
ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ МОНІТОРИНГУ ЗМІН У СТРУКТУРІ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ В ПЕРІОД ЗБРОЙНОЇ АГРЕСІЇ РОСІЇ ТА ПОСТКОНФЛІКТНОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Г.Т. ДОМАШЕНКО,

кандидат технічних наук, доцент,

E-mail: halyna.domashenko@pdau.edu.ua

Полтавський державний аграрний університет

С.С. Молнар Д, доктор філософії,

E-mail: molnar.d.istvan@kmf.org.ua

Закарпатський угорський інститут ім. Ференца Ракоці II

Н.І. ПРОКОПЕНКО,

кандидат економічних наук, доцент

E-mail: bilanp79@gmail.com

Сумський національний аграрний університет

Анотація. У статті розглянуто геодезичне забезпечення моніторингу змін землекористування в Україні в умовах воєнного та повоєнного періодів, що є ключовим елементом національної безпеки, економічного розвитку та соціальної стабільності. Метою статті є представлення аналізу сучасного стану і перспектив розвитку геодезичного забезпечення моніторингу земельних ресурсів. У процесі дослідження використано комплексний підхід, що передбачає аналіз наукових публікацій, а також практичних прикладів застосування геодезичних технологій для моніторингу змін землекористування в умовах збройного конфлікту та повоєнного відновлення територій України. Матеріалом практичного дослідження слугувало землекористування Білокриницької територіальної громади Рівненської області. Досліджено використання глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS), дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які дозволяють фіксувати зміни землекористування в режимі, близькому до реального часу, та ефективно використовувати геопросторову інформацію для прийняття управлінських рішень. Особливу увагу приділено лідарним технологