragdova-fin.pdf
31. Ukraine War Environmental Consequences Work Group. (2024). Reforestation in Ukraine during and after wartime. Available at: https://uwecworkgroup.info/uk/reforestation-in-ukraine-during-and-after-wartime/

Butenko Ye., Kuznetsova O.

FOREST LANDS OF UKRAINE: CHALLENGES, LEGISLATIVE REGULATION AND STRATEGIC DIRECTIONS OF DEVELOPMENT

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 115-134.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.08

Abstract. *The article identifies the value of Ukraine's forest lands as a strategic natural resource that performs numerous economic, environmental and social functions. In particular, the need for effective forest land management to preserve the environment and prevent land degradation is emphasized.*

A comprehensive analysis of the current state of forest land use and its key problems in the context of military operations and challenges associated with the war was conducted. The main aspects of forest land use were revealed, taking into account their environmental, economic and social significance for the country. An analysis of the most important instruments of the European Union's forest policy and the possibility of their implementation in Ukraine was carried out.

In the process of studying information on the state of forest lands in Ukraine, their dynamics and the features of their functional use, special attention was paid to forest land management as an important component of the European Union's climate and energy framework until 2030. The article focuses on the need for a comprehensive approach to effective forest land management in Ukraine in achieving the ecological balance of forest protection, ecosystem restoration and their effective use.

The issue of contamination of forest areas with explosives is highlighted, and ways to overcome this problem are considered.

The main regulatory legal acts that regulate land and forest relations are analyzed, in particular the Land and Forest Codes of Ukraine, laws and by-laws that regulate the rights and obligations of management bodies, as well as owners and users of forest lands.

The article identifies the need to supplement the existing regulatory legal framework for forest land management with a strategic direction for overcoming the consequences of war and post-war state development.

Keywords: *forest lands, climate change, functions of forest lands, contamination of forest areas, military operations, post-war restoration, forest policy of the European Union, problems of inefficient forest land management, development strategy, legislative support, forest land management.*

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 27.07.2026; Прийнято: 07.08.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК 332.6:004:332.33(477) http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.09

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РИНКОВОЇ ВІДПОВІДНОСТІ ГРОШОВОЇ ОЦІНКИ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

І.В. ЮРЧЕНКО,
кандидат економічних наук, старший науковий співробітник,
E-mail: yourchenkoua@gmail.com
ORCID: 0000-0002-4967-1994
Національний науковий центр «Інститут аграрної економіки»

Анотація. *У статті обґрунтовано напрями інформаційного забезпечення ринкової відповідності нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення. Предметом дослідження є сукупність інформаційних ресурсів та організаційно-технологічних механізмів, що визначають повноту, актуальність і достовірність даних, на яких ґрунтується оцінка. Мета дослідження полягає у виявленні проблем інформаційного забезпечення та розробленні напрямів його вдосконалення в умовах функціонування ринку земель сільськогосподарського призначення. Методологічну основу становлять системний аналіз чинної системи інформаційного забезпечення за її складовими (Державний земельний кадастр, Державний реєстр речових прав на нерухоме майно та дані ринкового обігу, матеріали землеустрою і ґрунтових обстежень, національна інфраструктура геопросторових даних та відкриті дані), порівняльно-правовий аналіз нормативно-правових актів, а також опрацювання масиву трансакційних даних ринку земель за період липень 2021 р. – травень 2026 р. за стандартизованою методикою обчислення середньозваженої ринкової ціни. Установлено, що інформація становить формотворчу основу оцінки, а не її допоміжний елемент, оскільки жодне методичне рішення не здатне компенсувати відсутності, застарілості чи недостовірності первинних даних. Виявлено п'ять взаємопов'язаних проблем: неповноту наповнення кадастру оціночними відомостями; відсутність системи моніторингу ринкових цін та закритість цінових даних; фрагментарність, розрізненість та несумісність інформаційних ресурсів; застарілість та низьку просторову деталізацію ґрунтово-інформаційної бази; колізію прозорості й захисту даних в умовах воєнного стану. Відповідно до виявлених проблем обґрунтовано шість напрямів: завершення наповнення кадастру оціночними відомостями; створення національної системи моніторингу цін на землі сільськогосподарського призначення; інтеграцію інформаційних ресурсів та формування інформаційного профілю земельної ділянки; оновлення ґрунтово-інформаційної бази із застосуванням дистанційного зондування Землі; розвиток відкритих даних оцінки та знеособлене опри-*

люднення цінової інформації; формування інформаційно-аналітичного контуру масової оцінки земель. Обґрунтовано, що ринкова відповідність оцінки обмежується нині не браком інформації як такої, а її ізольованістю від загального оцінного контуру, тоді як запропоновані напрями є взаємодоповнювальними, а їх часткова реалізація дає непропорційно малий ефект.

Ключові слова: *нормативна грошова оцінка, землі сільськогосподарського призначення, ринкова відповідність, інформаційне забезпечення, Державний земельний кадастр, моніторинг цін, ринок земель, відкриті дані.*

Актуальність

Нормативна грошова оцінка земель сільськогосподарського призначення за своєю природою є розрахунковою процедурою, результат якої повністю детермінований складом, повнотою та якістю вхідних даних. Відповідно до Закону України «Про оцінку земель» оцінка проводиться на основі відомостей державного земельного кадастру, матеріалів землеустрою, даних про якісний стан земель та їх продуктивність [1], а Методика нормативної грошової оцінки земельних ділянок встановлює конкретний перелік показників, що використовуються у розрахунку [2]. З огляду на це інформація не є допоміжним чи технічним елементом системи оцінки: вона становить її сутнісну основу, оскільки жодне методичне рішення не здатне компенсувати відсутність, застарілість або недостовірність первинних даних. Інформаційне забезпечення, таким чином, виступає тим рівнем, на якому визначаються фактичні межі досяжної точності оцінки, а отже – і межі її ринкової відповідності.

Запровадження ринкового обігу земель сільськогосподарського призначення Законом України від 31 березня 2020 р. № 552-IX, який набрав чинності з 1 липня 2021 р., принципово змінило інформаційний контекст функціонування оцінки [3]. Уперше за роки незалежності в Україні сформувався масив даних про фактичні ціни угод купівлі-продажу сільськогосподарських земель – інформаційний ресурс, якого система нормативної грошової оцінки не мала на момент свого формування і який, за визначенням, є найбільш прямим індикатором ринкової вартості. Проте цей масив дотепер не інтегровано в інформаційний контур оцінки: чинна Методика не передбачає використання цінових даних ринку як вхідного показника розрахунку [2], а сам масив трансакційних даних не має статусу офіційного джерела оціночної інформації. Виникає ситуація, за якої найбільш релевантна для ринкової відповідності інформація існує, але залишається поза системою оцінки.

Водночас інформаційна база, на яку оцінка спирається фактично, має здебільшого успадкований характер. Нормативно-рентна конструкція оцінки земель сільськогосподарського призначення ґрунтується на показниках, похідних від матеріалів економічної оцінки земель 1988 року та великомасштабних ґрунтових обстежень другої половини XX століття, які уточнюються через бонітування ґрунтів і подальшу індексацію [2]. Дані про якісний стан та продуктив-

ність земель, що є обов'язковим джерелом оцінки [1] і формуються за результатами робіт із землеустрою [4], значною мірою відображають стан ґрунтового покриву десятиліть давнини. Проміжок часу, що минув, охоплює кардинальні зміни у структурі землекористування, технологіях виробництва, рівні агрохімічного стану ґрунтів, а в останні роки – і прямий фізичний вплив бойових дій. Інформаційна основа оцінки, отже, описує не той об'єкт, вартість якого визначається сьогодні.

Ключовим елементом чинної системи інформаційного забезпечення оцінки є Державний земельний кадастр – єдина державна геоінформаційна система відомостей про землі [5; 6]. Саме до кадастру вносяться відомості про нормативну грошову оцінку земельних ділянок, і саме витяг із нього є документом, що юридично посвідчує її значення. Однак наповнення кадастру залишається неповним: за офіційними даними Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру, до нього внесено відомості про понад 15,4 млн земельних ділянок сільськогосподарського призначення загальною площею близько 32,3 млн га, тоді як інформацією про нормативну грошову оцінку кадастр наповнений приблизно на половину [7]. Наслідком є те, що для значної частини земельних ділянок оцінка або взагалі не проведена, або її результати існують поза кадастром – у паперовій технічній документації, що не забезпечує ані оперативного доступу, ані можливості автоматизованого оброблення.

Не менш істотною проблемою є фрагментарність інформаційних ресурсів, релевантних для оцінки. Відомості про земельні ділянки зосереджені у Державному земельному кадастрі [5], дані про речові права та зареєстровані угоди, включно з їх ціновими параметрами, – у Державному реєстрі речових прав на нерухоме майно [8], а матеріали про якісний стан ґрунтів – у документації із землеустрою [4]. Ці ресурси створювалися в різний час, різними держателями, для різних цілей і за різними моделями даних. Їх взаємодія має переважно епізодичний характер, що унеможливлює формування цілісного інформаційного профілю земельної ділянки, у якому кадастрові, правові, цінові та ґрунтово-якісні характеристики були б поєднані на рівні окремого об'єкта оцінки.

Розв'язання цих проблем має відбуватися в межах уже сформованої в Україні правової рамки національної інфраструктури геопросторових даних [9; 10] та засад функціонування публічних електронних реєстрів [11]. Ці акти запроваджують принципи інтероперабельності, однократного внесення й багаторазового використання даних та електронної взаємодії реєстрів, що безпосередньо кореспондують із зобов'язаннями України за Угодою про асоціацію з Європейським Союзом [12] і підходами Директиви 2007/2/ЄС (INSPIRE) [13] та Директиви (ЄС) 2019/1024 про відкриті дані й повторне використання інформації публічного сектору [14]. Проте застосування цих принципів саме до цілей нормативної грошової оцінки залишається науково не опрацьованим: чинна Методика не містить положень щодо інформаційної взаємодії, форматів даних чи вимог до їх актуальності [2].

Окремий вимір проблеми формує потреба узгодження двох різноспрямованих вимог – прозорості оцінки

та захисту персональних даних. Ринкова відповідність оцінки за своєю природою потребує публічності цінової інформації: без доступу до даних про фактичні ціни угод ані власники земельних ділянок, ані територіальні громади, ані наукова спільнота не спроможні верифікувати обґрунтованість оціночних показників. Законодавство про доступ до публічної інформації визнає такий доступ загальним правилом [15], водночас законодавство про захист персональних даних установлює обмеження щодо оброблення й поширення відомостей, які ідентифікують фізичну особу [16]. Оскільки переважна більшість угод на ринку сільськогосподарських земель укладається за участю фізичних осіб, віднайдення інформаційно-правової конструкції, яка забезпечує публічність цінових показників за умови знеособлення даних про їх учасників, набуває самостійного наукового значення.

Додатковим чинником, що загострює інформаційну проблематику, є воєнний стан. Бойові дії, тимчасова окупація частини територій, забруднення земель вибухонебезпечними предметами та руйнування ґрунтового покриву докорінно змінили фактичний стан значних площ сільськогосподарських угідь, водночас доступ до низки публічних реєстрів і геопросторових даних було обмежено з міркувань національної безпеки. Унаслідок цього виник розрив між реальним станом земель та його інформаційним відображенням: оцінка ґрунтується на даних, що описують довоєнний стан об'єкта, тоді як його фактичні продуктивні та ринкові характеристики зазнали суттєвих змін.

Слід наголосити, що інформаційний вимір ринкової відповідності нормативної грошової оцінки є відносно самостійним щодо організаційного, економічного та інституційного вимірів. Організаційне забезпечення визначає суб'єктів оцінки, їх функції та процедури; економічне – методологію формування вартості й фіскальні наслідки її застосування; інституційне – правила, у межах яких оцінка функціонує як суспільний інститут. Інформаційне забезпечення охоплює інший, самостійний предмет: склад, джерела, якість, актуальність, доступність і придатність до автоматизованого оброблення тих даних, на яких ґрунтується оцінка, а також механізми їх збирання, зберігання, інтеграції та оприлюднення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблематика ринкової відповідності оцінки земель сільськогосподарського призначення є предметом активних наукових дискусій, у яких дедалі виразніше простежується зміщення дослідницького акценту з методики розрахунку на інформаційну основу оцінки. Г. Черевко та М. Грисьо, аналізуючи співвідношення оцінки й ціни землі в Україні у зіставленні з досвідом європейських країн, доходять висновку, що чинні методичні підходи не забезпечують належного рівня відповідності результатів оцінки потребам реального ринку [17]. Ю. Палеха зі співавторами, розглядаючи напрями розвитку оціночної діяльності в Україні відповідно до сучасних викликів і світових тенденцій, наголошують на потребі осучаснення її організаційно-технологічних засад [18]. Спільним для цих праць є визнання розриву між оцінкою та ринком, проте його

розв'язання здебільшого шукається в межах удосконалення методики, тоді як інформаційні передумови ринкової відповідності залишаються на периферії аналізу.

Найближче до інформаційного виміру проблеми підходять дослідження, присвячені інформаційно-аналітичному забезпеченню оцінки. Й. Дорош, Р. Курильців, М. Братінова та О. Миронов, визначаючи склад і джерела формування інформаційно-аналітичного забезпечення оцінки земель сільськогосподарського призначення, встановлюють, що наявні у державних реєстрах дані не дають змоги об'єктивно визначити вартість земельних ділянок, а джерела інформації мають забезпечувати її актуальність, повноту, достовірність і своєчасність [19]. Р. Курильців та О. Миронов, обґрунтовуючи масову оцінку земель як передумову оптимізації системи оподаткування, наголошують, що інформація, доступна в державних реєстрах, є недостатньою для задоволення вимог щодо цілісності та якості вхідних даних систем масової оцінки [20]. Ці праці впритул наближаються до предмета цього дослідження, однак зосереджуються переважно на складі оціночної інформаційної моделі, не охоплюючи механізмів інтеграції цінових даних ринку в оціночний контур.

У міжнародній науковій літературі інформаційне забезпечення оцінки розглядається у форматі формалізованих оціночних інформаційних моделей і технологій оброблення даних. М. Буувейбаатар, К. Лі та В. Лі презентують оціночну інформаційну модель, побудовану на стандарті адміністрування земель LADM (ISO 19152) з метою масової оцінки та оподаткування [21]. C. Wei зі співавторами узагальнюють розвиток гедонічних моделей оцінки нерухомості в епоху великих даних [22], а Р. Шульган і К. Ніколайчук демонструють побудову економіко-статистичної моделі ринкової вартості земельних ділянок засобами географічних інформаційних систем на основі бази даних про ціни продажів [23]. Потребу переходу до систематичного надання якісних ринкових даних як передумови ефективного функціонування земельного ринку обґрунтовують Дж. Лохрі, Т. Доннеллан і К. Ганрахан на прикладі ринку земель Європейського Союзу [24]. Ці підходи підтверджують технологічну можливість інтеграції даних для цілей оцінки, проте потребують адаптації до національної інформаційної інфраструктури.

Функціонування ринку земель сільськогосподарського призначення в Україні після його запровадження стало предметом низки емпіричних досліджень. Ш. Ібатуллін, Й. Дорош, О. Сакал та співавтори, аналізуючи ринок із застосуванням сучасних інструментів оброблення даних, встановлюють, що ціни земельних ділянок тривалий час утримувалися на рівні їх нормативної грошової оцінки, що свідчить про суттєву недокапіталізацію землі як чинника виробництва [25]. Т. Луньова, характеризуючи кон'юнктуру та проблеми формування ринку, вказує на його обмежений обсяг і незрілість цінових сигналів на початковому етапі функціонування [26]. Ці праці фіксують наявність цінових даних ринку, однак не порушують питання про надання їм статусу офіційного джерела оціночної інформації.

Окремий напрям досліджень стосується функціонування земельного кадастру та реєстрів, зокрема в умо-

вах воєнного стану. Р. Курильців і Н. Кришеник, досліджуючи адміністрування системи земельного кадастру за воєнного стану, розкривають потребу захисту відомостей кадастру від несанкціонованого доступу за одночасного забезпечення прав на внесення й використання даних [27]. А. Гордєєв і Л. Плічко аналізують стан і перспективи розвитку кадастру нерухомого майна в Україні [28]. Ці дослідження окреслюють правові й безпекові рамки роботи з даними, у межах яких має розв'язуватися колізія прозорості та захисту інформації.

Нарешті, самостійний блок праць присвячено стану ґрунтово-інформаційної бази та застосуванню дистанційного зондування Землі. Ю. Дмитрук і Я. Жукова обґрунтовують необхідні складові інфраструктури моніторингу ґрунтів у відповідь на наслідки війни, відводячи дистанційному зондуванню роль базового інструмента отримання даних [29]. О. Бончковський зі співавторами демонструють застосування дистанційного зондування для оцінювання спричинених бойовими діями пошкоджень ґрунтового покриву [30], а М. Солоха зі співавторами документують масштаби деградації та забруднення ґрунтів унаслідок збройного конфлікту [31]. Ці результати підтверджують як гостроту проблеми актуальності ґрунтових даних, так і наявність технологічних засобів її розв'язання.

Попри активізацію досліджень інформаційно-аналітичного забезпечення оцінки та накопичення емпіричних даних про ринковий обіг земель, інформаційний вимір ринкової відповідності оцінки як цілісний предмет досі не отримав системного опрацювання. Невирішеними залишаються питання про склад і джерела даних, здатних забезпечити відображення ринкових реалій у результатах оцінки; про механізми інтеграції цінової інформації ринку земель в оціночний контур; про вимоги до актуальності й просторової деталізації ґрунтово-інформаційної бази; а також про організаційно-технологічні умови поєднання публічності цінових показників із захистом персональних даних. Саме розв'язанню цих завдань присвячено це дослідження.

Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є розроблення науково обґрунтованих напрямів інформаційного забезпечення ринкової відповідності нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення в умовах функціонування ринку земель в Україні та адаптації національної системи публічних даних до європейських засад.

Досягнення поставленої мети передбачає розкриття сутності та складу інформаційного забезпечення оцінки з відмежуванням інформаційного виміру від організаційного, економічного й інституційного; аналіз чинної системи інформаційного забезпечення за її основними складовими; оцінювання стану наповнення, актуальності та придатності наявних інформаційних ресурсів для цілей оцінки; виявлення основних проблем і обмежень інформаційного забезпечення; обґрунтування напрямів його вдосконалення з визначенням для кожного з них складу необхідних даних, джерел їх формування, вимог до актуальності та механізмів інформаційної взаємодії; а також розроблення

структурних і функціональних характеристик системи моніторингу цін на землі сільськогосподарського призначення та інформаційно-аналітичного контуру масової оцінки земель.

Матеріали і методи дослідження

Джерельну базу дослідження становлять чотири групи матеріалів. Першу групу утворюють законодавчі та підзаконні нормативно-правові акти України у сфері оцінки земель, ведення Державного земельного кадастру, державної реєстрації речових прав на нерухоме майно, функціонування національної інфраструктури геопросторових даних, публічних електронних реєстрів, доступу до публічної інформації та захисту персональних даних [1–11; 15; 16]. Другу групу становлять акти права Європейського Союзу у сфері просторової інформації та відкритих даних [13; 14], а також Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом у частині зобов'язань щодо гармонізації національної інфраструктури геопросторових даних [12]. Третю групу утворюють офіційні дані Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру щодо стану наповнення Державного земельного кадастру [7]. Четверту групу становить масив трансакційних даних ринку земель сільськогосподарського призначення, опрацьований автором за власною методикою [32].

Масив трансакційних даних охоплює відомості про угоди купівлі-продажу земельних ділянок сільськогосподарського призначення, укладені за період із липня 2021 р. – з моменту запровадження ринкового обігу таких земель – по травень 2026 р. Обсяг вихідного масиву становить понад 444 тис. записів, кожен з яких містить відомості про площу земельної ділянки, ціну угоди, дату її укладення та територіальну прив'язку. З огляду на значний обсяг і неоднорідність вихідного масиву – наявність у ньому угод, які за своєю природою не відображають ринкової ціни (дарування, угоди між пов'язаними особами, обмін частками, угоди з ознаками недостовірного декларування ціни) – для цілей дослідження застосовано стандартизовану методику фільтрації та обчислення середньозваженої ринкової ціни, розроблену автором [33].

Методика передбачає відбір із вихідного масиву угод, які одночасно відповідають двом критеріям: площа земельної ділянки перебуває в межах від 0,1 до 50 га, а ціна угоди – в межах від 8 000 до 250 000 грн/га. Перший критерій виключає з розрахунку як мікроділянки, ціна яких на одиницю площі систематично викривлена ефектом масштабу, так і угоди щодо консолідованих масивів, що виходять за межі типової одиничної товарної операції на ринку земель сільськогосподарського призначення. Другий критерій відсікає угоди з аномально низькою ціною, що, як правило, свідчить про безоплатний чи пільговий характер відчуження або про заниження ціни в договорі, а також угоди з аномально високою ціною, що не є репрезентативними для масового обігу. Середньозважену ринкову ціну для відфільтрованої сукупності угод обчислено як відношення сумарної вартості до сумарної площі відфільтрованих ділянок, що на відміну від простої середньої ціни коректно враховує вплив угод різного масштабу на загальний ціновий рівень.

Оцінюючи застосовану методику з точки зору достовірності одержаних результатів, слід зазначити, що офіційні узагальнені показники середньої ціни земель сільськогосподарського призначення, які оприлюднює Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру, у цьому дослідженні не використовуються як самостійне джерело цінової інформації. Причина полягає в тому, що офіційне узагальнення обчислюється за сукупністю всіх зареєстрованих угод без фільтрації нетипових і потенційно неринкових трансакцій, а отже є вразливим до викривлення статистичними викидами. Застосована в дослідженні методика фільтрації, навпаки, спрямована на вилучення таких викидів і формування вибірки, що з прийнятним ступенем достовірності відображає типові умови ринкового обігу земель сільськогосподарського призначення, і саме тому визначена як основа для оцінювання розриву між ринковими цінами та результатами нормативної грошової оцінки в межах цього дослідження.

Для розв'язання поставлених завдань застосовано комплекс загальнонаукових методів. Метод системного аналізу використано для розгляду інформаційного забезпечення оцінки як цілісної сукупності взаємопов'язаних складових – кадастрової, реєстраційної, землевпорядної та геопросторової. Структурно-функціональний аналіз застосовано для визначення функціональної ролі кожної складової інформаційної системи в забезпеченні ринкової відповідності оцінки. Метод порівняння використано при зіставленні складу відомостей, режимів доступу та рівня інтероперабельності різних інформаційних ресурсів. Узагальнення застосовано для формулювання типологічно єдиних проблем інформаційного забезпечення на основі розрізнених фактичних даних. Статистичне групування використано під час опрацювання масиву трансакційних даних ринку земель. Абстрактно-логічний метод застосовано для обґрунтування напрямів удосконалення інформаційного забезпечення ринкової відповідності нормативної грошової оцінки.

Результати дослідження та їх обговорення

Інформаційне забезпечення нормативної грошової оцінки в цьому дослідженні розуміється як сукупність інформаційних ресурсів, джерел даних, процедур їх формування, актуалізації, інтеграції та надання, а також технологічних і правових механізмів доступу до них, що в сукупності визначають фактичну спроможність оцінки відображати реальні характеристики земельної ділянки та ринкові умови її обігу. Структурно чинна система такого забезпечення охоплює чотири відносно самостійні складові: Державний земельний кадастр як базове джерело офіційних відомостей про землі; Державний реєстр речових прав на нерухоме майно та похідні від нього дані про ринковий обіг як джерело цінової інформації; матеріали землеустрою, ґрунтових обстежень і бонітування ґрунтів як основу нормативно-рентних показників; а також національну інфраструктуру геопросторових даних, публічні електронні реєстри та режим відкритих даних як загальну рамку інформаційної взаємодії.

Державний земельний кадастр, правові засади ведення якого визначено Законом № 3613-VI [5] і Поряд-

ком № 1051 [6], за складом відомостей потенційно охоплює практично всі показники, необхідні для розрахунку нормативної грошової оцінки: ідентифікаційні, просторові, якісні характеристики земель, дані про цільове призначення й обмеження у використанні, а також самі оціночні відомості. Основним документом кадастру щодо окремої ділянки є Поземельна книга, яка, згідно зі статтею 25 Закону № 3613-VI, поєднує ці показники в єдиному інформаційному профілі об'єкта [5]. Більш того, підпункт 14 пункту 24 Порядку № 1051 передбачає розрахунок значення оцінки програмним забезпеченням кадастру на підставі відомостей про ділянку та відомостей про оцінку земель у межах адміністративно-територіальної одиниці [6], тобто в Україні вже сформовано технологічне ядро автоматизованого визначення оцінки. Однак цей потенціал реалізується лише в межах фактичного наповнення кадастру: за офіційними даними Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру, до нього внесено відомості про понад 15,4 млн земельних ділянок сільськогосподарського призначення площею близько 32,3 млн га, тоді як інформацією про нормативну грошову оцінку кадастр наповнений приблизно на 51 відсоток [7]. Принципово важливо й те, що жодна група відомостей кадастру не містить даних про ринкові ціни земельних ділянок: кадастр описує об'єкт оцінки, але не ринок, на якому цей об'єкт обертається.

Єдиним офіційним джерелом відомостей про фактичні ціни угод із земельними ділянками сільськогосподарського призначення є Державний реєстр речових прав на нерухоме майно, засади ведення якого визначено Законом № 1952-IV [8]. Наявність кадастрового номера як спільного ідентифікатора технічно уможливлює зіставлення цінових даних реєстру з характеристиками ділянки в кадастрі. Водночас правовий режим цінових відомостей суттєво обмежує їх використання: вони вносяться до реєстру лише за наявності в поданих для реєстрації документах і надаються виключно власнику майна та органам державної влади й місцевого самоврядування [8]. Наслідком є ситуація, за якої найбільш релевантна для ринкової відповідності оцінки інформація існує, є повною за охопленням трансакцій і прив'язаною до кадастрового номера, проте недоступна ані оцінювачам, ані науковій спільноті, ані самим власникам земельних ділянок щодо суміжних об'єктів.

Третю складову інформаційного забезпечення утворюють матеріали землеустрою, що формують якісні характеристики земель. Відповідно до статей 36–37 Закону № 858-IV ґрунтові обстеження й похідне від них бонітування ґрунтів визначають бали бонітету агровиробничих груп, які, згідно з чинною Методикою, диференціюють оцінку за продуктивністю землі [4; 2]. Ланцюг формування цієї інформації – обстеження, бонітування, внесення до кадастру, використання в розрахунку – є нормативно замкненим, однак його первинна ланка відтворюється вкрай рідко: суцільне великомасштабне обстеження ґрунтів в Україні востаннє здійснювалося у другій половині XX століття, а наступні бонітувальні роботи здебільшого мали характер перерахунку на тій самій картографічній основі. Установлена законодавством періодичність бонітування – не рідше одного разу на 7 років [1]

– стосується самої процедури порівняльної оцінки, але не передбачає обов'язкового оновлення первинних ґрунтових обстежень.

Четверту складову утворює правова рамка інформаційної взаємодії, сформована Законом № 554-IX про національну інфраструктуру геопросторових даних [9], Порядком № 532 щодо її функціонування [10] та Законом № 1907-IX про публічні електронні реєстри [11], які запроваджують принципи інтероперабельності, одноразового внесення й багаторазового використання даних та електронної взаємодії реєстрів. Ці засади кореспондують із зобов'язаннями України за Угодою про асоціацію з Європейським Союзом [12] та підходами Директиви 2007/2/ЄС (INSPIRE) [13] і Директиви (ЄС) 2019/1024 про відкриті дані [14]. Принципово, що Державний земельний кадастр і Державний реєстр речових прав віднесено Законом № 1907-IX до базових реєстрів, для яких передбачено формування спільних масивів даних [11], а Порядок № 532 визначає кадастрові відомості основою базових геопросторових даних [10]. Проте застосування цих принципів саме до цілей нормативної грошової оцінки залишається нереалізованим: оціночні дані не оформлено як самостійний тематичний набір геопросторових даних, а можливість формування спільних масивів не використовується для поєднання цінових і кадастрових відомостей.

Узагальнюючи проведений аналіз, слід констатувати, що Україна володіє всіма необхідними інформаційними ресурсами для проведення ринково відповідної оцінки земель сільськогосподарського призначення: кадастром з розвиненою структурою відомостей і вбудованим механізмом автоматизованого розрахунку, повним масивом цінових даних, прив'язаним до кадастрового номера, нормативно замкненим ланцюгом формування якісних характеристик земель та сучасною правовою рамкою інформаційної взаємодії, узгодженою з європейськими засадами. Проблема полягає не у відсутності ресурсів, а в їх незадовільному наповненні, застарілості первинних даних, ізольованості цінової інформації та відсутності похідних інформаційних продуктів, придатних для цілей оцінки.

Проведений аналіз дає підстави виокремити п'ять взаємопов'язаних проблем, які в сукупності обмежують спроможність нормативної грошової оцінки відображати ринкові реалії.

Неповнота наповнення Державного земельного кадастру оціночними відомостями. За офіційними даними Держгеокадастру, інформацією про нормативну грошову оцінку кадастр наповнений приблизно на 51 відсоток при загальному обліку понад 15,4 млн земельних ділянок [7]. Це безпосередньо блокує реалізацію нормативно закріпленого механізму автоматизованого розрахунку оцінки [6], породжує фіскальну диференціацію, не пов'язану з характеристиками землі, і унеможливлює суцільні зіставлення оцінки з ринковими цінами. Проблема має ресурсно-організаційний, а не технологічний характер: кадастр як система здатний зберігати й розраховувати оціночні відомості, обмеженням є темпи інтеграції наявної технічної документації.

Відсутність системи моніторингу ринкових цін та закритість цінових даних. Держава володіє повним масивом цінових відомостей, проте вони надаються лише власнику майна та

органам влади [8], тоді як похідний оціночний інформаційний продукт відсутній. Опрацювання масиву угод купівлі-продажу за період з липня 2021 р. по травень 2026 р. (понад 444 тис. записів) за єдиною стандартизованою методикою [33] засвідчило зростання перевищення ринкової ціни ріллі над нормативною грошовою оцінкою з 4,2 відсотка у 2021 р. до 70,7 відсотка у січні–травні 2026 р., а коефіцієнта такого перевищення – з 1,04 до 1,71 [32]. Регіональна диференціація також істотна: у 2025 р. середньозважена ринкова ціна ріллі коливалася від 36,0–38,4 тис. грн/га в Миколаївській та Одеській областях до 70,5–70,7 тис. грн/га у Полтавській та Тернопільській [32]. Показово, що ці дані отримано шляхом самостійного опрацювання первинного масиву, а не з офіційного інформаційного ресурсу, тобто інформація, необхідна для перегляду нормативів і верифікації справедливості ціни угоди, не має статусу офіційного оціночного показника.

Фрагментарність та неінтероперабельність інформаційних ресурсів. Кадастрові, цінові, землевпорядні та реєстрові дані існують ізольовано один від одного, попри наявність спільного ідентифікатора – кадастрового номера – і сформовану правову базу для їх поєднання: Законом № 1907-IX передбачено електронну взаємодію базових реєстрів із формуванням спільних масивів даних [11], а Порядок № 532 визначає кадастр основою базових геопросторових даних [10]. Отже, ані правових, ані технологічних перешкод для інтеграції не існує – відсутнє лише її цільове призначення для потреб оцінки. Практичним наслідком є неможливість сформувати інформаційний профіль земельної ділянки – структуровану сукупність відомостей, що поєднує ціну останньої угоди, бал бонітету, площу, склад угідь і чинне значення оцінки щодо одного об'єкта, – без якого неможлива побудова моделей масової оцінки.

Застарілість і низька просторова деталізація ґрунтово-інформаційної бази. Ланцюг «обстеження – бонітування – кадастр – розрахунок» є нормативно замкненим, проте його первинна ланка відтворюється вкрай рідко, а встановлена законодавством періодичність бонітування – не рідше одного разу на 7 років [1] – не передбачає обов'язкового оновлення первинних обстежень. Наслідком є систематична розбіжність між формальною чинністю ґрунтових даних і їх фактичною актуальністю, що не враховує ані деградаційних процесів, ані наслідків бойових дій. Додатковим виміром є низька просторова деталізація: ареали агровиробничих груп ґрунтів визначалися для планового землекористування великими масивами, тоді як сучасний ринок оперує ділянками в кілька гектарів, унаслідок чого суміжні ділянки різної фактичної продуктивності отримують тотожний бал бонітету і, відповідно, тотожну оцінку.

Колізія прозорості даних та їх захисту в умовах воєнного стану. Вимоги прозорості оціночної інформації та захисту персональних даних розв'язуються в Україні за принципом взаємного виключення: доступ до цінових відомостей закрито повністю, за винятком власника майна та органів влади [8]. Водночас захист персональних даних [16] за своєю метою спрямований на унеможливлення ідентифікації особи, а не на приховування економічних параметрів обігу майна, тож знеособлення

відомостей – вилучення даних про сторони угоди зі збереженням ціни, площі й дати – усунуло б колізію без послаблення захисту приватності, узгоджуючись із засадами Директиви (ЄС) 2019/1024 [14] і Закону № 2939-VI [15]. Воєнний стан загострює проблему в іншому вимірі: обмеження доступу до реєстрів і геопросторових даних, запроваджені без диференціації за ступенем чутливості відомостей, поєднуються з відсутністю системного відображення фактичного стану постраждалих земель, унаслідок чого їх оцінка здійснюється за довоєнними даними, що призводить до завищення бази оподаткування. Систематизацію виявлених проблем наведено в таблиці 1.

Виявлені проблеми пов'язані чіткою ієрархією зумовленості: навіть повне наповнення кадастру не забезпечить ринкової відповідності оцінки без офіційного цінового індикатора; наявність такого індикатора не дасть практичного ефекту без інтеграції цінових даних з характеристиками ділянок; інтегровані дані не забезпечать точності оцінки за застарілої ґрунтової основи; а результат, недоступний для учасників ринку, не виконуватиме функції орієнтира. Істотним є те, що жодна з проблем не має характеру відсутності правових підстав для розв'язання: наявні правові й технологічні можливості просто не застосовано до цілей оцінки, що визначає реалізаційну, а не конструктивну спрямованість напрямів удосконалення, обґрунтованих далі.

Обґрунтовані нижче напрями інформаційного забезпечення спрямовані не на перебудову інформаційної архітектури, а на застосування вже наявних правових і технологічних можливостей до цілей нормативної грошової оцінки. Разом вони утворюють послідовність: наповнення даних про об'єкт оцінки, формування даних про ринок, поєднання перших з другими, підвищення якості первинної якісної інформації, забезпечення до-

1. Систематизація проблем інформаційного забезпечення ринкової відповідності нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення

№	Проблема	Інформаційний ресурс	Наслідок для ринкової відповідності оцінки
1.	Неповнота наповнення кадастру оціночними відомостями (наповнення – близько 51 %)	Державний земельний кадастр	Блокування автоматизованого розрахунку оцінки; фіскальна диференціація, не пов'язана з характеристиками землі
2.	Відсутність системи моніторингу ринкових цін і закритість цінових даних	Державний реєстр речових прав на нерухоме майно	Інформаційна асиметрія учасників ринку; зростання розриву оцінки й ціни до 70,7 %
3.	Фрагментарність та неінтероперабельність інформаційних ресурсів	Кадастр, реєстр прав, документація із землеустрою	Неможливість формування інформаційного профілю ділянки як основи моделей масової оцінки
4.	Застарілість і низька деталізація ґрунтово-інформаційної бази	Матеріали землеустрою; відомості про бонітування у кадастрі	Структурна межа точності оцінки: суміжні ділянки різної продуктивності отримують тотожну оцінку
5.	Колізія прозорості та захисту даних в умовах воєнного стану	Реєстр прав; національна інфраструктура геопросторових даних	Неможливість верифікації оцінки; оцінка постраждалих земель за довоєнними даними

Джерело: систематизовано автором.

ступу до результату та побудова аналітичного контуру, що перетворює дані на оціночні показники.

Завершення наповнення Державного земельного кадастру оціночними відомостями та актуалізація даних про стан земель. Реалізація напряму передбачає суцільну інтеграцію до кадастру результатів раніше проведеної оцінки, що зберігаються у формі паперової технічної документації [1], пріоритетне проведення оцінки для територій громад, щодо яких кадастр не містить відповідних відомостей – з огляду на те, що саме внесення таких територіальних даних активує механізм автоматизованого розрахунку оцінки для всіх ділянок у межах громади [6], – а також усунення просторових помилок у відомостях про межі ділянок. Окремим елементом напряму має стати доповнення структури кадастру атрибутами для фіксації воєнних пошкоджень земель – із зазначенням підстави, дати та просторових меж ураженої частини ділянки, – що дало б змогу відображати фактичний стан земель у тому самому ресурсі, що використовується для розрахунку оцінки.

Створення національної системи моніторингу цін на землі сільськогосподарського призначення. Цей напрям є ключовим для ринкової відповідності оцінки, оскільки забезпечує перетворення первинних цінових відомостей Державного реєстру речових прав на офіційний, методологічно однорідний і регулярно оновлюваний індикатор ринкової вартості земель. Принциповою вимогою до системи є її побудова на первинних трансакційних, а не агрегованих даних: методологічна однорідність цінових показників досягається на рівні окремої угоди – через відсіювання нетипових трансакцій за площею та ціною, розмежування угод за видами угідь і зважування за площею, оскільки проста середня арифметична ціна систематично зміщується у бік дрібних угод з нетиповими ціновими параметрами [33]. Пропонована система охоплює чотири послідовні складові: первинний масив трансакцій, що формується у взаємодії Державного реєстру речових прав із Державним земельним кадастром; процедуру очищення даних з відсіюванням нетипових угод; базові цінові показники – середньозважену ціну за гектар, медіанну ціну, міжквартильний розмах – у щоквартальному обчисленні; та похідні аналітичні показники, зокрема співвідношення ринкової ціни й нормативної грошової оцінки, що оприлюднюються у знеособленому машиночитаному форматі через сервіс доступу на національному геопорталі. Система не потребує створення нового реєстру чи збирання додаткової первинної інформації: усі вихідні дані вже акумулюються державою в межах наявних процедур реєстрації прав, а моніторинг є похідним аналітичним контуром над ними, що узгоджується з принципом одноразового збору та багаторазового використання інформації [11]. Показники системи повинні набути статусу офіційного джерела інформації для цілей оцінки через їх включення до Методики нормативної грошової оцінки як вхідних даних при перегляді нормативів [2].

Інтеграція інформаційних ресурсів та формування інформаційного профілю земельної ділянки. Напрям передбачає цільове використання вже передбаченої законодавством електронної взаємодії базових реєстрів [11] для формування структу-

рованого інформаційного профілю земельної ділянки, що охоплює чотири групи відомостей: ідентифікаційно-просторові, якісні, правові й обмежувальні (наявні в кадастрі [5; 6]) та економіко-оціночні, що потребують поєднання кадастрових відомостей із ціновими даними реєстру прав за кадастровим номером [8]. Реалізація має спиратися на технологічну модель Порядку № 532: оформлення оціночних даних як самостійного тематичного набору геопросторових даних із власною специфікацією, метаданими та сервісом доступу [10; 9]. Практичним результатом напряму є усунення структурної перешкоди фрагментарності: інформаційний профіль ділянки є елементарною одиницею даних, без якої неможлива побудова моделей масової оцінки, а його наявність водночас дає змогу власнику ділянки отримати цілісне уявлення про її вартісні параметри.

Оновлення ґрунтово-інформаційної бази із застосуванням дистанційного зондування Землі. Оскільки проведення нового суцільного великомасштабного обстеження ґрунтів є методологічно бездоганним, але не сумісним із темпами розвитку земельного ринку рішенням, доцільним є комбінований підхід, у якому наземні обстеження зберігають функцію еталонної основи, а суцільне просторове покриття забезпечується засобами дистанційного зондування Землі – для виявлення просторової неоднорідності ґрунтового покриву, фіксації деградаційних процесів і встановлення фактичного стану земель, пошкоджених унаслідок бойових дій. Стаття 36 Закону № 858-IV, визначаючи мету ґрунтових обстежень, не обмежує методів отримання відповідної інформації [4], а дані дистанційного зондування за своєю природою є геопросторовими даними в розумінні Закону № 554-IX [9]. Змістовним результатом напряму має стати перехід від контурного до градієнтного відображення якості ґрунтів, за якого значення для конкретної ділянки визначається як просторово зважене, з періодичністю оновлення дистанційної складової, узгодженою з періодичністю оцінки – не рідше одного разу на 5 років [1].

Розвиток відкритих даних оцінки та знеособлене оприлюднення цінової інформації. Напрям розв'язує колізію прозорості й захисту даних через перехід від принципу їх взаємного виключення до принципу збалансування через знеособлення: формування набору даних, у якому щодо кожної угоди зберігаються кадастровий номер, площа, склад угідь, цільове призначення, дата та ціна, але вилучаються відомості, що ідентифікують сторони. Такий набір не містить персональних даних у розумінні Закону № 2297-VI [16], водночас зберігаючи повну аналітичну цінність, а його оприлюднення у формі відкритих даних відповідає засадам Директиви (ЄС) 2019/1024 [14] і Закону № 2939-VI [15]. Реалізація напряму передбачає розмежування правових режимів ідентифікованих та знеособлених цінових відомостей без послаблення захисту щодо перших, а також перегляд безпекових обмежень воєнного часу за критерієм фактичної чутливості конкретних відомостей, оскільки агреговані й знеособлені цінові показники не містять інформації, що має оборонне значення.

Формування інформаційно-аналітичного контуру масової оцінки земель. Синтезуючий напрям перетворює результати попередніх п'яти

напрямів на оціночні показники через чотири послідовні компоненти: вхідний масив даних, утворений інформаційними профілями ділянок, доповненими показниками моніторингу цін та оновленими характеристиками якості ґрунтів; аналітичні моделі залежності ринкової ціни від характеристик ділянки; процедуру верифікації моделей на контрольній вибірці угод з обчисленням показників точності; та процедуру регулярної актуалізації моделей у міру поповнення масиву угод. Принциповою вимогою до контуру є прозорість: на відміну від чинної нормативно-рентної конструкції, показники якої встановлені адміністративно, результати масової оцінки є емпірично перевірюваними шляхом зіставлення розрахункових значень із фактичними цінами угод. Технологічне ядро для такого контуру в Україні вже існує: підпункт 14 пункту 24 Порядку № 1051 передбачає розрахунок оцінки програмним забезпеченням кадастру на підставі відомостей про ділянку та територію [6], тож ідеться не про створення нової розрахункової системи, а про заміну джерела показників, на які вона спирається. Взаємозв'язок виявлених проблем і обґрунтованих напрямів їх розв'язання наведено в таблиці 2.

Наведене зіставлення засвідчує, що запропоновані напрями утворюють не набір окремих заходів, а взаємозумовлену систему з визначеною послідовністю реалізації, часткове впровадження якої дає непропорційно малий ефект: наповнений кадастр без цінового індикатора зберігає нормативно-рентну оцінку, а ціновий індикатор без інтеграції з характеристиками ділянок залишається довідковим показником, не здатним вплинути на результат оцінки. Показово й те, що правова або технологічна основа ре-

2. Відповідність напрямів інформаційного забезпечення виявленим проблемам ринкової відповідності нормативної грошової оцінки

Проблема	Напрям розв'язання	Правова або технологічна основа реалізації
Неповнота наповнення кадастру оціночними відомостями	Завершення наповнення кадастру та актуалізація даних про стан земель	Механізм автоматизованого розрахунку оцінки (підп. 14 п. 24 Порядку № 1051)
Відсутність системи моніторингу ринкових цін	Створення національної системи моніторингу цін на землі сільськогосподарського призначення	Принцип одноразового збору й багаторазового використання даних (ст. 3 Закону № 1907-IX)
Фрагментарність та неінтероперабельність ресурсів	Інтеграція ресурсів та формування інформаційного профілю ділянки	Електронна взаємодія базових реєстрів (ст. 7 Закону № 1907-IX); вимоги Порядку № 532
Застарілість ґрунтово-інформаційної бази	Оновлення ґрунтово-інформаційної бази із застосуванням дистанційного зондування Землі	Ґрунтові обстеження (ст. 36 Закону № 858-IV); режим геопросторових даних (Закон № 554-IX)
Колізія прозорості та захисту даних	Розвиток відкритих даних оцінки та знеособлене оприлюднення цінової інформації	Презумпція відкритості (Закон № 2939-VI); мета захисту персональних даних (Закон № 2297-VI)
Проблеми 1–5 у сукупності (реалізаційний вимір)	Формування інформаційно-аналітичного контуру масової оцінки земель	Програмне забезпечення кадастру як розрахункове ядро (підп. 14 п. 24 Порядку № 1051)

Джерело: розроблено автором.

алізації існує для кожного з напрямів, причому здебільшого вона міститься не в спеціальному законодавстві про оцінку земель, а в загальному законодавстві про публічні реєстри, геопросторові дані та доступ до інформації, що підтверджує реалізаційний, а не конструктивний характер виявлених проблем і вказує на цільове застосування наявних правових і технологічних можливостей як ключовий інструмент їх розв'язання.

Механізми практичної реалізації та застосування. Практична реалізація системи моніторингу цін. Оператором системи доцільно визначити Державну службу України з питань геодезії, картографії та кадастру як держателя Державного земельного кадастру та адміністратора його програмного забезпечення [7]. Технологічний цикл системи охоплює чотири операції, що виконуються в автоматизованому режимі. Спершу з Державного реєстру речових прав на нерухоме майно у взаємодії з Державним земельним кадастром за кадастровим номером як спільним ідентифікатором формується первинний масив трансакцій, що поєднує ціну угоди з площею, складом угідь і цільовим призначенням ділянки [8; 11]. Далі масив проходить процедуру очищення з відсіюванням нетипових за площею та ціною угод за єдиною стандартизованою методикою [33]. На очищеному масиві щоквартально обчислюються базові показники – середньозважена ціна за гектар, медіанна ціна та міжквартильний розмах – у розрізі областей, районів, територіальних громад і природно-сільськогосподарських районів, а також похідний показник співвідношення ринкової ціни й нормативної грошової оцінки. Нарешті результати оприлюднюються у формі знеособлених машиночитаних наборів даних із сервісом доступу через інтерфейс прикладного програмування на національному геопорталі [10; 14]. Регламентація системи – визначення оператора, періодичності оновлення, форматів даних і порядку доступу – забезпечується підзаконним актом без потреби створення нового реєстру, оскільки всі вихідні дані вже акумулюються державою в межах наявних процедур реєстрації прав [11].

Застосування показників моніторингу органами державної влади та місцевого самоврядування. Сформований ціновий індикатор має безпосередню сферу практичного застосування. Центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері земельних відносин, отримує об'єктивну емпіричну підставу для перегляду нормативів капіталізованого рентного доходу та коефіцієнтів у Методиці нормативної грошової оцінки, зокрема для приведення оцінки у відповідність до фактичного співвідношення з ринковими цінами, що станом на початок 2026 р. досягало перевищення оцінки ринком на 70,7 відсотка [2; 32]. Держгеокадастр як оператор дістає інструмент контролю якості оцінки – можливість виявляти території із систематичним відхиленням нормативної грошової оцінки від ринкового рівня та планувати черговість її перегляду. Для органів Державної податкової служби актуалізовані та повні оціночні відомості кадастру означають коректнішу базу справляння плати за землю, а отже – зменшення як недоотримання надходжень, так і надмірного фіскального навантаження на окремих платників. Органи місцевого самоврядування та територі-

альні громади, у розпорядженні яких перебувають значні масиви земель сільськогосподарського призначення, отримують цінові орієнтири для планування надходжень плати за землю до місцевих бюджетів, для обґрунтування стартової ціни продажу або права оренди комунальних ділянок на земельних торгах та для визначення розміру орендної плати. Водночас відкритість знеособлених цінових даних усуває інформаційну асиметрію на ринку: власник, потенційний покупець та оцінювач дістають змогу співвіднести ціну конкретної угоди із зафіксованим ринковим рівнем у відповідній місцевості.

Практична реалізація контуру масової оцінки. Упровадження інформаційно-аналітичного контуру масової оцінки не потребує створення окремої розрахункової системи, оскільки технологічним ядром слугує наявне програмне забезпечення Державного земельного кадастру, яке вже здійснює автоматизований розрахунок оцінки на підставі відомостей про ділянку та територію [6]. Практичний механізм передбачає послідовне виконання чотирьох операцій оператором системи: формування вхідного масиву з інформаційних профілів земельних ділянок, доповнених показниками моніторингу цін та оновленими характеристиками якості ґрунтів [10; 11]; побудову аналітичних моделей залежності ринкової ціни від характеристик ділянки на підмножині об'єктів із відомими цінами угод; верифікацію моделей на контрольній вибірці угод, що не використовувалися при їх побудові, з обчисленням та оприлюдненням показників точності; регулярну актуалізацію моделей у міру поповнення масиву угод. Оприлюднення показників точності в розрізі територій і категорій ділянок перетворює оцінку з адміністративно встановленої величини на емпірично перевірювану, створюючи об'єктивну підставу для перегляду її результатів у разі виявлення систематичних відхилень.

Приклади поетапного впровадження. З огляду на нерівномірну активність ринку земель за регіонами практичне впровадження контуру масової оцінки доцільно розпочати з пілотної апробації на території окремих громад із високою оборотністю земель – передусім лісостепових областей, де щільність трансакційних даних достатня для побудови статистично надійних моделей. На пілотному етапі результати масової оцінки зіставляються з фактичними цінами угод і з чинною нормативно-рентною оцінкою, що дає змогу відкалібрувати моделі та оцінити межі їх застосовності до масштабування на території з нижчою ринковою активністю. Результати пілотного впровадження мають подвійне практичне застосування: для органів місцевого самоврядування – як основа актуалізації бази плати за землю та обґрунтування рішень щодо розпорядження комунальними землями, для центрального органу – як емпірична основа рішень щодо переходу до масової оцінки на ринкових засадах у загальнонаціональному масштабі. Поєднання контуру масової оцінки з передбаченою вище фіксацією воєнних пошкоджень земель у структурі кадастру додатково уможливлює коригування оцінки постраждалих ділянок за їх фактичним, а не довоєнним станом. Такий поетапний підхід – від пілотних громад до загальнонаціонального контуру – узгоджує наукову обґрунтованість переходу з

організаційною спроможністю його забезпечити.

Висновки та перспективи подальших досліджень

У дослідженні розроблено напрями інформаційного забезпечення ринкової відповідності нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення. Інформаційне забезпечення розглянуто як сукупність інформаційних ресурсів, джерел даних, процедур їх формування, актуалізації, інтеграції та надання, а також технологічних і правових механізмів доступу до них, що визначають фактичну спроможність оцінки відображати реальні характеристики земельної ділянки та ринкові умови її обігу. Установлено, що інформація не є допоміжним елементом системи оцінки: вона становить її конституюючу основу, оскільки жодне методичне рішення не здатне компенсувати відсутність, застарілість або недостовірність первинних даних, а отже саме інформаційне забезпечення визначає фактичні межі досяжної точності оцінки.

Аналіз чинної системи інформаційного забезпечення, здійснений за чотирма її складовими, засвідчив, що Державний земельний кадастр за складом відомостей потенційно охоплює практично всі показники, необхідні для проведення оцінки, а механізм автоматизованого розрахунку її значення програмним забезпеченням кадастру вже закріплено нормативно [6]. Державний реєстр речових прав на нерухоме майно акумулює повний масив цінових відомостей, прив'язаний до кадастрового номера земельної ділянки, проте доступ до цих відомостей обмежено власником майна та органами публічної влади [8]. Матеріали землеустрою, ґрунтових обстежень і бонітування ґрунтів утворюють нормативно замкнений ланцюг формування якісних характеристик земель, первинна ланка якого відтворюється вкрай рідко [1; 4]. Загальна рамка інформаційної взаємодії – національна інфраструктура геопросторових даних, система публічних електронних реєстрів та режим відкритих даних – сформована на рівні, що загалом відповідає європейським засадам [9; 11; 15], проте її потенціал щодо оцінки залишається значною мірою нереалізованим.

На цій основі виявлено п'ять взаємопов'язаних проблем інформаційного забезпечення ринкової відповідності оцінки: неповноту наповнення кадастру оціночними відомостями, що блокує реалізацію механізму автоматизованого розрахунку; відсутність системи моніторингу ринкових цін та закритість цінових даних, унаслідок чого держава не має офіційного індикатора ринкової вартості, а учасники ринку перебувають у стані інформаційної асиметрії; фрагментарність та неінтероперабельність інформаційних ресурсів, що унеможливлює формування інформаційного профілю земельної ділянки; застарілість і низьку просторову деталізацію ґрунтово-інформаційної бази, яка утворює структурну межу точності оцінки; а також колізію вимог прозорості та захисту даних, загострену безпековими обмеженнями воєнного стану. Установлено ієрархію зумовленості цих проблем, за якої розв'язання кожної наступної є неможливим без розв'язання попередньої.

Відповідно до виявлених проблем обґрунтовано шість взаємозумовлених напрямів удосконалення:

завершення наповнення Державного земельного кадастру оціночними відомостями та актуалізацію даних про стан земель; створення національної системи моніторингу цін на землі сільськогосподарського призначення як похідного аналітичного контуру над наявними реєстровими даними; інтеграцію інформаційних ресурсів та формування інформаційного профілю земельної ділянки; оновлення ґрунтово-інформаційної бази із застосуванням дистанційного зондування Землі; розвиток відкритих даних оцінки та знеособлене оприлюднення цінової інформації; а також формування інформаційно-аналітичного контуру масової оцінки земель. Для кожного з напрямів установлено наявну правову або технологічну основу реалізації, причому в більшості випадків вона міститься не у спеціальному законодавстві про оцінку земель, а в загальному законодавстві про публічні електронні реєстри, геопросторові дані та доступ до публічної інформації [6; 10; 11; 14].

Головний висновок дослідження полягає в тому, що ринкова відповідність нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення обмежується нині не браком інформації як такої і не відсутністю правових конструкцій для роботи з нею, а відсутністю похідних інформаційних продуктів, придатних для цілей оцінки. Держава володіє повним масивом цінових відомостей, розвиненою структурою кадастрових даних, нормативно замкненим ланцюгом формування якісних характеристик земель і сучасною рамкою інформаційної взаємодії, однак не перетворює ці ресурси на офіційні оціночні показники. Проблема має переважно реалізаційний характер, а ключовим інструментом її розв'язання є цільове застосування наявних правових і технологічних можливостей до потреб оціночної діяльності. Запропоновані напрями є взаємодоповнювальними та взаємопідсилювальними: часткова їх реалізація дає непропорційно малий ефект, оскільки наповнений кадастр без цінового індикатора зберігає нормативно-рентний характер оцінки, а ціновий індикатор без інтеграції з характеристиками земельних ділянок залишається довідковим показником.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з визначенням складових адаптації інформаційної бази нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення на сучасному етапі. Подальшого опрацювання потребують, зокрема, склад і структура специфікації оціночного набору геопросторових даних, методичні параметри процедур очищення та зважування трансакційних даних, критерії верифікації моделей масової оцінки та показники їх точності, а також організаційно-технологічні механізми поєднання наземних ґрунтових обстежень із даними дистанційного зондування Землі для цілей оціночної діяльності.

Список використаної літератури

1. Про оцінку земель : Закон України від 11.12.2003 р. № 1378-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1378-15 (дата звернення: 20.07.2026).
2. Про затвердження Методики нормативної грошової оцінки земельних ділянок : постанова Кабінету Міністрів України від 03.11.2021 р. № 1147. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1147-2021-%D0%BF (дата звернення: 20.07.2026).

3. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо умов обігу земель сільськогосподарського призначення : Закон України від 31.03.2020 р. № 552-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/552-20 (дата звернення: 20.07.2026).
4. Про землеустрій : Закон України від 22.05.2003 р. № 858-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15 (дата звернення: 20.07.2026).
5. Про Державний земельний кадастр : Закон України від 07.07.2011 р. № 3613-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17 (дата звернення: 20.07.2026).
6. Про затвердження Порядку ведення Державного земельного кадастру : постанова Кабінету Міністрів України від 17.10.2012 р. № 1051. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-%D0%BF (дата звернення: 20.07.2026).
7. Ведення Державного земельного кадастру: актуальні показники : офіційні дані Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру. URL: https://land.gov.ua/vedennia-derzhavnoho-zemelnoho-kadastru-aktualni-pokaznyky-2/ (дата звернення: 20.07.2026).
8. Про державну реєстрацію речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень : Закон України від 01.07.2004 р. № 1952-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1952-15 (дата звернення: 20.07.2026).
9. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 р. № 554-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20 (дата звернення: 20.07.2026).
10. Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних : постанова Кабінету Міністрів України від 26.05.2021 р. № 532. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-%D0%BF (дата звернення: 20.07.2026).
11. Про публічні електронні реєстри : Закон України від 18.11.2021 р. № 1907-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1907-20 (дата звернення: 20.07.2026).
12. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони : міжнародний документ від 27.06.2014 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011 (дата звернення: 20.07.2026).
13. Директива 2007/2/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 14.03.2007 р. про створення інфраструктури просторової інформації в Європейському Співтоваристві (INSPIRE). URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0002 (дата звернення: 20.07.2026).
14. Директива (ЄС) 2019/1024 Європейського Парламенту і Ради від 20.06.2019 р. про відкриті дані та повторне використання інформації публічного сектору. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_006-19 (дата звернення: 20.07.2026).
15. Про доступ до публічної інформації : Закон України від 13.01.2011 р. № 2939-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2939-17 (дата звернення: 20.07.2026).
16. Про захист персональних даних : Закон України від 01.06.2010 р. № 2297-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17 (дата звернення: 20.07.2026).
17. Черевко Г., Грисьо М. Оцінка і ціна землі в Україні та досвід європейських країн. *Наукові записки Національного університету «Острозька академія». Серія «Економіка».* 2023. № 28(56). С. 4–13. DOI: https://doi.org/10.25264/2311-5149-2023-28(56)-4-13.

18. Палеха Ю., Дехтяренко Ю., Тарнопольський А., Малишевський М. Напрями розвитку оціночної діяльності в Україні відповідно до сучасних викликів та світових тенденцій. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. № 2. С. 30–42. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.02.03.
19. Дорош Й., Курильців Р., Братінова М., Миронов О. Склад і джерела формування інформаційно-аналітичного забезпечення оцінки земель сільськогосподарського призначення. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2024. № 3. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.03.01.
20. Курильців Р., Миронов О. Масова оцінка земель як передумова оптимізації системи оподаткування в Україні. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2024. № 1. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.01.010.
21. Buuveibaatar M., Lee K., Lee W. Developing an LADM valuation information model for Mongolia. Land. 2023. Vol. 12, no. 4. Art. 893. DOI: https://doi.org/10.3390/land12040893.
22. Wei C., Fu M., Wang L., Yang H., Tang F., Xiong Y. The research development of hedonic price model-based real estate appraisal in the era of big data. *Land.* 2022. Vol. 11, no. 3. Art. 334. DOI: https://doi.org/10.3390/land11030334.
23. Shulgan R., Nikolaichuk K. Modeling market value of land plots using GIS. Geodesy and Cartography. 2024. Vol. 50, no. 3. DOI: https://doi.org/10.3846/gac.2024.19921.
24. Loughrey J., Donnellan T., Hanrahan K. The agricultural land market in the EU and the case for better data provision. *EuroChoices.* 2020. Vol. 19, no. 1. P. 41–47. DOI: https://doi.org/10.1111/1746-692X.12212.
25. Ibatullin S., Dorosh Y., Sakal O., Krupin V., Kharytonenko R., Bratinova M. Agricultural land market in Ukraine: challenges of trade liberalization and future land policy reforms. *Land.* 2024. Vol. 13, no. 3. Art. 338. DOI: https://doi.org/10.3390/land13030338.
26. Lunova T. The agricultural land market in Ukraine: current conjuncture and problems of formation. *Scientific Bulletin of the National Academy of Statistics, Accounting and Audit.* 2021. No. 3–4. P. 86–93. DOI: https://doi.org/10.31767/nasoa.3-4-2021.10.
27. Kuryltsiv R., Kryshenyk N. Administration of the land cadastre system under conditions of martial law in Ukraine. *Acta Scientiarum Polonorum. Administratio Locorum.* 2022. Vol. 21, no. 4. P. 539–548. DOI: https://doi.org/10.31648/aspal.8140.
28. Gordieiev A., Plichko L. Real estate cadastre in Ukraine. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2025. № 4. С. 43–59. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.03.
29. Dmytruk Yu., Zhukova Ya. Soil monitoring infrastructure in response to war. *International Journal of Environmental Studies.* 2024. Vol. 81, no. 1. DOI: https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314892.
30. Bonchkovskyi O., Ostapenko P., Shvaiko V., Bonchkovskyi A. Remote sensing as a key tool for assessing war-induced damage to soil cover in Ukraine (the case study of Kyinska territorial hromada). *Journal of Geology, Geography and Geoecology.* 2023. Vol. 32. P. 474–487. DOI: https://doi.org/10.15421/112342.
31. Solokha M., Demyanyuk O., Symochko L., Mazur S., Vynokurova N., Sementsova K. et al. Soil degradation and contamination due to armed conflict in Ukraine. *Land.* 2024. Vol. 13, no. 10. Art. 1614. DOI: https://doi.org/10.3390/land13101614.
32. Дані про угоди купівлі-продажу земельних ділянок сільськогосподарського призначення за період липень 2021 р. – травень 2026 р. : масив трансакційних

даних ринку земель / опрацьовано автором.

33. Юрченко І. Удосконалення методології розрахунку середньостатистичної ринкової ціни земель сільськогосподарського призначення. *Економіка АПК.* 2025. Т. 32, № 6. С. 44–54. DOI: https://doi.org/10.32317/ekon.apk/6.2025.44.

References

1. Pro otsinku zemel: Zakon Ukrainy vid 11.12.2003 № 1378-IV [On land valuation: Law of Ukraine of 11 December 2003 No. 1378-IV] (2003). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1378-15 (Accessed 20 July 2026).
2. Pro zatverdzhennia Metodyky normatyvnoi hroshovoi otsinky zemelnykh dilianok: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 03.11.2021 № 1147 [On approval of the Methodology of normative monetary valuation of land plots: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 3 November 2021 No. 1147] (2021). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1147-2021-p (Accessed 20 July 2026).
3. Pro vnesennia zmin do deiakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shchodo umov obihu zemel silskohospodarskoho pryznachennia: Zakon Ukrainy vid 31.03.2020 № 552-IX [On amendments to certain legislative acts of Ukraine regarding the conditions of circulation of agricultural land: Law of Ukraine of 31 March 2020 No. 552-IX] (2020). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/552-20 (Accessed 20 July 2026).
4. Pro zemleustrii: Zakon Ukrainy vid 22.05.2003 № 858-IV [On land management: Law of Ukraine of 22 May 2003 No. 858-IV] (2003). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15 (Accessed 20 July 2026).
5. Pro Derzhavnyi zemelnyi kadastr: Zakon Ukrainy vid 07.07.2011 № 3613-VI [On the State Land Cadastre: Law of Ukraine of 7 July 2011 No. 3613-VI] (2011). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17 (Accessed 20 July 2026).
6. Pro zatverdzhennia Poriadku vedennia Derzhavnoho zemelnoho kadastru: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 17.10.2012 № 1051 [On approval of the Procedure for maintaining the State Land Cadastre: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 17 October 2012 No. 1051] (2012). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1051-2012-p (Accessed 20 July 2026).
7. Vedennia Derzhavnoho zemelnoho kadastru: aktualni pokaznyky [Maintaining the State Land Cadastre: current indicators]: official data of the State Service of Ukraine for Geodesy, Cartography and Cadastre. Available at: https://land.gov.ua/vedennia-derzhavnoho-zemelnoho-kadastru-aktualni-pokaznyky-2/ (Accessed 20 July 2026).
8. Pro derzhavnu reiestratsiiu rechovykh prav na nerukhome maino ta yikh obtiazhen: Zakon Ukrainy vid 01.07.2004 № 1952-IV [On state registration of property rights to immovable property and their encumbrances: Law of Ukraine of 1 July 2004 No. 1952-IV] (2004). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1952-15 (Accessed 20 July 2026).
9. Pro natsionalnu infrastrukturu heoprostorovykh danykh: Zakon Ukrainy vid 13.04.2020 № 554-IX [On the national spatial data infrastructure: Law of Ukraine of 13 April 2020 No. 554-IX] (2020). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20 (Accessed 20 July 2026).
10. Pro zatverdzhennia Poriadku funktsionuvannia natsionalnoi infrastruktury heoprostorovykh danykh: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 26.05.2021 № 532 [On approval of the Procedure for functioning of the national spatial data in-

frastructure: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 26 May 2021 No. 532] (2021). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-p (Accessed 20 July 2026).
11. Pro publichni elektronni reiestry: Zakon Ukrainy vid 18.11.2021 № 1907-IX [On public electronic registers: Law of Ukraine of 18 November 2021 No. 1907-IX] (2021). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1907-20 (Accessed 20 July 2026).
12. Uhoda pro asotsiatsiiu mizh Ukrainoiu, z odniiei storony, ta Yevropeiskym Soiuzom, Yevropeiskym spivtovarystvom z atomnoi enerhii i yikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony [Association Agreement between Ukraine and the European Union] (2014). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011 (Accessed 20 July 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) (2007). Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32007L0002 (Accessed 20 July 2026).
14. Directive (EU) 2019/1024 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 on open data and the re-use of public sector information (2019). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_006-19 (Accessed 20 July 2026).
15. Pro dostup do publichnoi informatsii: Zakon Ukrainy vid 13.01.2011 № 2939-VI [On access to public information: Law of Ukraine of 13 January 2011 No. 2939-VI] (2011). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2939-17 (Accessed 20 July 2026).
16. Pro zakhyst personalnykh danykh: Zakon Ukrainy vid 01.06.2010 № 2297-VI [On personal data protection: Law of Ukraine of 1 June 2010 No. 2297-VI] (2010). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17 (Accessed 20 July 2026).
17. Cherevko, H., & Hryso, M. (2023). Otsinka i tsina zemli v Ukraini ta dosvid yevropeiskykh krain [Evaluation and price of land in Ukraine and the experience of European countries]. *Naukovi zapysky Natsionalnoho universytetu "Ostrozka akademiia". Seriia "Ekonomika"* [Scientific Notes of the National University "Ostroh Academy". Economics Series], no. 28(56), pp. 4–13. DOI: https://doi.org/10.25264/2311-5149-2023-28(56)-4-13.
18. Palekha, Yu., Dekhtiarenko, Yu., Tarnopolskyi, A., & Malyshevskyi, M. (2022). Napriamy rozvytku otsinochnoi diialnosti v Ukraini vidpovidno do suchasnykh vyklykiv ta svitovykh tendentsii [Directions of development of valuation activity in Ukraine in accordance with modern challenges and global trends]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel* [Land Management, Cadastre and Land Monitoring], no. 2, pp. 30–42. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.02.03.
19. Dorosh, Y., Kuryltsiv, R., Bratinova, M., & Myronov, O. (2024). Sklad i dzherela formuvannia informatsiino-analitychnoho zabezpechennia otsinky zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Composition and sources of information and analytical support for agricultural land valuation]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel* [Land Management, Cadastre and Land Monitoring], no. 3. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.03.01.
20. Kuryltsiv, R., & Myronov, O. (2024). Masova otsinka zemel yak peredumova optymizatsii systemy opodatkuvannia v Ukraini [Mass land valuation as a prerequisite for optimizing the taxation system in Ukraine]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel* [Land Management, Cadastre and Land Monitoring], no. 1. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.01.010.

21. Buuveibaatar, M., Lee, K., & Lee, W. (2023). Developing an LADM valuation information model for Mongolia. *Land,* vol. 12, no. 4, art. 893. DOI: https://doi.org/10.3390/land12040893.
22. Wei, C., Fu, M., Wang, L., Yang, H., Tang, F., & Xiong, Y. (2022). The research development of hedonic price model-based real estate appraisal in the era of big data. *Land,* vol. 11, no. 3, art. 334. DOI: https://doi.org/10.3390/land11030334.
23. Shulgan, R., & Nikolaichuk, K. (2024). Modeling market value of land plots using GIS. *Geodesy and Cartography*, vol. 50, no. 3. DOI: https://doi.org/10.3846/gac.2024.19921.
24. Loughrey, J., Donnellan, T., & Hanrahan, K. (2020). The agricultural land market in the EU and the case for better data provision. *EuroChoices,* vol. 19, no. 1, pp. 41–47. DOI: https://doi.org/10.1111/1746-692X.12212.
25. Ibatullin, S., Dorosh, Y., Sakal, O., Krupin, V., Kharytonenko, R., & Bratinova, M. (2024). Agricultural land market in Ukraine: challenges of trade liberalization and future land policy reforms. Land, vol. 13, no. 3, art. 338. DOI: https://doi.org/10.3390/land13030338.
26. Lunova, T. (2021). The agricultural land market in Ukraine: current conjuncture and problems of formation. Scientific *Bulletin of the National Academy of Statistics, Accounting and Audit,* no. 3–4, pp. 86–93. DOI: https://doi.org/10.31767/nasoa.3-4-2021.10.
27. Kuryltsiv, R., & Kryshenyk, N. (2022). Administration of the land cadastre system under conditions of martial law in Ukraine. Acta Scientiarum Polonorum. Administratio Locorum, vol. 21, no. 4, pp. 539–548. DOI: https://doi.org/10.31648/aspal.8140.
28. Gordieiev, A., & Plichko, L. (2025). Real estate cadastre in Ukraine. Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel [Land Management, *Cadastre and Land Monitoring],* no. 4, pp. 43–59. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.03.
29. Dmytruk, Yu., & Zhukova, Ya. (2024). Soil monitoring infrastructure in response to war. *International Journal of Environmental Studies*, vol. 81, no. 1. DOI: https://doi.org/10.1080/00207233.2024.2314892.
30. Bonchkovskyi, O., Ostapenko, P., Shvaiko, V., & Bonchkovskyi, A. (2023). Remote sensing as a key tool for assessing war-induced damage to soil cover in Ukraine (the case study of Kyinska territorial hromada). *Journal of Geology, Geography and Geoecology,* vol. 32, pp. 474–487. DOI: https://doi.org/10.15421/112342.
31. Solokha, M., Demyanyuk, O., Symochko, L., Mazur, S., Vynokurova, N., Sementsova, K. et al. (2024). Soil degradation and contamination due to armed conflict in Ukraine. *Land,* vol. 13, no. 10, art. 1614. DOI: https://doi.org/10.3390/land13101614.
32. Dani pro uhody kupivli-prodazhu zemelnykh dilianok silskohospodarskoho pryznachennia za period lypen 2021 – traven 2026 [Data on purchase and sale agreements of agricultural land plots for the period July 2021 – May 2026]: array of land market transaction data, processed by the author.
33. Yurchenko, I. (2025). Udoskonalennia metodolohii rozrakhunku serednostatystychnoi rynkovoi tsiny zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Improving the methodology for calculating the average statistical market price of agricultural land]. *Ekonomika APK* [Economy of AIC], vol. 32, no. 6, pp. 44–54. DOI: https://doi.org/10.32317/ekon.apk/6.2025.44.

Yurchenko I.

INFORMATION SUPPORT FOR MARKET CONFORMITY OF THE MONETARY VALUATION OF AGRICULTURAL LAND

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 135-159.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.09

Abstract. *The article substantiates directions for the information support of market conformity in the normative monetary valuation of agricultural land. The subject of the study is the set of information resources and organizational-technological mechanisms that determine the completeness, timeliness, and reliability of the data underlying the valuation. The aim of the study is to identify problems in information support and to develop directions for its improvement under the conditions of a functioning market for agricultural land in Ukraine. The methodological basis comprises a systemic analysis of the current information support system across its components – the State Land Cadastre, the State Register of Property Rights to Immovable Property together with land market turnover data, land management and soil survey materials, and the national spatial data infrastructure together with public electronic registers and open data – a comparative legal analysis of the relevant regulatory acts, and the processing of an array of land market transaction data for the period from July 2021 to May 2026 using a standardized methodology for calculating the weighted average market price. It is established that information constitutes the foundational basis of valuation rather than an auxiliary or technical element, since no methodological solution can compensate for the absence, obsolescence, or unreliability of primary data, and information support therefore determines the actual limits of attainable valuation accuracy. Five interrelated problems are identified: incomplete population of the State Land Cadastre with valuation data; the absence of a market price monitoring system and the closed nature of price data held in the state register; fragmentation and non-interoperability of information resources, which prevents the formation of an integrated information profile of a land parcel; the obsolescence and low spatial detail of the soil information base, which forms a structural limit on valuation accuracy; and a collision between data transparency requirements and personal data protection, sharpened by security restrictions under martial law. In response to these problems, six mutually conditioned directions are substantiated: completing the population of the State Land Cadastre with valuation data and updating records on the condition of land; establishing a national system for monitoring prices of agricultural land as a derivative analytical layer built upon existing register data; integrating information resources and forming a structured information profile of the land parcel; updating the soil information base through the application of remote sensing of the Earth combined with reference ground surveys; developing open valuation data and the anonymized disclosure of price information while preserving the level of personal data protection; and forming an information-analytical framework for the mass appraisal of agricultural land. It is substantiated that the market conformity of valuation is currently constrained not by an absence of information as such, nor by an absence of legal constructs for working with it, but by the absence of derivative information products suitable for valuation purposes, so that the identified problems are predominantly implementational rather than constructive in nature. It is further shown that the proposed directions are mutually complementary and mutually reinforcing: their partial implementation yields a disproportionately small effect, since a fully populated cadastre without a price indicator preserves the rent-normative character of the valuation, while a price indicator without integration with parcel characteristics remains a merely reference indicator incapable of affecting the valuation result.*

Keywords: *normative monetary valuation, agricultural land, market conformity, information support, State Land Cadastre, price monitoring, land market, open data.*

G17 АРХІТЕКТУРА ТА МІСТОБУДУВАННЯ. ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДЕЛЮВАННЯ СТАНУ ГЕОСИСТЕМ

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 10.09.2026; Прийнято: 23.09.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК 528.94:332.334(477.84) http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.10

КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ВОЛОДІННЯ ТА КОРИСТУВАННЯ ЗЕМЕЛЬНИМИ ДІЛЯНКАМИ В РОЗРІЗІ ДОМОГОСПОДАРСТВ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ

С.М. ОСТАПЧУК,
кандидат технічних наук, доцент,
E-mail: s.m.ostapchuk@nuwm.edu.ua
ORCID: 0000-0002-4493-1144
О.П. ОСТАПЧУК,
кандидат технічних наук, доцент
E-mail: o.p.ostapchuk@nuwm.edu.ua
ORCID: 0000-0003-4774-3605
О.В. ЛАЗАРЕЦЬ,
бакалавр,
E-mail: 2026geo@ukr.net
ORCID: 0009-0006-9628-7449
Національний університет водного господарства та природокористування

Анотація. *У статті обґрунтовано актуальність впровадження геоінформаційних технологій для управління земельними ресурсами територіальних громад в умовах децентралізації влади в Україні. Метою дослідження є теоретико-методичне обґрунтування та практична реалізація підходів до комплексного картографічного моделювання показників володіння і користування земельними ділянками в розрізі домогосподарств територіальних громад Тернопільської області. Методологічну основу роботи становить системний підхід із застосуванням статистичного аналізу, математико-картографічного моделювання та ГІС-технологій у середовищі ArcMap. Ключовим результатом дослідження є побудова авторської картографічної моделі, яка інтегрує роз-*

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

різнені кадастрові й демографічно-статистичні дані та унаочнює ситуацію із земельними ділянками домогосподарств регіону (використано способи лінійних знаків, картограм, картодіаграм та числових індексів). Виявлено виражений мозаїчний характер розподілу показників без чіткої зональної диференціації та зафіксовано зменшення середнього розміру земельних ділянок навколо великих урбанізованих центрів під впливом процесів субурбанізації. Наукова новизна дослідження полягає у розробці методики дрібноконтурного картографування земельних ділянок домогосподарств у межах усієї сукупності ТГ області, що дозволяє одночасно оцінювати загальну площу земель, чисельність домогосподарств та параметри адміністративно-територіального устрою. Практична значущість результатів полягає у створенні для органів місцевого самоврядування та землевпорядних служб дієвого аналітичного інструментарію підтримки прийняття рішень щодо оптимізації земельного оподаткування, аудиту угідь та планування просторового розвитку громад.

Ключові слова: *картографічне моделювання, територіальні громади, домогосподарства, землеустрій, ArcMap, Тернопільська область, моніторинг земель.*

Актуальність

Реформування системи земельних відносин в Україні та процеси децентралізації висувають нові вимоги до якості, деталізації та наочності просторових даних, що використовуються для моніторингу та управління земельним потенціалом на регіональному та локальному рівнях. Базовим елементом формування земельного фонду та соціально-економічного розвитку територіальних громад, особливо в аграрно орієнтованих регіонах, є домогосподарства. Ефективний облік, аналіз та стратегічне планування використання таких земель потребують відходу від класичних табличних форм статистичної документації на користь методів комплексного геопросторового моделювання.

У контексті геопросторового аналізу та моніторингу земель, домогосподарство розглядається не лише як соціально-демографічна одиниця (сукупність осіб, які спільно проживають та ведуть господарство), але й як первинний економіко-правовий суб'єкт землекористування. Специфіка домогосподарства як суб'єкта земельних відносин полягає в тому, що воно акумулює земельні масиви різного цільового призначення (для будівництва і обслуговування житлового будинку, ведення особистого селянського господарства, садівництва тощо), які перебувають у членів цього домогосподарства на правах приватної власності (землеволодіння) або користування (оренди).

Для Тернопільської області, яка характеризується високою щільністю сільського населення, розгалуженою мережею населених пунктів та інтенсивним веденням особистого селянського господарства, питання раціонального використання земельних ділянок у розрізі домогосподарств є критично важливими. Значна територіальна диференціація за розмірами ділянок, процеси фрагментації земель під впливом оренди, а також потреба оптимізації земельного оподаткування вимагають створення цілісних геопросторових моделей, що відображають реальний стан во-

лодіння та користування земельними ділянками у регіональному вимірі.

У цьому контексті картографічне моделювання показників трансформації земельного фонду в розрізі домогосподарств територіальних громад (ТГ) Тернопільської області виступає як ефективний інструмент системного аналізу. Застосування сучасних геоінформаційних технологій (ГІС) дозволяє трансформувати розрізнені кадастрові, статистичні та адміністративно-територіальні дані у картографічні моделі. Вони дозволяють одночасно оцінити загальні площі земель, чисельність домогосподарств та середні розміри земельних ділянок у безпосередньому зв'язку з кількістю населених пунктів кожної громади. Це забезпечує органи землеустрою та місцевого самоврядування дієвим аналітичним інструментарієм для моніторингу земель, виявлення просторових диспропорцій та обґрунтування стратегій сталого розвитку територій.

Таким чином, розробка та використання картографічного моделювання показників земельних ділянок у розрізі домогосподарств безпосередньо відповідає сучасним запитам науки про землеустрій та практичним потребам ведення кадастру і моніторингу земель, що підкреслює теоретичну й практичну значущість дослідження для забезпечення збалансованого просторового розвитку ТГ Тернопільщини.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питання теоретико-методологічного забезпечення землеустрою, ведення державного земельного кадастру та моніторингу земель на різних ієрархічних рівнях управління перебувають у центрі уваги багатьох провідних українських та зарубіжних вчених.

Вагомий внесок у дослідження трансформації земельних відносин, раціонального землекористування, оцінки земельного потенціалу в умовах децентралізації та повномасштабної війни зробили вітчизняні науковці Й. Дорош, О. Дорош, Ш. Ібатуллін, І. Ковальчук, А. Мартин, І. Новаковська, Л. Новаковський, О. Сакаль, А. Третяк та інші [1-6].

Наголошується на необхідності посилення державного контролю за використанням земель, а також підтримується ініціатива щодо модернізації процедур і змісту земельного моніторингу [7]. Обґрунтовано також шляхи підвищення ефективності діяльності державних органів, спрямовані на вдосконалення всієї системи управління землекористуванням.

У роботі [8] запропоновано комплексну науково-практичну концепцію правового статусу земель знищених населених пунктів. Автори визначили ознаки втрати цими територіями здатності до відновлення поселень, розробили чіткий правовий механізм їхньої землевпорядної трансформації, а також обґрунтували економічні й організаційні засади їхнього майбутнього використання.

Проблематика застосування ГІС, технологій дистанційного зондування Землі та впровадження методів геопросторового і картографічного моделювання для вирішення завдань просторового планування й моніторингу територій висвітлена у численних працях.

Публікації [9-14] присвячені теоретичним і прикладним засадам використання картографічного моделювання для стратегічного плануван-

ня територій. Картографічні моделі подано як аналітичний інструмент для інтеграції просторових даних та обґрунтування управлінських рішень. Запропоновано розглядати моделювання як наскрізний елемент стратегічного процесу та проаналізовано його функції на різних етапах планування. Акцент зроблено на сценарному підході, який поєднує просторовий аналіз, прогнозування й експертні оцінки. У підсумку доведено, що картографічне моделювання значно підвищує обґрунтованість, адаптивність та ефективність стратегічного управління територіальним розвитком.

У праці [15] детально описано методологію комплексного збору геопросторових даних, інтеграцію ГІС та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для оцінки та постійного спостереження за станом природних систем і вразливих ландшафтів.

Дослідження [16] демонструє синергію використання безпілотних літальних апаратів (як елементу ДЗЗ), ГНСС (глобальних навігаційних супутникових систем) спостережень та ГІС-платформ. Праця на прикладі конкретних ТГ безпосередньо вирішує завдання точного картографування, просторового планування та управління землями.

Запропоновано та обґрунтовано методичний інструментарій для аналізу й удосконалення структури землекористування територіальних громад (на матеріалах Жидачівської міської ТГ) [17]. Дослідження реалізовано через інтеграцію ГІС-технологій, картографічного моделювання та системи екологічних індикаторів.

У зарубіжній науковій практиці сучасні підходи до інтеграції кадастрових даних, концепції «розумного» адміністрування територій (Land Administration) та сталого просторового планування були запроваджені і активно розвиваються завдяки працям таких дослідників, як S. Enemark, I. Williamson, J. Zevenbergen (моделі ефективного кадастру, сталий розвиток земельних систем) [18, 19]. Питанням картографічного та математико-картографічного моделювання просторових процесів, оцінки фрагментації земель та аналізу дрібноконтурних сільських землеволодінь, що є аналогами вітчизняних домогосподарств, присвячені публікації європейських авторів, зокрема L. Mucsi (ГІС-аналіз землекористування), T. Noszczyk, A. Rutkowska, J. Hernik (моделювання просторових диспропорцій земельних ділянок в аграрних регіонах) [20, 21].

Попри значну кількість цих ґрунтовних праць, більшість наявних досліджень у сфері кадастру та моніторингу земель орієнтовані або на глобальний макрорівень (аналіз показників країн загалом), або на мікрорівень окремих великих сільськогосподарських підприємств. Водночас специфіка землеволодіння та землекористування такої базової соціально-економічної ланки, як приватні домогосподарства, у регіональному розрізі всієї сукупності територіальних громад залишається вивченою фрагментарно.

На сьогодні практично відсутні комплексні науково-методичні підходи до інтеграції та візуалізації розрізнених кадастрових даних і демографічно-статистичних параметрів приватного сектору (кількості домогосподарств, сукупної площі та середнього розміру ділянок в прив'язці до адміністративно-територіальної структури ТГ) за допомогою тематичного картографування. Необхідність

подолання цієї методологічної прогалини та потреба у створенні наочних просторових моделей для аграрно розвинених регіонів зумовили вибір теми та напряму цього дослідження.

Метою дослідження є теоретико-методичне обґрунтування та практична реалізація підходів до картографічного моделювання показників володіння та користування земельними ділянками в розрізі домогосподарств територіальних громад Тернопільської області для виявлення просторових закономірностей їх розподілу та підвищення ефективності регіонального моніторингу земель і землеустрою на локальному рівні.

Матеріали і методи дослідження

Інформаційною та вихідною базою дослідження слугували офіційні статистичні матеріали Головного управління статистики у Тернопільській області [22], форми погосподарського обліку та актуальні верифіковані дані громад, акумульовані ГО «Портал «Децентралізація» (демографічні показники, адміністративно-територіальна структура та межі ТГ станом на сучасний період) [23].

Методологічну основу роботи становить системний підхід до аналізу земельно-ресурсного потенціалу. У процесі виконання дослідження та обробки вихідних даних було застосовано комплекс загальнонаукових та спеціальних методів, зокрема:

- статистичний та порівняльно-географічний методи – для групування домогосподарств за кількісними та якісними показниками володіння та користування земельними ділянками, виявлення мінімальних, максимальних та середніх значень площ земельних ділянок у розрізі ТГ;
- математико-картографічне моделювання – для трансформації табличних баз даних у геопросторові об’єкти та розрахунку похідних індексів (середнього розміру ділянки на одне домогосподарство);
- методи ГІС-технологій – для збору, систематизації, просторової прив’язки та геовізуалізації досліджуваних показників.

Практична реалізація та побудова комплексної картографічної моделі здійснена у середовищі геоінформаційної системи ArcMap (інструментарій ArcGIS компанії ESRI). Обрана система координат – UCS-2000 / Gauss-Kruger, картографічна проекція – рівнокутна поперечно-циліндрична. Такий підхід дозволяє звести до мінімуму картографічні спотворення і зберегти звичний вигляд контурів території. Вказаний масштаб – лінійний, що гарантує коректне відображення під час трансформації (збільшення або зменшення) картографічної основи і сприяє зручності практичного використання. Просторова прив’язка статистичної інформації виконана до векторного шару полігональних об’єктів – меж територіальних громад Тернопільської області.

Для створення наочної картографічної моделі в ArcMap було застосовано комбінацію таких класичних способів картографування:

1) спосіб лінійних знаків – для просторової локалізації, географічної прив’язки та відображення адміністративних меж територіальних громад, що забезпечує чітке просторове структурування моделі;

2) спосіб картограм – для відображення диференціації загальної площі земельних ділянок, що пере-

бувають у володінні та користуванні домогосподарств кожної ТГ (шляхом розбиття масиву даних на 4 інтервальні класи від менш ніж 3000 га до понад 9000 га);

3) спосіб картодіаграм – для просторової локалізації та одночасного відображення двох структурних показників у межах кожної громади: загальної кількості домогосподарств (4 інтервальні класи від менш ніж 2500 до понад 7000) та кількості населених пунктів (4 інтервальні класи від менш ніж 10 до понад 30), що входять до складу ТГ;

4) спосіб числових індексів – для безпосереднього картографічного відображення розрахованого середнього розміру земельної ділянки, що припадає на одне домогосподарство у межах кожної конкретної ТГ.

Такий інтегрований ГІС-підхід дозволив забезпечити високий рівень генералізації та синтезу різнорідної інформації на одній картографічній моделі, що створює підґрунтя для глибокого просторового аналізу досліджуваного явища.

Результати дослідження та їх обговорення

На основі інтеграції статистичних даних Головного управління статистики у Тернопільській області та верифікованої інформації ГО «Портал Децентралізація» в ГІС-середовищі ArcMap було побудовано комплексну картографічну модель (рис. 1). Вона відображає просторовий розподіл та взаємозв'язок чотирьох ключових параметрів: загальної площі земель домогосподарств, їхньої чисельності, середнього розміру ділянки та кількості населених пунктів у розрізі територіальних громад регіону.

Візуальний аналіз та просторова інтерпретація створеної моделі дозволили виявити низку специфічних рис на території Тернопільщини. Насамперед фіксується мозаїчний (дисперсний) характер розподілу показників, який не виявляє чітко вираженої зональної (північ-південь чи захід-схід) тенденції. Громади з максимальними та мінімальними параметрами більш-менш рівномірно розпорошені по всій території області.

Аналіз інтегрального показника – загальної площі земельних ділянок у користуванні домогосподарств (відображеного способом картограм), показав: більшість ТГ області зосереджені в межах середніх інтервальних класів (3001-6000 га; 6001-9000 га). Водночас громади з найбільшим земельним фондом (понад 9000 га) не утворюють єдиного просторового кластера. Їхня локалізація безпосередньо корелює з двома чинниками, відображеними на карті способом картодіаграм:

1. Ефект масштабу громади та щільності поселень. Найвищі значення сукупної площі (понад 9000 га) характерні для ТГ (Збаразька, Кременецька, Шумська), які мають у своєму складі значну кількість населених пунктів та, відповідно, вищу абсолютну чисельність домогосподарств. У таких громадах великий загальний земельний клин формується суто за рахунок ефекту сумування тисяч дрібних присадибних ділянок. Найнижчі ж значення загальної площі земельних ділянок (до 3000 га) простежуються у ТГ (Більче-Золотецька, Великобірківська, Заводська, Коропецька), де є й найменша кількість населених пунктів і домогосподарств.

2. Локальні особливості паювання. У громадах, де зафіксовано ви-

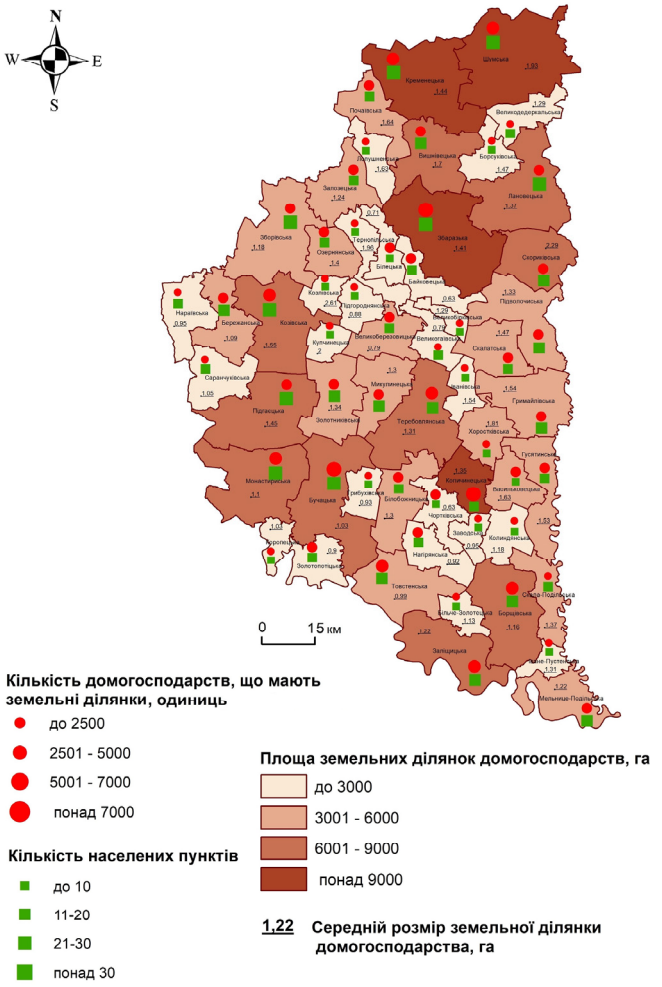


Рис. 1. Земельні ділянки домогосподарств у межах ТГ Тернопільської області

сокі показники середнього розміру ділянки на одне домогосподарство (числові індекси на карті), спостерігається збільшення загальних площ земель навіть за середньої та великої кількості населених пунктів (Вишнівецька, Гримайлівська, Гусятинська, Козівська, Лопушненська, Скориківська, Шумська). Це свідчить про історично вищу норму наділення землею (розміру паю) під час реформування колективних сільськогосподарських підприємств (КСП) у цих локаціях.

Окремої уваги заслуговує аналіз середнього розміру земельної ділянки. Картографічне моделювання чітко унаочнює відсутність прямої лінійної залежності між кількістю домогосподарств та середнім розміром площі, що припадає на одне домогосподарство. Навколо великих урбанізованих центрів (найбільшими містами області є Тернопіль і Чортків) переважно спостерігається закономірне

зменшення середнього розміру ділянки при високій концентрації самих домогосподарств. Це пояснюється високою інвестиційною привабливістю земель, розвитком процесів субурбанізації та використанням ділянок переважно під житлову забудову та садівництво, а не під товарне сільськогосподарське виробництво. Така ситуація, зокрема, притаманна прилеглим до Тернопільської ТГ – Байковецькій, Білецькій, Великогаївській, Підгороднянській громадам, Чортківській ТГ і сусіднім з нею Заводській і Нагірянській громадам. Тернопільська ТГ не увійшла до цього списку. Через відносно невелику площу громади і переважаюче міське населення тут мало домогосподарств, які мають у володінні та користуванні земельні ділянки. Натомість, у всіх північних і східних периферійних громадах середній розмір ділянки є вищим відповідного середнього значення по області (1,22 га), що вказує на збереження класичної аграрної функції домогосподарств як особистих селянських господарств (ОСГ).

Отримані результати картографічного моделювання доводять, що таблична статистична звітність часто нівелює локальні просторові диспропорції. Синтетична ГІС-модель унаочнює, що територіальні громади Тернопільської області мають суттєво різну структуру земельного потенціалу приватного сектору.

З погляду моніторингу земель та землеустрою, виявлена мозаїчність показників свідчить про необхідність диференційованого підходу до управління ресурсами ТГ. Громади з великою площею земель та низьким середнім розміром ділянки (висока фрагментація) потребують розробки проектів консолідації земель та стимулювання створення кооперативів. Натомість ТГ з високим середнім розміром земельних ділянок мають значний потенціал для розвитку фермерства, але вимагають жорсткого моніторингу на предмет тіньової оренди та ефективності сплати земельного податку до місцевого бюджету.

Висновки та перспективи подальших досліджень

Доведено, що в умовах децентралізації управління земельними ресурсами територіальних громад потребує переходу від класичних табличних форм обліку до просторово-координованих моделей. Інтеграція даних офіційної статистики, матеріалів погосподарського обліку та просторових параметрів адміністративно-територіального устрою є надійною базою для комплексного оцінювання земельного потенціалу приватного сектору економіки.

На прикладі Тернопільської області апробовано методику побудови тематичної картографічної моделі в середовищі ГІС ArcMap. Успішне поєднання способів картограм (для площ земельних ділянок), картодіаграм (для чисельності домогосподарств і населених пунктів), лінійних знаків (для меж ТГ) та числових індексів (для середнього розміру ділянок) дозволило відобразити складну багатокомпонентну структуру земельного фонду домогосподарств на одній карті.

Візуальний та просторовий аналіз моделі виявив виражений мозаїчний (дисперсний) характер розподілу показників володіння та користування землями без чіткої зональної диференціації. Встановлено, що максимальні сукупні площі земель наявні у громадах із високою щільністю сіль-

ських поселень за рахунок кумулятивного ефекту. Водночас навколо ТГ з найбільшими міськими центрами (Тернопіль, Чортків) спостерігається закономірне зменшення середнього розміру ділянки через процеси субурбанізації та зміну функціонального призначення земель.

Створена картографічна модель є дієвим інструментом підтримки прийняття рішень для органів місцевого самоврядування та землевпорядних служб. Отримані результати дозволяють диференціювати управлінські підходи: у громадах із високою фрагментацією ділянок доцільно впроваджувати проекти консолідації земель, тоді як у громадах із високим середнім розміром ділянки – посилювати моніторинг ефективності сплати земельного податку та виявляти латентні резерви землекористування.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці та інтеграції динамічних вебкартографічних моделей (Web-GIS) на рівні окремих ТГ Тернопільської області з можливістю автоматичного оновлення даних у реальному часі. Окремим важливим вектором майбутніх розвідок є дослідження трансформації структури землеволодіння та землекористування домогосподарств під впливом ринку земель сільськогосподарського призначення та оцінка збитків, нанесених земельному потенціалу приватного сектору внаслідок сучасних кризових та геополітичних чинників в Україні.

Декларація про використання генеративного ШІ та технологій штучного інтелекту. Під час підготовки цього рукопису автори використовували Google Gemini для перекладу тексту, мовного редагування та форматування окремих бібліографічних посилань відповідно до академічних стандартів. Після використання цих інструментів автори ретельно перевірили, вручну верифікували та відредагували увесь зміст для забезпечення точності та наукової строгості. Автори несуть повну відповідальність за зміст, наукову доброчесність та фінальну версію публікації.

Список використаної літератури

1. Дорош Й. М., Ібатуллін Ш. І., Сакаль О. В., Крупін В. Є., Харитоненко Р. А., Деркульський Р. Ю. Теоретичні основи інституційних змін у землеустрої в умовах євроінтеграції України, правового режиму воєнного стану і для цілей повоєнного відновлення. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2025. № 4. С. 4–18. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.01.
2. Дорош О. С., Дорош Й. М., Заступла І.-О. Ю. Роль управлінських процесів, що ґрунтуються на інституціональному підході у формуванні екологобезпечного та високоефективного сільськогосподарського землекористування. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2022. № 1. С. 18–29. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.02.
3. Ковальчук І. П., Курганевич Л. П., Ковальчук І. В. Геоекологічний моніторинг : навч. посіб. Ч. 1. Моніторинг водних об'єктів. Київ : НУБіП України, 2025. 295 с.
4. Мартин А. Г., Гунько Л. А., Замлинський С. С. До питання про сучасну теорію землеустрою. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2025. № 4. С. 19–42. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.02.
5. Новаковський Л., Новаковська І. Формування об'єднаних територіальних громад і проблеми їх землевпорядкування. *Економіст.* 2018. № 8. С. 11–16.
6. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Капінос Н. О., Гунько Л. А., Третяк Р.

А., Третяк Н. А. Охорона земель в Україні: наукові та управлінські рішення в умовах воєнних дій. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2024. № 1. С. 19–34. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.01.02.

7. Новаковський Л. Я., Євсюков Т. О., Новаковська І. О. Управління землекористуванням: проблеми охорони основного національного багатства. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. № 1. С. 4–17. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.01.
8. Мартин А. Г., Гунько Л. А., Полтавець А. М., Чумаченко О. М. Землі зруйнованих населених пунктів в Україні: правовий режим, землевпорядна конверсія та економіка постпоселенських територій. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2026. № 2. С. 44–71. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2026.02.04.
9. Калина Т. Є., Гайша О. О., Арамян А. М. Картографічне моделювання у стратегічному плануванні територіального розвитку. *Сталий розвиток економіки.* 2026. № 1 (58). С. 389–397. DOI: https://doi.org/10.32782/2308-1988/2026-58-50.
10. Ковальчук І. П., Ковальчук А. І. Геоінформаційно-картографічне забезпечення функціонування об'єднаних територіальних громад. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія.* 2019. № 2 (47). С. 4–12. DOI: https://doi.org/10.25128/2519-4577/2519-4577.19.3.1.
11. Маруняк Є. О. Геопросторові дослідження і практика планування: Україна на тлі світових трендів. Київ : Фенікс, 2018. 336 с.
12. Остапчук С., Остапчук О., Більчук П. Стан вкритих деревною рослинністю територій Кремінської громади Луганської області під час війни: супутниковий аналіз. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. *Серія «Геологія. Географія. Екологія».* 2025. № 63. С. 332–348. DOI: https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-63-25.
13. Остапчук С. М., Остапчук О. П., Кушнірук Н. В. Картографічне моделювання вмісту калію у ґрунтах Здолбунівщини Рівненської області. *Український журнал природничих наук.* 2024. № 8. С. 111–118. DOI: https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.12.
14. Попович Н. В., Пересадько В. А. Обґрунтування актуальності й доцільності картографічного забезпечення стратегій розвитку територій. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. *Серія «Геологія. Географія. Екологія».* 2017. № 47. С. 139–144. DOI: https://doi.org/10.26565/2410-7360-2017-47-17.
15. Сучасні проблеми сільських територій України та їх геоінформаційно-картографічне моделювання : монографія / І. П. Ковальчук, А. Г. Мартин, Р. В. Тихенко, І. А. Опенько, О. В. Шевченко, Т. І. Ковальчук, І. П. Дем'янчук, О. П. Атаманюк ; за наук. ред. І. П. Ковальчука. Київ : Медінформ, 2017. 400 с.
16. Тарнавський В., Сіроштан Т., Комарова Н., Камінецька О. Інтегровані БпЛА та геопросторові підходи для високоточного цифрового моделювання рельєфу в кадастрі та землеустрої. *Український журнал дистанційного зондування Землі.* 2026. Т. 13, № 1. С. 15–24. DOI: https://doi.org/10.36023/ujrs.2026.13.1.291.
17. Пиріг А. В. Аналіз картографічних моделей екологічної стабільності та антропогенного навантаження Жидачівської МТГ. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2026. № 2. С. 179–190. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2026.02.12.
18. Williamson I., Enemark S., Wallace J., Rajabifard A. Land administration for sustainable development. Esri Press, 2010. 487 p.
19. Zevenbergen J. A., de Vries W. T., Bennett R. M. Advances in responsible land adminis-

tration. Boca Raton : CRC Press, 2015. 305 p.
20. Mucsi L., Bui D. H. Evaluating the performance of multi-temporal synthetic-aperture radar imagery in land-cover mapping using a forward stepwise selection approach. Remote Sensing Applications: *Society and Environment*. 2023. Vol. 30. 100975. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.100975.
21. Noszczyk T., Rutkowska A., Hernik J. Exploring the land use changes in Eastern Poland: statistics-based modeling. *Human and Ecological Risk Assessment.* 2020. Vol. 26, No. 1. P. 252–282. DOI: https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1506254.
22. Головне управління статистики у Тернопільській області : офіц. вебсайт. Державна служба статистики України. URL: https://www.te.ukrstat.gov.ua (дата звернення: 06.08.2026).
23. Портал «Децентралізація» : вебпортал / ГО «Портал «Децентралізація». URL: https://decentralization.ua (дата звернення: 06.08.2026).

References

1. Dorosh, Y. M., Ibatullin, Sh. I., Sakal, O. V., Krupin, V. Ye., Kharytonenko, R. A., & Derkulskyi, R. Yu. (2025). Teoretychni osnovy instytutsiinykh zmin u zemleustrii v umovakh yevrointehratsii Ukrainy, pravovoho rezhymu voiennoho stanu i dlia tsilei povoiennoho vidnovlennia [Theoretical foundations of institutional changes in land management under the conditions of Ukraine's European integration, martial law, and post-war recovery]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel*, (4), 4–18. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.01
2. Dorosh, O. S., Dorosh, Y. M., & Zastulka, I.-O. Yu. (2022). Rol upravlinskykh protsesiv, shcho gruntuiutsia na instytutsionalnomu pidkhodi u formuvanni ekolohobezpechnoho ta vysokoeefektyvnoho silskohospodarskoho zemlekorystuvannia [The role of management processes based on the institutional approach in the formation of environmentally safe and highly efficient agricultural land use]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel,* (1), 18–29. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.02
3. Kovalchuk, I. P., Kurganevych, L. P., & Kovalchuk, I. V. (2025). Heoekolohichnyi monitorynh: Navchalnyi posibnyk. Ch. 1. Monitorynh vodnykh obiektiv [Geoecological monitoring: Study guide. Part 1. Monitoring of water bodies]. NUBiP Ukrainy. 295 p.
4. Martyn, A. H., Hunko, L. A., & Zamlynskyi, S. S. (2025). Do pytannia pro suchasnu teoriiu zemleustroiu [On the issue of the modern theory of land management]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel,* (4), 19–42. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.02
5. Novakovskyi, L., & Novakovska, I. (2018). Formuvannia obiednanykh terytorialnykh hromad i problemy yikh zemlevporiadkuvannia [Formation of amalgamated territorial communities and problems of their land management]. *Ekonomist*, (8), 11–16.
6. Tretiak, A. M., Tretiak, V. M., Priadka, T. M., Kapinos, N. O., Hunko, L. A., Tretiak, R. A., & Tretiak, N. A. (2024). Okhorona zemel v Ukraini: Naukovi ta upravlinski rishennia v umovakh voiennykh dii [Land protection in Ukraine: Scientific and managerial solutions under conditions of military operations]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel,* (1), 19–34. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2024.01.02
7. Novakovskyi, L. Ya., Yevsiukov, T. O., & Novakovska, I. O. (2022). Upravlinnia zemlekorystuvanniam: Problemy okhorony osnovnoho natsionalnoho bahatstva [Land use management: Problems of protecting the main national wealth]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel,* (1), 4–17. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.01
8. Martyn, A. H., Hunko, L. A., Poltavets, A. M., & Chumachenko, O. M. (2026). Zemli

zruinovanykh naselenykh punktiv v Ukraini: Pravovyi rezhym, zemlevporiadna konversiia ta ekonomika postposelenskykh terytorii [Lands of destroyed settlements in Ukraine: Legal regime, land management conversion, and economics of post-settlement territories]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel,* (2), 44–71. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2026.02.04

9. Kalyna, T. Ye., Haisha, O. O., & Aramian, A. M. (2026). Kartohrafichne modeliuvannia u stratehichnomu planuvanni terytorialnoho rozvytku [Cartographic modeling in strategic planning of territorial development]. *Stalyi Rozvytok Ekonomiky,* (1/58), 389–397. DOI: https://doi.org/10.32782/2308-1988/2026-58-50
10. Kovalchuk, I. P., & Kovalchuk, A. I. (2019). Heoinformatsiino-kartohrafichne zabezpechennia funktsionuvannia obiednanykh terytorialnykh hromad [Geoinformation and cartographic support for the functioning of amalgamated territorial communities]. *Naukovi Zapysky Ternopilskoho Natsionalnoho Pedahohichnoho Universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Seriia: Heohrafiia,* (2/47), 4–12. DOI: https://doi.org/10.25128/2519-4577/2519-4577.19.3.1
11. Maruniak, Ye. O. (2018). Heoprostorovi doslidzhennia i praktyka planuvannia: Ukraina na tli svitovykh trendiv [Geospatial research and planning practice: Ukraine against the background of global trends]. Feniks. 336 p.
12. Ostapchuk, S., Ostapchuk, O., & Bilchuk, P. (2025). Stan vkrytykh derevnoiu roslynnistiu terytorii Kreminskoi hromady Luhanskoi oblasti pid chas viiny: Suputnykovyi analiz [The state of forested areas of the Kreminska territorial community in Luhansk region during the war: Satellite analysis]. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Universytetu imeni V. N. Karazina. Seriia «Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia»,* (63), 332–348. DOI: https://doi.org/10.26565/2410-7360-2025-63-25
13. Ostapchuk, S. M., Ostapchuk, O. P., & Kushniruk, N. V. (2024). Kartohrafichne modeliuvannia vmistu kaliiu u gruntakh Zdolbunivshchyny Rivnenskoi oblasti [Cartographic modeling of potassium content in soils of Zdolbuniv district, Rivne region]. *Ukrainskyi Zhurnal Pryrodnychykh Nauk,* (8), 111–118. DOI: https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.12
14. Popovych, N. V., & Peresadko, V. A. (2017). Obgruntuvannia aktualnosti y dotsilnosti kartohrafichnoho zabezpechennia stratehii rozvytku terytorii [Justification of the relevance and expediency of cartographic support for territorial development strategies]. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho Universytetu imeni V. N. Karazina. Seriia «Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia»*, (47), 139–144. DOI: https://doi.org/10.26565/2410-7360-2017-47-17
15. Kovalchuk, I. P., Martyn, A. H., Tykhenko, R. V., Openko, I. A., Shevchenko, O. V., Kovalchuk, T. I., Demianchuk, I. P., & Atamaniuk, O. P. (2017). Suchasni problemy silskykh terytorii Ukrainy ta yikh heoinformatsiino-kartohrafichne modeliuvannia [Modern problems of rural areas of Ukraine and their geoinformation and cartographic modeling]. I. P. Kovalchuk (Ed.). Medinform. 400 p.
16. Tarnavskyi, V., Siroshtan, T., Komarova, N., & Kaminetska, O. (2026). Intehrovani BpLA ta heoprostorovi pidkhody dlia vysokotochnoho tsyfrovoho modeliuvannia reliefu v kadastri ta zemleustrii [Integrated UAV and geospatial approaches for high-precision digital terrain modeling in cadastre and land management]. Ukrainskyi *Zhurnal Dystantsiinoho Zonduvannia Zemli*, 13(1), 15–24. DOI: https://doi.org/10.36023/ujrs.2026.13.1.291
17. Pyrih, A. V. (2026). Analiz kartohrafichnykh modelei ekolohichnoi stabilnosti ta antropohennoho navantazhennia Zhydachivskoi MTH [Analysis of cartographic

models of ecological stability and anthropogenic pressure of the Zhydachiv amalgamated territorial community]. *Zemleustrii, Kadastr i Monitorynh Zemel,* (2), 179–190. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2026.02.12

18. Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J., & Rajabifard, A. (2010). Land administration for sustainable development. Esri Press. 487 p.
19. Zevenbergen, J. A., de Vries, W. T., & Bennett, R. M. (2015). Advances in responsible land administration. CRC Press. 305 p.
20. Mucsi, L., & Bui, D. H. (2023). Evaluating the performance of multi-temporal synthetic-aperture radar imagery in land-cover mapping using a forward stepwise selection approach. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 30, Article 100975. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.100975
21. Noszczyk, T., Rutkowska, A., & Hernik, J. (2020). Exploring the land use changes in Eastern Poland: Statistics-based modeling. Human and Ecological Risk Assessment, 26(1), 252–282. DOI: https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1506254
22. Holovne upravlinnia statystyky u Ternopilskii oblasti [Main Department of Statistics in Ternopil Region]. (n.d.). Ofitsiinyi vebsait Derzhavnoi sluzhby statystyky Ukrainy [Official website of the State Statistics Service of Ukraine]. Available at: https://www.te.ukrstat.gov.ua
23. Portal «Detsentralizatsiia» [Decentralization Portal]. (n.d.). Vebportal [Web portal]. Available at: https://decentralization.ua

Ostapchuk S., Ostapchuk O., Lazarets O.

CARTOGRAPHIC MODELING OF LAND OWNERSHIP AND USE INDICATORS BY HOUSEHOLDS WITHIN TERRITORIAL COMMUNITIES OF TERNOPIL OBLAST

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 160-172.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.10

Abstract. *The article substantiates the relevance of implementing geographic information technologies for land resource management of territorial communities under the conditions of power decentralization in Ukraine. The research aims to provide a theoretical and methodological substantiation and practical implementation of approaches to the comprehensive cartographic modeling of land ownership and use indicators by households within the territorial communities of Ternopil Oblast. The methodological framework of the study is based on a systems approach utilizing statistical analysis, mathematical-cartographic modeling, and GIS technologies within the ArcMap environment. The key finding of the study is the development of an original cartographic model that integrates fragmented cadastral, demographic, and statistical data, visualizing the status of household land plots in the region (employing the methods of linear signs, choropleth maps, cartograms, and numerical indices). A pronounced mosaic pattern in the distribution of indicators without distinct zonal differentiation was revealed, and a decrease in the average size of land plots around large urbanized centers due to suburbanization processes was identified. The scientific novelty of the study lies in developing a methodology for fine-scale mapping of household land plots across the entire scope of the region's territorial communities, which allows for the simultaneous assessment of total land area, the number of households, and administrative-territorial structure parameters. The practical significance of the results consists in creating an effective analytical decision-support tool for local government authorities and land management services to optimize land taxation, audit land resources, and plan the spatial development of communities.*

Keywords: *cartographic modeling, territorial communities, households, land management, ArcMap, Ternopil Oblast, land monitoring.*

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 12.08.2026; Прийнято: 26.08.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК 528.77:528.463:004.946:711.4(477) http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.06.11

СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА ЗАСОБАМИ БПЛА-ФОТОГРАММЕТРІЇ ТА ГІС

О.І. КАЧАНОВСЬКИЙ,
викладач,
E-mail: myzvk2014@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2322-8089
Н.Г. РУСІНА,
кандидат педагогічних наук,
E-mail: rusinanelja@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5826-8788
О.М. КУШНІРУК,
викладач,
E-mail: o.m.kushniruk@gmail.com
ORCID: 0000-0003-0054-3956
С.В. БУЛАКЕВИЧ,
викладач,
E-mail: s.geotehnology@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5311-2733
О.М. РУДЬКО,
викладач,
E-mail: o.rudko@ukr.net
ORCID: 0000-0002-2579-6792
Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України»

Анотація. *У статті розглянуто методологію створення базового цифрового двійника міського середовища на основі інтеграції безпілотних літальних апаратів (БПЛА), фотограмметрії, високоточних GNSS-вимірювань і геоінформаційних систем (ГІС). Метою дослідження є розробка методології створення цифрового двійника міського середовища із застосуванням БПЛА-фотограмметрії та геоінформаційних технологій, а також її апробація на реальному об'єкті дослідження. Для досягнення поставленої мети застосовано комплексний шестифазний технологічний ланцюг, що охоплює планування знімальної місії, виконання польових робіт із RTK-позиціонуванням, фотограмметричне опрацювання матеріалів у середовищі Agisoft Metashape, векторизацію просторових об'єктів у QGIS з формуванням бази даних GeoPackage, просторовий аналіз та*

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

тривимірну візуалізацію. Ключовим результатом є створення цифрової моделі міського середовища рівня LOD1, яка відповідає концепції Digital Mirror і може розглядатися як початковий етап цифровізації територіальних громад. На відміну від повноцінного цифрового двійника, цифрове дзеркало відтворює поточний стан фізичного середовища, але не забезпечує автоматизованого двостороннього обміну даними в режимі реального часу. Методичний підхід апробовано на фрагменті міської території м. Рівне площею 42 га. Розраховано оптимальні параметри аерознімання, визначено необхідну кількість наземних опорних точок та підтверджено відповідність отриманої точності встановленим вимогам. Виконано оцінювання просторової точності отриманих матеріалів, розраховано коефіцієнт забудови, індекс рослинності VARI та сформовано модель рівня LOD1 із подальшою публікацією у вебсередовищі. Результати дослідження підтвердили, що запропонована методологія забезпечує формування цифрової моделі міського середовища, придатної для інвентаризації забудови, актуалізації картографічної основи, просторового планування та інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень у процесі відбудови й розвитку територій.

Ключові слова: *цифровий двійник, БПЛА-фотограмметрія, геоінформаційні системи, цифрова модель міста, LOD1, просторові дані, територіальна громада, цифрове моделювання.*

Вступ

Цифрова трансформація системи просторового управління містами є глобальним трендом, який набуває ознак стратегічної необхідності. Унаслідок збройної агресії Росії інфраструктура України зазнала масштабних прямих збитків, а значна кількість будівель була пошкоджена або повністю зруйнована. Ефективне планування відновлення потребує точних, актуальних і стандартизованих просторових даних, зокрема ортофотопланів, цифрових моделей рельєфу та 3D-моделей будівель, що є важливою інформаційною основою для формування цифрових двійників територій. Самі цифрові двійники розглядаються як комплексні динамічні моделі просторових об'єктів, процесів та інфраструктури, інтегрованих у систему прийняття управлінських рішень.

Удосконалення технологій дистанційного зондування Землі, безпілотних авіаційних систем, наземного й мобільного лазерного сканування, високоточних GNSS-вимірювань і хмарних геоінформаційних платформ створило передумови для переходу від традиційного картографування до комплексного цифрового моделювання територій [1]. Одним із ключових результатів цього процесу стало впровадження цифрових двійників, які забезпечують інтеграцію, аналіз, візуалізацію та постійне оновлення просторових даних і є важливим інструментом підтримки управлінських рішень [2].

Аналіз досліджень та публікацій по темі дослідження

У сучасних наукових дослідженнях цифрові двійники міського середовища визначаються як перспективний інструмент інтеграції просторових даних, тривимірного моделювання та геоінформаційних

технологій для підтримки управлінських рішень і сталого розвитку територій. Зокрема, M. Grieves і J. Vickers [3] розкрили зміст поняття цифрового двійника через взаємопов'язане функціонування матеріального об'єкта або системи та їхнього цифрового представлення, між якими здійснюється ітеративний обмін даними й інформацією. У документі Gemini Principles визначено основні принципи створення цифрових двійників. Зокрема, вони мають бути спрямовані на суспільне благо, створення цінності та отримання достовірної інформації, а також відповідати вимогам безпеки, відкритості, якості, сумісності й подальшого розвитку [4]. R. Kitchin і U. Dawkins [5] представили досвід створення тривимірної міської інформаційної моделі Дубліна, призначеної для інтеграції, візуалізації та інтерпретації просторових даних. Автори зазначають, що розроблена Dublin City Information Model CIM за своїми функціональними характеристиками була радше цифровим дзеркалом міського середовища, ніж повноцінним цифровим двійником, оскільки переважно відображала стан міста, але не забезпечувала повного двостороннього обміну даними з фізичним середовищем.

Яковенко та ін. вперше в Україні застосували геодезичні методи моніторингу деформацій для уточнення граничних умов цифрового двійника будівлі, пошкодженої ракетним ударом 26.02.2022 за адресою: вул. Лобановського, 6-А у Києві [6]. Після пошкодження відхилення плити 25-го поверху від горизонтального рівня становило 241 мм, а відносна нерівномірність осідання – 0,0448, що у 8,96 раза перевищувало нормативне значення 0,005. Отримані дані були інтегровані до BIM-моделі та цифрового двійника будівлі й використані як граничні умови для моделювання методом скінченних елементів. Дослідження стало унікальним прикладом застосування геодезичних вимірювань для верифікації цифрового двійника будівлі в умовах активного збройного конфлікту. Сучасні інформаційні технології для моделювання міського середовища розглядала Т. Гончаренко [7], яка запропонувала концептуальну IT схему для управління міським простором на основі інтеграції трьох компонентів – системи штучного інтелекту Artificial intelligence, технології Big Data та методологічної платформи CIM. У науковій роботі [8] розглядають потенціал мобільної платформи для використання цифрового двійника процесів метеорологічного прогнозування, підкреслюючи його здатність покращувати точність прогнозів і забезпечувати швидкий доступ до актуальної інформації про погоду. Дослідження О. Черткова визначає значення використання геоінформаційних систем (GIS), BIM-моделювання, технологій дистанційного зондування Землі та автоматизованих систем моніторингу у підвищенні точності прогнозування, оптимізації проєктних рішень й забезпеченні оперативного управління інженерною інфраструктурою міста [9].

Метою статті є розроблення та апробація методології створення цифрового двійника міського середовища засобами БПЛА-фотограмметрії та геоінформаційних систем, яка охоплює послідовні етапи планування знімальної місії, збору й опрацювання геопросторових даних, побудови міської інформаційної моделі (CIM-моделі) першого рівня деталі-

зації (LOD1), оцінювання технічної та економічної ефективності її впровадження для потреб міських територіальних громад.

Матеріали і методи дослідження

Методологічну основу дослідження сформовано на основі поєднання системного, порівняльного, геоінформаційного, фотограмметричного та картографічного підходів. Дослідження ґрунтується на публікаціях вітчизняних і зарубіжних авторів, присвячених питанням цифрових двійників, міських інформаційних моделей, положеннях міжнародних стандартів OGC CityGML 3.0 [4] та ISO 19152 [10], нормативних документах у сфері геопросторових даних, а також на матеріалах БПЛА-знімання й відкритих просторових наборів даних. У роботі систематизовано типи цифрових моделей міського середовища, визначено доцільний рівень їх деталізації, обґрунтовано послідовність отримання та опрацювання геопросторових даних і сформовано міську інформаційну модель (CIM-модель) для потреб територіальних громад.

На початковому етапі дослідження визначено типи цифрових моделей міського середовища та визначено їхні функціональні відмінності. Відповідно до класифікацій M. Grieves і J. Vickers [3], A. Bolton та ін. [4], R. Kitchin і U. Dawkins [5], цифрові представлення міського середовища розглядаються за рівнем взаємодії між фізичним об'єктом і його цифровою моделлю, повнотою інформаційного обміну та функціональним призначенням. Міські інформаційні моделі реалізується на трьох функціональних рівнях (табл. 1).

Водночас стандарт OGC CityGML 3.0 [11;12] визначає п'ять геометричних рівнів деталізації LOD0–LOD4 (рис. 1). Для більшості міських територіальних громад України рівень Digital Mirror / LOD1 може розглядатися як доцільний початковий етап створення цифрового представлення території. З огляду на співвідношен-

1. Типологія цифрових двійників міського середовища

Тип	Назва	Характеристика	LOD	Платформа	Приклади	Примітка
Digital Mirror	Статична CIM	Точна геометрія + семантика. Немає зворотного зв'язку з реальним об'єктом	LOD1–LOD2	QGIS + GeoPackage + Cesium	Навчальні проєкти, МТГ першого циклу	Рекомендовано для початку в UA
Digital Shadow	Тінь	Одностороннє оновлення: датчики → модель. Немає управлінського зворотного зв'язку	LOD2	PostGIS + Sensor Feed	ЖКГ-моніторинг, аудит мереж	Середній рівень складності
Digital Twin	Повний двійник	Двосторонній зв'язок: зміна моделі → управлінські дії в реальному місті	LOD2–LOD3	CityEngine + IoT + AI	Singapore, Helsinki, Dubai	Висока вартість; потрібен IoT
CIM	Міська ін. модель	Семантична 3D + симуляції + реал.-час. Відповідає DM або DT залежно від реалізації	LOD2–LOD3	FME + CityGML + Unity	Dublin BCD (Kitchin, 2024)	Гнучка архітектура

Джерело: систематизовано авторами за [3-5; 11-12]



Рис. 1 Піраміда рівнів деталізації LOD0–LOD4 за OGC CityGML 3.0

Джерело: розроблено авторами [11;12]

ня деталізації, вартості, складності створення та доступності вихідних даних, рівень Digital Mirror / LOD1 обрано як базовий для початкової апробації методології в умовах міських територіальних громад України.

Для обґрунтування вибору методу знімання проведено порівняльний аналіз семи підходів за такими критеріями: продуктивність, планова та висотна точність (mXY, mH), досяжний рівень деталізації LOD, характер просторового покриття, вартість і рекомендована сфера застосування (табл. 2). Вихідні дані для порівняння сформовано на основі результатів досліджень Ľ. Kovanič [13], В. Тарнавського та співавторів [14] та власних розрахунків авторів.

За сукупністю визначених критеріїв для апробації методології обрано БПЛА-фотограмметрію з RTK-позиціонуванням, яка забезпечує суцільне просторове покриття, високу продуктивність, достатню для моделі LOD1 точність і можливість одночасного отримання ортофотоплану, цифрової моделі поверхні та щільної хмари точок.

2. Порівняльний аналіз методів збору геопросторових даних

Метод	Продукт.	mXY	mH	LOD	Покриття	Вартість 1 км²	Застосування
Тахеометрична зйомка	0,5–2 км²/день	2–5 мм	5–10 мм	LOD3	Часткова	45–80 тис. грн/км²	Детальна кадастрова, BIM фасади
RTK-GNSS знімання	1–3 км²/день	8–12 мм	15–18 мм	LOD2	Часткова	30–50 тис. грн/км²	GCP, межі ділянок, опорна мережа
БПЛА-фотограмметрія (RTK)	10–50 км²/день	< 2–5 см	< 5–8 см	LOD1–2	Суцільна	8–15 тис. грн/км²	Ортофото, ЦМР, масовий кадастр, DT
Наземне лазерне скан. (НЛС)	0,1–20 га/день	0,1–1 мм	1–2 мм	LOD3	Суцільна	Дуже висока	Фасади, LOD3, пам'ятки, BIM
Повітряне ЛС (ALS/LiDAR)	≤ 800 км/день	5–8 см	10–15 см	LOD1	Суцільна	Висока (авіа)	Широкоплощинне, ЦМР, ліси
Мобільне ЛС (МЛС)	≤ 500 км/день	5–8 см	8–12 см	LOD2	Суцільна	Висока	Вулиці міст, ВДМ, тунелі
Супутниковий знімок (ком.)	Глобально	0,3–0,5 м	—	LOD0	Суцільна	Низька	Моніторинг, архівні дані, фон

Джерело: розроблено авторами [13;14]

Математичний апарат дослідження охоплює систему розрахункових формул, які формалізують основні етапи – від планування знімальної місії до оцінювання ефективності впровадження цифрового двійника.

Просторова роздільна здатність (GSD, см/піксель) [13]:

$$GSD = \frac{H \times d}{f \times 1000}, \quad (1)$$

де: H – висота польоту (мм); d – розмір фотоелемента матриці (мкм); f – фокусна відстань (мм). Вихідні дані для DJI P4 RTK (d=2,41 мкм, f=8,8 мм, H=120 м).

Кількість маршрутних смуг (n смуг) [13]:

$$n = \left[\frac{W}{(Sw \times (1 - By))}\right] + 1, \quad (2)$$

де: W – ширина території дослідження (AOI), м; Sw = GSD × Nw – ширина кадру на місцевості, м; Nw – кількість пікселів цифрового зображення за шириною кадру, пікс., By – поперечне перекриття.

Базова відстань між знімками (Вфото) та загальна кількість знімків (N) [13]:

$$B_{фото} = Sh \times (1 - Bx), \quad (3)$$

$$N = n \times \left[\frac{L}{B\text{фото}}\right], \quad (4)$$

де: Sh – довжина кадру на місцевості в напрямку польоту, м; Bx – базис фотографування вздовж напрямку польоту, тобто відстань між центрами двох послідовних знімків на місцевості, м.

L – довжина території дослідження вздовж маршруту польоту, м.

Точність ортофотоплану [13]:

$$mXY \approx 1{,}5 \times GSD; \quad mH \approx 2{,}0 \times GSD, \text{ см} \quad (5)$$

Точність без GCP у режимі PPK [10]:

$$mXYppk \approx GSD \times 1{,}2 + Csys, \text{ см} \quad (6)$$

де Csys = 2–5 см – систематична похибка RTK-позиціонування камери без наземного контролю.

Оптимальна кількість наземних опорних точок з відомими плановими та висотними координатами (nGCP, точок) [13]:

$$nGCP = \left[\sqrt{\frac{S}{So}}\right] \times k, \quad (7)$$

де S – площа території дослідження AOI (км²); S_0 = 0,5 км² – нормативна площа на 1 GCP; k– поправочний коефіцієнт врахування конфігурації території, кутових ділянок та необхідне перекриття, k=1,5–2,0.

Кількість і розміщення точок GCP визначали з урахуванням площі, конфігурації території, рельєфу та вимог до точності.

Коефіцієнт забудови (Kz) [13]:

$$Kz = \left(\frac{Sb}{S_{AOI}}\right) \times 100\%, \quad (8)$$

VARI-індекс рослинності для RGB-камери [10]:

$$VARI = \frac{G - R}{G + R - B}, \quad (9)$$

NDVI для мультиспектральних камер (DJI Multispectral, MicaSense RedEdge) [13]:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}, \quad (10)$$

де NIR – канал ближнього інфрачервоного випромінювання. Класифікація: < 0,1 – голий ґрунт/асфальт;

0,1–0,25 – рідка рослинність; > 0,25 – густі насадження.

Відносна економія щодо традиційного методу (Es, %), [13]:

$$Es = \frac{Etrad - Euav}{Etrad} \times 100\% \quad (11)$$

де Etrad – вартість традиційного знімання тієї ж площі (тис. грн); Euav – вартість БПЛА-знімання. При площі 1 км²: Etrad ≈ 62 тис. грн (тахеометрія), Euav ≈ 13 тис. грн → відносна економія щодо традиційного методу складає 79,0 %

Коефіцієнт відносної економічної ефективності (Ке) [13]:

$$Ke = \frac{Etrad}{Euav}, \quad (12)$$

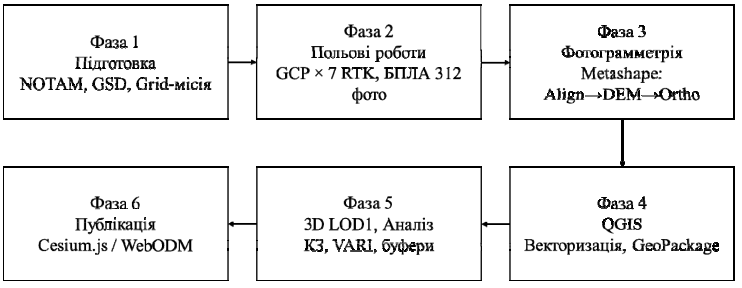
Розрахований коефіцієнт засвідчив скорочення витрат у 4,77 рази.

Запропонований шестифазний технологічний ланцюг охоплює повний цикл створення CIM-моделі – від підготовки вихідних даних до її публікації (рис. 2). Результатом кожної фази є окремий інформаційний продукт, який використовується як вхідний матеріал для наступного етапу.

Проведено порівняльний аналіз спеціалізованого програмного забезпечення для фотограмметричного опрацювання матеріалів БПЛА-знімання, просторового аналізу, зберігання геоданих, тривимірного моделювання та автоматизації робочих процесів з метою вибору найбільш ефективних рішень. Оцінювання здійснено за функціональним призначенням, типом ліцензії, підтримуваними операційними системами, ключовими можливостями та придатністю до окремих етапів створення CIM-моделі (табл. 3).

Результати та їх обґрунтування

Тестування методології виконано у формі практичної апробації – побудови цифрового дзеркала (Digital Mirror). Цифрове дзеркало (Digital Mirror) – це цифрове представлення фізичного об'єкта або міського середовища, яке відображає його стан на основі отриманих даних, але не забезпечує повноцінного автоматичного двостороннього обміну з реальним об'єктом [5;15]. Основними напрямами функціонального застосування цифрового двійника міста є навчання моделей та підтримка прийняття



Позначення: → — послідовна передача продукту; ← — зворотний перехід (Фаза 5→4 при виявленні топологічних помилок)

Рис. 2. 6-фазний методичний ланцюг побудови цифрового двійника МТГ

Джерело: розроблено авторами [13-16]

3. Порівняльна характеристика програмних засобів для створення CIM-моделі міського середовища

Програмний продукт	Категорія	ОС	Ключові функції	Оцінка придатності	Застосування
Agisoft Metashape Pro 2.x	Фотограмметрія	Комерційне	Win/Mac/Linux	SfM+MVS, RTK/PPK, авт. GCP, LOD1–3 продукти, звіт якості	висока
OpenDroneMap (ODM)	Фотограмметрія	Open Source	Docker/CLI	SfM без GUI, WebODM-інтерфейс, пакетна обробка	допоміжна
Pix4Dmapper	Фотограмметрія	Комерційне	Windows	Rapid Check, реал.-час якість, хмара точок LOD3	середня
QGIS 3.34 LTR	ГІС-аналіз, 3D	Open Source (GPL)	Крос-платф.	Векторизація, GeoPackage, 3D View, 100+ плагінів, NDVI	висока
PostGIS / PostgreSQL	Просторова БД	Open Source	Крос-платф.	SQL+геометрія, LADM-UA, масова оцінка, CityGML	середня
Delta/Digitals Pro XE	ГІС / топографія	Комерційне (UA)	Windows	DXF/XML, кадастрові плани, ДЗК-інтеграція	середня
Python (GeoPandas, Rasterio)	Автоматизація	Open Source	Крос-платф.	NDVI, deep learning, пакетна обробка растрів	середня
CityEngine (Esri)	3D-планування	Комерційне	Win/Mac	CGA-правила, LOD2–3, CityGML, процедурне моделювання	допоміжна
Cesium.js / Ion	3D-публікація	Open Source / SaaS	Веб (WebGL)	3D Tiles, CZML, публічний API, відкрите хмарне середовище	середня
DJI Pilot 2 / Terra	Місії БПЛА	Безкоштовне	Android/iOS/Win	Grid/Waypoint, RTH, автом. GSD, 2D/3D місії	середня

Джерело: розроблено авторами [15;16]

управлінських рішень. Він дає змогу вивчати взаємодію між елементами міста та приймати більш обґрунтовані рішення, спрямовані на підвищення ефективності управління і продуктивності міських елементів. Результати впровадження цифрового міського середовища забезпечують управління даними, візуалізацію, ситуаційну обізнаність, планування та прогнозування, інтеграцію та співпрацю [16].

Таким цифровим середовищем став фрагмент міської території Рівного, площею дослідження (AOI) – 42,0 га (рис.3).

Вхідні параметри місії DJI Phantom 4 RTK: h = 120 м, GSD = 3,02 см, Bx = 80%, By = 70%, n = 12 смуг, N = 322 знімків, розрахункова тривалість польотної місії становила 22 хв 41 с. (рис.4).

Геодезичне забезпечення: nGCP = 7 точок (S=0,42 км², S_0=0,5 км², k=2,0 → n=6 +1 = 7), рівномірно розподілені по периметру площі, виміряні методом RTK (Leica GS18 T / мережа NRTK ЗАКПОС): mXY = ±9–14 мм, mH = ±14–20 мм.

Опрацювання виконано в середовищі Agisoft Metashape Pro 2.1 середовищі (високий рівень точності (High accuracy), GCP прив'язка, щільна хма-

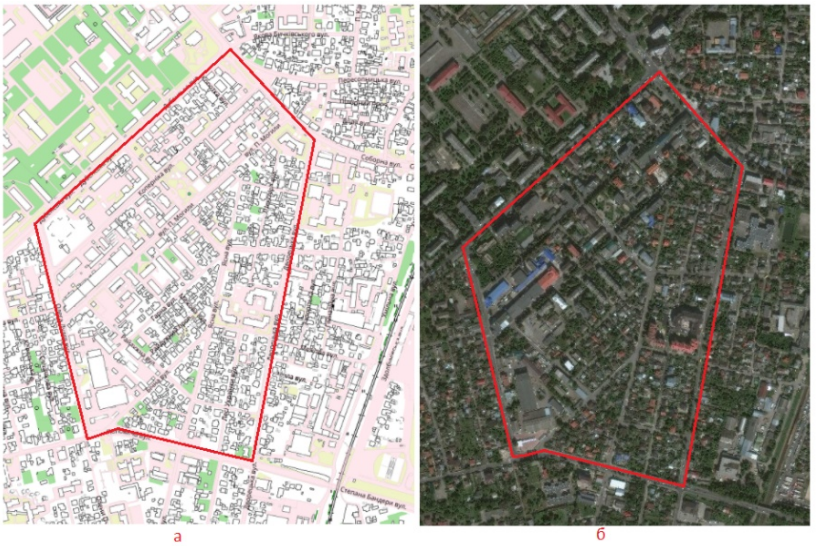


Рис. 3. Об'єкт дослідження Земельна ділянка м. Рівне: а-топооснова М1:2000; б – базова карта (ESRI Online Imagery).

Джерело: Геопортал відкритих даних м. Рівне



Рис. 4. Прокладений маршрут аерознімання за допомогою DroneDeploy Flight App

Джерело: розроблено авторами

ра точок середньої роздільної здатності (Medium Dense Cloud)): 5793412 точок, ЦММ (DSM) 6 см, ортофото GSD = 3,29 см/піксель. Залишкова похибка по GCP: mXY = 0,014 м (норматив < 1,5 × GSD = 0,045 м). У середовищі QGIS 3.34 LTR сформовано геопросторову базу даних city.gpkg у

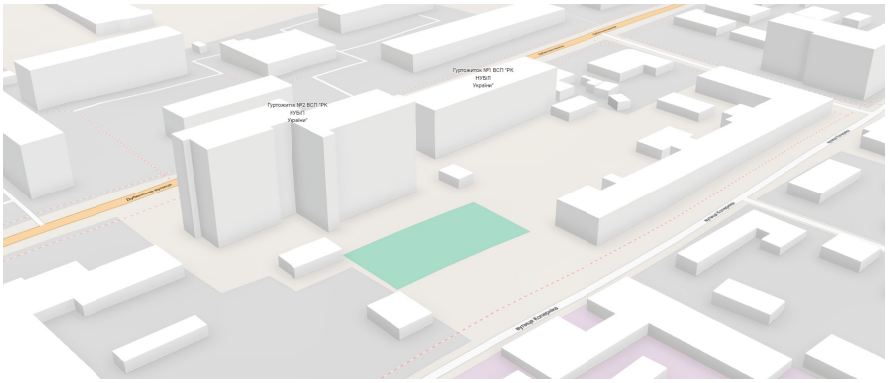


Рис. 5. Тривимірна модель рівня LOD1 фрагмента міського середовища м. Рівне

Джерело: розроблено авторами

форматі GeoPackage та системі координат EPSG:5562. База містила п'ять тематичних шарів: будівлі – 248 полігонів, дороги – 187 лінійних сегментів, зелені насадження – 34 полігони, наземні опорні точки – 7 точок і межу території дослідження – 1 полігон. Трудомісткість ручної векторизації становила близько 2,5 год/га (рис.5).

Просторовий аналіз території передбачав визначення коефіцієнта забудови, оцінювання стану зелених насаджень за індексом VARI, побудову зон пішохідної доступності та розрахунок економічної ефективності застосованого підходу. Коефіцієнт забудови становив 12,9 %, середнє значення VARI – близько 0,22, що свідчить про задовільний стан рослинного покриву. Для оцінювання доступності об'єктів сформовано буферні зони радіусом 500 м. Коефіцієнт відносної економічної ефективності застосуванням БПЛА становить близько 4,77 рази, що свідчить про зниження витрат порівняно з традиційними методами вищими за витрати із. Під час формування моделі рівня LOD1 висоти для 87 % будівель визначено автоматично за цифровою моделлю поверхні, тоді як для решти 13 % об'єктів висотні характеристики уточнено вручну. Зведені результати апробації наведено у таблиці 4.

Для території площею 42,00 га прийнято сім наземних опорних точок, розташованих по периметру та в центральній частині знімального блока. Кількість точок визначено з урахуванням конфігурації території, параметрів перекриття, способу RTK-позиціонування камери та необхідності просторового контролю фотограмметричної моделі. Середнє значення VARI у межах виділених ділянок зелених насаджень становило близько 0,22, що в межах прийнятої класифікації відповідає переважанню розрідженої та помірно щільної рослинності.

Результати апробації підтвердили практичну придатність запропонованого технологічного ланцюга для формування базового цифрового представлення міської території рівня LOD1. Застосування БПЛА-фотограмметрії забезпечило одночасне отримання ортофотоплану з просторовою роздільною здатністю 3,02 см/піксель, цифрової моделі поверхні з

4. Зведені результати практичної апробації методології

Показник	Значення	Коментар
Кількість знімків DNG	322 шт.	20 МП, з EXIF-RTK координатами, формат RAW
Висота польоту (AGL)	120 м	Відповідно до APU-UAS; оптимум GSD/час
GSD (розрахункове)	3,29 см/піксель	Формула (1): d=2,41 мкм, f=8,8 мм, H=120 м
Поздовжнє / поперечне перекриття	80% / 70%	Normatyvna vymoga > 60% / 55%
Кількість маршрутних смуг	12 смуг	Формула (2): W=577 м, Sw≈165 м, By=0,70%
Тривалість місії (розрахункова)	22 хв 41 с	За даними планувальника польотної місії.
Кількість GCP	7 точок (101–107)	*Рівномірний розподіл; відстань між GCP ≤350 м
Точність GCP (mXY)	±0,009–0,014 м	RTK Leica GS18 T / мережа NRTK ЗАКПОС
Точність GCP (mH)	±0,014–0,020 м	Балтійська система висот 1977 р.
Щільна хмара точок	5 793 412 точок	Agisoft Metashape, Medium quality
GSD ортофотоплану	3,02 см/піксель	GeoTIFF, RGB 8-bit, EPSG:5562, seamless
Роздільна здатність DSM	6,0 см/піксель	GeoTIFF float32, EPSG:5562
Середня залишкова планова нев'язка на GCP (mXY)	0,014 м (сер.)	Відповідає < 1,5 × GSD = 0,049 м
Кількість векторних об'єктів: buildings	248 полігонів	Середня площа 218,5 м²; ручна оцифровка
Кількість об'єктів: roads	187 сегментів	Осьові лінії, атрибут surface/width_m
Кількість об'єктів: greenery	34 полігони	Площа ≈ 8,46 га (20,1% AOI)
Коефіцієнт забудови (КЗ)	12,9%	Формула (8): Sбуд=54200/SAOI=420 000 м²
Індекс стану рослинності (VARI)	≈ 0,22	Формула (6): зелена зона – задовільний стан
Час векторизації 1 га	≈ 2,5 год	Ручне оцифрування в QGIS 3.34, масштаб 1:500
Коефіцієнт відносної економічної ефективності (Ке)	≈ 4,8 рази вищими за витрати із застосуванням БПЛА	Формула (12): E_trad=62 тис./E_uav=13 тис. грн

Джерело: розроблено авторами; розрахунки проведено за формулами (1)–(12); QGIS Field Calculator

роздільною здатністю 6 см/піксель і щільної хмари, що налічувала понад 5,79 млн точок. Залишкова планова похибка становила 0,014 м, тобто була меншою за прийняте граничне значення 1,5×GSD. Отримані матеріали забезпечили достатню геометричну основу для векторизації будівель, дорожньої мережі й зелених насаджень та подальшого формування тривимірної моделі забудови.

Перевагою запропонованого підходу є поєднання фотограмметричних продуктів із семантично структурованою геопросторовою базою даних. Сформована база GeoPackage містила 248 полігонів будівель, 187 сегментів дорожньої мережі, 34 полігони зелених насаджень, наземні опорні точки та межу території дослідження. Така структура дає змогу перейти від візуального відображення території до виконання просторових запитів, розрахунку показників забудови, аналізу зелених насаджень і підготовки даних для тривимірної візуалізації. Водно-

час трудомісткість ручної векторизації, що становила приблизно 2,5 год на 1 га, свідчить про необхідність подальшої автоматизації процесу розпізнавання об'єктів.

Порівняння методів збирання геопросторових даних показало, що БПЛА-фотограмметрія займає проміжне положення між високоточними, але малопродуктивними наземними методами та широко площинними, проте менш деталізованими супутниковими й авіаційними технологіями [15]. Для завдань формування моделі LOD1 її основною перевагою є співвідношення просторової деталізації, суцільності покриття, продуктивності та вартості. Наземне лазерне сканування забезпечує вищу точність і деталізацію фасадів, однак є доцільнішим для моделей LOD3, паспортизації окремих будівель і документування пам'яток архітектури [16]. Супутникові знімки можуть використовуватися як фонові й архівні матеріали, але їхньої просторової роздільної здатності недостатньо для детального моделювання окремих міських об'єктів [17] .

Сформована модель за своїми функціональними характеристиками відтворює геометричний і семантичний стан території на момент зняття, але не має постійного зв'язку із сенсорами та не забезпечує автоматичного двостороннього обміну даними. Це не зменшує її практичної цінності для територіальних громад, оскільки саме рівень Digital Mirror / LOD1 може бути реалістичним початковим етапом цифровізації просторового управління [18]. Модель такого рівня може використовуватися для інвентаризації забудови, актуалізації картографічної основи[19], аналізу землекористування, оцінювання зелених зон, планування благоустрою та попереднього обґрунтування містобудівних рішень [20]. Поступове підключення даних інженерних мереж, муніципальних реєстрів, сенсорів та інформації про зміни об'єктів дасть змогу надалі трансформувати цифрове дзеркало в цифрову тінь, а згодом – у повнофункціональний цифровий двійник. Класифікаційне розмежування цих рівнів уже закладено в методологічній частині статті.

Висновки

У дослідженні обґрунтовано методологію створення базового цифрового представлення міського середовища на основі інтеграції БПЛА-фотограмметрії, високоточних GNSS-вимірювань і геоінформаційних систем. Запропонований шестифазний технологічний ланцюг охоплює підготовку знімальної місії, виконання польових робіт, фотограмметричне опрацювання, формування геопросторової бази даних, просторовий аналіз, тривимірне моделювання та публікацію результатів. За результатами порівняльного аналізу встановлено, що БПЛА-фотограмметрія є доцільним методом формування міської інформаційної моделі рівня LOD1. Вона забезпечує суцільне просторове покриття, отримання ортофотоплану, цифрової моделі поверхні та хмари точок, достатню для визначених завдань точність і нижчу вартість порівняно з традиційним наземним зніманням. Створена модель відповідає функціональному рівню Digital Mirror / LOD1, а не повноцінному цифровому двійнику, оскільки не передбачає автоматичного двостороннього обміну з фізичним середовищем. Водночас вона може розгля-

датися як базовий етап формування цифрового двійника територіальної громади та використовуватися для інвентаризації об'єктів, оновлення картографічної основи, аналізу забудови й зелених насаджень, просторового планування та інформаційного забезпечення управлінських рішень.

Подальший розвиток методології доцільно пов'язати з автоматизацією векторизації, оцінюванням точності за незалежними контрольними точками, переходом до рівня LOD2, інтеграцією кадастрових і містобудівних даних, створенням механізмів регулярного оновлення та підключенням сенсорної інформації. Це забезпечить поступовий перехід від статичного цифрового дзеркала до динамічного цифрового двійника міського середовища.

Список використаної літератури

1. Калина Т., Гайша О., Арамян А. Картографічне моделювання у стратегічному плануванні територіального розвитку. *Сталий розвиток економіки.* 2026. №1 (58). С. 389-397. https://doi.org/10.32782/2308-1988/2026-58-50
2. Нестеренко С.Г., Радзінська Ю.Б., Доброходова О.В. Геодезичне і картографічне забезпечення цифрових двійників територій. Комунальне господарство міст. 2026. №. 196. С. 232-241. DOI: 10.33042/3083-6727-2026-1-196-232-241
3. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. *Springer,* 2017. P. 85–113. DOI:10.1007/978-3-319-38756-7_4
4. Bolton A., Butler L., Dabson I. et al. Gemini Principles. Centre for Digital Built Britain. Cambridge: website. URL: https://www.cdbb.cam.ac.uk/DFTG/GeminiPrinciples?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 1.08.2026)
5. Kitchin R., Dawkins U. Digital twins and deep maps. *Transactions of the Institute of British Geographers.* 2025. Vol. 50 (1). e12699. https://doi.org/10.1111/tran.12699
6. Yakovenko M., Nesterenko O., Tytarenko V., Bakulin Y., Banakh A., Vapnichna V., Berchun Y., Kaliukh I. Application of geodetic methods to refine boundary conditions in digital twins of war-damaged multi-story buildings. EUREKA: *Physics and Engineering.* 2025. № 5. С. 61–77. https://doi.org/10.21303/2461-4262.2025.003951
7. Гончаренко Т. Сучасні інформаційні технології для моделювання міського середовища та розробки цифрових двійників міських об'єктів. *Управління розвитком складних систем*. 2022. № 51. С. 87–93. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.87-93
8. Гайдукевич В.О., Дорошенко А.Ю. Створення цифрового двійника в метеопрогнозуванні для розумного міста на мобільній платформі. *Проблеми програмування.* 2023. №3. С.40-48. http://doi.org/10.15407/pp2023.03.40
9. Чертков О. Інженерна підготовка та інженерний захист міських територій у контексті останніх цифрових рішень. *Шляхи підвищення ефективності будівництва.* 2025. №1(56). С.187–192. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).187-192
10. IS0 19152:2012, Land Administration. URL: https://www.fig.net/resources/articles_about_fig/geoinformatics/2013_08_geoinformatics.pdf (дата звернення: 1.08.2026)
11. Kutzner T. Chaturvedi K Kolbe T.H. City GML 3.0: New Functions Open Up New Applications. PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science. 2020. № 88, P. 43–61 https://doi.org/10.1007/s41064-020-00095-z
12. Peronato, G., Stoeckli J., Rey E. Sensitivity of calculated solar irradiation to the level

of detail: insights from the simulation of four sample buildings in urban areas. URL: https://surl.li/jwkitw (дата звернення: 1.08.2026)
13. Kovanič Ľ., Urban R., Gdulová K., Výbošt'ok J., et. al. Review of Photogrammetric and LiDAR Applications of UAV. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13 (2): 1102. https://doi.org/10.3390/app13116732
14. Тарнавський В. А., Сіроштан Т. М., Комарова Н. В., Камінецька О. В. Інтегровані геопросторові підходи до високоточного моделювання місцевості з використанням БпЛА у сфері кадастру та землеустрою. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. 2026. № 13(1). С. 15–24. https://doi.org/10.36023/ujrs.2026.13.1.291.
15. Blagonić B., Markovinović D., Matijević H., Redovniković L. Integration of Digital Twin Technologies in Urban Regeneration of a Small Historic Town in Europe. *Sustainability.* 2025. №17. 10740. https://doi.org/10.3390/su172310740
16. Yadav Y., Colucci E., Boccardo P., Zlatanova S. A Geodatabase design for the development of a digital twin for urban environments: a case study from Turin, Italy. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci. 2024. №XLVIII-4-2024. P.525–532, https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-2024-525-2024.
17. Piras G, Agostinelli S, Muzi F. Digital Twin Framework for Built Environment: *A Review of Key Enablers. Energies.* 2024. № 17(2):436. https://doi.org/10.3390/en17020436
18. Caprari G, Castelli G, Montuori M, Camardelli M, Malvezzi R. Digital Twin for Urban Planning in the Green Deal Era: A State of the Art and Future Perspectives. *Sustainability.* 2022. №14(10):6263. https://doi.org/10.3390/su14106263
19. Saeed ZO, Mancini F, Glusac T, Izadpanahi P. Future City, Digital Twinning and the Urban Realm: A Systematic Literature Review. *Buildings.* 2022. №12(5):685. https://doi.org/10.3390/buildings12050685
20. Gkontzis AF, Kotsiantis S, Feretzakis G, Verykios VS. Enhancing Urban Resilience: Smart City Data Analyses, Forecasts, and Digital Twin Techniques at the Neighborhood Level. *Future Internet.* 2024. №16(2):47. https://doi.org/10.3390/fi16020047

References

1. Kalyna, T., Haysha, O., & Aramyan, A. (2026). Kartohrafichne modelyuvannya u stratehichnomu planuvanni terytorial'noho rozvytku [Cartographic modeling in strategic planning of territorial development]. *Stalyy rozvytok ekonomiky,* 1(58), 389–397. https://doi.org/10.32782/2308-1988/2026-58-50
2. Nesterenko, S. H., Radzins'ka, Yu. B., & Dobrokhodova, O. V. (2026). Heodezychne i kartohrafichne zabezpechennya tsyfrovykh dviynykiv terytoriy [Geodetic and cartographic support of digital twins of territories]. Komunal'ne hospodarstvo mist, 196, 232–241. https://doi.org/10.33042/3083-6727-2026-1-196-232-241
3. Grieves, M., & Vickers, J. (2017). Digital twin: Mitigating unpredictable, undesirable emergent behavior in complex systems. In Transdisciplinary perspectives on complex systems. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4
4. Bolton, A., Butler, L., Dabson, I., et al. (2018). Gemini principles. Available at: https://www.cdbb.cam.ac.uk/DFTG/GeminiPrinciples
5. Kitchin, R., & Dawkins, U. (2025). Digital twins and deep maps. Transactions of the Institute of British Geographers, 50(1), e12699. https://doi.org/10.1111/tran.12699
6. Yakovenko, M., Nesterenko, O., Tytarenko, V., Bakulin, Y., Banakh, A., et al. (2025). Application of geodetic methods to refine boundary conditions in digital

twins of war-damaged multi-story buildings. Eureka: Physics and Engineering, 5, 61–77. https://doi.org/10.21303/2461-4262.2025.003951

7. Honcharenko, T. (2022). Suchasni informatsiyni tekhnolohiyi dlya modelyuvannya mis'koho seredovyshcha ta rozrobky tsyfrovykh dviynykiv mis'kykh ob'yektiv [Modern information technologies for modeling the urban environment and developing digital twins of urban objects]. Upravlinnya rozvytkom skladnykh system, 51, 87–93. https://doi.org/10.32347/2412-9933.2022.51.87-93
8. Haydukevych, V. O., & Doroshenko, A. Yu. (2023). Stvorennya tsyfrovoho dviynyka v meteoprohnozuvanni dlya rozumnoho mista na mobil'niy platformi [Creating a digital twin in weather forecasting for a smart city on a mobile platform]. Problemy prohramuvannya, 3, 40–48. https://doi.org/10.15407/pp2023.03.40
9. Chertkov, O. (2025). Inzhenerna pidhotovka ta inzhenernyy zakhyst mis'kykh terytoriy u konteksti ostannikh tsyfrovykh rishen' [Engineering preparation and engineering protection of urban areas in the context of the latest digital solutions]. Shlyakhy pidvyshchennya efektyvnosti budivnytstva, 1(56), 187–192. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2025.56(1).187-192
10. ISO 19152:2012. Land administration. Available at: https://www.fig.net/resources/articles_about_fig/geoinformatics/2013_08_geoinformatics.pdf
11. Kutzner, T., Chaturvedi, K., & Kolbe, T. H. (2020). CityGML 3.0: New functions open up new applications. PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, 88, 43–61. https://doi.org/10.1007/s41064-020-00095-z
12. Peronato, G., Stoeckli, J., & Rey, E. (n.d.). Sensitivity of calculated solar irradiation to the level of detail: Insights from the simulation of four sample buildings in urban areas. Available at: https://surl.li/jwkitw
13. Kovanič, Ľ., Urban, R., Gdulová, K., Výbošt'ok, J., et al. (2023). Review of photogrammetric and LiDAR applications of UAV. *Applied Sciences,* 13(2), 1102. https://doi.org/10.3390/app13021102
14. Tarnavs'kyy, V. A., Siroshtan, T. M., Komarova, N. V., & Kaminets'ka, O. V. (2026). Intehrovani heoprostorovi pidkhody do vysokotochnoho modelyuvannya mistsevosti z vykorystannyam BpLA u sferi kadastru ta zemleustroyu [Integrated geospatial approaches to high-precision terrain modeling using UAVs in the field of cadastre and land management]. *Ukrayins'kyy zhurnal dystantsiynoho zonduvannya Zemli*, 13(1), 15–24. https://doi.org/10.36023/ujrs.2026.13.1.291
15. Blagonić, B., Markovinović, D., Matijević, H., & Redovniković, L. (2025). Integration of digital twin technologies in urban regeneration of a small historic town in Europe. *Sustainability,* 17, 10740. https://doi.org/10.3390/su172310740
16. Yadav, Y., Colucci, E., Boccardo, P., & Zlatanova, S. A. (2024). Geodatabase design for the development of a digital twin for urban environments: A case study from Turin, Italy. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLVIII-4, 525–532. https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-2024-525-2024
17. Piras, G., Agostinelli, S., & Muzi, F. (2024). Digital twin framework for built environment: A review of key enablers. *Energie*s, 17(2), 436. https://doi.org/10.3390/en17020436
18. Caprari, G., Castelli, G., Montuori, M., Camardelli, M., & Malvezzi, R. (2022). Digital twin for urban planning in the Green Deal era: A state of the art and future perspectives. *Sustainability,* 14(10), 6263. https://doi.org/10.3390/su14106263
19. Saeed, Z. O., Mancini, F., Glusac, T., & Izadpanahi, P. (2022). Future city, digital twinning and the urban realm: A systematic literature

review. *Buildings,* 12(5), 685. https://doi.org/10.3390/buildings12050685
20. Gkontzis, A. F., Kotsiantis, S., Feretzakis, G., & Verykios, V. S. (2024). Enhancing urban resilience: Smart city data analyses, forecasts, and digital twin techniques at the neighborhood level. *Future Internet,* 16(2), 47. https://doi.org/10.3390/fi16020047

Kachanovs'kyy O., Rusina N., Kushniruk O., Bulakevych S., Rudko O.
CREATION OF A DIGITAL TWIN OF THE URBAN ENVIRONMENT USING UAV PHOTOGRAMMETRY AND GIS
LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 173-188.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.11

Abstract. *This paper presents a methodology for creating a basic digital twin of the urban environment based on the integration of unmanned aerial vehicle (UAV) technology, photogrammetry, high-precision GNSS measurements, and geographic information systems (GIS). The aim of the study is to develop a methodology for creating a digital twin of the urban environment using UAV photogrammetry and geospatial technologies and to validate the proposed approach through a real-world case study. To achieve this objective, a comprehensive six-phase technological workflow was developed, including flight mission planning, field data acquisition with RTK positioning, photogrammetric processing in Agisoft Metashape, vectorization of spatial objects in QGIS with the creation of a GeoPackage database, spatial analysis, and three-dimensional visualization. The key outcome of the study is the development of an LOD1 digital model of the urban environment corresponding to the Digital Mirror concept, which can be considered the initial stage of digital transformation for territorial communities. Unlike a full-scale digital twin, a Digital Mirror reproduces the current state of the physical environment but does not provide automated bidirectional real-time data exchange. The proposed methodology was validated on a 42-hectare urban area in Rivne, Ukraine. Optimal flight parameters (ground sampling distance of 3.02 cm/pixel and flight altitude of 120 m) were determined, the required number of ground control points was established, and the achieved positional accuracy was confirmed to comply with the specified requirements. The spatial accuracy of the generated datasets was assessed, the building coverage ratio and the Visible Atmospherically Resistant Index (VARI) were calculated, and an LOD1 model was created and published in a web environment. The research findings demonstrate that the proposed methodology enables the development of a digital urban model suitable for building inventory, updating cartographic data, spatial planning, and supporting decision-making processes for post-war reconstruction and sustainable territorial development.*

Keywords: *digital twin; UAV photogrammetry; geographic information systems (GIS); digital city model; orthophoto; spatial data; LOD1; territorial community; digital modeling.*

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 01.10.2026; Прийнято: 15.10.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК 528.4:004.9 http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.12

ФУНКЦІОНАЛЬНА СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТА КОНЦЕПТУАЛЬНА ПОСЛІДОВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОСТОРОВО-ПЛАНУВАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

І.З. КОЛБ,
кандидат технічних наук
E-mail: i_z_kolb@ukr.net
ORCID: 0000-0002-1370-6235
Ю.З. ТКАЧИК,
аспірант
E-mail: yra_t@ukr.net
ORCID: 0009-0009-7874-1427
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Ґжицького, Україна

Анотація. *У статті здійснено функціональну систематизацію сучасних геоінформаційних методів, що застосовуються для вирішення просторово-планувальних завдань територіальних громад. Метою дослідження є визначення функціонального призначення геоінформаційних методів та формування концептуальної послідовності їх вибору і поєднання залежно від характеру просторово-планувального завдання, складу вихідних геопросторових даних та очікуваного просторового результату. Методичну основу дослідження становили порівняльний аналіз, методи класифікації та узагальнення, а також концептуальне моделювання.*

За результатами дослідження виділено вісім функціональних груп геоінформаційних методів: просторова інтеграція та оверлейний аналіз; аналіз близькості та зон впливу; мережевий аналіз і оцінювання просторової доступності; просторова статистика та геостатистичне моделювання; дистанційне спостереження та моніторинг змін; багатокритеріальне оцінювання територіальної придатності; сценарне просторове моделювання; GeoAI (геопросторовий штучний інтелект) та методи машинного навчання. Встановлено відповідність між просторово-планувальними завданнями, вихідними геопросторовими даними, методами їх опрацювання та одержуваними просторовими результатами. Обґрунтовано доцільність послідовного або комплексного поєднання декількох функціональних груп методів залежно від характеру поставленого завдання.

Сформовано концептуальну послідовність «просторово-планувальне завдання → вихідні геопросторові дані → метод аналізу або моделювання → просторовий

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

результат → валідація результату → планувальне рішення». Її застосування проілюстровано на прикладі геоінформаційного опрацювання кадастрових матеріалів земельної ділянки Свірзького замку та концептуального моделювання територіальних обмежень у середовищі QGIS. Показано можливість поєднання операцій відтворення цифрового контуру земельної ділянки, тематичного відображення обмежень і буферного моделювання. Наголошено на необхідності розмежування розрахункових результатів геоінформаційного моделювання та юридично встановлених меж охоронних зон.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання запропонованої функціональної систематизації та концептуальної послідовності для обґрунтованого вибору й поєднання геоінформаційних методів під час вирішення просторово-планувальних завдань територіальних громад. Отримані результати мають концептуально-методичний характер, а подальші дослідження передбачають практичну апробацію запропонованого підходу, уточнення геометричних параметрів модельних зон та кількісну валідацію результатів.

Ключові слова: *геоінформаційні системи територіальних громад, геоінформаційне моделювання земельних ресурсів, просторове планування, просторовий аналіз землекористувань, дистанційне зондування Землі, багатокритеріальний аналіз, GeoAI (геопросторовий штучний інтелект).*

Постановка проблеми

Сталий просторовий розвиток територіальних громад потребує прийняття обґрунтованих планувальних рішень щодо використання земельних ресурсів з урахуванням природних, соціально-економічних, інфраструктурних, екологічних та містобудівних чинників. Обґрунтування органами місцевого самоврядування такого роду рішень передбачає залучення значних обсягів різнорідної просторової та статистичної інформації, яка, зокрема, описує стан земельних ресурсів, динаміку землекористування та відображає режим територіальних обмежень. Поєднання кадастрових, топографічних, містобудівних, природоохоронних, інфраструктурних, статистичних даних і матеріалів дистанційного зондування Землі дає змогу формувати комплексне інформаційне середовище для дослідження територій громад. Разом з цифровими управлінськими інструментами такі масиви даних створюють передумови для впровадження цифрових моделей землекористувань територіальної громади. Під такими слід розуміти аналітичні моделі, що на основі геоінформаційних технологій здатні реалізувати інтеграцію різнорідних масивів даних в єдиному інформаційному середовищі, здійснити побудову цифрової картографічної моделі територій, здійснити аналіз умов використання земель різного призначення та автоматизовано виконувати інші аналітичні операції щодо геопросторових даних заради забезпечення інформаційної обізнаності органів місцевого самоврядування і підтримки прийняття ними управлінських рішень.

Сучасні геоінформаційні системи виконують не лише притаманні їм за визначенням функції накопичення, систематизації та картографічного представлення даних, а й забезпе-

чують просторовий аналіз, моделювання територіальних процесів, оцінювання альтернатив розвитку та інформаційну підтримку прийняття планувальних рішень щодо земель громади.

Розширення функціональних можливостей існуючих геоінформаційних технологій сприяло формуванню значної кількості методів просторового аналізу та моделювання. Вони можуть застосовуватися для дослідження структури землекористування, визначення просторових взаємозв'язків, встановлення зон впливу й територіальних обмежень, оцінювання доступності, виявлення просторових конфліктів, аналізу змін територій та формування сценаріїв їх подальшого розвитку. Поряд із традиційними методами просторового аналізу дедалі ширше використовуються багатокритеріальне оцінювання, прогнозне моделювання та технології геопросторового штучного інтелекту.

Водночас розширення набору геоінформаційних методів, що залучаються для вирішення означених вище задач робить актуальною проблему їх обґрунтованого вибору. Один і той самий просторово-планувальний результат може формуватися із застосуванням різних наборів даних і аналітичних процедур. Ефективність кожного конкретного методу залежить від характеру завдання, територіального охоплення дослідження, повноти та актуальності вихідної інформації, вимог до точності й способу представлення результатів. Тому актуальним є не лише застосування окремих аналітичних ГІС-інструментів, а й їх систематизація відповідно до завдань просторового розвитку територіальних громад.

.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сучасний етап розвитку геоінформаційних технологій характеризується переходом від переважно картографічного відображення просторових даних до комплексного аналізу територій, моделювання просторових процесів і підтримки планувальних рішень. У дослідженнях останніх років геоінформаційні системи розглядаються як інтеграційне середовище, у якому поєднуються кадастрові, топографічні, містобудівні, природоохоронні, інфраструктурні та дистанційні дані [1–3].

Важливим напрямом застосування геоінформаційних методів є виявлення та моделювання територіальних обмежень і конфліктів землекористування. Новаковський та ін. [1] обґрунтували застосування методів геоінформаційного аналізу для формування обмежень у використанні земель у процесі просторового планування, акцентуючи увагу на поєднанні геопросторового аналізу та даних дистанційного зондування Землі. Mansourihanis та ін. [4] запропонували кількісний геопросторовий підхід до оцінювання сумісності видів землекористування, який дає змогу виявляти просторові конфлікти та локалізувати території з різним рівнем сумісності функцій. Такі дослідження демонструють поступовий перехід від простого накладання тематичних шарів до формалізованого моделювання просторових взаємозв'язків.

Окрему групу становлять дослідження, пов'язані з оцінюванням придатності територій та багатокритеріальним просторовим аналізом. Sahin та ін. [5] поєднали дані дистанційного зондування, ГІС, метод аналізу ієрархій та моделювання розвитку землекористування для визначення територій, при-

датних для перспективного міського розвитку. Результати таких досліджень підтверджують доцільність інтеграції просторових критеріїв природного, інфраструктурного та соціально-економічного характеру в єдиному геоінформаційному середовищі. Водночас багатокритеріальні методи доцільно розглядати не як універсальний інструмент, а як одну з груп методів, вибір якої залежить від характеру просторово-планувального завдання.

Значного поширення набуло інтегроване використання ГІС і даних дистанційного зондування Землі. Воно забезпечує виявлення змін земного покриву та землекористування, оцінювання стану природних і антропогенних компонентів території, визначення тенденцій трансформації територіальних систем та актуалізацію геопросторової інформації [5–7]. Куліковська та ін. [6] продемонстрували можливості інтеграції БПЛА-фотограмметрії та ГІС для побудови цифрової моделі рельєфу й вирішення завдань планування міського землекористування. Такий підхід розширює традиційний набір вихідних даних для просторового аналізу за рахунок високодетальних та актуальних за часом отримання матеріалів аерознімання.

Практичне значення геоінформаційних технологій особливо проявляється на рівні територіального та містобудівного управління. У роботі Куліковської, Ступеня та Колодія [7] розглянуто формування геоінформаційної електронної містобудівної кадастрової системи Кривого Рогу як складової міської програми містобудівної діяльності. Це засвідчує перехід від використання окремих ГІС-інструментів до формування інтегрованих інформаційних систем, призначених для накопичення, актуалізації та просторового аналізу даних, необхідних для прийняття управлінських і планувальних рішень. Подібний напрям простежується в сучасних дослідженнях геоінформаційного забезпечення містобудівного моніторингу територіальних громад [8] та застосування ГІС у містобудівних рішеннях [9].

Перспективним напрямом є використання геопросторового штучного інтелекту (GeoAI), що поєднує методи геоінформатики, машинного навчання та просторового моделювання. Концептуальні засади GeoAI та його роль у виявленні географічних закономірностей систематизовано Janowicz та ін. [10]. Aidaoui та ін. [11] розглядають GeoAI у взаємозв'язку з аналізом змін землекористування та оптимізацією міського планування. У сучасних дослідженнях GeoAI також пов'язують з автоматизацією оброблення великих масивів геопросторових даних, прогнозним моделюванням і розвитком інфраструктур геопросторових даних [12]. Водночас застосування таких методів потребує контролю якості вихідних даних, інтерпретованості результатів та їх незалежної валідації.

Окремий напрям сучасних досліджень становить застосування просторової статистики та геостатистичного моделювання. При цьому зазначені групи методів доцільно розмежовувати за їх функціональним призначенням. Методи просторової статистики орієнтовані передусім на виявлення закономірностей просторового розподілу явищ і включають оцінювання глобальної та локальної просторової автокореляції, кластерний аналіз та аналіз гарячих і холодних точок. Геостатистичні методи спрямовані на дослідження просторової структури кількісних змінних, моделювання неперервних просторових поверхонь та оцінювання невизначеності

прогнозу із застосуванням напівваріограмного аналізу, кригінгу і кокригінгу. Якість отриманих геостатистичних моделей оцінюють за результатами крос-валідації та показниками похибок просторової інтерполяції.

Значний інтерес у цьому контексті становлять дослідження українських авторів [16, 17], у яких геоінформаційний аналіз і моделювання застосовано для вирішення просторово-планувальних завдань. Зокрема, у роботі [16] буферний і морфометричний аналіз поєднано з оцінюванням просторової автокореляції, напівваріограмним моделюванням, ординарним кригінгом і кокригінгом, а якість отриманих результатів оцінено за показником RMSE. Такий підхід демонструє можливість використання геостатистичного моделювання не лише як допоміжного інструменту, а як складової обґрунтування просторово-планувальних рішень. У дослідженні [17] геоінформаційний аналіз застосовано для підтримки рішень щодо обміну та консолідації земель у межах територіального планування.

У зв'язку з цим доцільним є формування підходу, за якого сучасні геоінформаційні методи розглядаються не ізольовано, а як взаємопов'язані складові послідовності: просторово-планувальне завдання → вихідні геопросторові дані → метод аналізу або моделювання → просторовий результат → валідація результату → планувальне рішення. Така послідовність визначає логіку подальшого дослідження та може бути використана для структурованого вибору і поєднання геоінформаційних методів відповідно до характеру просторово-планувальних завдань територіальних громад.

Метою дослідження є функціональна систематизація геоінформаційних методів для вирішення просторово-планувальних завдань територіальних громад та розроблення концептуальної послідовності їх вибору й поєднання з урахуванням характеру завдання, складу вихідних геопросторових даних, очікуваних результатів та необхідності їх валідації.

Для досягнення поставленої мети передбачено проаналізувати сучасні напрями застосування геоінформаційних технологій у просторовому плануванні; систематизувати геоінформаційні методи за їх функціональним призначенням; визначити відповідність між типами просторово-планувальних завдань, вихідними даними та методами їх опрацювання; сформувати концептуальну послідовність вибору й поєднання геоінформаційних методів.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження має методичний характер і спрямоване на систематизацію сучасних геоінформаційних методів відповідно до завдань просторового планування територіальних громад. Інформаційну основу дослідження становили сучасні наукові публікації, присвячені застосуванню ГІС, просторового аналізу, дистанційного зондування Землі, багатокритеріального оцінювання, сценарного моделювання та GeoAI у просторовому й територіальному плануванні [1–17]. Добір публікацій здійснювали з урахуванням їх тематичної відповідності основним напрямам геоінформаційного забезпечення просторового планування: аналізу територіальних обмежень, доступності, змін землекористування, територіальної придатності, сценарного моделювання та застосування GeoAI.

Як основні види геопросторової інформації розглядалися топографічні та кадастрові дані, відомості про землекористування і земний покрив, цифрові моделі рельєфу, матеріали дистанційного зондування Землі та БПЛА-знімання, дані про транспортну, інженерну й соціальну інфраструктуру, природоохоронні та інші територіальні обмеження, а також статистична, соціально-економічна й містобудівна інформація.

Методичну основу дослідження становили порівняльний аналіз, методи класифікації та узагальнення, а також концептуальне моделювання. Для встановлення взаємозв'язків між типами просторово-планувальних завдань, складом вихідних геопросторових даних, методами їх опрацювання та формами одержуваних результатів застосовано функціональне зіставлення. Порівняльний аналіз використано для визначення можливостей і обмежень різних груп геоінформаційних методів, а класифікацію та узагальнення – для їх групування за характером вирішуваних просторово-планувальних завдань.

Систематизацію здійснювали послідовно за п'ятьма ознаками: тип просторово-планувального завдання; склад вихідних геопросторових даних; метод аналізу або моделювання; форма одержуваного просторового результату; обмеження застосування. На основі цієї систематизації сформовано концептуальну послідовність, що передбачає також валідацію результатів і прийняття планувальних рішень. На першому етапі для кожного напряму застосування ГІС визначали характер просторово-планувального завдання та необхідний склад геопросторових даних. На другому етапі встановлювали методи аналізу або моделювання, функціонально придатні для його вирішення. На третьому етапі методи групували за домінуючим типом аналітичної операції та характером сформованого просторового результату. На четвертому етапі зіставляли функціональні можливості та основні обмеження виділених груп. На завершальному етапі встановлювали відповідність між елементами послідовності «просторово-планувальне завдання → вихідні геопросторові дані → метод аналізу або моделювання → просторовий результат → валідація результату → планувальне рішення».

Такий підхід дав змогу сформувати функціональну класифікацію геоінформаційних методів та представити взаємозв'язки між просторово-планувальними завданнями, вихідними геопросторовими даними, методами їх опрацювання, просторовими результатами та їх валідацією у вигляді узагальнювальних матриць і концептуальної схеми.

Результати дослідження

За результатами проведеного аналізу встановлено, що сучасні геоінформаційні методи доцільно систематизувати не за програмними засобами їх реалізації, а за функціональним призначенням у вирішенні просторово-планувальних завдань територіальних громад. Такий підхід дає змогу пов'язати конкретне завдання з необхідними вихідними геопросторовими даними, відповідним методом їх опрацювання та очікуваним просторовим результатом.

Запропоновано виділити вісім основних функціональних груп геоінформаційних методів: просторова інтеграція та оверлейний аналіз; аналіз

близькості та зон впливу; мережевий аналіз і оцінювання просторової доступності; просторова статистика та геостатистичне моделювання; дистанційний моніторинг та аналіз змін; оцінювання територіальної придатності й багатокритеріальний просторовий аналіз; сценарне моделювання; GeoAI та методи машинного навчання.

Методи просторової інтеграції та оверлейного аналізу були й залишаються дотепер базовими для комплексного дослідження території. Вони забезпечують поєднання кадастрових, топографічних, містобудівних, природоохоронних, інфраструктурних та інших тематичних шарів і дають змогу встановлювати просторові відповідності між об'єктами, виявляти територіальні конфлікти та визначати ділянки, для яких характерне одночасне накладання декількох умов або обмежень.

Аналіз близькості та зон впливу застосовується для визначення просторової взаємодії об'єктів залежно від відстані між ними. Буферне моделювання дає змогу формувати охоронні, санітарно-захисні, прибережні та інші зони, а також оцінювати території, що перебувають у межах певного просторового впливу. У просторовому плануванні громад ця група методів має особливе значення для врахування територіальних обмежень і встановлення потенційних конфліктів використання земель.

Мережевий аналіз та оцінювання просторової доступності орієнтовані на дослідження транспортних та інших мережевих зв'язків. Їх застосування дає змогу визначати маршрути, зони обслуговування, часову або відстаневу доступність об'єктів соціальної, транспортної та інженерної інфраструктури. Просторовим результатом такого аналізу можуть бути зони різного рівня доступності та території з недостатнім забезпеченням відповідними послугами.

Методи просторової статистики та геостатистичного моделювання забезпечують кількісне оцінювання територіальних закономірностей і просторових взаємозв'язків. Методи просторової статистики дають змогу визначати просторову концентрацію явищ, виявляти кластери, локальні аномалії та просторову автокореляцію. Геостатистичне моделювання застосовують для дослідження просторової мінливості кількісних показників, побудови неперервних просторових поверхонь та оцінювання результатів просторової інтерполяції.

Окрему функціональну групу становлять методи дистанційного моніторингу та аналізу змін, що базуються на використанні різночасових матеріалів супутникового та аерознімання. Вони дають змогу актуалізувати інформацію про земний покрив і землекористування, виявляти й локалізувати зміни в ландшафті, трансформацію сільськогосподарських та природних територій, зміни стану рослинності та інші територіальні процеси. Інтеграція матеріалів дистанційного зондування, БПЛА-знімання та ГІС підвищує деталізацію просторового аналізу та забезпечує можливість регулярного оновлення даних.

Методи оцінювання територіальної придатності та багатокритеріального просторового аналізу використовуються у випадках, коли планувальне рішення залежить від одночасного врахування декількох просторових критеріїв. Вихідні показники нормалізуються та інтегруються в узагальнену оцінку, на основі якої територія може бути диферен-

ційована за рівнем придатності для певного виду використання. Визначення ваг критеріїв може здійснюватися різними способами, зокрема із застосуванням методу аналізу ієрархій (AHP). При цьому AHP розглядається як один із можливих інструментів багатокритеріального аналізу, а не як обов'язкова складова геоінформаційного моделювання.

Сценарне моделювання розширює можливості просторового аналізу від оцінювання сучасного стану до дослідження можливих варіантів розвитку території. Формування альтернативних сценаріїв дає змогу порівнювати

1. Функції геоінформаційного аналізу та моделювання для потреб просторового планування територіальних громад

Функціональний напрям	Основні вихідні дані	Просторово-планувальне завдання	Основний аналітичний результат	Основні обмеження
Картографічна інтеграція різнорідних даних та оверлейний аналіз	Кадастрові, топографічні, містобудівні, природоохоронні шари	Виявлення просторових взаємозв'язків і конфліктів	Зони перетину меж, виявлення конфліктів та контроль режиму територіальних обмежень	Залежність від точності й узгодженості шарів вхідних даних
Аналіз близькості та зон впливу	Об'єкти та межі територій, нормативні відстані	Визначення зон впливу та обмежень	Буферні й захисні зони	Залежність від коректності вибору нормативних параметрів
Мережевий аналіз і транспортна доступність	Транспортна мережа, об'єкти інфраструктури, населення	Оцінювання доступності послуг та інфраструктури	Маршрути, ізохрони, зони обслуговування	Якість і повнота мережевих даних
Просторова статистика та геостатистичне моделювання	Просторово локалізовані кількісні показники	Виявлення територіальних закономірностей і моделювання просторової мінливості показників	Кластери, концентрації, просторові аномалії, неперервні просторові поверхні та прогнозні значення	Залежність від масштабу і рівня просторової агрегації, структури та якості вихідних даних; необхідність валідації результатів
Дистанційний моніторинг та аналіз змін	Супутникові та аерознімки, ортофотоплани	Моніторинг землекористування і територіальних змін	Карти змін та динаміки території	Просторова й часова роздільна здатність даних
Оцінювання придатності та багато-критеральний аналіз	Природні, екологічні, інфраструктурні, містобудівні критерії	Визначення придатності територій	Зони різного рівня придатності	Вибір критеріїв, нормування та призначення ваг
Сценарне моделювання	Поточний стан території, обмеження, тенденції розвитку	Порівняння альтернатив розвитку	Просторові сценарії	Залежність від вихідних припущень
GeoAI та машинне навчання	Масиви дистанційних даних	Класифікація територій, виявлення змін, прогнозування	Автоматизовані класифікації та прогнозні моделі	Потреба в навчальних даних, інтерпретації та валідації

Джерело: сформовано авторами на основі узагальнення та систематизації сучасних геоінформаційних методів [1–17].

наслідки різних планувальних рішень, оцінювати потенційні зміни структури землекористування та визначати території, найбільш чутливі до відповідних трансформацій.

На основі аналізу сучасних наукових публікацій та функціоналу спеціалізованих інтернет-сервісів перспективною функціональною групою опрацювання геоданих визначено GeoAI та методи машинного навчання. Їх використання може забезпечувати автоматизовану класифікацію земного покриву, розпізнавання просторових об'єктів, виявлення змін, пошук прихованих просторових закономірностей і прогнозування територіальних процесів. Водночас застосування GeoAI не замінює традиційні методи геоінформаційного аналізу, а розширює їх можливості за умови належної якості вихідних даних, інтерпретованості отриманих результатів та їх просторової валідації.

Узагальнену відповідність між функціональними напрямами геоінформаційного аналізу та моделювання, вихідними геопросторовими даними, просторово-планувальними завданнями та одержуваними просторовими результатами наведено в табл. 1.

Результати систематизації показують, що вибір геоінформаційного методу визначається насамперед характером просторово-планувального завдання, а його вирішення, як правило, потребує послідовного або комплексного застосування декількох груп методів. Тому наступним етапом дослідження стало встановлення відповідності між основними завданнями просторового розвитку територіальних громад і доцільними комбінаціями геоінформаційних методів (табл. 2).

2. Відповідність просторово-планувальних завдань територіальних громад комбінаціям геоінформаційних методів

Просторово-планувальне завдання	Основні геоінформаційні методи	Додаткові методи	Очікуваний просторовий результат
Виявлення територіальних обмежень	Оверлейний аналіз; буферний аналіз	Просторові запити; аналіз близькості	Зони обмежень та території з різним режимом використання
Виявлення конфліктів землекористування	Оверлейний аналіз	Просторова статистика; аналіз сумісності	Території накладання несумісних або потенційно конфліктних видів використання
Оцінювання транспортної доступності	Мережевий аналіз	Аналіз близькості; просторова статистика	Маршрути, ізохрони та зони транспортної доступності
Оцінювання доступності соціальної інфраструктури	Мережевий аналіз; аналіз зон обслуговування	Просторова статистика	Зони забезпеченості та території з недостатньою доступністю послуг
Моніторинг змін землекористування та земного покриву	Дистанційне зондування; аналіз різночасових даних	Оверлейний аналіз; класифікація зображень	Карти змін, напрями й інтенсивність трансформації території
Оцінювання територіальної придатності	Аналіз придатності; багатокритеріальний просторовий аналіз	Оверлейний аналіз; AHP або інші способи визначення ваг	Зонування території за рівнем придатності для визначеного виду використання

Просторово-планувальне завдання	Основні геоінформаційні методи	Додаткові методи	Очікуваний просторовий результат
Визначення територій перспективного розвитку	Аналіз обмежень; оцінювання придатності	Аналіз доступності; MCDA; сценарне моделювання	Території, потенційно придатні для пріоритетних напрямів розвитку
Аналіз просторової концентрації явищ	Просторова статистика	Оверлейний аналіз	Кластери, зони концентрації та просторові аномалії
Моделювання просторового розподілу кількісних показників	Геостатистичне моделювання; кригінг	Напівваріограмний аналіз; кокригінг; крос-валідація	Неперервні просторові поверхні, прогнозні значення та оцінка точності моделювання
Формування альтернатив просторового розвитку	Сценарне моделювання	MCDA; аналіз придатності; мережевий та оверлейний аналіз	Альтернативні просторові сценарії розвитку території
Автоматизоване виявлення об'єктів, змін і закономірностей	Geo AI; машинне навчання	Дистанційне зондування; просторова статистика	Класифіковані об'єкти, виявлені зміни, просторові закономірності та прогнозні результати

Джерело: розроблено авторами на основі систематизації сучасних геоінформаційних методів та результатів аналізу наукових праць [1–17].

Результати, наведені в табл. 2, свідчать, що окремі геоінформаційні методи можуть використовуватися для вирішення різних просторово-планувальних завдань, змінюючи своє функціональне значення залежно від поставленої мети. Водночас складні завдання просторового розвитку потребують комбінування методів, за якого результат одного етапу аналізу може виступати вихідною інформацією для наступного.

Отже, геоінформаційне забезпечення просторового планування доцільно розглядати як послідовність взаємопов'язаних аналітичних процедур. На цій основі сформовано концептуальну послідовність застосування геоінформаційних методів, наведену на рис. 1.

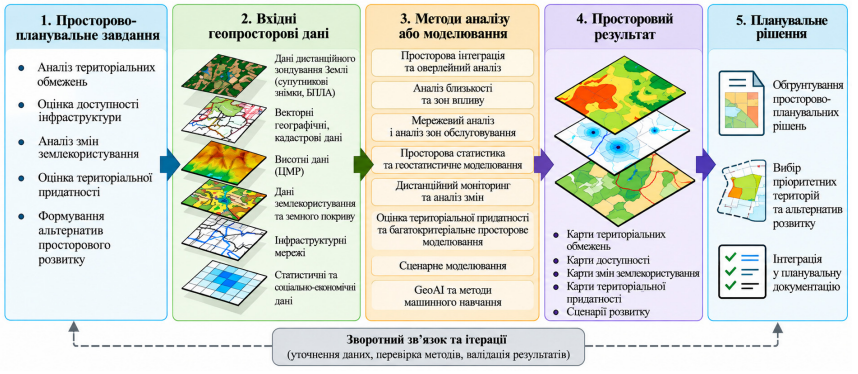


Рис. 1. Концептуальна послідовність застосування геоінформаційних методів для вирішення просторово-планувальних завдань у територіальних громадах

Джерело: розроблено авторами за результатами проведеного дослідження.

3. Склад вихідних даних для концептуального моделювання територіальних обмежень

Компонент вихідної інформації	Призначення у моделюванні
Кадастровий план земельної ділянки	Візуальна перевірка конфігурації та зіставлення з цифровим контуром
Кадастровий XML (СК-63)	Відтворення геометрії ділянки; отримання атрибутів і геометрії зареєстрованих обмежень
Відомості про пам'ятку культурної спадщини	Ідентифікація об'єкта та обґрунтування необхідності перевірки охоронних режимів
Цифровий контур будівлі замку (CASTLE_BUILDING)	Вхідна геометрія для демонстраційної моделі буферних зон
Нормативні та проєктні документи про режими зон	Необхідні для правової інтерпретації й підтвердження меж; повнота таких даних потребує перевірки

Джерело: розроблено авторами.

Для ілюстрації запропонованої концептуальної послідовності вибору та поєднання геоінформаційних методів розглянуто земельну ділянку Свірзького замку (кадастровий номер 4623386400:12:001:0263). Метою прикладу є не комплексне встановлення всіх територіальних обмежень, а демонстрація переходу від вихідних даних до вибору операцій, формування модельного просторового результату та його перевірки.

Інформаційною основою є кадастровий план, кадастровий обмінний XML-файл, відомості про об'єкт культурної спадщини та цифрове представлення геометрії будівлі замку. XML-файл містить координати поворотних точок у системі СК-63, опис меж земельної ділянки й відомості про зареєстровані обмеження, зокрема коди 01.05.1 та 05.01. Дані про статус пам'ятки використовуються для постановки модельного завдання, проте самі по собі не визначають геометрію юридично встановленої охоронної зони.

На першому етапі здійснено зіставлення графічного кадастрового плану з контуром, відтвореним за координатами XML. Це дозволяє перевірити форму земельної ділянки та перейти від документа до геометрично визначеного просторового об'єкта (рис. 2). Зареєстровані обмеження використано лише як приклад тематичних шарів; їх повний правовий аналіз не є завданням цієї статті.

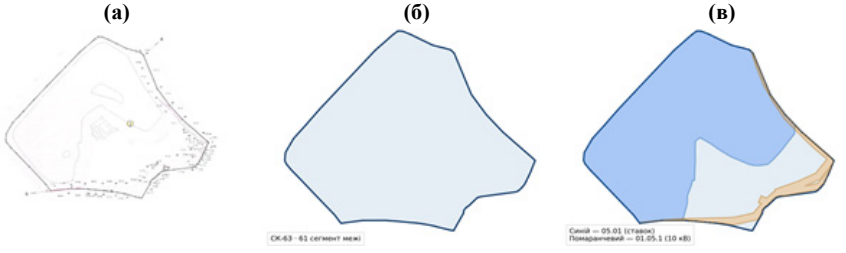


Рис. 2. Вихідний кадастровий план (а), відтворений цифровий контур земельної ділянки (б) та результати геоінформаційного відображення територіальних обмежень (в)

Джерело: сформовано авторами за результатами опрацювання кадастрових матеріалів

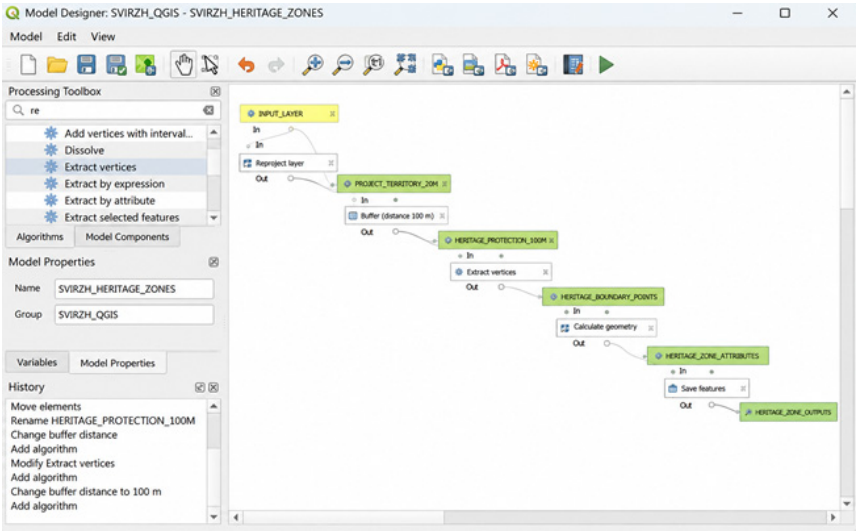


Рис. 3. Концептуальна модель послідовного застосування геоінформаційних операцій у середовищі QGIS на прикладі Свірзького замку

Джерело: розроблено авторами.

Для ілюстрації вибору та поєднання геоінформаційних методів у середовищі QGIS розроблено алгоритм опрацювання геометрії будівлі Свірзького замку (рис. 3). У моделі передбачено формування двох умовних буферних зон на відстанях 20 і 100 м. Параметр 20 м обрано для демонстрації аналізу безпосереднього оточення будівлі, а 100 м — для розгляду ширшого просторового охоплення. Ці відстані є дослідними параметрами, а не нормативно встановленими межами охоронних зон Свірзького замку. Правові засади визначення зон охорони пам'яток і режимів використання відповідних територій встановлено, зокрема, статтею 32 Закону України «Про охорону культурної спадщини» [18].

Запропонована концептуальна послідовність передбачає можливість автоматизації окремих етапів геоінформаційного моделювання територіальних обмежень, зокрема формування зон із заданими параметрами, визначення координат поворотних точок їхніх меж, обчислення площ та створення відповідних наборів геопросторових даних. Реалізація зазначених операцій можлива в середовищі геоінформаційних програмних комплексів із використанням інструментів буферизації, вилучення вершин, обчислення геометричних атрибутів та просторового аналізу.

Важливою перевагою такого підходу є можливість зміни вихідних параметрів відповідно до нормативних вимог, повторного виконання геоінформаційних операцій та оновлення результатів моделювання. Це забезпечує відтворюваність результатів моделювання, створює умови для їх просторової валідації та подальшої інтеграції до геоінформаційних систем просторового планування територіальних громад.

Наведений приклад ілюструє мож-

ливість структурованого вибору та послідовного поєднання геоінформаційних методів відповідно до наявних даних і характеру просторово-планувального завдання. Водночас межі зон, сформованих у процесі геоінформаційного моделювання на прикладі Свірзького замку, мають розрахунковий характер і не можуть ототожнюватися з юридично встановленими межами охоронних зон пам'ятки. У подальших дослідженнях передбачається уточнення геометричних параметрів і визначення координат поворотних точок меж відповідних зон з урахуванням затвердженої науково-проєктної документації та вимог Закону України «Про охорону культурної спадщини» [18].

Обговорення результатів

Запропонована систематизація розширює традиційне трактування геоінформаційного забезпечення просторового планування, оскільки поєднує окремі методи в межах єдиної функціональної послідовності та орієнтує їх вибір на характер конкретного просторово-планувального завдання. Це відповідає сучасній тенденції переходу від картографічного представлення просторової інформації до комплексного геоінформаційного моделювання територіальних процесів [1–5].

Одержані результати доповнюють підходи до геоінформаційного аналізу територіальних обмежень, представлені в роботі Новаковського та ін. [1], оскільки запропонована систематизація охоплює не лише встановлення обмежень у використанні земель, а й аналіз доступності, територіальної придатності, змін землекористування та можливих сценаріїв розвитку. Водночас результати узгоджуються з підходом Mansourihanis та ін. [4] щодо необхідності врахування просторової сумісності видів землекористування та підтверджують значення оверлейного аналізу для виявлення потенційних територіальних конфліктів. Поєднання дистанційних і геоінформаційних методів розширює можливості актуалізації вихідних даних та моніторингу територіальних змін. Застосування супутникових даних, матеріалів БПЛА-знімання та цифрових моделей рельєфу дає змогу доповнювати традиційні кадастрові й топографічні джерела актуальною інформацією про фактичний стан території. Це узгоджується з результатами досліджень щодо інтегрованого використання дистанційного зондування та ГІС [5, 6]. Водночас використання таких даних потребує врахування їх просторової та часової роздільної здатності, точності й відповідності масштабу поставленого завдання.

Результати систематизації також показують, що багатокритеріальний просторовий аналіз доцільно застосовувати насамперед для завдань, у яких необхідно одночасно врахувати декілька груп просторових критеріїв. У цьому випадку АНР може використовуватися як один зі способів визначення ваг критеріїв [5], проте вибір конкретного способу їх зважування повинен залежати від характеру дослідження та наявності достатнього обґрунтування. Це дає змогу уникнути необґрунтованого перенесення одного методу на всі типи просторово-планувальних завдань. Важливою особливістю запропонованого підходу є орієнтація не на окремий програмний продукт або аналітичний інструмент, а на послідовність

«завдання – дані – метод – результат – валідація – рішення». Така структура дає змогу використовувати різні програмні середовища та джерела геопросторових даних без зміни загальної логіки аналізу. Вона також створює можливість комбінувати методи залежно від складності конкретного завдання, що особливо важливо для територіальних громад із різною площею, структурою землекористування, рівнем урбанізації та забезпеченістю геопросторовими даними.

Практична реалізація такого підходу значною мірою залежить від інформаційного забезпечення просторового планування. Формування інтегрованих геоінформаційних і містобудівних кадастрових систем [7–9] створює передумови для систематичного накопичення та актуалізації просторової інформації, необхідної для аналізу територій. При цьому ключового значення набуває узгодженість кадастрових, топографічних, містобудівних, інфраструктурних та дистанційних даних за системами координат, часовою актуальністю, просторовою деталізацією та семантикою.

Окремої уваги потребують можливості GeoAI. На відміну від традиційних ГІС-операцій, методи GeoAI здатні автоматизувати класифікацію великих масивів геопросторових даних, виявлення змін і складних просторових закономірностей [10–12]. Проте їх застосування у просторовому плануванні доцільно розглядати як розвиток і доповнення традиційного геоінформаційного аналізу, а не його заміну. Особливо важливими залишаються якість навчальних даних, інтерпретованість моделей та незалежна перевірка отриманих просторових результатів.

Таким чином, результати дослідження обґрунтовують доцільність функціонально орієнтованого вибору та послідовного поєднання геоінформаційних методів відповідно до характеру просторово-планувальних завдань територіальних громад. Розроблена концептуальна послідовність відображає взаємозв'язки між типом завдання, складом вихідних геопросторових даних, методами їх опрацювання, очікуваними просторовими результатами та процедурами їх валідації, створюючи методичну основу для обґрунтованого вибору геоінформаційних методів.

Водночас сформована концептуальна послідовність має узагальнений методичний характер і не визначає універсального набору геоінформаційних методів для всіх територіальних громад. Їх вибір і поєднання залежать від характеру просторово-планувального завдання, територіального охоплення, доступності та якості вихідних даних, а також особливостей досліджуваної території. Розглянутий приклад Свірзького замку демонструє окремі етапи застосування геоінформаційних операцій, однак не є завершеною експериментальною апробацією розробленої концептуальної послідовності.

Висновки та напрями подальших досліджень

У результаті дослідження здійснено функціональну систематизацію сучасних геоінформаційних методів, які застосовуються для вирішення просторово-планувальних завдань територіальних громад. Виокремлено вісім функціональних груп методів, що охоплюють просторову інтеграцію та оверлейний аналіз, аналіз близькості й зон впливу, мережевий аналіз, про-

сторову статистику та геостатистичне моделювання, дистанційне спостереження й моніторинг змін, багатокритеріальне оцінювання, сценарне моделювання, а також GeoAI та методи машинного навчання.

Визначено функціональну відповідність між основними типами просторово-планувальних завдань, складом вихідних геопросторових даних, методами їх опрацювання та очікуваними результатами. Показано, що вирішення комплексних завдань просторового планування потребує не лише застосування окремих геоінформаційних методів, а й їх послідовного поєднання з урахуванням інформаційних передумов, особливостей території та вимог до достовірності результатів.

Запропоновано концептуальну послідовність «просторово-планувальне завдання → вихідні геопросторові дані → метод аналізу або моделювання → просторовий результат → валідація результату → планувальне рішення». Її особливістю є узгодження вибору геоінформаційних методів із характером завдання та передбачення перевірки отриманих результатів до їх використання для обґрунтування планувальних рішень.

На прикладі опрацювання кадастрових матеріалів земельної ділянки Свірзького замку розглянуто можливості застосування окремих геоінформаційних операцій для відображення територіальних обмежень і концептуального моделювання зон впливу. Встановлено необхідність розмежування розрахункових меж, сформованих засобами геоінформаційного моделювання, та юридично встановлених меж охоронних зон. Наведений приклад має ілюстративний характер і не становить завершеної експериментальної валідації запропонованого підходу.

Практичне значення отриманих результатів полягає у формуванні методичної основи для структурованого вибору та поєднання геоінформаційних методів у процесі просторового планування територіальних громад. Подальші дослідження доцільно спрямувати на практичну апробацію запропонованої послідовності з використанням реальних геопросторових даних, кількісне оцінювання результатів моделювання та перевірку їх відповідності нормативним і планувальним вимогам.

Список використаної літератури

1. Novakovskyi L. Ya., Martyn A., Novakovska I., Slavin I., Skrypnyk L. Formation of land use restrictions by geoinformation analysis methods in spatial planning (on the example of territory around the airfields). *Ukrainian Geographical Journal.* 2021. No. 1. P. 44–53. DOI: https://doi.org/10.15407/UGZ2021.01.044.
2. Koshel A., Denysiuk B., Poltavets A. Algorithm for the Use of Geoinformation Technologies for the Purpose of Geoecological Monitoring of Territorial Communities. *Land Management, Cadastre and Land Monitoring*. 2025. No. 4. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.08.
3. Bourbonnais M. L. Applications of geographic information systems, spatial analysis, and remote sensing in environmental impact assessment. Routledge Handbook of Environmental Impact Assessment. 1st ed. Routledge, 2022. Chapter 12. P. 201–220. DOI: https://doi.org/10.4324/9780429282492-13.
4. Mansourihanis O., Maghsoodi Tilaki M. J., Yousefian S., Zaroujtaghi A. A Computational Geospatial Approach to Assessing Land-Use Compatibility in Urban

Planning. *Land.* 2023. Vol. 12, No. 11. Art. 2083. DOI: https://doi.org/10.3390/land12112083.

5. Sahin E., Iban M. C., Bilgilioğlu S. S. Remote Sensing-Enabled Urban Growth Simulation Overlaid with AHP-GIS-Based Urban Land Suitability for Potential Development in Mersin Metropolitan Area, Türkiye. Applied Sciences. 2024. Vol. 14, No. 8. Art. 3484. DOI: https://doi.org/10.3390/app14083484.
6. Kulikovska O., Kolb I., Kovalyshyn O., Kolodiy P., Stupen R., Trzyniec K., Vasyuk V., Hutsol T. Integration of UAV Photogrammetry and GIS for Digital Elevation Modeling in Urban Land Use Planning. *Sustainabilit*y. 2026. Vol. 18, No. 6. Art. 3047. DOI: https://doi.org/10.3390/su18063047.
7. Куліковська О., Ступень Р., Колодій П. Про міську програму містобудівної діяльності та створення геоінформаційної електронної містобудівної кадастрової системи Кривого Рогу: сутність, структура та очікувані результати. *Містобудування та територіальне планування.* 2026. № 91. С. 650–664. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2026.91.650-664.
8. Yevdokimov A., Mamonov K., Radzinska Y., Shterndok E., Nesterenko S. Methodical principles of application of geoinformation systems and technologies in urban planning monitoring of real estate of territorial communities. *Automobile Roads and Road Constructio*n. 2025. Vol. 118, No. 1. P. 114–122. DOI: https://doi.org/10.33744/0365-8171-2025-118.1-114-122.
9. Радзінська Ю. Б., Кузьменко С. Ю., Жегульська А. О. Геоінформаційні системи у плануванні містобудівних рішень. Комунальне господарство міст. 2025. Т. 3, вип. 191. С. 408–412. DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-3-191-408-412.
10. Janowicz K., Gao S., McKenzie G., Hu Y., Bhaduri B. GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. *International Journal of Geographical Information Science.* 2020. Vol. 34, No. 4. P. 625–636. DOI: https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500.
11. Aidaoui A., Dechaicha A., Alkama D., Menai I., Salah Salah H. Mapping Tomorrow's Cities: GeoAI Strategies for Sustainable Urban Planning and Land Use Optimization. *Journal of Contemporary Urban Affairs.* 2024. Vol. 8, No. 1. P. 158–176. DOI: https://doi.org/10.25034/ijcua.2024.v8n1-9.
12. Petrosyan M., Efendyan P. Geo-AI in Spatial Data Infrastructure: A Comprehensive Review. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2025. Вип. I (49). С. 38–41. DOI: https://doi.org/10.33841/1819-1339-1-49-38-41.
13. Magagnoli B., Romio F. A. P., Lobosco G., Tinti L. Interconnected Landscapes: Multiscale Integration of Earth Observation and GIS for Sustainable Planning. *Journal of Landscape Architecture*. 2025. P. 219–226. DOI: https://doi.org/10.14627/537754020.
14. Neag A.-M., Matei F., Sălăgean T., Pop I., Truță A. L., Mălinaș C. Smart Land Management through GIS–Innovative System of Monitoring Fragmentation and Infrastructure Development. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. *Forestry and Cadastre.* 2025. Vol. 82, No. 1. P. 1–8. DOI: https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fc:2025.0013.
15. Luengo Cartagena Á., Díez-Pisonero R. Strategic Land Assessment, Land Suitability, and Territorial Intelligence for Metropolitan Infrastructure: Rethinking Airport Location in the Madrid Region. *Land.* 2025. Vol. 14, No. 10. Art. 2018. DOI: https://doi.org/10.3390/land14102018.
16. Kasiyanchuk D., Davybida L. Geoinformation modelling for the siting of industrial

solar power plants considering landslide processes in mountainous areas. Geodynamics. 2025. Vol. 2 (39). P. 83–98. DOI: https://doi.org/10.23939/jgd2025.02.083.
17. Касіянчук Д. Геоінформаційне забезпечення ухвалення рішень щодо обміну та консолідації земель у межах територіального планування. Airport Planning, Construction and Maintenance Journal. 2025. № 2. С. 91–99. DOI: https://doi.org/10.32782/apcmj.2025.2.9.
18. Про охорону культурної спадщини : Закон України від 08.06.2000 № 1805-III. Ст. 32. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1805-14#Text (дата звернення: 14.10.2026).

References

1. Novakovskyi L. Ya., Martyn A., Novakovska I., Slavin I., Skrypnyk L. Formation of land use restrictions by geoinformation analysis methods in spatial planning (on the example of territory around the airfields). *Ukrainian Geographical Journal.* 2021. No. 1. P. 44–53. DOI: https://doi.org/10.15407/UGZ2021.01.044.
2. Koshel A., Denysiuk B., Poltavets A. Algorithm for the Use of Geoinformation Technologies for the Purpose of Geoecological Monitoring of Territorial Communities. *Land Management, Cadastre and Land Monitoring*. 2025. No. 4. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.08.
3. Bourbonnais M. L. Applications of geographic information systems, spatial analysis, and remote sensing in environmental impact assessment. Routledge Handbook of Environmental Impact Assessment. 1st ed. Routledge, 2022. Chapter 12. P. 201–220. DOI: https://doi.org/10.4324/9780429282492-13.
4. Mansourihanis O., Maghsoodi Tilaki M. J., Yousefian S., Zaroujtaghi A. A Computational Geospatial Approach to Assessing Land-Use Compatibility in Urban Planning. *Land.* 2023. Vol. 12, No. 11. Art. 2083. DOI: https://doi.org/10.3390/land12112083.
5. Sahin E., Iban M. C., Bilgilioğlu S. S. Remote Sensing-Enabled Urban Growth Simulation Overlaid with AHP-GIS-Based Urban Land Suitability for Potential Development in Mersin Metropolitan Area, Türkiye. Applied Sciences. 2024. Vol. 14, No. 8. Art. 3484. DOI: https://doi.org/10.3390/app14083484.
6. Kulikovska O., Kolb I., Kovalyshyn O., Kolodiy P., Stupen R., Trzyniec K., Vasyuk V., Hutsol T. Integration of UAV Photogrammetry and GIS for Digital Elevation Modeling in Urban Land Use Planning. *Sustainability.* 2026. Vol. 18, No. 6. Art. 3047. DOI: https://doi.org/10.3390/su18063047.
7. Kulikovska O., Stupen R., Kolodii P. Pro misku prohramu mistobudivnoi diialnosti ta stvorennia heoinformatsiinoi elektronnoi mistobudivnoi kadastrovoi systemy Kryvoho Rohu: sutnist, struktura ta ochikuvani rezultaty [On the urban planning program and the creation of a geoinformation electronic urban cadastral system of Kryvyi Rih: essence, structure and expected results]. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia.* 2026. No. 91. P. 650–664. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815x.2026.91.650-664. [in Ukrainian].
8. Yevdokimov A., Mamonov K., Radzinska Y., Shterndok E., Nesterenko S. Methodical principles of application of geoinformation systems and technologies in urban planning monitoring of real estate of territorial communities. *Automobile Roads and Road Construction.* 2025. Vol. 118, No. 1. P. 114–122. DOI: https://doi.org/10.33744/0365-8171-2025-118.1-114-122.
9. Radzinska Yu. B., Kuzmenko S. Yu., Zhehulska A. O. Heoinformatsiini systemy u planuvanni mistobudivnykh rishen [Geoinformation systems in urban planning decisions]. *Komunalne hospodarstvo mist.* 2025. Vol. 3, No. 191. P. 408–412.

DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-3-191-408-412. [in Ukrainian].
10. Janowicz K., Gao S., McKenzie G., Hu Y., Bhaduri B. GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. *International Journal of Geographical Information Science*. 2020. Vol. 34, No. 4. P. 625–636. DOI: https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500.
11. Aidaoui A., Dechaicha A., Alkama D., Menai I., Salah Salah H. Mapping Tomorrow's Cities: GeoAI Strategies for Sustainable Urban Planning and Land Use Optimization. *Journal of Contemporary Urban Affairs*. 2024. Vol. 8, No. 1. P. 158–176. DOI: https://doi.org/10.25034/ijcua.2024.v8n1-9.
12. Petrosyan M., Efendyan P. Geo-AI in Spatial Data Infrastructure: A Comprehensive Review. Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva. 2025. Issue I (49). P. 38–41. DOI: https://doi.org/10.33841/1819-1339-1-49-38-41.
13. Magagnoli B., Romio F. A. P., Lobosco G., Tinti L. Interconnected Landscapes: Multiscale Integration of Earth Observation and GIS for Sustainable Planning. J*ournal of Landscape Architecture.* 2025. P. 219–226. DOI: https://doi.org/10.14627/537754020.
14. Neag A.-M., Matei F., Sălăgean T., Pop I., Truță A. L., Mălinaș C. Smart Land Management through GIS–Innovative System of Monitoring Fragmentation and Infrastructure Development. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Forestry and Cadastre*. 2025. Vol. 82,* No. 1. P. 1–8. DOI: https://doi.org/10.15835/buasvmcn-fc:2025.0013.
15. Luengo Cartagena Á., Díez-Pisonero R. Strategic Land Assessment, Land Suitability, and Territorial Intelligence for Metropolitan Infrastructure: Rethinking Airport Location in the Madrid Region. Land. 2025. Vol. 14, No. 10. Art. 2018. DOI: https://doi.org/10.3390/land14102018.
16. Kasiyanchuk D., Davybida L. Geoinformation modelling for the siting of industrial solar power plants considering landslide processes in mountainous areas. *Geodynamics.* 2025. Vol. 2(39). P. 83–98. DOI: https://doi.org/10.23939/jgd2025.02.083.
17. Kasiyanchuk D. Heoinformatsiine zabezpechennia ukhvalennia rishen shchodo obminu ta konsolidatsii zemel u mezhakh terytorialnoho planuvannia [Geoinformation support for decision-making on land exchange and consolidation within territorial planning]. Airport Planning, *Construction and Maintenance Journal.* 2025. No. 2. P. 91–99. DOI: https://doi.org/10.32782/apcmj.2025.2.9.
18. Pro okhoronu kulturnoi spadshchyny [On the protection of cultural heritage]. (2000). Law of Ukraine No. 1805-III of June 8, 2000, Article 32. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1805-14#Text

Kolb I., Tkachyk Y.

FUNCTIONAL SYSTEMATIZATION AND CONCEPTUAL SEQUENCE OF APPLYING GEOINFORMATION METHODS TO SPATIAL PLANNING TASKS IN TERRITORIAL COMMUNITIES

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 189-207.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.12

Abstract. *The article presents a functional systematization of modern geoinformation methods used to address spatial planning tasks in territorial communities. The aim of the study is to determine the functional purposes of geoinformation methods and to develop a conceptual se-*

quence for their selection and combination depending on the nature of the spatial planning task, the composition of the input geospatial data, and the expected spatial outcome. The methodological framework of the study includes comparative analysis, classification and generalization methods, and conceptual modeling.

The study identifies eight functional groups of geoinformation methods: spatial integration and overlay analysis; proximity and impact zone analysis; network analysis and spatial accessibility assessment; spatial statistics and geostatistical modeling; remote sensing and change monitoring; multicriteria land suitability assessment; scenario-based spatial modeling; and GeoAI (geospatial artificial intelligence) and machine learning methods. Relationships between spatial planning tasks, input geospatial data, processing methods, and resulting spatial outputs are established. The feasibility of sequentially or comprehensively combining several functional groups of methods is substantiated according to the nature of the task.

A conceptual sequence is developed: "spatial planning task → input geospatial data → analysis or modeling method → spatial result → result validation → planning decision." Its application is illustrated through the geoinformation processing of cadastral materials for the Svirzh Castle land parcel and the conceptual modeling of territorial restrictions in the QGIS environment. The potential for combining operations involving the reconstruction of the digital boundary of the land parcel, thematic representation of restrictions, and buffer modeling is demonstrated. Particular emphasis is placed on the need to distinguish between calculated results of geoinformation modeling and legally established boundaries of cultural heritage protection zones.

The practical significance of the findings lies in the potential application of the proposed functional systematization and conceptual sequence to support the justified selection and combination of geoinformation methods when addressing spatial planning tasks in territorial communities. The results are conceptual and methodological in nature. Further research will focus on the practical testing of the proposed approach, refinement of the geometric parameters of modeled zones, and quantitative validation of the results.

Keywords: *geographic information systems of territorial communities, geoinformation modelling of land resources, spatial planning, spatial analysis of land use, Earth observation, multicriteria analysis, GeoAI (Geospatial Artificial Intelligence).*

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

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 07.09.2026; Прийнято: 21.09.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК 528.4:332.3. http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.13

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЮ ЯК НАПРЯМ РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

М.С. КУНИЦЬКА,
доктор філософії, доцент кафедри маркшейдерії
E-mail: km_kms@ztu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-2649-0939
А.В. ПАНАСЮК,
кандидат технічних наук, доцент кафедри маркшейдерії
E-mail: kgt_pav@ztu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-7468-2022
С.С. ІСЬКОВ,
кандидат технічних наук, доцент кафедри маркшейдерії
E-mail: serga.iskov@ztu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-9618-489X
Державний університет "Житомирська політехніка"

Анотація. *У статті розглянуто роль геоінформаційних технологій у цифровій трансформації сучасної геодезії та землеустрою. Представлено цифрові робочі процеси опрацювання просторових даних у єдиному інформаційно-технологічному циклі. Практично апробовано функціональні можливості ГІС на земельній ділянці комунальної власності сільськогосподарського призначення площею 21,9068 га, розташованій на території Дядьковицької територіальної громади Рівненського району Рівненської області. Під час дослідження виконано комплекс геодезичних вимірювань із використанням GNSS-технологій у режимі RTK, аерофотознімання за допомогою безпілотного літального апарата (БПЛА) та фотограмметричне опрацювання матеріалів. У середовищі програмного комплексу QGIS реалізовано інтеграцію різнотипних просторових даних для отримання ко-*

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

ординат поворотних точок межі земельної ділянки, ортофотоплану, цифрової моделі рельєфу (ЦМР), картограми крутизни схилів, об'єктів інженерної інфраструктури (ПЛ 35 кВ та її охоронної зони), а також агровиробничих груп ґрунтів. Обґрунтовано роль сучасних ГІС не лише як засобу картографування, а як комплексного середовища для автоматизації проєктних рішень, просторового аналізу та контролю землекористування. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення цифрових робочих процесів у сфері землеустрою, ведення земельного кадастру та управління земельними ресурсами територіальних громад.

Ключові слова: *геодезія, землеустрій, цифрова трансформація, геоінформаційні технології, геопросторові дані, просторовий аналіз, QGIS, агровиробничі групи ґрунтів.*

Вступ

Традиційні методи геодезії та землеустрою переважно ґрунтувалися на прямих наземних вимірюваннях, астрономічних спостереженнях та використанні супутникових систем позиціонування, зокрема GPS і GNSS. Ці методи, хоча й дуже точні, часто вимагають багато часу та ресурсів. Однак поява геоінформаційних систем (ГІС) зумовила суттєву трансформацію в галузі геодезії та створила можливості для більш ефективного, точного й інтегрованого аналізу просторових даних. Технологія ГІС дозволяє збирати, аналізувати та візуалізувати геодезичні дані не лише ефективніше, але й динамічніше.

Цифрова трансформація галузі при цьому не обмежується переходом від аналогових приладів і паперових матеріалів до цифрових засобів вимірювання та електронних карт. Вона передбачає суттєвішу зміну організації робочих процесів, за якої отримання просторової інформації, її контроль, опрацювання, структуризація, аналіз і подальше використання формують єдиний інформаційно-технологічний цикл. Такий підхід сприяє скороченню кількості ручних операцій, зменшенню трудомісткості робіт, підвищенню оперативності опрацювання матеріалів та забезпечує можливість багаторазового використання сформованих геопросторових наборів даних та скорочує час, необхідний для створення топографічних карт і моделей, одночасно підвищуючи оперативність опрацювання, узгодженість та контроль якості просторової інформації. Крім того, завдяки інтеграції даних, таких як супутникові знімки, LiDAR та вимірювання GNSS, ГІС забезпечує основу для комплексного геопросторового аналізу, при застосуванні традиційних методів.

Водночас розвиток цифрових технологій формує нові вимоги до якості, сумісності та достовірності геопросторової інформації. Важливими залишаються питання узгодження систем координат, стандартизації форматів даних, забезпечення точності геодезичних вимірювань, контролю топологічної коректності відображення просторових об'єктів, організації обміну інформацією між різними інформаційними системами та підготовки фахівців до роботи в інтегрованому цифровому середо-

вищі. Саме тому дослідження цифрової трансформації геодезії та землеустрою має охоплювати не лише характеристику сучасних технічних засобів, а й оцінювання змін у самій структурі виконання професійних робіт.

Аналіз досліджень та публікацій по темі дослідження

Цифрова трансформація геодезії та землеустрою сьогодні є комплексним процесом, що охоплює широке коло геодезичних, правових та екологічних аспектів [1]. Впровадження цифрових технологій у землевпорядну діяльність пов'язане не лише з удосконаленням способів отримання просторових даних, а й із необхідністю їх нормативного, інформаційного та організаційного узгодження. Пріоритетним напрямом наукових досліджень залишається автоматизація управлінських процесів у сфері використання та охорони земельних ресурсів, що безпосередньо впливає на ефективність усієї системи землеустрою та формує передумови для переходу від фрагментарного опрацювання земельної інформації до її системного використання у цифровому середовищі [2].

Розвиток геоінформаційних систем (ГІС) визнається науковцями як ключова технологічна інноваційна стратегія, яка виходить за межі традиційного цифрового картографування [3]. Відповідно, розвиток ГІС можна розглядати як один із ключових чинників трансформації технологічної моделі геодезичних і землевпорядних робіт. Проте впровадження цих технологій, зокрема при модернізації електронних геодезичних мереж для потреб кадастру територіальних громад, потребує подолання низки технологічних бар'єрів та врахування суспільних імперативів. При цьому достовірність просторової інформації безпосередньо залежить від точності та координатної узгодженості вихідних даних [4]. Водночас дистанційний геодезичний моніторинг стає одним із головних інструментів сталого управління земельними ресурсами [5]. Використання технологій дистанційного спостереження розширює можливості систематичного контролю стану територій, виявлення просторових змін і накопичення часових рядів геоданих, що особливо важливо для оперативного землеустрою та моніторингу використання земель.

Значний інтерес дослідників викликають прикладні аспекти геодезії у розв'язанні проблем сталого розвитку міст, зокрема в контексті планування територій [6]. Питання практичного використання цифровізації в галузі широко висвітлюються у наукових розробках, що стосуються автоматизації створення та оновлення цифрових топографічних карт [7; 8]. Автоматизація картографічних процесів є одним із характерних проявів цифрової трансформації, оскільки дозволяє скорочувати кількість ручних операцій, забезпечувати структурованість геопросторових даних і спрощувати їхнє подальше оновлення та використання.

Важливим вектором розвитку галузі є також цифрова трансформація геотехнічних вишукувань, де активно впроваджуються нові методи та стратегічні дорожні карти [9]. Розширення цифрових методів у суміжних інженерних сферах підтверджує тенденцію до формування інтегрованого інформаційного середовища, в якому результати польових досліджень по-

єднуються з інструментами цифрового аналізу та моделювання. При цьому вища геодезія та інженерно-геодезичні вишукування продовжують виконувати роль метрологічної бази для верифікації даних супутникового моніторингу [10]. Окремі дослідження присвячені інтеграції геодезичних методів та даних дистанційного зондування Землі для забезпечення якісного картографічного супроводу містобудівної документації [11].

Метою статті є обґрунтування ролі геоінформаційних технологій у цифровій трансформації геодезії та землеустрою та апробація їхніх функціональних можливостей на прикладі формування, просторового аналізу й картографічного відображення земельної ділянки.

Матеріали і методи дослідження

Методологічною основою дослідження стало комплексне застосування геоінформаційного підходу для опрацювання, інтеграції, аналізу та картографічного представлення геодезичних і землевпорядних даних. Практична апробація передбачала перевірку функціональних можливостей геоінформаційних систем (ГІС) під час створення просторової моделі земельної ділянки, її наповнення атрибутивними даними, проведення просторового аналізу та підготовки картографічних і землевпорядних матеріалів.

Об’єктом дослідження обрано земельну ділянку комунальної власності сільськогосподарського призначення площею 21,9068 га, розташовану на території Дядьковицької територіальної громади Рівненського району Рівненської області.

Вихідні матеріали: координати поворотних точок меж земельної ділянки, результати геодезичних вимірювань, кадастрові та картографічні матеріали, ортофотографічні дані, відомості про склад земельних угідь, агровиробничі групи ґрунтів та матеріали нормативної грошової оцінки. Наведена сукупність даних сформувала інформаційну основу для геоінформаційного моделювання та просторового аналізу досліджуваної території.

Апаратно-інструментальне забезпечення (обладнання): Для виконання польових геодезичних робіт використано високоточний GNSS-приймач Trimble R8 GNSS (Model 2) із підтримкою RTK-вимірювань, паспортна точність яких становить ±(8 мм + 1 ppm) у плані та ±(15 мм + 1 ppm) за висотою (RMS). Для виконання контрольних геодезичних вимірювань застосовано електронний тахеометр SOUTH NTS-355R+ із паспортною кутовою точністю 5″ і точністю вимірювання відстаней на призму ±(2 мм + 2 ppm × D), де D – вимірювана відстань. Його використання забезпечувало додаткову перевірку геометричних параметрів сформованого контуру та узгодження результатів польових вимірювань із координатною моделлю земельної ділянки. Для аерофотознімання досліджуваної території використано БПЛА DJI Mavic 3 Pro квадрокоптерного типу, оснащений цифровою камерою, придатною для отримання матеріалів аерофотознімання. Основні параметри камери: матриця CMOS 4/3; об'єктив: 84°, f/2,8-f/11; чутливість, ISO: відео: 100-12800; фото: 100 – 12800; роздільна здатність фото, точок: 5280x3956.

Камеральне опрацювання: результати геодезичних вимірювань,

векторизація просторових об'єктів і підготовка окремих складових землевпорядної документації здійснювалися у програмному комплексі Digitals. Геоінформаційне середовище QGIS використовувалося для імпорту та редагування векторних даних, формування меж земельної ділянки, атрибутивного наповнення об'єктів, інтеграції різнотипних геопросторових даних, виконання просторових операцій та картографічної візуалізації результатів. Мобільний додаток DJI Fly застосовано для налаштування параметрів БПЛА та контролю його роботи, а 3Dsurvey Pilot – для планування польотної місії, визначення меж досліджуваної території й формування маршруту аерофотознімання.

У дослідженні застосовано геодезичний, геоінформаційний, картографічний і просторово-аналітичний методи. Геодезичний метод використано для визначення координат меж земельної ділянки; геоінформаційний – для формування та опрацювання точкових і полігональних просторових об'єктів; картографічний – для відображення результатів у вигляді планів і тематичних схем; методи просторового аналізу – для визначення геометричних характеристик земельної ділянки, перевірки її геометрії, аналізу взаємного розташування просторових об'єктів та поєднання тематичних шарів.

Практична апробація функціональних можливостей ГІС здійснювалася послідовно. На першому етапі проведено комплекс геодезичних робіт для визначення координат межових знаків об'єкта дослідження. Далі виконано імпорт координат поворотних точок та формування точкового шару. На їхній основі побудовано замкнений полігон меж земельної ділянки, визначено площу та периметр, а також проведено перевірку геометричної коректності. Наступний етап включав аерознімання, фотограмметричне опрацювання та створення ортофотоплану і цифрової моделі рельєфу. Після цього виконано атрибутивне наповнення просторового об'єкта відомостями про площу, цільове призначення, склад земельних угідь та інші характеристики. Для розширення аналітичних можливостей геоінформаційної моделі межі

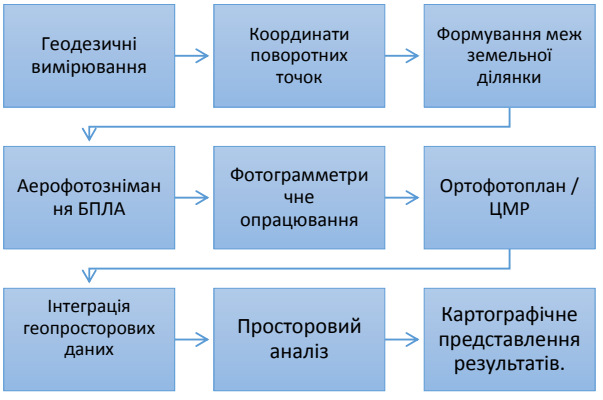


Рис. 1. Схема технології геоінформаційного опрацювання результатів геодезичних досліджень місцевості

Джерело: розроблено авторами

земельної ділянки було поєднано з кадастровими, ортофотографічними та тематичними матеріалами. Окрему увагу приділено аналізу просторового розподілу агровиробничих груп ґрунтів у межах досліджуваної ділянки та їх зв'язку з матеріалами нормативної грошової оцінки. Просторове накладання тематичних шарів дало змогу встановити положення відповідних ґрунтових контурів у межах земельної ділянки та сформувати картографічне представлення результатів.

Загальну послідовність геоінформаційного опрацювання можна представити у вигляді технологічного ланцюга від геодезичного вимірювання до картографічного представлення результатів (рис.1).

Результати дослідження та їх обґрунтування

За даними сучасних досліджень, інтеграція GNSS, ДЗЗ та ГІС забезпечує скорочення трудомісткості окремих геодезичних процесів та розширює можливості просторового аналізу [9, 12, 13]. З огляду на це функціональні можливості ГІС було практично апробовано на досліджуваній земельній ділянці.

Практична апробація функціональних можливостей геоінформаційних технологій проведена на земельній ділянці комунальної власності площею 21,9068 га, яка розташована на території Дядьковицької територіальної громади Рівненського району Рівненської області (рис.2). Спостереження виконували в режимі реального часу (RTK) із використанням референцних GNSS-станцій мережі ZAKPOS. З'єднання із сервером мережі здійснювали через мобільний інтернет (GPRS), а коригувальні поправки передавали у форматі RTCM v3.x. Для їх формування застосовували технологію мережевого RTK Master Auxiliary Corrections (MAX), яка використовує дані голов-

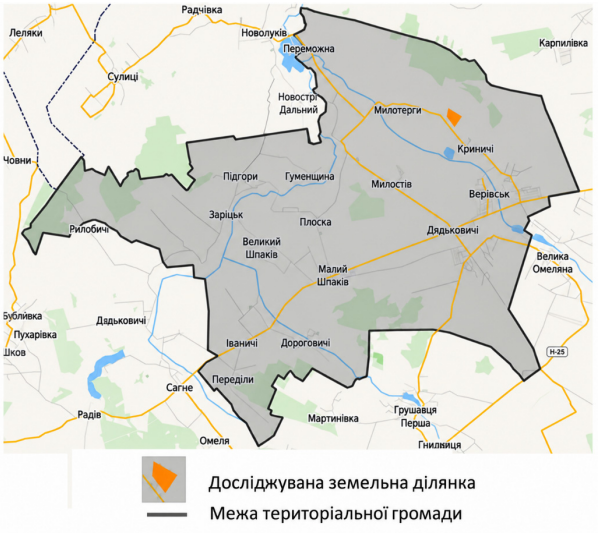


Рис.2. Розташування досліджуваної земельної ділянки на картографічній основі OpenStreetMap

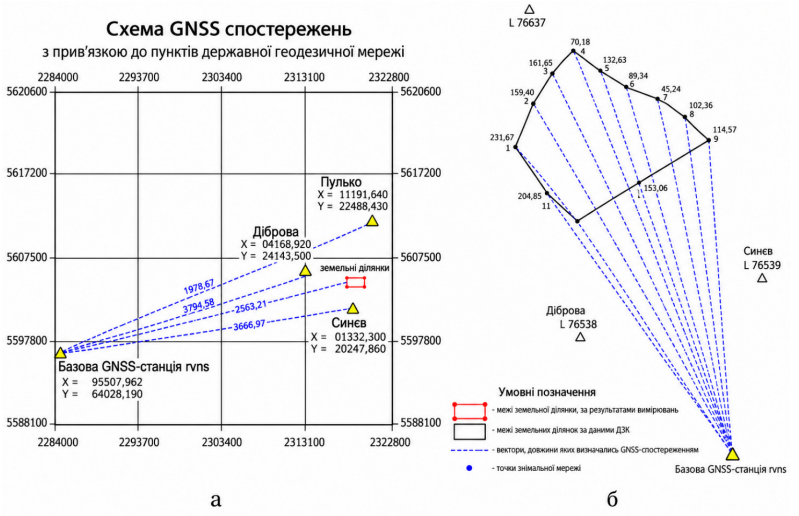
Джерело: розроблено авторами

ної (Master) та допоміжних (Auxiliary) базових станцій, що автоматично визначаються залежно від положення приймача. Розрахунок поправок виконувався програмним комплексом Trimble GNSS Spider v4.3.

Контроль диференційного поля RTK-мережі ZAKPOS здійснювали на пунктах ДГМ Синев, Діброва та Пулько з використанням координат, отриманих від Адміністратора банку геодезичних даних. Розбіжність у значеннях координат контрольних пунктів не перевищує 0,5 м, що відповідає п. 8 «Порядку використання Державної геодезичної референтної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою» [15]. За результатами RTK-спостережень виконано координатну прив'язку поворотних точок меж земельної ділянки до пунктів Державної геодезичної мережі (ДГМ), схему якої наведено на рис. 3а. Координати поворотних точок меж досліджуваної земельної ділянки визначено за результатами GNSS-спостережень (рис.3б), які стали вихідною просторовою основою для подальшого геоінформаційного опрацювання.

На наступному етапі координатні дані імпортовано до програмного середовища QGIS, де на основі точкового шару характерних точок сформовано полігональний контур земельної ділянки, визначено геометричні характеристики земельної ділянки, виконано перевірку коректності її геометрії та сформовано атрибутивну інформацію. Для візуального контролю просторового положення меж контур земельної ділянки було суміщено з ортофотографічною основою.

Аерофотознімання із застосуванням БПЛА виконано для розширення інформаційного наповнення геоінформаційної моделі та отримання актуальної детальної просторової основи досліджуваної території. Під час планування польотного завдання



а б

Рис. 3. Геодезичне забезпечення визначення меж земельної ділянки: а – схема прив'язки до пунктів геодезичної мережі; б – схема визначення координат поворотних точок меж земельної ділянки.

Джерело: розроблено авторами

враховано конфігурацію земельної ділянки для суцільного перекриття досліджуваної території. Загальна кількість запроєктованих фотознімків становила 652, розрахункова висота польоту – 100 м, швидкість – 8 м/с, а орієнтовна довжина маршруту – 7,36 км. Сформований маршрут аерофотознімання (рис.4а) забезпечив одержання вихідних матеріалів для подальшого фотограмметричного опрацювання та інтеграції результатів у геоінформаційне середовище.

За результатами фотограмметричного опрацювання матеріалів аерофотознімання сформовано ортофотоплан досліджуваної території (рис.4б). Інтеграція ортофотоплану в середовище ГІС забезпечила можливість накладання векторних меж земельної ділянки з фактичним зображенням місцевості та здійснення візуального контролю її просторового положення відносно контурів угідь, дорожньої мережі й інших елементів території. У результаті побудовано висотну матрицю рельєфу досліджуваної території (рис.5а) та представлено просторову

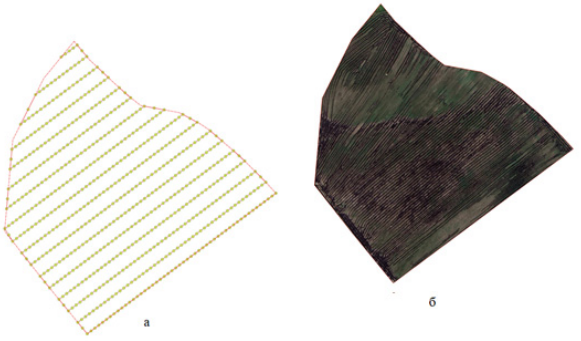


Рис. 4. Аерофотознімання досліджуваної земельної ділянки: а – схема польотного маршруту БПЛА; б – ортофотоплан за результатами фотограмметричного опрацювання.

Джерело: розроблено авторами

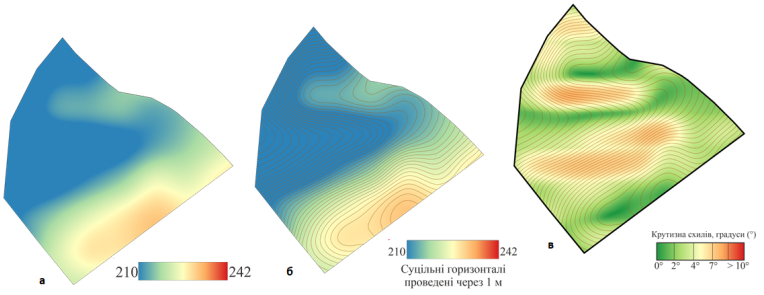


Рис. 5. Морфометрична характеристика рельєфу досліджуваної земельної ділянки: а – висотна матриця рельєфу за результатами фотограмметричного опрацювання матеріалів БПЛА; б – цифрова модель рельєфу з горизонталями; в – картограма крутизни схилів.

Джерело: розроблено авторами

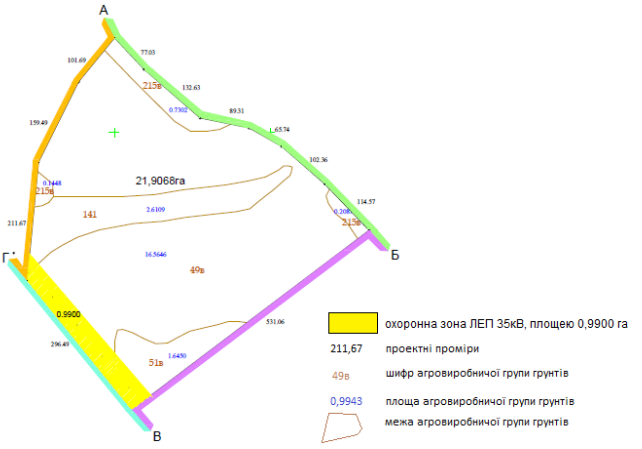


Рис. 6. Просторове розташування ПЛ 35 кВ та її охоронної зони в межах досліджуваної земельної ділянки.

Джерело: сформовано авторами за даними Публічної кадастрової карти України, шар «Агровиробничі групи ґрунтів» [16].

диференціацію рельєфу в цифровому вигляді (ЦМР) (рис.5б). Подальший морфометричний аналіз території земельної ділянки дозволив скласти картограму крутизни схилів. Отримана картограма забезпечує оцінювання умов сільськогосподарського використання території та виконання землевпорядних робіт (рис.5в). У межах досліджуваної земельної ділянки проходить повітряна лінія електропередачі (ЛЕП) напругою 35 кВ, що була встановлена під час геоінформаційного опрацювання просторових даних. ЛЕП виділено окремим тематичним шаром, це дало змогу детально дослідити її просторове положення відносно меж земельної ділянки та сусідніх об'єктів (рис.6).

Сформований окремий шар лінії електропередачі та її охоронної зони дозволив визначити частину земельної ділянки, на яку поширюються відповідні обмеження у використанні земель. Для повітряних ліній електропередачі напругою 35 кВ охоронну зону встановлюють на відстані 15 м по обидва боки від крайніх проводів за їхнього невідхиленого положення [14]. У результаті просторового накладання шарів визначено частину земельної ділянки площею 0,9900 га, на яку поширюється режим охоронної зони ПЛ 35 кВ. Використання ГІС забезпечує просторовий облік обмежень у використанні земель, пов'язаних з об'єктами інженерної інфраструктури.

До створеної полігональної моделі приєднано атрибутивні відомості про кадастровий номер, площу, форму власності, цільове призначення, вид угідь та наявні обмеження (табл. 1).

Таким чином, ГІС дозволяє поєднувати просторову геометрію земельної ділянки з її основними землевпорядними характеристиками у вигляді системи тематичних шарів для подальшого використання під час просторового аналізу (рис.7).

Просторове накладання полігона земельної ділянки на тематичний шар агровиробничих груп ґрунтів забез-

1. Структура тематичних шарів геоінформаційного проєкту досліджуваної земельної ділянки

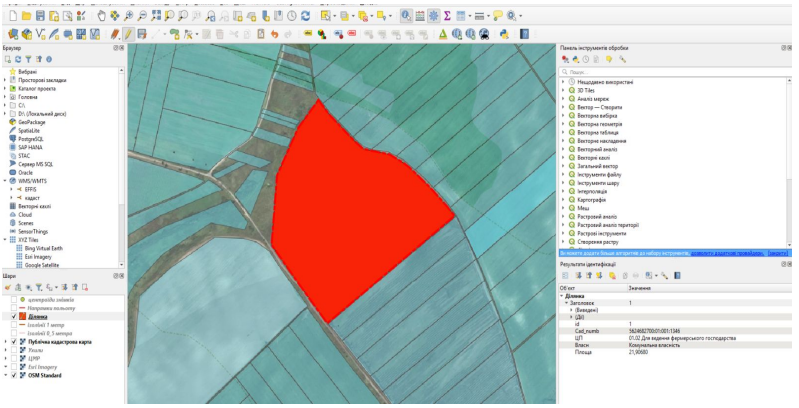
Шар	Тип геометрії	Основний зміст	Функціональне призначення
land_parcel	полігон	земельна ділянка	формування просторового контуру, визначення площі та просторовий аналіз
turning_points	точки	поворотні точки меж	зберігання координат характерних точок та контроль положення меж
parcel_ boundary	лінія	межа земельної ділянки	відображення конфігурації та визначення довжин сторін межі
orthophoto	растр	ортофотографічна основа	візуальний контроль просторового положення об'єктів та фактичного використання території
DEM	растр	висотна модель	аналіз висотних характеристик і форм рельєфу
slope	растр	крутизна схилів	визначення та картографування просторового розподілу ухилів
power_ line_35kv	лінія	ПЛ 35 кВ	відображення положення об'єкта інженерної інфраструктури
protection_ zone	полігон	охоронна зона ПЛ 35 кВ	визначення та аналіз територій з обмеженнями
soil_groups	полігон	агровиробничі групи ґрунтів	аналіз ґрунтового покриву та визначення площ контурів

Джерело: складено авторами

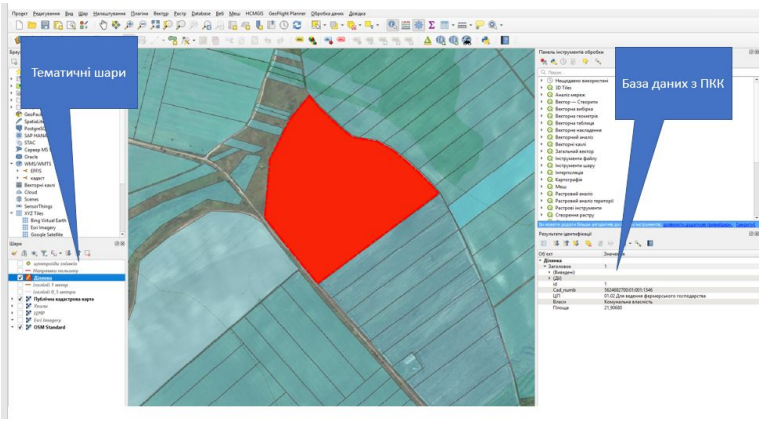
печило інтеграцію ґрунтових даних. Межі поширення окремих ґрунтових контурів на об'єкті дослідження встановлено за допомогою геоінформаційного аналізу та розраховано їхні площі. Це забезпечило поєднання геометричних характеристик земельної ділянки з якісними характеристиками ґрунтового покриву в єдиній геоінформаційній структурі (рис.8).

Для визначення належності досліджуваної земельної ділянки до відповідного природно-сільськогосподарського району використано природно-сільськогосподарське районування Рівненської області [16;17]. Накладання меж земельної ділянки на шар агровиробничих груп ґрунтів формує просторову основу для застосування показників нормативної грошової оцінки. Геоінформаційне опрацювання дає змогу виміряти площі окремих ґрунтових контурів та інтегрувати їх з відповідними оціночними характеристиками. Таким чином, ГІС забезпечує просторове узгодження кадастрових, ґрунтових та оціночних даних, необхідних для підготовки матеріалів нормативної грошової оцінки.

Формування землевпорядних картографічних матеріалів проведено на заключному етапі геоінформаційного опрацювання. Сформовані просторові шари стали основою для підготовки графічних матеріалів землевпорядної документації, що деталізують геометрію ділянки, її межі, склад угідь та просторові характеристики. Такий підхід забезпечив узгодженість геодезичних, кадастрових і тематичних даних та дозволив використовувати єдину просторову основу для підготовки графічної частини землевпорядної документації. У результаті ГІС виступає не лише засобом картографічної візуалізації, а й єдиним середовищем для комплексного узагальнення та оформлення результатів землевпорядних робіт.



а



б

Рис. 7. Організація просторових та атрибутивних даних земельної ділянки у середовищі QGIS: а – відображення полігона земельної ділянки та його атрибутивних характеристик; б – структура тематичних шарів і бази геопросторових даних

Джерело: складено авторами

Висновки

За результатами дослідження цифрову трансформацію геодезії та землеустрою доцільно розглядати як перехід до інтеграції різнорідних просторових даних у єдиному геоінформаційному середовищі. Використання ГІС забезпечує поєднання координат поворотних точок, меж земельних ділянок, кадастрових відомостей, ортофотографічних матеріалів, агровиробничих груп ґрунтів та інформації про обмеження у використанні земель. Практична апробація забезпечила формування ортофотоплану та цифрової моделі рельєфу, аналіз крутизни схилів, інтеграцію ґрунтових характеристик і визначення 0,9900 га земель, на які поширюється охоронна зона ПЛ 35 кВ. Такий результат відповідає розвитку ГІС як

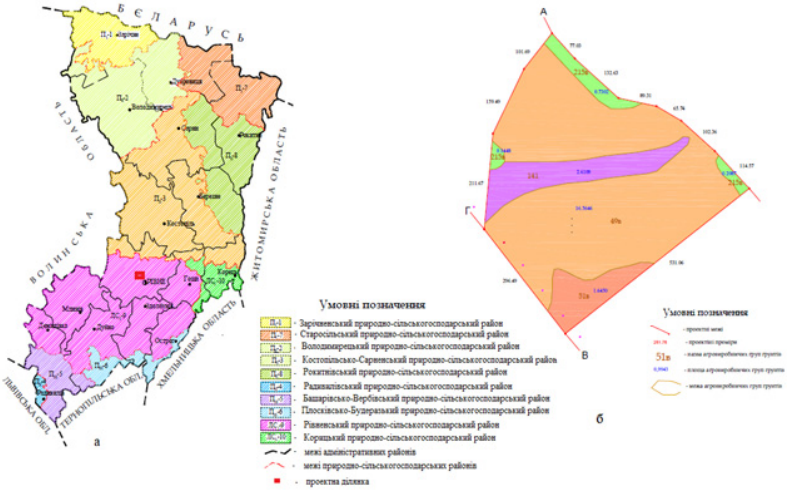


Рис. 8. Ґрунтово-просторова характеристика досліджуваної території: а – схема природно-сільськогосподарського районування Рівненської області; б – просторовий розподіл агровиробничих груп ґрунтів у межах земельної ділянки

Джерело: сформовано авторами за даними Публічної кадастрової карти України, шар «Агровиробничі групи ґрунтів» та «Природно-сільськогосподарське районування» [16].

базового інструменту аналізу та візуалізації геопросторової інформації. Водночас використання високоточних геодезичних даних як вихідної просторової основи свідчить про важливість модернізації геодезичного забезпечення кадастрових і землевпорядних робіт. Це демонструє перехід від окремих вимірювань до комплексного геоінформаційного опрацювання об’єкта.

Подальший розвиток цифрової трансформації геодезії та землеустрою доцільно пов’язувати з удосконаленням автоматизованої інтеграції різнотипних геопросторових даних, розширенням засобів просторового аналізу та створенням уніфікованих цифрових робочих процесів для виконання землевпорядних завдань.

Список використаної літератури

1. Соловйов І., Гарькава В., Арамян А., Гончарук О., Калина Т. Цифрова трансформація землеустрою: геодезичні, правові та екологічні аспекти. *Просторовий розвиток.* 2025. №15. С.670–683. https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.15.670-683
2. Ступень О.І., Прокопенко Н.І., Шевчук С.М. Цифрова трансформація системи землеустрою: автоматизація управлінських процесів у сфері використання та охорони земельних ресурсів. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2025. № 212 С.172-184. https://doi.org/10.18664/1994-7852.212.2025.336296
3. Нестеренко О.В. Яцук П.П. Розвиток геоінформаційних систем як технологічна інноваційна стратегія. Екологічна безпе-

ка та природокористування. 2026, №1, с. 141-160 https://doi.org/10.32347/2411-4049.2026.1.141-160

4. Удовенко І. О., Смоленська Л. І., Молнар Д. С. Модернізація електронної геодезичної мережі для потреб кадастру територіальних громад: технологічні бар'єри та суспільні імперативи. *Технічні науки та технології.* 2025. № 4(42). С. 581-591. DOI: https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-4(42)-581-591.
5. Браславська О.В., Нестеренко С.В., Герасимчук О.Л. Дистанційний геодезичний моніторинг: ключовий інструмент сталого управління земельними ресурсами. *Містобудування та територіальне планування.* 2025. Вип. 89. С. 488-502. DOI: 10.32347/2076-815X.2025.89.488-502
6. Гой В.В., Хархаліс М.Р., Фоменко В.А. Геодезія у вирішенні проблем сталого розвитку міст: аналіз планування міських територій. *Просторовий розвиток.* 2024. №7. С.382-392. DOI: 10.32347/2786-7269.2024.7.382-395
7. Artemov V., Movchan T., Vikulina L. Practical use of digitalization in geodesy and land management. *Вісник Львівського національного аграрного університету: економіка АПК*. 2020. № 27. С. 167-172 http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2933/1/Lnau_21_12_.pdf
8. Stadnikov V., Likhva N., Miroshnichenko N., Kostiuk V., Dorozhko Y. Exploring Geoinformation Technology Potential for Automating the Development and Maintenance of Digital Topographic Maps. *African Journal of Applied Research.* 2025. Vol. 11 (1). P. 146-156. https://www.ajaronline.com/index.php/AJAR/article/view/832/494
9. Hua Yi., Li Yi., Li H. Digital transformation in geotechnical site characterization: trends, methods, and future roadmaps. Cogent engineering. 2026. Vol. 13 (1). 2677996. https://doi.org/10.1080/23311916.2026.2677996
10. Доброходова. О.В., Радзінська Ю.Б., Воронков О.О. Вища геодезія та інженерно-геодезичні вишукування як метрологічна основа для верифікації та аналізу даних супутникового моніторингу. *Науковий вісник будівництва.* 2026. № 114. С. 342-352. DOI 10.33042/2311-7257.2026.114.1.37
11. Пілічева М.О., Данилюк А.А. Аналіз геодезичних методів та даних дистанційного зондування для формування картографічного забезпечення містобудівної документації. Комунальне господарство міст. 2025. Том 1, Вип. 189. С. 271-279 DOI: 10.33042/2522-1809-2025-1-189-271-279
12. Заболотна Ю.О., Азюковський О.О., Расцвєтаєв В.О., Кучин О.С., Бабенко М.В. Концепція застосування сучасних геодезичних методів при проєктуванні та спорудженні перетинів магістральних трубопроводів із залізничними коліями. *Національний гірничий університет. Збірник наукових праць.* 2025. № 81. С. 209-221. https://doi.org/10.33271/crpnmu/81.209
13. Kasimov M. Application of geographic information systems in the field of geodesy. *European Journal of Pedagogical Initiatives and Educational Practices*. 2024. Vol. 2. №11. P.19-30. https://europeanscience.org/index.php/4/article/view/1004 (дата звернення: 20.08.2026).
14. Про затвердження Правил охорони електричних мереж: постанова Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2022 р. № 1455. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1455-2022-%D0%BF#Text (дата звернення: 20.08.2026).
15. Порядок використання Державної геодезичної референцної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою: наказ Міністерства аграр-

ної політики та продовольства України від 02.12.2016р. № 509. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16#Text (дата звернення: 20.08.2026).
16. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. Публічна кадастрова карта України. URL: https://map.land.gov.ua/ (дата звернення: 20.08.2026).
17. Мартин А.Г., Осипчук С.О., Чумаченко О.М. Природно-сільськогосподарське районування України: монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2015. 328 с.

References

1. Soloviov, I., Harkava, V., Aramian, A., Honcharuk, O., & Kalyna, T. (2025). Tsyfrova transformatsiia zemleustroiu: heodezychni, pravovi ta ekolohichni aspekty [Digital transformation of land management: Geodetic, legal and environmental aspects]. Prostorovyi Rozvytok, *(15), 670–683. D*OI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2025.15.670-683
2. Stupen, O. I., Prokopenko, N. I., & Shevchuk, S. M. (2025). Tsyfrova transformatsiia systemy zemleustroiu: avtomatyzatsiia upravlinskykh protsesiv u sferi vykorystannia ta okhorony zemelnykh resursiv [Digital transformation of the land management system: Automation of management processes in the use and protection of land resources]. *Zbirnyk Naukovykh Prats Ukrainskoho Derzhavnoho Universytetu Zaliznychnoho Transportu*, (212), 172–184. DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.212.2025.336296
3. Nesterenko, O. V., & Yatsuk, P. P. (2026). Rozvytok heoinformatsiinykh system yak tekhnolohichna innovatsiina stratehiia [Development of geographic information systems as a technological innovation strategy]. *Ekolohichna Bezpeka ta Pryrodokorystuvannia*, (1), 141–160. DOI: https://doi.org/10.32347/2411-4049.2026.1.141-160
4. Udovenko, I. O., Smolenska, L. I., & Molnar, D. S. (2025). Modernizatsiia elektronnoi heodezychnoi merezhi dlia potreb kadastru terytorialnykh hromad: tekhnolohichni bariery ta suspilni imperatyvy [Modernization of the electronic geodetic network for the needs of territorial community cadastre: Technological barriers and social imperatives]. *Tekhnichni Nauky ta Tekhnolohii,* 4(42), 581–591. DOI: https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-4(42)-581-591
5. Braslavska, O. V., Nesterenko, S. V., & Herasymchuk, O. L. (2025). Dystantsiinyi heodezychnyi monitorynh: kliuchovyi instrument staloho upravlinnia zemelnymy resursamy [Remote geodetic monitoring: A key tool for sustainable land resource management]. *Mistobuduvannia ta Terytorialne Planuvannia*, (89), 488–502. DOI: https://doi.org/10.32347/2076-815X.2025.89.488-502
6. Hoi, V. V., Kharkhalis, M. R., & Fomenko, V. A. (2024). Heodeziia u vyrishenni problem staloho rozvytku mist: analiz planuvannia miskykh terytorii [Geodesy in solving urban sustainable development problems: Analysis of urban territory planning]. *Prostorovyi Rozvytok,* (7), 382–392. DOI: https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.7.382-395
7. Artemov, V., Movchan, T., & Vikulina, L. (2020). Practical use of digitalization in geodesy and land management. Visnyk Lvivskoho Natsionalnoho Ahrarnoho Universytetu: *Ekonomika APK,* (27), 167–172. Available at: http://lib.osau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2933/1/Lnau_21_12_.pdf
8. Stadnikov, V., Likhva, N., Miroshnichenko, N., Kostiuk, V., & Dorozhko, Y. (2025). Exploring geoinformation technology potential for automating the development and maintenance of digital topographic maps. *African Journal of Applied Research,* 11(1), 146–156. Available at: https://www.aja-

ronline.com/index.php/AJAR/article/view/832/494

9. Hua, Y., Li, Y., & Li, H. (2026). Digital transformation in geotechnical site characterization: Trends, methods, and future roadmaps. *Cogent Engineering,* 13(1), Article 2677996. DOI: https://doi.org/10.1080/23311916.2026.2677996
10. Dobrokhodova, O. V., Radzinska, Yu. B., & Voronkov, O. O. (2026). Vyshcha heodeziia ta inzhenerno-heodezychni vyshukuvannia yak metrolohichna osnova dlia veryfikatsii ta analizu danykh suputnykovoho monitorynhu [Higher geodesy and engineering-geodetic surveys as a metrological basis for verification and analysis of satellite monitoring data]. *Naukovyi Visnyk Budivnytstva,* (114), 342–352. DOI: https://doi.org/10.33042/2311-7257.2026.114.1.37
11. Pilicheva, M. O., & Danyliuk, A. A. (2025). Analiz heodezychnykh metodiv ta danykh dystantsiinoho zonduvannia dlia formuvannia kartohrafichnoho zabezpechennia mistobudivnoi dokumentatsii [Analysis of geodetic methods and remote sensing data for the development of cartographic support for urban planning documentation]. *Komunalne Hospodarstvo Mist,* 1(189), 271–279. DOI: https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-1-189-271-279
12. Zabolotna, Yu. O., Aziukovskyi, O. O., Rastsvietaiev, V. O., Kuchyn, O. S., & Babenko, M. V. (2025). Kontseptsiia zastosuvannia suchasnykh heodezychnykh metod pry proiektuvanni ta sporudzhenni peretyniv mahistralnykh truboprovodiv iz zaliznychnymy koliiamy [Concept of applying modern geodetic methods in the design and construction of crossings of main pipelines with railway tracks]. *Natsionalnyi Hirnychyi Universytet. Zbirnyk Naukovykh Prats*, (81), 209–221. DOI: https://doi.org/10.33271/crpnmu/81.209
13. Kasimov, M. (2024). Application of geographic information systems in the field of geodesy. European Journal of Pedagogical Initiatives and Educational Practices, 2(11), 19–30. Available at: https://europeanscience.org/index.php/4/article/view/1004
14. Pro zatverdzhennia Pravyl okhorony elektrychnykh merezh [On approval of the Rules for the protection of electric networks]. (2022). Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1455 of December 27, 2022. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1455-2022-%D0%BF#Text
15. Poriadok vykorystannia Derzhavnoi heodezychnoi referentsnoi systemy koordynat USK-2000 pry zdiisnenni robit iz zemleustroiu [Procedure for using 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
16. Derzhavna sluzhba Ukrainy z pytan heodezii, kartohrafii ta kadastru. (n.d.). Publichna kadastrova karta Ukrainy [Public cadastral map of Ukraine]. Available at: https://map.land.gov.ua/
17. Martyn, A. H., Osypchuk, S. O., & Chumachenko, O. M. (2015). Pryrodno-silskohospodarske raionuvannia Ukrainy: monohrafiia [Natural and agricultural zoning of Ukraine: Monograph]. TsP «Komprynt». 328.

Kunytska M., Panasiuk A., Iskov S.

THE DIGITALIZATION OF GEODESY AND LAND MANAGEMENT AS A DIRECTION FOR THE DEVELOPMENT OF MODERN GEOINFORMATION TECHNOLOGIES

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 208-223.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.13

Abstract. *The article examines the role of geoinformation technologies in the digital transformation of modern geodesy and land management. Digital workflows for processing spatial data within a unified information and technological cycle are presented. The functional capabilities of GIS were practically tested using a municipally owned agricultural land parcel with an area of 21.9068 ha, located within the Diadkovychi Territorial Community, Rivne District, Rivne Region. The study involved a set of geodetic measurements using GNSS technologies in RTK mode, unmanned aerial vehicle (UAV) aerial surveying, and photogrammetric processing of the acquired materials. In the QGIS software environment, heterogeneous spatial data were integrated to obtain the coordinates of the turning points of the land parcel boundary, an orthophoto map, a digital elevation model (DEM), a slope steepness map, engineering infrastructure objects (35 kV overhead power lines and their protection zone), as well as agro-production soil groups. The role of modern GIS is substantiated not only as a mapping tool, but also as an integrated environment for automating design solutions, spatial analysis, and land-use monitoring. The research results can be used to improve digital workflows in land management, land cadastre maintenance, and land resource management within territorial communities.*

Keywords: *geodesy, land management, digital transformation, geoinformation technologies, geospatial data, spatial analysis, QGIS, agro-production soil groups.*

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 12.08.2026; Прийнято: 26.08.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК 528:332.3 http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.14

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ У ГЕОДЕЗІЇ ТА ЗЕМЛЕУСТРОЇ В КОНТЕКСТІ СУЧАСНОГО СТАНУ І ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ

О.С. МАЛАЩУК,
кандидат економічних наук, доцент, в. о. завідувача кафедри геодезії, землеустрою та земельного кадастру,
E-mail: osmalashcuk@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7720-6475
Т.В. МОВЧАН,
кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії, землеустрою та земельного кадастру,
E-mail: mov4an.tata@gmail.com
ORCID: 0000-0002-8914-2632
Л.Ф. ВІКУЛІНА,
доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних технологій,
E-mail: lepole1@gmail.com
ORCID: 0000-0002-5467-5439
Одеський Державний Аграрний Університет

Анотація. *У статті досліджено сучасні цифрові технології та їхню роль і значення у галузі геодезії та землеустрою. Розглянуто впровадження цифрових трансформацій у виробничий процес прийняття управлінських рішень у сфері територіального розвитку, що зумовлено зростанням вимог до точності, оперативності та інтероперабельності просторових даних. Метою дослідження є аналіз ефективності впровадження цифрових технологій (GNSS-технологій, БПЛА-фотограмметрії, ГІС, штучного інтелекту тощо) у виробничий цикл землеустрою та визначення їхніх перспектив розвитку у цій сфері. Представлено еволюційний розвиток технічного оснащення галузі. Відзначено суттєве підвищення інформативності просторових даних завдяки переходу від традиційних тахеометричних методів до цифрових технологій. Розроблено аналітичне обґрунтування ефективності використання цифрових інструментів у геодезії та землеустрої, яке базується на системі показників точності, продуктивності та економічної доцільності. Проведено апробацію виробничого циклу, яка підтвердила переваги використання БПЛА та GNSS-приймачів за показниками трудомісткості, продуктивності та деталізації просторових даних під час проведення інвентаризації земельної ділянки (площею 10,7154 га) Зорянської територіальної громади Рівненського району Рівненської області. Виокремлено перспективи роз-*

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

витку галузі, які пов'язані з впровадженням штучного інтелекту для предиктивної аналітики земельних ресурсів, технологій «цифрових двійників» (Digital Twins) територій та блокчейн-рішень для гарантування безпеки даних у кадастрових реєстрах. Визначено майбутні вектори розвитку геодезії та землеустрою, які передбачають перехід від дискретних вимірювальних інструментів до автономних інтелектуальних систем, з потребою відповідної трансформації системи професійної підготовки кадрів та розширення навичок фахівців у сфері просторового моделювання та управління інтелектуальними даними.

Ключові слова: *геопросторові дані, геоінформаційні системи (ГІС), GNSS, безпілотні літальні апарати (БПЛА), фотограмметрія, дистанційне зондування Землі, штучний інтелект, цифрові двійники, блокчейн.*

Вступ

Розвиток геодезії та землеустрою на сучасному етапі визначається підвищенням вимог до точності, повноти, актуальності та інтероперабельності просторових даних. Ці параметри впливають безпосередньо на ефективність прийняття рішень у галузі земельного адміністрування, формування банку геопросторової інформації. У контексті європейської інтеграції України цифрові технології становлять основу для гармонізації національної системи геопросторових даних із вимогами Директиви 2007/2/ЄС INSPIRE [1], що передбачає стандартизацію, доступність, обмін та інтероперабельність просторової інформації [2].

Аналіз досліджень та публікацій по темі дослідження

Сучасний розвиток геодезії та землеустрою нерозривно пов'язаний із глобальною цифровізацією, що зумовлює перегляд традиційних підходів до збору, опрацювання та управління геопросторовими даними. Ключовим аспектом цифрової трансформації галузі є автоматизація управлінських процесів. Дослідження О. Ступень, Н. Прокопенка та С. Шевчук [3] наголошують на тому, що цифрова трансформація системи землеустрою є невід'ємною умовою ефективної охорони та використання земельних ресурсів. У контексті національних викликів України О. Нестеренко та П. Яцук [4] аналізують геоінформаційні системи як ключовий елемент національної інформаційної інфраструктури, який забезпечує ефективне управління територіями, природними ресурсами, обороною та безпекою. Взаємозв'язок між геодезичним забезпеченням та функціонуванням ГІС для вдосконалення землеустрою України детально розглядається у роботі М. Кухара та співавторів [5], де обґрунтовується важливість категоріального моделювання даних. D. Bulysheva [6] та T. Movchan [7] підкреслюють важливість застосування інноваційних підходів у системі управління рекреаційними земельними ресурсами, моніторингу земель і створенні цифрових паспортів територій, що сприяє підвищенню якості розроблення та обґрунтування заходів, спрямованих на досягнення очікуваних результатів.

Технологічний прогрес у геодезичних методах знімання суттєво розширив можливості просторового

аналізу. Зокрема, використання безпілотних літальних апаратів (БпЛА) для високоточного моделювання місцевості, описане у роботі [8], набуває широкого практичного застосування для сучасних кадастрових потреб. Крім того, у дослідженні проведено аналіз сучасного стану цифрової трансформації в Україні та принципів впровадження її в геодезії та землеустрої [9]. Досліджувана галузь не може існувати без цифрових технологій через те, що землевпорядні вишукування (інженерно-геодезичні, інженерно-геологічні, інженерно-економічні, інженерно-гідрометеорологічні та інженерно-технічні) виконуються з використанням сучасного цифрового обладнання, а опрацювання їхніх результатів здійснюється за допомогою спеціального програмного забезпечення, що підтверджує високу адаптивність технологій до специфічних галузевих завдань[10], таких як збереження культурної спадщини в контексті сучасних тенденцій урбанізації [11] та ефективності використання земельних ресурсів у розрізі зі природно-сільськогосподарських зон [12].

Впровадження концепції «цифрових двійників» (Digital Twins) як інструменту управління земельними ресурсами, на прикладі досвіду Південної Кореї [13], демонструє високий рівень інтеграції даних у реальному часі. Одночасно з цим, застосування методів машинного навчання у межах моделі земельного адміністрування (LADM) та структурне тематичне моделювання [14] відкривають нові перспективи для автоматизації складних адміністративних процедур.

Метою даної статті є аналіз ефективності впровадження цифрових технологій (GNSS-технологій, БПЛА-фотограмметрії, ГІС, штучного інтелекту тощо) у виробничий цикл землеустрою та визначення їхніх перспектив розвитку у цій сфері. Для досягнення мети було поставлено такі завдання: 1) проаналізувати еволюцію цифрових засобів; 2) провести експериментальне порівняння методів на полігоні; 3) оцінити переваги та обмеження використання БПЛА і GNSS під час інвентаризації земельної ділянки.

Матеріали і методи дослідження

Джерельну базу дослідження сформували публікації вітчизняних і зарубіжних авторів з питань землеустрою, геодезії та геоінформатики. У процесі дослідження використано загальнонаукові та спеціальні методи: дедукції (для систематизації знань), аналітичний (для огляду літератури щодо ГІС, ДЗЗ та ШІ у земельному адмініструванні) та метод порівняльного аналізу (для зіставлення традиційних і цифрових методів). Практична частина дослідження базується на проведенні пілотного експерименту (апробації) у виробничих умовах.

Об'єкт дослідження: земельна ділянка комунальної власності сільськогосподарського призначення площею 10,7154 га, розташована на території Зорянської територіальної громади Рівненського району Рівненської області.

Апаратно-інструментальне забезпечення (обладнання): GNSS-обладнання: високоточний GNSS-приймач A-GEO GeoPuls із підтримкою RTK-вимірювань, паспортна точність яких становить ±(8 мм + 1 ppm) у плані та ±(15 мм + 1 ppm) за висотою

[15]. БПЛА квадрокоптерного типу DJI Mavic 3 Pro, оснащений основною камерою Hasselblad із матрицею 4/3 CMOS та роздільною здатністю 20 Мп [16]. Геодезичне обладнання: електронний тахеометр Sokkia CX-105 із паспортною точністю вимірювання кутів 5″ та точністю вимірювання відстаней на призму ±(2 мм + 2 ppm × D), який використовувався для виконання контрольних та класичних тахеометричних вимірювань під час паралельного порівняльного експерименту [17].

Програмне забезпечення. Agisoft Metashape використане для фотограмметричного опрацювання матеріалів аерофотознімання, вирівнювання знімків, побудови щільної хмари точок і створення ортофотоплану високої роздільної здатності. Програмний комплекс Digitals застосовано для камерального опрацювання, дешифрування матеріалів аерофотозніманя, векторизації контурів та формування землевпорядної документації. AutoCAD використано для редагування векторних даних, побудови меж і формування плану земельної ділянки. Мобільний додаток DJI Fly застосовано для налаштування параметрів БПЛА та контролю його роботи, а 3Dsurvey Pilot – для планування польотної місії, визначення меж досліджуваної території й формування маршруту аерофотознімання.

Хід експерименту та етапи виконання робіт. Порівняння класичного і цифрового методів проводилося шляхом паралельного виконання робіт на тестовому полігоні за таким покроковим алгоритмом:

1. Закладення пунктів і геодезичне забезпечення: створення локальної знімальної мережі за допомогою GNSS-приймача A-GEO GeoPuls у режимі RTK із прив'язкою до державної геодезичної мережі УСК-2000 (Зона X2) для забезпечення єдиної системи координат. Середні квадратичні похибки визначення координат меж за отриманими супутниковими даними не перевищили 2.0 см у плановому положенні (максимальна СКП П = 0.020 м) та 3.1 см у висотному положенні (максимальна СКП В = 0.031 м), що повністю задовольняє нормативні технічні вимоги до точності виконання такого виду геодезичних робіт.

2. Аерофотознімання території: Польотну місію сформовано в мобільному застосунку 3Dsurvey Pilot із визначенням меж досліджуваної території, висоти польоту, просторової роздільної здатності знімків та маршруту БПЛА. Поздовжнє перекриття знімків становило 80%, поперечне – 70 %, а розрахункове значення GSD – 1,3 см/піксель. Аерофотознімання виконано за допомогою БПЛА DJI Mavic 3 Pro в автоматизованому режимі. Паралельно на ключових точках виконувалися контрольні вимірювання електронним тахеометром Sokkia CX-105.

3. Камеральне опрацювання: Матеріали аерофотознімання та координати опорних точок імпортовано до програмного середовища Agisoft Metashape. Камеральне опрацювання включало вирівнювання знімків, геодезичну прив’язку фотограмметричної моделі, побудову щільної хмари точок, цифрової моделі поверхні та ортофотоплану. Точність отриманих матеріалів оцінено за відхиленнями координат контрольних точок.

4. Векторизація та аналіз: На основі ортофотоплану в програмному середовищі Digitals та AutoCAD виконано векторизацію меж земельної ділянки і внутрішніх контурів угідь, а також розраховано їхні площі. Ре-

зультати цифрового методу порівняно з даними тахеометричного знімання за показниками планового положення характерних точок, площі ділянки, польової та камеральної трудомісткості й загальних людино-годин.

Результати та їх обґрунтування

В останні десятиліття розвитку геодезії та землеустрою простежується поетапний перехід від простої цифровізації до утворення інтелектуальних геопросторових систем (табл.1) [1;2;18-22].

На сучасному етапі цифрові технології охоплюють повний цикл виконання геодезичних і землевпорядних робіт для створення достовірності уніфікованого цифрового середовища, де кожна координатна позиція має верифіковане походження, а кожен вимірювальний акт – метрологічну валідність і юридичну релевантність [18].

Геоінформаційні системи (ГІС) належать до основних цифрових технологій, що забезпечують візуалізацію й аналіз просторових даних, створення електронних карт, обґрунтування розподілу земель та виявлення змін у структурі землекористування. Важливими інструментами сучасного моніторингу земель є дистанційне зондування Землі та використання супутникових даних [9]. За допомогою цих інструментів отримують високоточні дані про стан територій віддалених районів, ділянок зі складним рельєфом, несприятливими умовами або наслідками воєнних дій без фізичної присутності фахівців на об’єкті.

Сучасні GNSS-приймачі, що підтримують технології RTK, Network RTK та PPP, дозволяють забезпечити визначення координат із сантиметровою точністю в режимі реального часу – це суттєво розширює функціональні можливості систем управління земельними ресурсами, земельного кадастру та міського розвитку [18]. Поєднання аерофотограмметрії та даних GNSS надає високодеталізовану та актуальну інформацію про стан сільськогосподарських та лісових земель, гарантуючи високу достовірність результатів моніторингу земель [23]. Крім того, ГНСС допомагає стежити за геодинамічними процесами, що забезпечує краще розуміння змін навколишнього середовища та зменшення ризиків стихійних лих. Наукові дослідження підтверджують, що використання GNSS-апаратури для моніторингу деформацій схилів порівняно з традиційними геодезичними забезпечує високоточні спостереження за берегоукріплювальною спорудою, виявлення зон активних зсувів та можливість надавати пропозиції щодо особливостей та умов подальших спостережень [24].

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) стають невід’ємним інструментом у сфері геодезії та землеустрою. Аерофотознімання значно оптимізує процес просторового аналізу, скорочує час на камеральну обробку матеріалів та забезпечує високу деталізацію об'єктів. За допомогою програм автоматизованого фотограмметричного опрацювання (Pix4D, ContextCapture, Photoscan та інші) аерофотознімки конвертують у високоточне безперервне ортофотозображення або цифрову модель місцевості, усуваючи геометричні викривлення та забезпечуючи високу якість матеріалів. Інтеграція таких сучасних методів, як автоматизоване опрацювання геоданих і використання ГІС-інструментарію стала визначальною умовою ефективного

1. Еволюція цифрових технологій у геодезії та землеустрою

2000-2005 Початок цифровізації	2006-2012 Формування цифрової інфраструктури	2013-2019 Інтеграція та автоматизація	2020-2025 Цифрова трансформація	2026-2035 Інтелектуальна геопросторова система
Перехід від аналогових до електронних приладів; використання GPS; створення цифрових планів у CAD – системах; поява перших ГІС-платформ	Використання GNSS з двочастотними приймачами; створення мереж постійно діючих референтних станцій; розвиток ГІС та просторових БД; цифрова фотограмметрія; лазерне сканування (початок застосування).	Масове використання БПЛА та аерофотознімання; розвиток LIDAR та 3D-моделювання; хмарні обчислення та сервіси; інтеграція ГІС із кадастрами та реєстрами; мобільні ГІС та польові додатки; автоматизація обробки даних.	Штучний інтелект та машинне навчання; автоматичне розпізнання об'єктів; цифрові двійники територій; інтеграція BIM та ГІС; Великі дані та аналітика; Інтернет речей у моніторингу земель; Блокчейн для реєстрації прав на землю.	Повна інтеграція Al, IoT, 5G/6G, Edge та хмарних технологій; автономні системи збору даних (дрони, наземні роботи, сенсори); гіперавтоматизація геодезичних і землевпорядних процесів; глобальні відкриті геодані та інтероперабельність; сталий розвиток та «зелений» моніторинг; реалізація концепції Smart Land Management.
Результат етапу	**Результат етапу**	**Результат етапу**	**Результат етапу**	**Результат етапу**
Затверджено державну програму розвитку топографо-геодезичної діяльності та започатковано створення цифрової картографічної основи.	Сформовано нормативні й технологічні засади функціонування Державного земельного кадастру як єдиної геоінформаційної системи	Запроваджено автоматизовану систему Державного земельного кадастру та відкрито Публічну кадастрову карту України.	Створено правові й технічні засади Національної інфраструктури геопросторових даних та інтероперабельності геоінформаційних ресурсів	Очікується формування інтегрованої інтелектуальної геопросторової екосистеми з автоматизованим оновленням та аналізом даних

Джерело: систематизовано авторами на основі нормативно-правових документів України та наукових публікацій [1;2;18-22].

управління земельним фондом [25]. Поєднання GNSS-технологій та БПЛА дозволяє створити високоточні ортофотоплани та цифрові моделі рельєфу, підвищуючи при цьому точність та економічну ефективність кадастрових і землевпорядних робіт. Такі матеріали забезпечують належну деталізацію картографічних даних для земель водного фонду, де традиційні методи геодезії є малоефективними через складний рельєф та несприятливі умови довкілля [18].

Лазерне сканування (LiDAR) розглядають як прогресивну технологію збору просторових даних, завдяки якій отримують високоточні 3D-моделі незалежно від стану рельєфу чи рослинності. В основу роботи системи покладено принцип вимірювання часу повернення лазерних імпульсів, відбитих від земної поверхні. Синхронізація даних сенсора та навігаційних систем (GPS/INS) під час руху носія, забезпечує перетворення відстаней у масив тривимірних координат (хмари точок) з детальною візуалізацією об'єктів. Технологія LiDAR знайшла широке застосування під час проведення контролю транспортних мостів на предмет динамічних навантажень, вібрацій і циклічних

деформацій, які можуть призвести до руйнування споруди. У моніторингу житлових та громадських будівель основна увага приділяється виявленню дефектів опорних конструкцій, контролю осідання фундаментів, а також оцінці впливу кліматичних чинників і деградації будівельних матеріалів [26]. Зазначений напрям досліджень є особливо актуальним для ідентифікації пошкоджень об'єктів нерухомості, спричинених наслідками воєнних дій [27]. Зокрема, використання технології LiDAR значно підвищує ефективність аналізу міської морфології та оцінки стану зелених насаджень [14;27].

Комплексне використання технологій ДЗЗ та ГІС дозволяє провести цифрове моделювання території на основі актуальних даних та гарантує при цьому високу точність робіт. Геоінформаційне моделювання є ефективним інструментом управління земельними ресурсами, що дає змогу виявляти випадки нецільового використання земельних ділянок або їх самовільного зайняття. Це, своєю чергою, сприяє оптимізації податкових надходжень, забезпеченню належного екологічного контролю в межах охоронних зон та впровадженню прозорих механізмів управління земельними ресурсами на рівні територіальних громад [28].

Технології хмарних обчислень, як напрям цифрової трансформації, призначені для централізованого зберігання великих обсягів геопросторових даних, забезпечуючи їх резервування, синхронізацію та дистанційний доступ незалежно від місця виконання робіт. Хмарні сервіси орієнтовані на функціонування єдиних цифрових платформ землеустрою, інтеграцію державних кадастрових інформаційних систем, геопорталів та сервісів відкритих даних. Цифрові бази даних виступають ключовим інструментом прозорих земельних відносин та ефективного адміністрування, надаючи безперешкодний доступ до кадастрової інформації. Оскільки кожна операція в електронній системі підлягає чіткому моніторингу, це дозволяє радикально зменшити бюрократичне навантаження та усунути передумови для корупції [29]

Управління земельними ресурсами потребує побудови цілісної системи реєстрації земельних ділянок та прав на них. Вирішення цього завдання можливе шляхом впровадження технології блокчейн, завдяки якій можна мінімізувати недоліки існуючих облікових реєстрів. Децентралізована архітектура блокчейну з розподіленим реєстром забезпечує високий рівень криптографічного захисту даних, виключаючи можливість їх фальсифікації. Система надає можливість авторизованим учасникам здійснювати прозорий моніторинг транзакцій, змін статусу об’єктів та накладених обмежень. Проте ключовим технологічним викликом залишається забезпечення ефективної обробки великих масивів просторових та кадастрових даних у межах такої системи [30].

Оптимальним інструментом для аналітики та прийняття обґрунтованих управлінських рішень є впровадження технологій Big Data. Технологія забезпечує комплексне опрацювання структурованих та неструктурованих даних, характеризуючись високою швидкістю їх опрацювання, динамічністю оновлення та різноманітністю форматів представлення інформації [4].

Однією з найбільш перспективних тенденцій є формування цифрових

двійників територій (Digital Twin), які являють собою інтегровані цифрові моделі реальних об'єктів або територій із можливістю їх постійного оновлення в режимі реального часу [11]. Цифрові двійники забезпечують інтеграцію даних геодезичних вимірювань, дистанційного зондування, сенсорного моніторингу, кадастрової інформації та результатів просторового аналізу в єдиному інформаційному середовищі. Термін «цифровий двійник» описує процес створення великої віртуальної копії реального об'єкта або середовища [13;31].

Запровадження штучного інтелекту (ШІ) та алгоритмів машинного навчання відкриває нові можливості автоматизації геодезичних процесів. Сучасні алгоритми ШІ дозволяють автоматично класифікувати об'єкти за матеріалами ДЗЗ та аерофотознімання, ідентифікувати межі земельних ділянок, контролювати використання земель, прогнозувати зміни землекористувань та виявляти порушення земельного законодавства. Перевагами застосування ШІ є скорочення часу опрацювання геопросторової інформації, підвищення точності аналізу та мінімізація суб'єктивного впливу оператора [3;18]. Для класифікації та аналізу закономірностей у даних спостережень Землі найбільш підходять такі алгоритми, як випадковий ліс (RF), згорткові нейронні мережі (CNN) та метод опорних векторів (SVM). Для моделювання міських моделей використовуються генеративно-змагальні мережі (GAN). Крім того, для вивчення зростання міст, змін у землекористуванні та аналізу моделей розселення використовуються такі алгоритми, як клітинні автомати, просторова логістична регресія та агентне моделювання [32].

Сучасні дослідження цифрових технологій підтверджують їхній значний потенціал та стрімке поширення у світі. Зокрема, вони забезпечують реалізацію чотирирівневого виробничого циклу в геодезії та землеустрої – від безпосереднього збору польових даних до їхнього хмарного адміністрування. Впровадження таких технологій як блокчейн, великі дані (Big Data) та штучний інтелект забезпечує швидке, технічно обґрунтоване та економічно ефективне вирішення складних завдань галузі. Лише перший етап цифрових інновацій дозволив скоротити часові виробничі витрати на 40–60% [6;11;14]. Спираючись на поточний стан розвитку інструментів планування землекористувань та враховуючи динаміку розвитку нових технологій галузі, можна визначати ключові перспективи майбутнього цифрових інструментів (табл. 2) [9;18;27;33].

2. Інтеграція технологічного циклу та прогнозів розвитку крену

Рівень (Етап)	Поточний стан	Перспективні технології та вектори розвитку
Польовий рівень	GNSS, БПЛА, лазерне сканування	Автономні роботизовані комплекси, сенсори реального часу (IoT)
Камеральний рівень	Фотограмметрія, обробка хмар точок	Гіперавтоматизація, хмарне опрацювання «на льоту» (Edge Computing)
Аналітичний рівень	ГІС-моделювання, моніторинг	ШІ-аналітика, предиктивні моделі змін землекористування
Управлінський рівень	Web-портали, хмарні сервіси	Цифрові двійники (Digital Twins), блокчейн-реєстри, відкриті геопросторові дані (Open Data), Smart Land Management*

Джерело: [27].

Широке впровадження геопросторових технологій є очевидним. Географічні інформаційні системи (ГІС), глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС) і технології дистанційного зондування (ДЗЗ) все частіше використовуються для підвищення точності та ефективності землевпорядкування й картографування. Ці технології пропонують високоточні дані, сприяючи збору та аналізу даних у режимі реального часу та стимулюючи попит на більш досконалі інструменти планування землекористування. Синтез ШІ, машинного навчання та аналітики великих даних відкрив нові горизонти в управлінні земельними ресурсами, дозволяючи опрацьовувати складні масиви даних із надзвичайною точністю та створити предиктивні моделі для аналізу та прогнозування змін у землекористуванні та оптимізації інвестиційних проєктів для громад. Технології віртуальної реальності (VR) та доповненої реальності (AR) покращують або трансформують реальний досвід за допомогою інтерактивного середовища, розширюючи функціонал інструментів планування землекористування (моделювання забудови). Застосування технології «Цифрові двійники» буде спрямовано на формуванні 4D-моделей з урахуванням просторової структури та динамічних змін у часі (наприклад, трансформація ландшафту, вплив забудови, просторові зміни). Перспективне використання автономних роботизованих комплексів (гіперавтоматизація) передбачає проведення зйомки території без безпосередньої присутності оператора – це сприятиме мінімальному впливу людського фактору та дозволить здійснювати моніторинг у цілодобовому режимі [32].

Інтероперабельність геоданих нового рівня ґрунтується на концепції відкритих даних (Open Data) і стандартизації протоколів міждержавного кадастрового обміну на базі 5G/6G-мереж. Це забезпечить швидкий доступ до просторових даних високої роздільної здатності. Заміна звичайних баз даних на розподілені реєстри (блокчейн) для автоматизованої реєстрації прав власності дозволить усунути ризики шахрайства через «розумні контракти» (smart contracts), які автоматично виконуються при відповідності даних кадастру правовим нормам [32]. Еволюція цифрових технологій вимагає не лише технічного переоснащення, а й удосконалення професійної підготовки кадрів. Сучасний фахівець із геодезії та землеустрою повинен бути не тільки оператором вимірювальних приладів, але насамперед стратегом, який володіє навичками просторової аналітики та управління інтелектуальними системами. Таким чином, перспективи розвитку галузі лежать у площині зближення інженерних знань та інформаційних технологій.

На сьогодні застосування цифрових технологій у галузі геодезії та землеустрою можна оцінити через їхню ефективність. Оцінка ефективності враховує об'єктивні економічні закони та розробку системи відповідних кількісних показників: точності, часу, відносного рівня витрат, якість інтегрованості (табл.3). Відносний рівень витрат визначено за п’ятибальною шкалою, де 1 – найнижчі, а 5 – найвищі сукупні витрати. Під час оцінювання враховано польові роботи, амортизацію обладнання, програмне забезпечення та камеральне опрацювання даних. Бальну оцінку сформовано на основі узагальнення технічних характеристик обладнання, тривалості польових і камеральних робіт, потреби у спеціалізованому програмному забезпеченні

3. Порівняльна характеристика методів збору геопросторових даних з показниками оцінки

Метод збору даних	Точність (мм)	Продуктивність (га/зміну)	Відносний рівень сукупних витрат (1-5 балів)	Складність опрацювання (бал 1-5)
Тахеометр (класичний)	1–5	2–5	3	1
GNSS-приймачі (RTK)	8–15	50–100	2	2
БПЛА (фотограмметрія)	10–30	200–500	3	4
LiDAR (наземний)	2–10	1–2	5	5

та кваліфікованому персоналі. Вона не є розрахунком фактичної собівартості робіт.

Ефективність циклу перевіряється шляхом паралельного виконання робіт традиційним методом та методом інтегрованого цифрового моделювання з подальшим статистичним порівнянням отриманих просторових даних за критеріями точності та часових витрат. Для апробації запропонованого виробничого циклу було обрано земельну ділянку комунальної власності сільськогосподарського призначення Зорянської територіальної громади Рівненського району Рівненської області, на якій передбачено проведення інвентаризації з метою її формування для продажу права оренди на земельних торгах у формі аукціону (рис.1). Вибір зумовлений необхідністю перевірки точності інтеграції даних БПЛА в умовах різнорідного землекористування.

Площа земельної ділянки 10,7154 га. Ділянка має складну конфігурацію (наявність ламаних меж та внутрішнього контуру «рілля»), що дозволяє продемонструвати переваги сучасного виробничого циклу. Аналіз ефективності інвентаризації ділянки показано в таблиці 4.

У проведеному дослідженні тривалість польових робіт скоротилася з двох робочих змін до 1,5–2 годин, тобто приблизно у 8–10 разів. Водночас із урахуванням фотограмметричного опрацювання знімків, побудови хмари точок, формування ортофотоплану та векторизації контурів скорочення загальної трудомісткості було меншим і становило орієнтовно у 4,5–7 разів. Такий результат підтверджує, що найбільша економія часу досяга-



Рис.1. Проєктна земельна ділянка Зорянської територіальної громади: а – ортофотоплан, б – план земельної ділянки

Джерело: складено авторами за результатами польових досліджень 2026 р.

4. Аналіз ефективності проведення інвентаризації земель

Критерій оцінки	Класичний метод (Тахеометрія)	Цифровий метод (БПЛА + GNSS)	Ефект від цифровізації
Польова трудомісткість	32 людино-год	1,5–2 людино-год	Скорочення приблизно у 16–21 раз
Камеральна трудомісткість*	4–6 людино-год	4–6 людино-год	Зіставна тривалість за різного характеру операцій
Загальна трудомісткість	36–38 людино-год	5,5–8 людино-год	Скорочення приблизно у 4,5–7 разів
Обсяг отриманих даних	Координати 22 поворотних точок	Щільна хмара точок та ортофотоплан	Підвищення просторової деталізації
Побудова контуру	За результатами окремих вимірювань	За ортофотопланом і хмарою точок	Зменшення ризику пропуску деталей

**Камеральну трудомісткість тахеометричного методу визначено розрахунково за складом типових операцій – передаванням і перевіркою вимірювань, обчисленням координат, побудовою контуру та оформленням графічних матеріалів. Для цифрового методу враховано активну роботу оператора під час фотограмметричного опрацювання без повного зарахування автономного машинного часу*

ється саме на польовому етапі, тоді як камеральне опрацювання матеріалів БПЛА залишається відносно тривалим і потребує спеціалізованого програмного забезпечення. Одержані результати загалом узгоджуються з висновками інших дослідників щодо зменшення трудомісткості геодезичних і землевпорядних робіт унаслідок використання БПЛА. Зокрема, В. Тарнавський [8] відзначає, що застосування безпілотних технологій дає змогу суттєво скоротити тривалість польового етапу та одночасно підвищити деталізацію просторових даних. О. Браславська [31] також наголошує на перевагах автоматизованого аерофотознімання порівняно з традиційним наземним зніманням, насамперед за показниками продуктивності, повноти охоплення території та можливості повторного використання отриманих матеріалів. Відмінності між отриманими результатами та висновками інших дослідників [8] та [31] можуть бути зумовлені площею і конфігурацією території, кількістю поворотних точок, відкритістю місцевості, складом польової бригади, способом геодезичної прив'язки, параметрами польоту та потужністю обладнання для фотограмметричного опрацювання. У цьому дослідженні значне скорочення польової трудомісткості пояснюється відносно невеликою площею ділянки – 10,7154 га, відкритим характером території та можливістю виконати її суцільне аерофотознімання за один автоматизований політ. Натомість за складнішого рельєфу, щільної забудови, лісового покриву або необхідності виконання повторних польотів перевага цифрового методу може бути менш вираженою.

Висновки

Під час дослідження було проаналізовано цифрові технології галузі геодезії та землеустрою. Географічні інформаційні системи (ГІС), глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС) та технології дистанційного зондування забезпечують отримання високоточних даних, сприяють їхньому збору та аналізу у режимі реального часу та формують попит на більш досконалі інструменти планування землекористування. Інтеграція штучного інтелекту (ШІ), машинного навчання (МН) та просторово-часових алгоритмів великих даних дає

змогу створювати високоточні плани місцевості, карти та цифрові моделі рельєфу. Це оптимізує процеси розпізнавання об'єктів, класифікації зображень та прогнозного аналізу використання земельних ресурсів. Технологія блокчейн створює прозору та надійну систему реєстрації прав власності на земельні ділянки. Її використання забезпечує обмін даними через єдину платформу для державних установ, землевласників та проєктантів, запобігаючи шахрайству та суперечкам. Загалом цифрові технології покращують якість геодезичних робіт та сприяють економії часу і ресурсів, створюючи умови для переходу від традиційних методів збору даних до інтелектуальних систем земельного адміністрування. У таких системах пріоритетними стають автономність, аналітика, оперативність прийняття рішень та повна цифрова інтеграція в режимі реального часу. Доведено, що використання БПЛА дозволяє нівелювати помилки пропуску меж у складних конфігураціях. За результатами апробації встановлено, що застосування БПЛА та GNSS скоротило тривалість польового етапу з двох робочих змін до 1,5–2 годин. Загальна трудомісткість цифрового методу з урахуванням камерального опрацювання становила 5,5–8 людино-годин порівняно з розрахунковими 36–38 людино-годинами для тахеометричного методу, тобто зменшилася приблизно у 4,5–7 разів.

Перспективами досліджень впровадження цифрових технологій галузі геодезії та землеустрою повинні полягати у їх реалізації у забезпеченні сталого розвитку територій, у боротьбі зі змінами клімату та наслідками воєнних дій.

Список використаної літератури

1. Про створення Інфраструктури просторової інформації у Європейському Співтоваристві (INSPIRE): Директива Європейського Парламенту та Ради 2007/2/ЄС від 14 березня 2007 р. № 984_002-07. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_002-07#Text (дата звернення: 1.07.2026)
2. Про національну інфраструктуру геопросторових даних: Закон України від 13.04.2020 р. № 554-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text (дата звернення: 1.07.2026)
3. Ступень О. І., Прокопенко Н. І., Шевчук С. М. Цифрова трансформація системи землеустрою: автоматизація управлінських процесів у сфері використання та охорони земельних ресурсів. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту.* 2025. Вип. 212. С.172-184. DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.212.2025.336296
4. Нестеренко О.В., Яцук П.П.. Розвиток геоінформаційних систем як технологічна інноваційна стратегія. *Екологічна безпека та природокористування.* 2026. Вип. 1 (57). С. 141-161 https://doi.org/10.32347/2411-4049.2026.1.141-160
5. Кухар М.А., Маслій Л.О., Воронков О.О. Категоріальне моделювання інтеграції геодезії та ГІС для вдосконалення землеустрою України. *Комунальне господарство міст.* 2026. Том 1. Вип. 196. С.197-205 DOI: 10.33042/3083-6727-2026-1-196-197-205
6. Bulysheva D., Movchan T., Malashuk O. Foresight-forecasting in the system of recreational land management. *Geodesy and cartography*. 2021. Vol. 70. № 1. P.1-17. DOI: https://doi.org/10.24425/gac.2021.136678
7. Movchan T.V., A. Khohriakova, L. Vikulina Proposal for grouping and passportization

of soils of urbanized territories land Congress on Agriculture and Natural Sciences : V International Eurasian Online, Kony, 23 October 2021. Turkey: Kony Food and Agricultural University (KGTU), 2021. P. 60-63. URL: https://agrieurasia.com/pdf/Metin_Tam.pdf

8. Тарнавський В.А., Сіроштан Т.М., Ко-=марова Н.В., Камінецька О.В. Інтегровані гео-=просторові підходи до високоточного моделювання місцевості з використанням БпЛА у сфері кадастру та землеустрою. *Український журнал дистанційного зондування Землі.* 2026. №13(1). С. 15–24. https://doi.org/10.36023/ujrs.2026.13.1.291
9. Мовчан Т. В., Артемов В.О., Бахчеван Е.В., Данько Т.О Принципи цифрової трансформації і впровадження її в геодезії та землеустрої господарств. *Аграрний вісник Причорномор'я.* Економічні науки. 2020. Вип.96. С. 129-139. DOI: 10.37000/abbsl.2020.96.16
10. Artemov V., Movchan T., Vikulina L. Practical use of digitalization in geodesy and land management. *Вісник ЛНАУ: Економіка АП*К. 2020. № 27. С. 167-173. https://doi.org/110.31734/economics2020.27.167
11. Martyn, A., Novakovskyi, I., Novakovsky, D., Malashchuk, O., Movchan, T., Smolenska, L. Strategic Approaches to Urban Land and Cultural Legacy: Institutional Insights from Ukrainian Cities. Innovative and Intelligent Digital Technologies; Towards an Increased Efficiency. *Studies in Systems, Decision and Control.* 2024. № 564. P. 471-481. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70399-7_36
12. Костюкєвич Т.К., Данілова Н.В., Толмачова А.В., Мовчан Т.В., Малащук О.С. Сучасний стан та ефективність використання земельних ресурсів Одеської області. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель.* 2025. № 2. С. 39-49. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.02
13. Park J., Choi W., Jeong T., Seo J. Digital twins and land management in South Korea. *Land Use Policy*. 2023. №124. 106442. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106442
14. Mehmood U., Ujang U., Azri S. Machine Learning based literature review of Land Administration Domain Model (LADM): a structural topic modelling approach. *Bulletin of Geodetic Science*s. 2025. №31: e2025006. DOI 10.1590/s1982-21702025000100006
15. AlphaGEO. Систем Солюшнс : веб-сайт. URL: https://systemnet.com.ua/product/alphageo-l2/ (дата звернення: 1.07.2026)
16. DJI Mavic 3 Pro. DJI: веб-сайт. URL: https://www.dji.com/global/mavic-3-pro/specs (дата звернення: 1.07.2026)
17. Sokkia CX-105. ТОВ «Завод Укрмашпром» : веб-сайт. https://surl.li/afavzv (дата звернення: 1.07.2026)
18. Малащук О.С., Мовчан Т.В., Рожі Т.А. Інтелектуальні технології в еволюції електронних геодезичних приладів: концептуальні засади інтеграції штучного інтелекту в системи просторового управління та геоінформаційного середовища. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2025. № 4. С. 95-107. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.07
19. Про затвердження Державної науково-технічної програми розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2003-2010 роки: Постанова Кабінету Міністрів України від 16.01.2003 р. № 37. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2003-%D0%BF/ed20040621#Text (дата звернення: 1.07.2026)
20. Про Державний земельний кадастр: Закон України від 07.07.2011 р. № 3613-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text (дата звернення: 1.07. 2026)
21. Про затвердження Порядку використання Державної геодезичної референ-

цної системи координат УСК-2000 при здійсненні робіт із землеустрою: наказ Мінагрополітики України від 02.12.2016 № 509. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z1646-16?utm_source=chatgpt.com#Text (дата звернення: 1.07.2026)

22. Про затвердження технічних вимог до геопросторових даних, метаданих і геоінформаційних сервісів НІГД: наказ Мінагрополітики України від 10.11.2021 № 347. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/uk-ru/z0021-22?utm_source=chatgpt.com#Text (дата звернення: 1.07.2026)
23. Şmuleac A., Şmuleac L., Paşcalău R., Dragomir L., Popescu G. Compensation of an integrated geodetic network composed of gnss vectors for topo-cadastral works. Research Journal of Agricultural Scienc. 2025. №57(2). P. 174-190. http://doi.org/10.59463/RJAS.2025.2.21
24. Bulysheva D., Leonidova I., Malashchuk O., Movchan T., Varfolomeyeva O., & Panasuk O. Geodetic monitoring of landslide processes in coastal territories. Geodesy and Cartography, 2025. №51(2). P. 50–60. https://doi.org/10.3846/gac.2025.20300
25. Браславська О.В., Нестеренко С.В., Герасимчук О.Л. Дистанційний геодезичний моніторинг: ключовий інструмент сталого управління земельними ресурсами. *Містобудування та територіальне планування.* 2025. №89. С. 488–502. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.89.488-502 14
26. Клюєв В., Бакулін Є. Методи 3D-сканування із використанням безпілотних літальних апаратів для оцінки технічного стану будівель та споруд. *Наука та будівництво.* 2025. № 42(4). С.60-66. DOI: https://doi.org/10.33644/2313-6679-4-2024-7
27. Олійник Г., Василенко К. Інтеграція фотограмметрії і технологій Lidar у систему архітектурної освіти України: виклики та перспективи. Українська академія мистецтва. 2025. № 37. С. 63–73. DOI https://doi.org/10.32782/2411-3034-2025-37-8
28. Серьогін Д. Принципи обробки та тривимірного моделювання через лідарні дані для прикладних досліджень міського середовища. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія».* 2022. Вип. 57. С. 218-233. https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-17
29. Смолярчук М., Ковалишин О. Роль цифрових інструментів у підвищенні ефективності управління земельними відносинами у територіальних громадах. Вісник Львівського національного університету природокористування. *Серія «Архітектура та будівництво»*. 2025. № 26. С. 91-96. https://doi.org/10.31734/architecture2025.26.091
30. Гой В., Мамонов К., Харів В. Використання технологій блокчейну для покращення аутентифікації та захисту даних у геодезії та землеустрої. *Містобудування та територіальне планування.* 2024. №85. С. 67–81. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.67-81
31. Нестеренко С. Г., Радзінська Ю. Б., Доброходова О. В. Геодезичне і картографічне забезпечення цифрових двійників територій. *Комунальне господарство міст.* 2026. Том 1. Вип. 196. С.232-241. DOI: 10.33042/3083-6727-2026-1-196-232-241
32. Liu Y., Timo de Vries W., Zhang G., Cui X. From tradition to smart: A comprehensive review of the evolution and prospects of land use planning tools. Heliyon. 2024. № 10. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40857
33. Зацерковний В., Ворох В., Глоба О., Мірончук Т., Плічко Л. Особливості застосування ГІС, GPS, ДЗЗ та ШІ в дослідженні ґрунтових характеристик. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія.* 2025. Том 3 № 110. С. 98-107. DOI: http://doi.org/10.17721/1728-2713.110.11

References

1. European Parliament and Council of the European Union. (2007, march 14) Pro stvorennya Infrastruktury prostorovoyi informatsiyi u Yevropeys'komu Spivtovarystvi (INSPIRE) [Establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)] (Directive 2007/2/EC №. 984_002-07). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_002-07#Text [in Ukrainian].
2. Verkhovna Rada of Ukraine. (2020, april 13) Pro natsional'nu infrastrukturu heoprostorovykh danykh [On the National Geospatial Data Infrastructure] (Law of Ukraine № 554-IX]. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text [in Ukrainian].
3. Stupen', O. I., Prokopenko, N. I., Shevchuk, S. M. (2025) Tsyfrova transformatsiya systemy zemleustroyu: avtomatyzatsiya upravlins'kykh protsesiv u sferi vykorystannya ta okhorony zemel'nykh resursiv [Digital transformation of the land management system: automation of management processes in the field of use and protection of land resources]. *Zbirnyk naukovykh prats' Ukrayins'koho derzhavnoho universytetu zaliznychnoho transport* [Collection of scientific papers of the Ukrainian State University of Railway Transport], 212, 172-184. https://doi.org/10.18664/1994-7852.212.2025.336296 [in Ukrainian]
4. Nesterenko, O.V., Yatsuk, P.P. (2026) Rozvytok heoinformatsiynykh system yak tekhnolohichna innovatsiyna stratehiya [Development of geoinformation systems as a technological innovation strategy]. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannya* [Ecological safety and nature management], 1 (57), 141-161. https://doi.org/10.32347/2411-4049.2026.1.141-160 [in Ukrainian]
5. Kukhar, M.A., Masliy, L.O., Voronkov, O.O. (2026) Atehorial'ne modelyuvannya intehratsiyi heodeziyi ta HIS dlya vdoskonalennya zemleustroyu Ukrayiny [Categorical modeling of geodesy and GIS integration for improving land management in Ukraine]. *Komunal'ne hospodarstvo mist* [Municipal Economy of Cities], 1, 196. 197-205. DOI: 10.33042/3083-6727-2026-1-196-197-205 [in Ukrainian].
6. Bulysheva, D., Movchan, T., Malashuk, O. (2021).Foresight-forecasting in the system of recreational land management. *Geodesy and cartography,* 70(1), 17. DOI: https://doi.org/10.24425/gac.2021.136678 [in English].
7. Movchan, T., Khohriakova, A., Vikulina, L. (2021) Proposal for grouping and passportization of soils of urbanized territories land Congress on Agriculture and Natural Sciences : V International Eurasian Online, (pp. 60-63) Kony, Turkey: Kony Food and Agricultural University (KGTU). Available at: https://agrieurasia.com/pdf/Metin_Tam.pdf [in English].
8. Tarnavs'kyy, V.A., Siroshtan, T.M., Komarova, N.V., Kaminets'ka, O.V. (2026) Intehrovani heoprostorovi pidkhody do vysokotochnoho modelyuvannya mistsevosti z vykorystannyam BpLAu sferi kadastru ta zemleustroyu [Integrated geospatial approaches to high-precision terrain modeling using UAVs in the field of cadastre and land management]. *Ukrayins'kyy zhurnal dystantsiynoho zonduvannya Zemli [*Ukrainian Journal of Remote Sensing of the Earth], 13(1), 15–24. https://doi.org/10.36023/ujrs.2026.13.1.291 [in Ukrainian].
9. Movchan, T. V., Artemov, V.O., Bakhchevan, E.V., Dan'ko, T.O (2020) Pryntsypy tsyfrovoyi transformatsiyi i vprovadzhennya yiyi v heodeziyi ta zemleustroyi hospodarstv [Principles of digital transformation and its implementation in geodesy and land management of farms]. *Ahrarnyy visnyk Prychornomor'ya. Ekonomichni nauky* [Agrarian Bulletin of the Black Sea Region. Economic Sciences], 96, 129-139. DOI: 10.37000/abbsl.2020.96.16 [in Ukrainian].
10. Artemov, V., Movchan, T., Vikulina, L. (2020)

Practical use of digitalization in geodesy and land management. Visnyk LNAU: Ekonomika APK [Bulletin of the LNAU: Economics of the Agricultural Industry], 27, 167-173. https://doi.org/110.31734/economics2020.27.167 [in English].

11. Martyn, A., Novakovskyi, I., Novakovsky, D., (2024) Malashchuk, O., Movchan, T., Smolenska, L. Strategic Approaches to Urban Land and Cultural Legacy: Institutional Insights from Ukrainian Cities. Innovative and Intelligent Digital Technologies; Towards an Increased Efficiency. Studies in Systems, Decision and Control, 564, 471-481. https://doi.org/10.1007/978-3-031-70399-7_36 [in English].
12. Kostyukyevych, T.K., Danilova, N.V., Tolmachova, A.V., (2025) Movchan T.V., Malashchuk O.S. Suchasnyy stan ta efektyvnist' vykorystannya zemel'nykh resursiv Odes'koyi oblasti [Current status and efficiency of land resource use in Odessa region.]. *Zemleustriy, kadastr i monitorynh zemel'*[Land management, cadastre and land monitoring], 2, 39-49. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.02 [in Ukrainian].
13. Park, J., Choi, W., Jeong, T., Seo, J. (2023) Digital twins and land management in South Korea. Land Use Policy, 124, 106442. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106442 [in English].
14. Mehmood, U., Ujang, U., Azri, S. (2025) Machine Learning based literature review of Land Administration Domain Model (LADM): a structural topic modelling approach. *Bulletin of Geodetic Sciences,* 31: e2025006. DOI 10.1590/s1982-21702025000100006 [in English].
15. AlphaGEO. Available at: URL: https://systemnet.com.ua/product/alphageo-l2/ [in Ukrainian].
16. DJI Mavic 3 Pro. Available at: https://www.dji.com/global/mavic-3-pro/specs [in Ukrainian].
17. Sokkia CX-105. Available at: https://surl.li/afavzv [in Ukrainian].
18. Malashchuk, O.S., Movchan, T.V., Rozhi, T.A. (2025) Intelektual'ni tekhnolohiyi v evolyutsiyi elektronnykh heodezychnykh pryladiv: kontseptual'ni zasady intehratsiyi shtuchnoho intelektu v systemy prostorovoho upravlinnya ta heoinformatsiynoho seredovyshcha [Intelligent technologies in the evolution of electronic geodetic devices: conceptual principles of integrating artificial intelligence into spatial management systems and geoinformation environment]. *Zemleustriy, kadastr i monitorynh zemel'[*Land management, cadastre and land monitoring], 4, 95-107. DOI: https://doi.org/10.31548/zemleustriy2025.04.07
19. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2003, january 16) Pro zatverdzhennya Derzhavnoyi naukovo-tekhnichnoyi prohramy rozvytku topohrafo-heodezychnoyi diyal'nosti ta natsional'noho kartohrafuvannya na 2003–2010 roky. [On approval of the State scientific and technical program for the development of topographic and geodetic activities and national mapping for 2003–2010] (Resolution №. 37]. Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2003-%D0%BF/ed20040621#Text [in Ukrainian].
20. Verkhovna Rada of Ukraine. (2011, july 7) Pro Derzhavnyy zemel'nyy kadastr [On the State Land Cadastre] (Law of Ukraine №. 3613-VI). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text [in Ukrainian].
21. Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine. (2016, december 2) Pro zatverdzhennya Poryadku vykorystannya Derzhavnoyi heodezychnoyi referentsnoyi systemy koordynat USK-2000 pry zdiysnenni robit iz zemleustroyu [On approval of the Procedure for using the State Geodetic Reference Coordinate System USK-2000 in land management works] (Order № 509). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1646-16#Text [in Ukrainian].
22. Ministry of Agrarian Policy and Food of

Ukraine. (2021, november 10) Pro zatverdzhennya tekhnichnykh vymoh do heoprostorovykh danykh, metadanykh i heoinformatsiynykh servisiv NIGD [On approval of technical requirements for geospatial data, metadata and geoinformation services of the National Geospatial Data Infrastructure] (Order № 347). Available at: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0021-22#Text [in Ukrainian].

23. Șmuleac, A., Șmuleac, L., Pașcalău, R., Dragomir, L., Popescu, G. (2025) Compensation of an integrated geodetic network composed of gnss vectors for topo-cadastral works. *Research Journal of Agricultural Scienc,* 57 (2), 174-190. http://doi.org/10.59463/RJAS.2025.2.21[in English].
24. Bulysheva, D., Leonidova, I., Malashchuk, O., Movchan, T., Varfolomeyeva, O., Panasuk, O. (2025). Geodetic monitoring of landslide processes in coastal territories. Geodesy and Cartography, 51(2), 50–60. https://doi.org/10.3846/gac.2025.20300 [in English].
25. Braslavs'ka, O.V., Nesterenko, S.V., Herasymchuk, O.L. (2025) Dystantsiynyy heodezychnyy monitorynh: klyuchovyy instrument staloho upravlinnya zemel'nymy resursamy [Remote geodetic monitoring: a key tool for sustainable land resources management]. *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya* [Urban planning and territorial planning], 89, 488–502. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2025.89.488-502 [in Ukrainian].
26. Klyuyev,V., Bakulin, YE. (2025) Metody 3D-skanuvannya iz vykorystannyam bezpilotnykh lital'nykh aparativ dlya otsinky tekhnichnoho stanu budivel' ta sporud [3D scanning methods using unmanned aerial vehicles to assess the technical condition of buildings and structures]. *Nauka ta budivnytstvo* [Science and Construction], 42(4), 60-66. https://doi.org/10.33644/2313-6679-4-2024-7 [in Ukrainian].
27. Oliynyk, H., Vasylenko, K. (2025) Intehratsiya fotohrammetriyi i tekhnolohiy lidar u systemu arkhitekturnoyi osvity Ukrayiny: vyklyky ta perspektyvy [Integration of photogrammetry and lidar technologies into the architectural education system of Ukraine: challenges and prospects.]. *Ukrayins'ka akademiya mystetstva [*Ukrainian Academy of Arts], 37, 63–73. DOI https://doi.org/10.32782/2411-3034-2025-37-8 [in Ukrainian]
28. Ser'ohin, D. (2022) Pryntsypy obrobky ta tryvymirnoho modelyuvannya cherez lidarni dani dlya prykladnykh doslidzhen' mis'koho seredovyshcha [Principles of processing and three-dimensional modeling using lidar data for applied research of the urban environment]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho universytetu imeni V. N. Karazina, seriya «Heolohiya. Heohrafiya. Ekolohiya*» [Bulletin of the V. N. Karazin Kharkiv National University, series «Geology. Geography. Ecology»], 57, 218-233. https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-17 [in Ukrainian].
29. Smolyarchuk, M., Kovalyshyn, O. (2025) Rol' tsyfrovykh instrumentiv u pidvyshchenni efektyvnosti upravlinnya zemel'nymy vidnosynamy u terytorial'nykh hromadakh [The role of digital tools in increasing the efficiency of land relations management in territorial communities]. 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»], 26, 91-96. https://doi.org/10.31734/architecture2025.26.091. [in Ukrainian]
30. Hoy, V., Mamonov, K., Khariv, V. (2024) Vykorystannya tekhnolohiy blokcheynu dlya pokrashchennya autentyfikatsiyi ta zakhystu danykh u heodeziyi ta zemleustroyi [Using blockchain technologies to improve authentication and data protection in geodesy and land management]. *Mistobuduvannya ta terytorial'ne planuvannya* [Urban planning and territorial planning], 85, 67–81. https://doi.org/10.32347/2076-815x.2024.85.67-

81[in Ukrainian]
31. Nesterenko, S. H., Radzins'ka, YU. B., Dobrokhodova, O. V. (2026) Heodezychne i kartohrafichne zabezpechennya tsyfrovykh dviynykiv terytoriy [Geodetic and cartographic support for digital twins of territories]. *Komunal'ne hospodarstvo mist* [Municipal economy of cities], 1(196), 232-241, DOI: 10.33042/3083-6727-2026-1-196-232-241[in Ukrainian]
32. Liu, Y., Timo de Vries, W., Zhang, G., Cui, X., (2024)From tradition to smart: A comprehensive review of the evolution and prospects of land use planning tools. Heliyon, 10. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40857 [in English].
33. Zatserkovnyy, V., Vorokh, V., Hloba, O., Mironchuk, T., Plichko, L. (2025) Osoblyvosti zastosuvannya HIS, GPS, DZZ ta SHI v doslidzhenni gruntovykh kharakterystyk [Peculiarities of using GIS, GPS, remote sensing and AI in the study of soil characteristics]. *Visnyk Kyyivs'koho natsional'noho universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Heolohiya* [Bulletin of the Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology], 3 (110), 98-107. DOI: http://doi.org/10.17721/1728-2713.110.11[in English]. org/10.3390/rs12193254

Malashchuk O., Movchan T., Vikulina L.

DIGITAL TECHNOLOGIES IN GEODESY AND LAND MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF THE CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 224-241.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.14

Abstract. *The article examines modern digital technologies and their role and significance in the field of geodesy and land management. The implementation of digital transformations into the production process of managerial decision-making in the field of territorial development is considered, which is driven by the increasing requirements for the accuracy, timeliness, and interoperability of spatial data. The aim of the study is to analyze the effectiveness of implementing digital technologies, including GNSS technologies, UAV photogrammetry, GIS, artificial intelligence, and others, in the land management production cycle, as well as to determine their development prospects in this field. The evolutionary development of the technical equipment of the industry is presented. A substantial increase in the informativeness of spatial data was achieved through the transition from traditional total station surveying methods to digital technologies. An analytical justification for the effectiveness of using digital tools in geodesy and land management has been developed, based on a system of indicators of accuracy, productivity, and economic feasibility. The proposed workflow was tested, confirming the advantages of using UAVs and GNSS receivers in terms of labour intensity, productivity, and spatial data detail during the land inventory of a 10.7154 ha land parcel located within the Zoryanska Territorial Community, Rivne District, Rivne Region. The prospects for the development of the industry are identified, particularly those related to the implementation of artificial intelligence for predictive analytics of land resources, Digital Twins technologies for territories, and blockchain solutions to ensure data security in cadastral registers. Future vectors for the development of geodesy and land management have been defined. They involve a transition from discrete measuring instruments to autonomous intelligent systems, along with the need for a corresponding transformation of the professional training system and the expansion of specialists' skills in spatial modelling and intelligent data management.*

Keywords: *geospatial data, geographic information systems (GIS), GNSS, unmanned aerial vehicles (UAVs), photogrammetry, remote sensing, artificial intelligence, digital twins, blockchain.*

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 16.07.2026; Прийнято: 29.07.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК: 528.2/.3+ 528.88 http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.15

GNSS-ТЕХНОЛОГІЇ ТА СУПУТНИКОВА ГЕОДЕЗІЯ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

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

Анотація. *У статті представлено наративний огляд сучасних підходів до застосування глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) у геодезії та геопросторовому забезпеченні. Метою роботи є узагальнення сучасних технологій високоточного супутникового позиціонування та визначення перспектив їх використання в умовах цифрової трансформації геодезичної галузі. Для проведення огляду проаналізовано наукові публікації та офіційну документацію, присвячені технологіям Real-Time Kinematic (RTK), Network RTK (NRTK), Precise Point Positioning (PPP), PPP-RTK, State Space Representation (SSR), сервісу Galileo High Accuracy Service (HAS), а також інтеграції GNSS із безпілотними літальними апаратами та геоінформаційними системами. Аналіз охоплював сучасні підходи до високоточного позиціонування, використання багатосистемних і багаточастотних GNSS-спостережень, питання цілісності й автентичності навігаційних сигналів та перспективи розвитку супутникових сервісів високоточного позиціонування.*

У результаті аналізу систематизовано основні характеристики технологій RTK, NRTK, PPP та PPP-RTK за критеріями точності, часу збіжності, потреби в наземній референцній інфраструктурі, просторового охоплення та придатності до роботи в різних умовах спостережень. Встановлено, що RTK і NRTK забезпечують оперативне отримання високоточних координат за наявності доступу до референцної інфраструктури, тоді як PPP характеризується більшою незалежністю від локальних базових станцій, але потребує тривалішого часу збіжності. Технологія PPP-RTK поєднує переваги глобального покриття PPP із прискореним отриманням високоточного координатного рішення завдяки використанню додаткових корекцій. Показано, що досягнення сантиметрової або міліметрової точності залежить від характеристик приймального обладнання, тривалості спостережень, кількості та геометрії супутників, якості корекцій і методики опрацювання даних.

Визначено, що перспективними напрямами розвитку GNSS-технологій є використання сервісу Galileo HAS, SSR-корекцій, інтеграція супутникового позиціо-

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

нування з безпілотними літальними апаратами, геоінформаційними системами та іншими сенсорними технологіями, а також застосування методів машинного навчання для підвищення надійності координатних визначень. Результати дослідження можуть бути використані для вибору оптимальної технології високоточного GNSS-позиціонування залежно від вимог до точності, умов виконання геодезичних робіт і доступності референцної інфраструктури.

Ключові слова: *GNSS-технології, супутникова геодезія, GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou, RTK, Network RTK, PPP, PPP-RTK, SSR-корекції, Galileo HAS, високоточне позиціонування, геопросторові дані.*

Актуальність

Сучасний розвиток геодезії нерозривно пов'язаний із широким використанням глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS), які є основою високоточного координатного забезпечення в геодезії, картографії, кадастрі, будівництві, моніторингу інженерних споруд та інших сферах. Зростання вимог до точності, оперативності та надійності координатних визначень зумовлює необхідність удосконалення технологій високоточного супутникового позиціонування та обґрунтування умов їх ефективного застосування.

Попри значну кількість досліджень, присвячених окремим технологіям GNSS-позиціонування, у науковій літературі недостатньо узагальнено результати їх порівняльної оцінки. Зокрема, потребують систематизації сучасні підходи до застосування RTK, Network RTK, Precise Point Positioning (PPP) і PPP-RTK, а також аналіз новітніх напрямів розвитку, пов'язаних із використанням State Space Representation (SSR)-корекцій, сервісу Galileo High Accuracy Service (HAS), багатосистемних і багаточастотних спостережень. Недостатньо дослідженими залишаються питання вибору оптимальної технології залежно від вимог до точності, умов спостережень і доступності референцної інфраструктури [1].

Метою роботи є проведення структурованого наративного аналізу сучасних наукових публікацій щодо розвитку високоточного GNSS-позиціонування, порівняння технологій RTK, Network RTK, PPP і PPP-RTK, а також узагальнення сучасних тенденцій розвитку супутникової геодезії та перспектив використання новітніх сервісів високоточного позиціонування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Аналіз сучасних наукових публікацій свідчить, що основними напрямами розвитку глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) є вдосконалення технологій Precise Point Positioning (PPP), Real-Time Kinematic (RTK), Network RTK (NRTK) та PPP-RTK. Дослідження демонструють перехід від використання окремих методів позиціонування до багатосистемних і багаточастотних рішень, у яких одночасно враховуються точність, час отримання координатного рішення, доступність корекцій і стійкість до зовнішніх впливів [2].

У більшості публікацій PPP-RTK розглядається як перспективний напрям розвитку високоточного позиціо-

нування, оскільки ця технологія поєднує переваги PPP та RTK і забезпечує скорочення часу збіжності завдяки використанню точних орбітальних, часових і атмосферних корекцій. Водночас автори зазначають, що ефективність PPP-RTK залежить від способу формування корекцій, характеристик супутникового угруповання та доступності відповідних сервісів [3].

Аналіз джерел показує, що Network RTK забезпечує розширення зони високоточного позиціонування завдяки використанню мереж постійно діючих референцних станцій. При цьому основними чинниками ефективності NRTK визначено щільність референцної мережі, надійність телекомунікаційної інфраструктури та безперервність передачі корекцій [4].

Окремий блок досліджень присвячений багатосистемним і багаточастотним GNSS-спостереженням. Автори відзначають, що одночасне використання GPS, Galileo, BeiDou та GLONASS підвищує доступність супутникових спостережень і покращує геометрію супутникового угруповання, тоді як багаточастотні вимірювання сприяють ефективнішому усуненню іоносферних похибок. Разом із тим наголошується, що точність координатних визначень залежить не лише від кількості супутників, а й від умов приймання сигналів, їх геометрії та багатопроменевого поширення [5].

У сучасній літературі значна увага приділяється забезпеченню надійності GNSS-позиціонування в умовах складного середовища. Дослідження зосереджені на інтеграції GNSS з інерціальними навігаційними системами (INS), LiDAR та іншими сенсорами, а також на розробленні методів виявлення аномальних спостережень і контролю цілісності навігаційного рішення.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із застосуванням методів машинного навчання для обробки GNSS-даних. Наукові праці демонструють можливість використання алгоритмів штучного інтелекту для виявлення аномалій, класифікації умов поширення сигналів і моделювання багатопроменевих похибок, хоча їх ефективність суттєво залежить від характеристик навчальних вибірок і умов експлуатації [6].

Також значна кількість публікацій присвячена використанню GNSS для моніторингу деформацій земної поверхні та інженерних споруд. Автори відзначають ефективність RTK для оперативних вимірювань і PPP для довготривалих спостережень, підкреслюючи, що достовірність результатів визначається стабільністю часових рядів і якістю математичної обробки даних [7].

Водночас аналіз літератури показав недостатню кількість узагальнювальних досліджень, присвячених комплексній оцінці надійності GNSS-інфраструктури, порівняльному аналізу сучасних технологій високоточного позиціонування та використанню новітніх сервісів, зокрема SSR-корекцій і Galileo High Accuracy Service (HAS), в умовах обмеженої референцної інфраструктури та підвищених безпекових ризиків [8].

Мета даного дослідження. є проведення наративного огляду сучасного стану та перспектив розвитку технологій глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) у супутниковій геодезії, а також комплексний порівняльний аналіз основних методів високоточного позиціонування – Real-Time Kinematic (RTK), Network

RTK, Precise Point Positioning (PPP) та PPP-RTK. Особливу увагу приділено оцінюванню зазначених методів за критеріями точності, часу збіжності координатного рішення, потреби в референцній інфраструктурі, зони покриття, доступності та затримки корекцій, можливості роботи в режимі реального часу й стійкості до складних умов спостережень.

Окремим завданням дослідження є узагальнення сучасних підходів до використання багатосистемних і багаточастотних GNSS-спостережень, State Space Representation (SSR), Galileo High Accuracy Service (HAS), а також аналіз ролі технологій забезпечення цілісності та автентифікації навігаційних сигналів у підвищенні надійності координатних рішень. Дослідження також спрямоване на визначення впливу атмосферних похибок, багатопроменевого поширення сигналів, міської забудови, радіоперешкод та інших чинників на якість GNSS-позиціонування.

Матеріали і методи дослідження

Дослідження виконано у форматі структурованого наративного огляду (structured narrative review), спрямованого на узагальнення сучасного стану та перспектив розвитку глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) у супутниковій геодезії, а також на порівняльне оцінювання основних технологій високоточного позиціонування. Структурований наративний огляд обрано з огляду на комплексний характер дослідження, яке охоплює технології Real-Time Kinematic (RTK), Network RTK (NRTK), Precise Point Positioning (PPP), PPP-RTK, багатосистемні та багаточастотні GNSS-спостереження, State Space Representation (SSR), Galileo High Accuracy Service (HAS), питання цілісності та автентифікації навігаційних сигналів, а також інтеграцію GNSS з інерціальними навігаційними системами (INS), безпілотними літальними апаратами, LiDAR, геоінформаційними системами та методами машинного навчання [9].

Матеріалами дослідження слугували рецензовані наукові публікації вітчизняних і зарубіжних авторів, оглядові та експериментальні дослідження, офіційна технічна документація міжнародних GNSS-сервісів, нормативно-технічні матеріали та відкриті науково-інформаційні ресурси. Пошук наукових джерел проводився у базах даних Scopus та Web of Science Core Collection, а також у Google Scholar. Для уточнення технічних характеристик супутникових систем і сервісів високоточного позиціонування додатково опрацьовувалися офіційні матеріали Європейського космічного агентства (ESA), Європейського агентства з питань космічної програми (EUSPA) та офіційні інформаційні ресурси Galileo.

Пошук джерел здійснювався за допомогою комбінацій ключових слів: «GNSS», «Global Navigation Satellite Systems», «RTK», «Real-Time Kinematic», «Network RTK», «NRTK», «Precise Point Positioning», «PPP», «PPP-RTK», «State Space Representation», «SSR corrections», «Galileo High Accuracy Service», «Galileo HAS», «GNSS integrity», «GNSS authentication», «GNSS jamming», «GNSS spoofing», «GNSS multipath», «NLOS GNSS», «GNSS/INS integration», «GNSS machine learning» та «high-precision GNSS positioning». У пошукових стратегіях

використовувалися логічні оператори AND та OR, що дозволило поєднувати загальні та спеціалізовані терміни відповідно до тематики дослідження.

Основний часовий інтервал пошуку охоплював наукові публікації та технічні матеріали, опубліковані у період з 2015 по 2026 рік. Вибір цього періоду зумовлений необхідністю охоплення сучасного етапу розвитку багатосистемних і багаточастотних GNSS-технологій, PPP-RTK, SSR-корекцій, сервісів високоточного позиціонування та інтелектуальних методів обробки супутникових спостережень. Водночас окремі фундаментальні праці, опубліковані до 2015 року, включалися до аналізу у випадках, коли вони мали принципове значення для розуміння теоретичних і методологічних основ RTK, NRTK, PPP або PPP-RTK.

Процедура відбору джерел складалася з чотирьох послідовних етапів. На першому етапі здійснювалася ідентифікація публікацій за ключовими словами та пошуковими запитами. На другому етапі проводилося видалення дубльованих записів і попередній аналіз назв та анотацій. На третьому етапі виконувалася оцінка повних текстів публікацій на відповідність визначеним критеріям включення та виключення. На четвертому етапі відібрані джерела групувалися за тематичними напрямами та використовувалися для порівняльного й наративного аналізу [10].

До аналізу включалися джерела, які відповідали хоча б одному з таких критеріїв: розглядали технології RTK, NRTK, PPP або PPP-RTK; аналізували багатосистемні чи багаточастотні GNSS-спостереження; досліджували SSR-корекції або Galileo HAS; містили оцінювання точності, часу збіжності, доступності або надійності координатних рішень; аналізували вплив іоносферних і тропосферних затримок, багатопроменевого поширення сигналів, NLOS-сигналів та інших джерел похибок; розглядали питання цілісності та автентифікації GNSS-сигналів, впливу jamming і spoofing; або були присвячені інтеграції GNSS з INS, LiDAR, БПЛА, GIS та методами машинного навчання.

Критеріями виключення були: дубльовані публікації; джерела, що не відповідали тематиці високоточного GNSS-позиціонування; матеріали без достатнього опису методики або результатів дослідження; публікації, у яких GNSS використовувався лише як допоміжний інструмент без оцінювання характеристик позиціонування; а також неперевірені інформаційні ресурси без встановленого авторства або офіційного статусу. Для визначення технічних характеристик GNSS-сервісів використовувалися офіційні документи відповідних операторів і організацій, а для оцінювання фактичної точності та практичної ефективності технологій перевага надавалася рецензованим міжнародним науковим публікаціям.

Загалом у процесі пошуку було ідентифіковано 186 інформаційних записів. Після видалення 34 дубльованих записів та проведення первинного аналізу назв і анотацій для повнотекстового опрацювання відібрано 152 джерела. За результатами оцінювання повних текстів критеріям дослідження відповідали 86 джерел, які були включені до остаточного наративного аналізу. Серед них 68 становили рецензовані наукові публікації, 10 – оглядові наукові роботи, а 8 – офіційні технічні та інформаційні матеріали міжнародних GNSS-сер-

вісів. Відібрані джерела були розподілені за тематичними напрямами: методи RTK та NRTK; PPP та PPP-RTK; багатосистемні та багаточастотні технології; SSR-корекції та Galileo HAS; точність і час збіжності; GNSS у складних умовах; цілісність та автентифікація сигналів; jamming і spoofing; інтеграція GNSS з INS та іншими сенсорними системами; застосування машинного навчання для обробки GNSS-даних.

Для кожного відібраного джерела аналізувалися рік публікації, тип джерела, досліджувана GNSS-технологія, супутникові системи та частотні діапазони, метод позиціонування, умови проведення спостережень, тип використаних корекцій, точність координатних визначень, час збіжності, тривалість спостережень, тип референцної інфраструктури, наявність каналів передачі корекцій та основні обмеження технології. Такий підхід забезпечив можливість порівнювати результати досліджень, отримані в різних експериментальних і практичних умовах.

Порівняльний аналіз RTK, NRTK, PPP та PPP-RTK проводився за єдиною аналітичною матрицею, яка включала такі критерії: точність позиціонування; час збіжності; можливість роботи в режимі реального часу; потреба в локальній або мережевій референцній інфраструктурі; зона просторового покриття; тип і спосіб передачі корекцій; затримка корекцій; залежність від телекомунікаційної інфраструктури; стійкість до втрати зв'язку; вимоги до користувацького обладнання; стійкість до багатопроменевого поширення сигналів та міського середовища; можливість застосування для високоточного моніторингу деформацій і геодезичних робіт.

Результати дослідження та їх обговорення

Проведений структурований наративний аналіз 86 наукових та офіційних джерел засвідчив, що сучасний розвиток глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) характеризується переходом від використання окремих технологій супутникового позиціонування до комплексних багатосистемних і багаточастотних рішень. Основними напрямами розвитку є вдосконалення технологій Real-Time Kinematic (RTK), Network RTK (NRTK), Precise Point Positioning (PPP) та PPP-RTK, поширення State Space Representation (SSR)-корекцій, впровадження сервісів високоточного позиціонування, зокрема Galileo High Accuracy Service (HAS), а також інтеграція GNSS з інерціальними навігаційними системами (INS), геоінформаційними технологіями, безпілотними літальними апаратами, LiDAR і методами машинного навчання.

Порівняльний аналіз показав, що технології RTK, NRTK, PPP та PPP-RTK мають різні сфери застосування, які визначаються вимогами до точності, часу отримання координатного рішення, просторового охоплення, доступності референцної інфраструктури та каналів передачі корекцій. RTK забезпечує оперативне високоточне позиціонування для локальних геодезичних робіт, однак залежить від наявності базової станції та стабільності передачі диференційних поправок. NRTK розширює можливості RTK завдяки використанню мережі постійно діючих референцних станцій, забезпечуючи високу точність на значних територіях, проте його ефективність визначаєть-

ся якістю мережевої та телекомунікаційної інфраструктури.

На відміну від RTK і NRTK, технологія PPP забезпечує високоточне позиціонування без прив'язки до локальної базової станції, хоча характеризується тривалішим часом збіжності. PPP-RTK поєднує переваги PPP із можливістю швидшого отримання високоточного координатного рішення завдяки використанню додаткових супутникових та атмосферних корекцій, що робить її одним із найперспективніших напрямів розвитку високоточного позиціонування.

Для узагальнення результатів порівняльного аналізу сформовано аналітичну матрицю основних технологій високоточного GNSS-позиціонування.

Порівняльний аналіз показав, що точність GNSS-технологій не є сталою величиною і залежить від умов спостережень. Сантиметровий або міліметровий рівень точності визначається характеристиками GNSS-приймача, геометрією супутникового угруповання, кількістю використаних частот, тривалістю спостережень, атмосферними умовами, багатопроменевістю сигналів, якістю корекцій та методикою обробки даних. Тому результати різних досліджень доцільно порівнювати лише з урахуванням експериментальних умов і застосованих статистичних критеріїв.

Для оперативних геодезичних робіт RTK і NRTK забезпечують швидке отримання високоточного координат-

1. Матриця основних технологій високоточного GNSS-позиціонування

Критерії	RTK	Network RTK (NRTK)	PPP	PPP-RTK
Принцип позиціювання	Відносне позиціонування відносно базової станції	Мережеве відносне позиціонування	Абсолютне високоточне позиціонування	Абсолютне позиціонування з високоточними корекціями
Основний тип корекцій	Диференційні поправки	Мережеві поправки та моделі похибок	Точні орбіти та супутникові годинники	Точні орбіти, годинники, атмосферні та додаткові корекції
Просторове охоплення	Локальне	Регіональне	Глобальне або широкорегіональне	Регіональне або широкорегіональне
Потреба в базовій станції	Висока	Використовується мережа станцій	Безпосередня близькість не потрібна	Безпосередня близькість не потрібна
Час отримання високоточного рішення	Короткий за сприятливих умов	Короткий за доступності корекцій	Відносно тривалий час збіжності	Скорочений порівняно з традиційним PPP
Робота в реальному часі	Так	Так	Можлива за відповідної реалізації	Так, за наявності оперативних корекцій
Залежність від телекомунікацій	Висока	Висока	Залежить від способу отримання корекцій	Висока в режимі реального часу
Основна перевага	Висока оперативність	Висока точність у межах мережевого покриття	Велика зона покриття	Поєднання широкого покриття та швидкої збіжності
Основне обмеження	Локальна зона застосування	Залежність від мережі станцій і зв'язку	Тривала збіжність	Складність формування та доставки корекцій

ного рішення, тоді як PPP є ефективним для довготривалих спостережень без необхідності використання локальної базової станції. Технологія PPP-RTK поєднує переваги широкого просторового охоплення з можливістю скорочення часу збіжності. Отже, вибір технології має базуватися на комплексній оцінці точності, часу отримання результату, доступності інфраструктури та умов проведення спостережень.

Аналіз розвитку багатосистемних і багаточастотних GNSS-технологій засвідчив, що одночасне використання GPS, Galileo, BeiDou та GLONASS підвищує доступність супутникових спостережень, покращує геометрію супутникового угруповання та надійність позиціонування, особливо в умовах міської забудови й складного рельєфу. Використання багаточастотних сигналів також сприяє ефективнішому усуненню іоносферних похибок і прискоренню вирішення фазових неоднозначностей.

Встановлено, що SSR-корекції є одним із перспективних напрямів розвитку високоточного позиціонування, оскільки забезпечують передачу окремих компонентів похибок GNSS-рішення та створюють можливості для масштабування точного позиціонування на великі території. Перспективним прикладом реалізації такого підходу є Galileo High Accuracy Service (HAS), який розширює доступність високоточних корекцій без обов'язкового використання локальної референцної мережі. Водночас ефективність HAS залежить від сумісності обладнання, якості приймання сигналів і доступності корекцій, тому цей сервіс доцільно розглядати як доповнення до RTK і NRTK, а не їх повну заміну.

Висновки і перспективи

У результаті проведеного структурованого наративного аналізу наукових публікацій та офіційної документації встановлено, що ефективність використання сучасних технологій високоточного GNSS-позиціонування визначається комплексом технічних і організаційних чинників, серед яких ключове значення мають вимоги до точності, оперативності отримання координат, доступність референцної інфраструктури та умови виконання геодезичних робіт. Обґрунтовано, що технології RTK, Network RTK (NRTK), Precise Point Positioning (PPP) та PPP-RTK мають різні сфери ефективного застосування: RTK і NRTK є найбільш придатними для оперативних локальних вимірювань, тоді як PPP і PPP-RTK забезпечують перспективи високоточного позиціонування на значних територіях із меншою залежністю від локальних мереж базових станцій. Встановлено, що досягнення сантиметрової або міліметрової точності GNSS-вимірювань можливе лише за дотримання визначених умов спостережень, а вирішальний вплив на кінцеву точність мають характеристики приймального обладнання, геометрія супутникового угруповання, тривалість спостережень, атмосферні впливи та якість застосовуваних корекцій. Визначено, що використання багатосистемних і багаточастотних GNSS-приймачів є одним із головних напрямів підвищення ефективності супутникової геодезії, оскільки забезпечує покращення доступності супутникових спостережень, надійності координатних визначень і скорочення часу отримання фіксованого рішення. Також встановлено, що впровадження SSR-корекцій та сервісу Galileo High

Accuracy Service (HAS) є перспективним напрямом розвитку глобального високоточного позиціонування, оскільки розширює можливості масштабування точних координатних визначень і підвищує доступність сучасних GNSS-технологій без обов'язкової прив'язки до локальних мереж референцних станцій.

Список використаної літератури

1. Куницька М. С. GNSS-моніторинг деформацій бортів кар'єрів при розробці родовищ нерудних корисних копалин. *Технічна інженерія.* 2025. № 2(96). С. 226–230. URL: https://ten.ztu.edu.ua/article/view/348269 (дата звернення: 10.07.2026).
2. Коренець О., Лукіянчук А. І. Аналіз сучасного стану розвитку мереж ГНСС-спостережень. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Військово-спеціальні науки.* 2024. № 2(58). С. 62–67. URL: https://military.bulletin.knu.ua/uk/article/view/6781 (дата звернення: 10.07.2026).
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 (дата звернення: 10.07.2026).
4. Побігайло Д. П., Іськов С. С. Сучасні методи покращення точності GPS-позиціонування. *Технічна інженерія.* 2024. № 1(93). С. 415–419. URL: https://ten.ztu.edu.ua/article/view/308150 (дата звернення: 10.07.2026).
5. Шевчук С., Домашенко Г., Рожі Т. Сучасні методи геодезичного картографування територій: використання GPS та ГНСС технологій. *Просторовий розвиток.* 2024. № 8. С. 506–517. URL: https://spd.knuba.edu.ua/article/view/315889 (дата звернення: 10.07.2026).
6. Parakhnenko V., Honcharuk V., Balabak O., Dekarchuk M., Dekarchuk S., Borovyk P., Shemiakin M. Assessment of the ecological safety of the Ukrainian Polissya region based on landscape-ecological and radioecological approaches under martial law. *Environmental Problems*. 2026. Vol. 11, No. 1. P. 50–60. URL: https://science.lpnu.ua/ep/all-volumes-and-issues/volume-11-number-1-2026/assessment-ecological-safety-ukrainian-polissya (дата звернення: 10.07.2026).
7. Brusak I. V. New challenges for exploitation of continuously operating reference GNSS stations during hostilities. Case study of Ukraine. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2024. № 237. URL: https://science.lpnu.ua/jgd/all-volumes-and-issues/2372024/new-challenges-exploitation-continuously-operating-reference (дата звернення: 10.07.2026).
8. Tretyak K., Brusak I., Babchenko V. Recent deformations of the Earth's crust in Ukraine based on GNSS network data from GEOTERRACE and SYSTEM.NET. *Геодинаміка*. 2024. Vol. 37, No. 2. P. 56–68. URL: https://science.lpnu.ua/jgd/all-volumes-and-issues/2372024/recent-deformations-earths-crust-ukraine-based-gnss-network-data (дата звернення: 10.07.2026).
9. Даншина С., Андрєєв С., Горелик С., Нечаусов А., Прийма А. Геоінформаційні технології для інженерно-геодезичних вишукувань у процесі модернізації залізничної інфраструктури України. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості.* 2024. № 4(30). С. 39–58. URL: https://www.itssi-journal.com/index.php/ittsi/article/view/524 (дата звернення: 10.07.2026).
10. Yasyukevich Y. V., Zhang B., Devanaboyina V. R. Advances in GNSS Positioning and GNSS Remote Sensing. Sensors. 2024. Vol. 24, No. 4. Article 1200. URL: https://www.

mdpi.com/1424-8220/24/4/1200 (дата звернення: 10.07.2026).

References

1. Kunytska, M. S. (2025). GNSS monitoring of quarry wall deformations during the development of non-metallic mineral deposits. *Technical Engineering,* 2(96), 226–230. Available at: https://ten.ztu.edu.ua/article/view/348269
2. Korenets, O., & Lukiyanchuk, A. I. (2024). Analysis of the current state of development of GNSS observation networks. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Military-Special Sciences,* 2(58), 62–67. Available at: https://military.bulletin.knu.ua/uk/article/view/6781
3. Lazorenko, N. (2024). 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. Pobihailo, D. P., & Iskov, S. S. (2024). Modern methods for improving GPS positioning accuracy. *Technical Engineering,* 1(93), 415–419. Available at: https://ten.ztu.edu.ua/article/view/308150
5. Shevchuk, S., Domashenko, H., & Rozhi, T. (2024). Modern methods of geodetic mapping of territories: the use of GPS and GNSS technologies. Spatial Development, 8, 506–517. Available at: https://spd.knuba.edu.ua/article/view/315889
6. Parakhnenko, V., Honcharuk, V., Balabak, O., Dekarchuk, M., Dekarchuk, S., Borovyk, P., & Shemiakin, M. (2026). Assessment of the ecological safety of the Ukrainian Polissya region based on landscape-ecological and radioecological approaches under martial law. *Environmental Problems,* 11(1), 50–60. Available at: https://science.lpnu.ua/ep/all-volumes-and-issues/volume-11-number-1-2026/assessment-ecological-safety-ukrainian-polissya
7. Brusak, I. V. (2024). New challenges for the exploitation of continuously operating reference GNSS stations during hostilities: A case study of Ukraine. Geodesy, Cartography and Aerial Photography, 237. Available at: https://science.lpnu.ua/jgd/all-volumes-and-issues/2372024/new-challenges-exploitation-continuously-operating-reference
8. Tretyak, K., Brusak, I., & Babchenko, V. (2024). Recent deformations of the Earth's crust in Ukraine based on GNSS network data from GEOTERRACE and SYSTEM.NET. *Geodynamics,* 37(2), 56–68. Available at: https://science.lpnu.ua/jgd/all-volumes-and-issues/2372024/recent-deformations-earths-crust-ukraine-based-gnss-network-data
9. Danshyna, S., Andrieiev, S., Horelyk, S., Nechausov, A., & Pryima, A. (2024). Geoinformation technologies for engineering and geodetic surveys in the process of modernization of Ukraine's railway infrastructure. *The Current State of Research and Technology in Industry*, 4(30), 39–58. Available at: https://www.itssi-journal.com/index.php/ittsi/article/view/524
10. Yasyukevich, Y. V., Zhang, B., & Devanaboyina, V. R. (2024). Advances in GNSS positioning and GNSS remote sensing. *Sensors,* 24(4), Article 1200. DOI: https://doi.org/10.3390/s24041200

Fomenko V.

GNSS TECHNOLOGIES AND SATELLITE GEODESY OF THE NEW GENERATION

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 242-252.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.15

Abstract. *This paper presents a narrative review of modern approaches to the application of Global Navigation Satellite Systems (GNSS) in geodesy and geospatial support. The aim of the study is to summarize current high-precision satellite positioning technologies and to identify the prospects for their application in the context of the digital transformation of the geodetic sector. The review is based on an analysis of scientific publications and official documents devoted to Real-Time Kinematic (RTK), Network RTK (NRTK), Precise Point Positioning (PPP), PPP-RTK, State Space Representation (SSR), the Galileo High Accuracy Service (HAS), as well as the integration of GNSS with unmanned aerial vehicles and geographic information systems. The analysis covers current approaches to high-precision positioning, the use of multi-constellation and multi-frequency GNSS observations, issues of navigation signal integrity and authentication, and the prospects for the development of high-accuracy satellite positioning services.*

The analysis systematized the main characteristics of RTK, NRTK, PPP, and PPP-RTK technologies according to positioning accuracy, convergence time, dependence on ground-based reference infrastructure, spatial coverage, and suitability for operation under different observation conditions. RTK and NRTK provide rapid high-precision positioning when access to reference infrastructure is available, whereas PPP offers greater independence from local reference stations but requires a longer convergence period. PPP-RTK combines the advantages of global PPP coverage with faster convergence through the use of additional correction information. The study also demonstrates that achieving centimeter- or millimeter-level positioning accuracy depends on receiver characteristics, observation duration, satellite geometry and availability, correction quality, and data processing methodology.

The study identifies the use of the Galileo High Accuracy Service (HAS), State Space Representation (SSR) corrections, the integration of GNSS with unmanned aerial vehicles, geographic information systems, and other sensor technologies, as well as the application of machine learning methods to improve positioning reliability, as promising directions for the development of GNSS technologies. The obtained results may be used to select the most appropriate high-precision GNSS positioning technology depending on accuracy requirements, observation conditions,and the availability of reference infrastructure.

Key words: *GNSS technologies, satellite geodesy, GPS, Galileo, GLONASS, BeiDou, RTK, Network RTK, PPP, PPP-RTK, SSR corrections, Galileo HAS, high-precision positioning, geospatial data.*

ISSN 2306-1677 (Print) ISSN 2518-7325 (On-line)
Отримано: 28.07.2026; Прийнято: 12.08.2026; Опубліковано: 30.12.2026;
УДК 004.424.22:528.235 http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.16

GNSS-МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЙ ПОРУШЕНИХ ТЕРИТОРІЙ ДЛЯ ПОТРЕБ БУДІВНИЦТВА

Є.Ю. БЕРЕЗАН,
аспірант кафедри технології будівельних виробів,
матеріалів та конструкцій
E-mail – berezanevg@gmail.com
ID ORCID: https://orcid.org/0009-0000-0647-4811
Криворізький національний університет
Є.Г. ХЛИПОВКА,
старший викладач кафедри геодезії
E-mail –hevgeng@knu.edu.ua
ID ORCID: https://orcid.org/0009-0009-0855-8475
Криворізький національний університет

Анотація. *У статті розглянуто актуальне науково-прикладне завдання підвищення ефективності геодезичного забезпечення будівництва на техногенно порушених територіях шляхом впровадження сучасних технологій глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS). Значна частина територій, що зазнали впливу гірничодобувної діяльності, характеризується розвитком повільних деформаційних процесів, які можуть негативно впливати на стійкість основ будівель і споруд, інженерних мереж та об'єктів інфраструктури. У зв'язку з цим виникає необхідність створення високоточної системи моніторингу, здатної забезпечити своєчасне виявлення просторових зміщень земної поверхні та прогнозування розвитку небезпечних геодинамічних процесів.*

Метою дослідження є наукове обґрунтування та розроблення комплексної методики GNSS-моніторингу деформацій техногенно порушених територій, орієнтованої на використання у процесі інженерних вишукувань, проєктування, будівництва та експлуатації об'єктів цивільного і промислового призначення.

Запропонована методика базується на застосуванні автономних GNSS-реперних станцій, високоточних статичних супутникових спостережень, сучасних програмних комплексів обробки GNSS-вимірювань та методів статистичного аналізу часових рядів координат.

У роботі запропоновано конструкцію автономної реперної станції, яка об'єднує багаточастотний багатосистемний GNSS-приймач, систему автономного електроживлення на основі сонячних панелей, контролер керування, модуль бездротової передачі інформації та блок локального збереження даних. Запро-

Науковий керівник: В.В. Перегудов, доктор технічних наук, професор

Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

поновane технічне рішення забезпечує можливість тривалого безперервного функціонування мережі моніторингу без постійного обслуговування персоналом. Оригінальність конструкції підтверджується патентним рішенням, що забезпечує практичну цінність запропонованої системи.

Обґрунтовано вибір оптимальних параметрів організації статичних GNSS-спостережень, включаючи тривалість сеансів вимірювань, інтервал реєстрації супутникових сигналів, періодичність циклів спостережень, вимоги до геометрії супутникового сузір'я та критерії оцінювання якості отриманих результатів. Розроблено алгоритм обробки GNSS-даних із використанням програмних комплексів Bernese GNSS Software, GAMIT/GLOBK, Trimble Business Center та Leica Infinity, що забезпечує автоматизоване визначення координат контрольних реперів, формування часових рядів зміщень та оцінювання їх статистичної достовірності.

Ключові слова: *GNSS-моніторинг, деформації інженерних споруд, геодезичний моніторинг, супутникові вимірювання, геодезичний контроль, точність вимірювань, автоматизована обробка даних, економічна ефективність моніторингу.*

Актуальність

Освоєння техногенно порушених територій для потреб будівництва є складною науково-технічною проблемою, актуальність якої зростає в умовах розширення міської забудови та дефіциту вільних земельних ресурсів. До таких територій належать ділянки, підроблені підземними гірничими виробками, зони впливу відкритих гірничих робіт, рекультивовані відвали й полігони відходів, території ліквідованих шахт, підземних порожнин та інших техногенних об’єктів. Особливої актуальності ця проблема набуває у гірничопромислових регіонах України, зокрема в межах Криворізького басейну, Придніпров’я та Донбасу, де значна частина перспективних будівельних майданчиків характеризується порушеною геологічною будовою, неоднорідністю ґрунтової основи та тривалим проявом техногенних геодинамічних процесів [1].

Будівництво та подальша експлуатація споруд на таких територіях супроводжуються підвищеним ризиком виникнення нерівномірних осідань, горизонтальних зміщень, локальних просідань, зсувних процесів і деформацій земної поверхні. Зазначені явища можуть спричиняти зміну проєктного положення фундаментів, утворення тріщин у несучих конструкціях, порушення роботи інженерних мереж і зниження експлуатаційної надійності будівель. Тому своєчасне виявлення просторових переміщень земної поверхні та конструктивних елементів є необхідною умовою забезпечення безпеки будівництва і прогнозування подальшого розвитку деформаційних процесів [5].

Традиційні методи геодезичного контролю, до яких належать високоточне геометричне нівелювання, тахеометричні вимірювання та лінійно-кутові побудови, забезпечують високу точність визначення деформацій, проте переважно мають дискретний характер. Отримання результатів можливе лише у визначені моменти проведення польових спостережень, а їх регулярне повторення потребує значних трудових і часових витрат, постійної

присутності персоналу та забезпечення стабільної видимості між пунктами. На важкодоступних, нестійких або потенційно небезпечних ділянках такі обмеження можуть ускладнювати оперативне отримання інформації та знижувати ефективність моніторингу.

Застосування глобальних навігаційних супутникових систем створює передумови для переходу від періодичного геодезичного контролю до автоматизованого безперервного моніторингу. GNSS-технології забезпечують визначення тривимірних координат контрольних пунктів, накопичення часових рядів спостережень, дистанційну передачу даних та оперативне виявлення просторових зміщень. За умови використання геодезичних багаточастотних приймачів, стабільних пунктів, тривалих сеансів спостережень і точного постоброблення може досягатися міліметровий рівень визначення горизонтальних переміщень і кількаміліметровий рівень визначення вертикальних деформацій. У режимі RTK точність, як правило, має сантиметровий рівень і залежить від довжини базової лінії, геометрії супутникового сузір'я, стану атмосфери, багатопроменевості сигналів і якості прив'язки до референцної мережі [6].

Отже, актуальним науковим завданням є обґрунтування структури GNSS-моніторингу техногенно порушених територій, визначення оптимальної конфігурації контрольної мережі, встановлення періодичності та тривалості спостережень, оцінювання точності визначення просторових переміщень і розроблення критеріїв виявлення небезпечних деформацій. Результати такого моніторингу можуть бути використані для оцінювання придатності територій до забудови, контролю стану будівельних майданчиків, прогнозування розвитку деформацій та своєчасного прийняття інженерних рішень щодо забезпечення надійності й безпеки будівель і споруд [7].

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питання геодезичного контролю деформацій земної поверхні та інженерних споруд із використанням глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) активно досліджуються впродовж останніх десятиліть. Особлива увага приділяється створенню високоточних систем моніторингу для прогнозування небезпечних деформацій, оцінювання стійкості техногенно порушених територій та забезпечення безпечної експлуатації будівельних об'єктів.

Blewitt G. одним із перших обґрунтував можливість використання супутникових технологій GPS для високоточного визначення просторових координат у задачах геодинамічного моніторингу. Автор підтверджує, що застосування фазових вимірювань дозволяє визначати зміщення контрольних пунктів із міліметровою точністю та використовувати GNSS як ефективний інструмент дослідження повільних деформацій земної поверхні. Такий підхід, згідно з дослідженнями Blewitt G., полягає у створенні постійно діючих мереж спостережень, накопиченні часових рядів координат та їх статистичній обробці для виявлення тенденцій просторових переміщень [8].

Подальший розвиток методології GNSS-моніторингу отримав у роботах Teferle F.N., який доводить, що безперервні супутникові спостереження забезпечують можливість реєстрації як довготривалих геодинамічних про-

цесів, так і локальних деформацій інженерних споруд. Автор зазначає, що інтеграція GNSS-мереж із сучасними алгоритмами математичного моделювання значно підвищує достовірність прогнозування розвитку деформаційних процесів [9].

Дослідження Vernant P. підтверджують ефективність використання постійно діючих GNSS-станцій для визначення сучасних горизонтальних і вертикальних рухів земної кори. Запропонований автором підхід базується на комплексному аналізі часових рядів координат, що дозволяє відокремити природні геодинамічні процеси від локальних техногенних деформацій та підвищити надійність оцінювання просторових зміщень [10].

Серед українських науковців вагомий внесок у розвиток супутникових геодезичних технологій зробили Тревого І. С. та Шевченко Т. Г. У своїх роботах автори підтверджують перспективність використання GNSS-технологій під час геодезичного забезпечення інженерних вишукувань, моніторингу деформацій будівель і споруд та створення високоточних геодезичних мереж. Запропонований ними підхід полягає у комплексному використанні супутникових вимірювань, класичних геодезичних методів та сучасного програмного забезпечення для підвищення точності визначення просторових координат контрольних пунктів [4].

Проблематику геодезичного моніторингу техногенно порушених територій у гірничодобувних регіонах України досліджував Хоменко П. А. Автор зазначає, що території, порушені гірничими роботами, характеризуються складними просторово-часовими деформаційними процесами, які потребують систематичного геодезичного контролю. У своїх роботах він наголошує на доцільності використання сучасних супутникових технологій для своєчасного виявлення небезпечних деформацій земної поверхні та прогнозування їх подальшого розвитку [5].

Разом із тим аналіз сучасних наукових праць свідчить, що більшість досліджень присвячена геодинамічному моніторингу земної кори, контролю деформацій окремих інженерних споруд або створенню постійно діючих GNSS-мереж. Значно менше уваги приділено питанням комплексного моніторингу техногенно порушених територій саме для потреб будівництва, коли необхідно одночасно оцінювати стійкість основи, розвиток просторових деформацій та придатність території до забудови.

Таким чином, аналіз сучасних досліджень підтверджує високий потенціал використання GNSS-технологій для геодезичного контролю деформацій, проте відсутня комплексна методика, яка б поєднувала безперервний супутниковий моніторинг, сучасні методи математичного аналізу часових рядів, оцінювання просторових переміщень та інженерне обґрунтування придатності техногенно порушених територій до будівництва. Саме розроблення такого комплексного підходу визначає наукову новизну та практичну спрямованість даного дослідження.

Мета даного дослідження. Метою дослідження є наукове обґрунтування та розроблення комплексної методики GNSS-моніторингу деформацій техногенно порушених територій із використанням автономних реперних станцій, спрямованої на підвищення точності визначення просторових зміщень, оцінювання

стійкості ґрунтової основи та забезпечення геодезичного супроводу будівництва на територіях із підвищеним техногенним навантаженням.

Матеріали і методи дослідження

Досягнення поставленої мети забезпечується впровадженням комплексного підходу, який поєднує сучасні супутникові геодезичні технології, методи математичної обробки просторових даних та інструменти геоінформаційного аналізу для оцінювання деформацій техногенно порушених територій. Методологія дослідження базується на принципах безперервного геодезичного моніторингу, що забезпечує отримання високоточних координат контрольних пунктів, аналіз їх часових рядів та своєчасне виявлення небезпечних змін просторового положення земної поверхні.

Матеріальною основою дослідження є мережа автономних GNSS-реперних станцій, обладнаних багаточастотними багатосистемними приймачами, здатними одночасно приймати сигнали навігаційних систем GPS, Galileo та BeiDou. Залежно від вимог до точності спостережень можуть застосовуватися геодезичні приймачі Leica GS18 T, Trimble R10-2, Topcon HiPer HR або високоточні модулі u-blox ZED-F9P. Для забезпечення автономного функціонування станції оснащуються сонячними панелями, акумуляторними системами живлення, контролерами керування, модулями бездротової передачі інформації та накопичувачами даних. Така конструкція дозволяє виконувати довготривалий моніторинг без постійної присутності оператора та мінімізує вплив людського фактора на результати вимірювань, рис.1.

Програмне забезпечення дослідження включає комплекс спеціалізованих пакетів для обробки супутникових спостережень і статистичного аналізу координат, таблиця 1. Для високоточного визначення координат використовуються програмні комплекси Bernese GNSS Software, GAMIT/GLOBK, Trimble Business

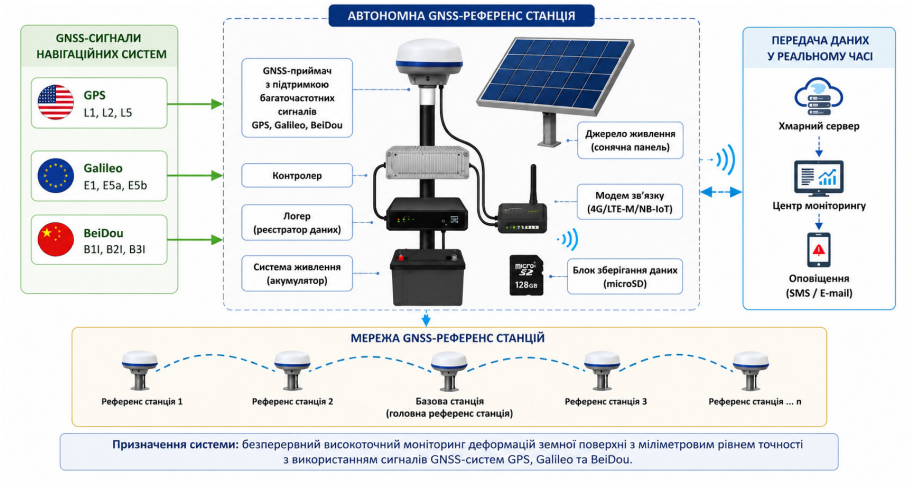


Рис. 1 Структурна схема автономії GNSS – реперної станції

1. Функціональні можливості програмного забезпечення

Програмне забезпечення	Клас ПЗ	Основне застосування	Результат
Bernese GNSS Software	Наукове	Постобробка GNSS	Координати мм-точності
GAMIT/GLOBK	Наукове	Аналіз часових рядів	Вектори зміщень
Trimble Business Center	Комерційне	Обробка польових даних	Контроль якості вимірювань
Leica Infinity	Комерційне	Комплексна обробка геодезичних вимірювань	Урівнювання мереж
QGIS	GIS	Просторовий аналіз	Карти деформацій
ArcGIS Pro	GIS	Геостатистичне моделювання	Просторові моделі та прогнозування

Center та Leica Infinity, які забезпечують автоматизовану обробку фазових вимірювань, усунення систематичних похибок, оцінювання якості вимірювань і визначення просторових координат у державній та глобальній системах координат. Просторову інтерпретацію результатів виконують із використанням геоінформаційних систем QGIS та ArcGIS, що дозволяє будувати карти зміщень, ізолінії деформацій і моделі просторового розподілу небезпечних зон.

Аналіз функціональних можливостей програмного забезпечення свідчить, що використання комплексу наукових пакетів (Bernese GNSS Software, GAMIT/GLOBK) забезпечує високоточне визначення координат контрольних пунктів та оцінювання параметрів деформаційних процесів, тоді як комерційні програмні продукти (Trimble Business Center, Leica Infinity) дозволяють ефективно виконувати первинну обробку польових вимірювань і контроль якості даних. Застосування геоінформаційних систем (QGIS, ArcGIS Pro) забезпечує просторову візуалізацію результатів, побудову карт зміщень, цифрових моделей поверхні та геостатистичний аналіз деформацій, що є необхідною складовою комплексного GNSS-моніторингу порушених територій. Програмне забезпечення включає: наукові програми обробки GNSS-спостережень (Bernese 5.4, GAMIT 10.7); комерційні пакети (Trimble Business Center, Leica Infinity); програми аналізу часових рядів (HECTOR, CATS); ГІС-інструменти для просторової візуалізації результатів (QGIS, ArcGIS).

Важливим практичним результатом виконаного дослідження є розроблення конструкції автономної GNSS-реперної станції, технічне рішення якої захищено заявкою на патент України, прийнятою до розгляду Українським національним офісом інтелектуальної власності та інновацій. Запропонована конструкція поєднує багаточастотний GNSS-модуль, автономну систему електроживлення, засоби бездротової передачі даних та локального збереження інформації, що забезпечує можливість безперервного високоточного моніторингу деформацій техногенно порушених територій. Технічне рішення захищає оригінальну компоновку функціональних вузлів станції, що забезпечує її автономність, захищеність від атмосферних впливів та придатність до тривалого безперервного функціонування в польових умовах без технічного обслуговування.

Паралельно ведеться розробка власного програмного забезпечення

для моніторингу деформацій у режимі реального часу. Програма призначена для автоматизованого збору та обробки GNSS-даних із реперних станцій мережі, їх фільтрації, обчислення зміщень та графічної візуалізації деформаційних процесів. Передбачено функції автоматичного оповіщення при перевищенні порогових значень зміщень, що дозволить оперативно реагувати на небезпечні деформаційні тенденції безпосередньо в процесі будівництва або експлуатації споруди. Впровадження власного програмного рішення дозволить відмовитися від закордонних пакетів і забезпечить повну адаптацію системи до вітчизняної нормативної бази.

Дослідну ділянку для проведення GNSS-моніторингу обирали з урахуванням її репрезентативності для техногенно порушених територій та наявності тривалого антропогенного навантаження, здатного спричиняти сучасні деформаційні процеси земної поверхні. Як об'єкт дослідження рекомендується використовувати території рекультивованих відвалів, колишніх промислових майданчиків, зон впливу відкритих або підземних гірничих робіт, які є потенційно придатними для подальшого цивільного або промислового будівництва. Вибір дослідної території здійснювався відповідно до комплексу геодезичних, геотехнічних та експлуатаційних критеріїв, що забезпечують можливість виконання високоточних GNSS-спостережень. Основними критеріями відбору представлені в таблиці 2.

На вибраній території створювалася локальна геодезична мережа, що включала один базовий репер, розташований поза межами активної зони деформацій, та систему контрольних реперів, рівномірно розміщених у межах дослідної ділянки. Базовий репер використовувався як опорний пункт для визначення абсолютних координат, тоді як контрольні репери забезпечували реєстрацію просторових переміщень окремих ділянок території.

Запропонована конфігурація мережі дозволяє одночасно визначати абсолютні координати контрольних пунктів, оцінювати відносні зміщення між окремими реперами, аналізувати просторовий характер розвитку деформацій та формувати часові ряди спостережень, необхідні для прогнозування геодинамічних процесів.

2. Критерії вибору дослідної ділянки для GNSS-моніторингу

Критерій	**Характеристика**	**Значення для дослідження**
Тип території	Рекультивований відвал, промислова зона, підроблена територія	Об'єкт дослідження
Наявність деформацій	Осідання, горизонтальні зміщення, локальні просідання	Контроль розвитку геодинамічних процесів
Перспективи забудови	Цивільне або промислове будівництво	Оцінювання придатності території
Відкритість небосхилу	Кут відсічення супутників ≥15°	Забезпечення стабільного прийому GNSS-сигналів
Електромагнітні умови	Мінімальний рівень перешкод	Зменшення впливу похибок вимірювань
Наявність CORS	Відстань до найближчої станції ≤30–50 км	Підвищення точності визначення координат
Геологічні умови	Стабільність базового репера	Забезпечення незмінності вихідної точки



Рис. 2 – Дослідна ділянка GNSS -моніторингу техногенно порушеної території

Загальна методика організації робіт включає вибір дослідної ділянки, створення мережі автономних GNSS-реперів, налаштування параметрів збору даних, проведення статичних супутникових спостережень, постобробку GNSS-вимірювань, статистичний аналіз часових рядів координат і просторову інтерпретацію результатів. Послідовність виконання зазначених етапів наведено на рис. 2.

Польові вимірювання проводилися у статичному режимі GNSS-спостережень, що є найбільш ефективним для визначення повільних деформацій земної поверхні, таблиця 3. Реєстрація супутникових сигналів здійснювалася з інтервалом 30 секунд, тривалість одного сеансу становила від 4 до 8 годин, а цикли спостережень виконувалися один раз на квартал для забезпечення можливості аналізу сезонних і довготривалих тенденцій розвитку деформацій. Для підвищення достовірності результатів використовувався кут відсічення супутників не менше 15°, контроль геометрії супутникового сузір'я за значенням показника DOP та

3. Параметри проведення статичних GNSS-спостережень

Параметр	Значення	Призначення
Режим спостережень	Статичний	Визначення повільних деформацій
Інтервал реєстрації	30 с	Формування часового ряду вимірювань
Тривалість одного сеансу	4–8 год	Надійне визначення фазових неоднозначностей
Періодичність спостережень	1 раз на квартал	Аналіз сезонних і довготривалих змін
Мінімальний кут відсічення	≥15°	Усунення низькокутових супутників
Мінімальна кількість супутників	≥4	Забезпечення стійкого позиціонування
Бажана кількість супутників	10–25	Підвищення точності координат
Максимальне значення PDOP	≤4	Контроль геометрії супутникового сузір'я
Формат збереження	RINEX 3.x	Стандарт IGS для наукової обробки

запис даних у міжнародному форматі RINEX 3.x.

Сирі GNSS-дані обробляються у програмному забезпеченні наукового класу (Bernese GNSS Software або GAMIT/GLOBK). Обробка включає: попередню обробку з відбраковуванням грубих похибок; формування подвійних різниць фазових вимірювань для усунення систематичних похибок; визначення цілочисельних значень фазових неоднозначностей методами LAMBDA або FARA [7, 12].

Величини зміщень обчислюються як різниця координат відповідних реперів між двома суміжними циклами спостережень. Вертикальні зміщення (ΔH) визначаються за компонентою Up у місцевій топоцентричній системі координат. Планові зміщення характеризуються компонентами North (ΔN) та East (ΔE) та результуючим горизонтальним вектором $D = \sqrt{(\Delta N^2 + \Delta E^2)}$.

Типові часові ряди вертикальних зміщень реперів для модельної ділянки представлені на рис. 3.

Статистичне оцінювання достовірності отриманих результатів є обов'язковим етапом обробки GNSS-спостережень, оскільки дозволяє відокремити реальні деформаційні процеси від випадкових похибок вимірювань. Після урівнювання мережі для кожного контрольного репера визначаються середньоквадратичні похибки координат, які характеризують точність визначення просторового положення пунктів спостережень.

Критерієм виявлення деформацій є перевищення величиною зміщення рівня випадкових похибок вимірювань. У геодезичній практиці загальноприйнятим вважається правило «трьох сигм», згідно з яким зміщення визнається статистично значущим, якщо його абсолютна величина перевищує потрійне значення середньоквадратичної похибки відповідного параметра. Для вертикальної компоненти ця умова має вигляд

$$|\Delta H| > 3\sigma\Delta H, \quad (1)$$

а для результуючого горизонтального зміщення

$$|D| > 3\sigma D, \quad (2)$$

де ΔH - вертикальне зміщення контрольного репера між двома суміжними циклами спостережень; D - модуль горизонтального вектора зміщення; σ ΔH та Σd - середньоквадратичні похибки визначення відповідних величин.

Використання критерію 3σ забезпечує ймовірність понад 99,7 % того, що зафіксоване зміщення не є наслід-

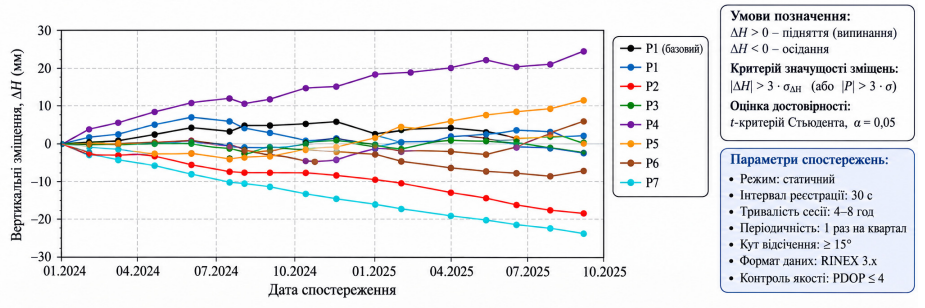


Рис. 3. Часовий ряд вертикальних зміщень GNSS-реперів (модельні дані, 2024–2025 рр.)

ком випадкових помилок спостережень, а відображає реальний процес деформації земної поверхні або інженерної споруди. Такий підхід широко застосовується у високоточному геодезичному моніторингу, оскільки мінімізує ймовірність хибного виявлення деформацій.

Для додаткової перевірки статистичної достовірності отриманих результатів використовувався t-критерій Стьюдента при рівні значущості $\alpha = 0{,}05$. Застосування цього критерію дозволяє оцінити, чи є різниця між координатами, визначеними у двох послідовних циклах спостережень, статистично значущою. Якщо розраховане значення статистики tobs перевищує критичне значення tcrit, отримане для відповідної кількості ступенів свободи та рівня значущості 0,05, нульова гіпотеза про відсутність зміщення відхиляється, а зафіксоване переміщення вважається достовірним.

Комплексне використання критерію 3σ та t-критерію Стьюдента забезпечує високий рівень надійності інтерпретації результатів GNSS-моніторингу. Поєднання цих статистичних методів дозволяє не лише оцінити величину просторових переміщень, але й визначити ступінь їх достовірності, що є необхідною умовою для прогнозування розвитку деформаційних процесів, оцінювання стійкості техногенно порушених територій та прийняття обґрунтованих інженерних рішень щодо безпечної експлуатації або подальшого будівельного освоєння досліджуваних об'єктів [8, 9].

Результати дослідження та їх обговорення

Оцінка точності GNSS-моніторингу деформацій проводиться за двома напрямами: внутрішня точність на основі нев'язок у мережі та зовнішня перевірка через порівняння з результатами геометричного нівелювання або наземного лазерного сканування. На рис. 4 представлено порівняння точності основних методів геодезичного моніторингу. GNSS-метод при статичних спостереженнях забезпечує горизонтальну точність ±1–3 мм та вертикальну ±3–8 мм, що є оптимальним балансом між точністю та

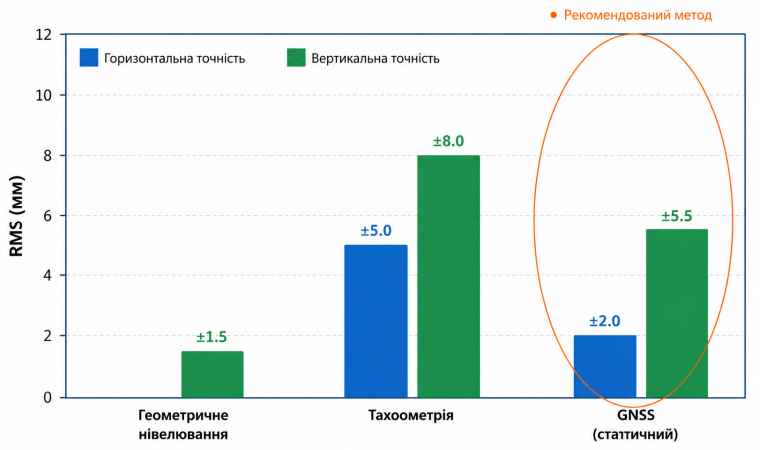


Рис. 4. Порівняння точності методів геодезичного моніторингу (СКП, мм)

4. Показники точності визначення координат реперів мережі моніторингу

Репер	σN (мм)	σE (мм)	σU (мм)	σ3D (мм)
P1 (базовий)	0,8	0,9	2,1	2,4
P2	1,1	1,2	3,8	4,1
P3	0,9	1,0	3,2	3,5
P4	1,3	1,4	4,5	4,9
P5	1,0	1,1	3,5	3,8

оперативністю спостережень для задач моніторингу деформацій порушених територій [8, 9, 10].

Досягнуті показники точності визначення координат реперів модельної мережі наведені в табл. 4.

Для підвищення точності застосовуються: прив'язка до мережі референцних станцій CORS України; прив'язка до пунктів GNSS-мережі IGS; метод «стека» для усереднення результатів багатоепохової обробки. Достовірність результатів підвищується завдяки структурованому збереженню телеметрії реперної станції разом із кожним вимірюванням.

Економічне обґрунтування системи є важливим аспектом для прийняття рішення щодо її впровадження. Вартість одного циклу традиційного геодезичного контролю (нівелювання + тахеометрія) для об'єкта площею 1–2 га становить 15 000–25 000 грн, тоді як система автономного GNSS-моніторингу після первинного інвестування (орієнтовно 80 000–120 000 грн на 6–8 реперів) забезпечує безперервний контроль практично без додаткових витрат. Таким чином, окупність системи досягається вже протягом 1–2 років експлуатації. Згідно з галузевою статистикою, витрати на ліквідацію аварійних ситуацій, спричинених непередбаченими деформаціями основ, у середньому у 5–10 разів перевищують вартість превентивного моніторингу.

Висновки і перспективи

Проведене дослідження підтвердило високу ефективність використання технологій глобальних навігаційних супутникових систем для моніторингу деформацій техногенно порушених територій, призначених для подальшого будівельного освоєння. Запропонована методика, що поєднує статичні GNSS-спостереження, високоточну постобробку супутникових даних та статистичне оцінювання результатів, забезпечує надійне визначення просторових переміщень контрольних пунктів із міліметровою точністю. Результати оцінювання точності засвідчили, що достовірність GNSS-моніторингу доцільно визначати за двома взаємодоповнювальними напрямами: внутрішнім контролем, який ґрунтується на аналізі нев'язок, середньоквадратичних похибок координат і показників якості урівнювання мережі, та зовнішньою верифікацією шляхом порівняння результатів із незалежними геодезичними методами, зокрема високоточним геометричним нівелюванням і наземним лазерним скануванням. Такий підхід забезпечує комплексну оцінку достовірності визначених деформацій та

мінімізує ризик виникнення систематичних похибок.

Порівняльний аналіз сучасних методів геодезичного моніторингу показав, що статичний GNSS-метод забезпечує горизонтальну точність на рівні ±1–3 мм та вертикальну ±3–8 мм, що повністю відповідає вимогам до моніторингу повільних деформацій земної поверхні. На відміну від традиційних методів, GNSS-технології дозволяють одночасно визначати тривимірні координати великої кількості контрольних пунктів, виконувати безперервний автоматизований моніторинг і охоплювати значні території без необхідності забезпечення взаємної видимості між пунктами.

Встановлено, що інтеграція GNSS-спостережень із геометричним нівелюванням, наземним лазерним скануванням та сучасними геоінформаційними технологіями істотно підвищує достовірність оцінювання деформаційних процесів. Комплексне використання різних методів забезпечує взаємний контроль результатів, дозволяє отримувати просторово безперервну інформацію про розвиток деформацій і формує надійну інформаційну основу для прогнозування геодинамічних процесів.

Таким чином, запропонована методика GNSS-моніторингу може бути рекомендована для геодезичного забезпечення будівництва на техногенно порушених територіях, контролю стану інженерних споруд, рекультивованих відвалів, кар'єрів, хвостосховищ та інших потенційно небезпечних об'єктів. Практичне впровадження розробленого підходу сприятиме підвищенню рівня інженерної безпеки, своєчасному виявленню небезпечних деформацій і прийняттю обґрунтованих управлінських рішень щодо подальшої експлуатації та забудови територій. Перспективним напрямом подальших досліджень є інтеграція мереж автономних GNSS-реперів із безперервними системами дистанційного моніторингу, геоінформаційними платформами та алгоритмами прогнозування на основі методів штучного інтелекту, що забезпечить оперативне виявлення критичних змін і підвищить ефективність управління ризиками під час будівництва та експлуатації інженерних об'єктів.

Список використаної літератури

1. ДБН В.1.3-2:2010. Геодезичні роботи у будівництві. Київ : Мінрегіон України, 2010. 58 с.
2. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження і моніторингу будівельних конструкцій. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 47 с.
3. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти споруд. Київ : Мінрегіон України, 2018. 64 с.
4. Тревого І. С., Шевченко Т. Г. GNSS в геодезії. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. 196 с.
5. Хоменко П. А. Моніторинг деформацій земної поверхні методами супутникової геодезії. Харків : ХНУБА, 2019. 128 с.
6. Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H., Wasle E. GNSS – Global Navigation Satellite Systems. Wien : Springer, 2008. 516 p.
7. Leick A., Rapoport L., Tatarnikov D. GPS Satellite Surveying. 4th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2015. 840 p.
8. Blewitt G., Lavallée D. Effect of annual signals on geodetic velocity. Journal of Geophysical Research. 2002. Vol. 107, No. B7. DOI: 10.1029/2001JB000570.
9. Teferle F. N., Bingley R. M., Williams S. D. P. et al. Crustal motions in Great Britain. Geophysical Journal International. 2009. Vol. 178, No. 1. P. 23–46. DOI: 10.1111/j.1365-

246X.2009.04185.x.
10. Vernant P., Reilinger R., McClusky S. et al. Geodetic constraints on deformation at active tectonic margins. Tectonophysics. 2014. Vol. 631. P. 1–9. DOI: 10.1016/j.tecto.2014.05.017.
11. International GNSS Service (IGS). GNSS Data Formats and Standards. URL: https://igs.org/formats-and-standards/ (дата звернення: 10.03.2026).
12. Teunissen P.J.G. The least-squares ambiguity decorrelation adjustment: a method for fast GPS integer ambiguity estimation. Journal of Geodesy. 1995. Vol. 70. P. 65–82. DOI: 10.1007/BF00863419.

References

1. DBN V.1.3-2:2010. (2010). Heodezychni roboty u budivnytstvi [Geodetic Works in Construction]. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine. 58 p.
2. DSTU-N B V.1.2-18:2016. (2016). Nastanova shchodo obstezhennia i monitorynhu budivelnykh konstruktsii [Guidelines for Inspection and Monitoring of Building Structures]. Kyiv: UkrNDNC. 47 p.
3. DBN V.2.1-10:2018. (2018). Osnovy ta fundamenty sporud [Foundations of Buildings and Structures]. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine. 64 p.
4. Trevoho, I. S., & Shevchenko, T. H. (2012). GNSS v heodezii [GNSS in Geodesy]. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House. 196 p.
5. Khomenko, P. A. (2019). Monitorynh deformatsii zemnoi poverkhni metodamy suputnykovoi heodezii [Monitoring of Ground Surface Deformations Using Satellite Geodesy Methods]. Kharkiv: Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. 128 p.
6. Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., & Wasle, E. (2008). GNSS – Global Navigation Satellite Systems. Vienna: Springer. 516 p.
7. Leick, A., Rapoport, L., & Tatarnikov, D. (2015). GPS Satellite Surveying (4th ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. 840 p.
8. Blewitt, G., & Lavallée, D. (2002). Effect of annual signals on geodetic velocity. Journal of Geophysical Research, 107(B7). https://doi.org/10.1029/2001JB000570
9. Teferle, F. N., Bingley, R. M., Williams, S. D. P., et al. (2009). Crustal motions in Great Britain. Geophysical Journal International, 178(1), 23–46. https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2009.04185.x
10. Vernant, P., Reilinger, R., McClusky, S., et al. (2014). Geodetic constraints on deformation at active tectonic margins. Tectonophysics, 631, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2014.05.017
11. International GNSS Service (IGS). (2026). GNSS Data Formats and Standards. Available at: https://igs.org/formats-and-standards/ (accessed 10 March 2026).
12. Teunissen P.J.G. The least-squares ambiguity decorrelation adjustment: a method for fast GPS integer ambiguity estimation. Journal of Geodesy. 1995. Vol. 70. P. 65–82. DOI: 10.1007/BF00863419.

Berezan Y. , Hlypovka Y.

GNSS MONITORING OF DEFORMATIONS IN DISTURBED TERRITORIES FOR CONSTRUCTION APPLICATIONS

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 4'26: 252-266.
http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.04.16

Abstract. *This paper addresses the relevant scientific and practical problem of improving geodetic support for construction on technogenically disturbed territories through the implementation of modern Global Navigation Satellite System (GNSS) technologies. A considerable proportion*

of areas affected by mining activities are characterized by the development of slow deformation processes that may adversely affect the stability of building foundations, engineering structures, utility networks, and infrastructure facilities. Consequently, there is a growing need for a high-precision monitoring system capable of providing timely detection of ground surface displacements and forecasting the development of hazardous geodynamic processes.

The objective of this study is to provide a scientific basis for and develop a comprehensive methodology for GNSS-based deformation monitoring of technogenically disturbed territories intended for engineering surveys, design, construction, and operation of civil and industrial facilities. The proposed methodology is based on the application of autonomous GNSS reference stations, high-precision static GNSS observations, advanced GNSS data processing software, and statistical methods for coordinate time-series analysis.

The study proposes the design of an autonomous GNSS reference station integrating a multi-frequency, multi-constellation GNSS receiver, a solar-powered autonomous energy supply system, a control unit, a wireless communication module, and a local data storage unit. The proposed technical solution enables long-term continuous operation of the monitoring network with minimal maintenance requirements. The originality of the developed design is supported by a patent application, demonstrating the practical significance of the proposed monitoring system.

Optimal parameters for organizing static GNSS observations are substantiated, including observation session duration, satellite signal sampling interval, observation frequency, satellite constellation geometry requirements, and quality assessment criteria. In addition, a GNSS data processing workflow based on Bernese GNSS Software, GAMIT/GLOBK, Trimble Business Center, and Leica Infinity has been developed, providing automated coordinate determination for monitoring benchmarks, generation of deformation time series, and statistical assessment of the reliability of the obtained results.

Keywords: *GNSS monitoring, deformation of engineering structures, geodetic monitoring, satellite measurements, geodetic control, measurement accuracy, automated data processing, economic efficiency of monitoring.*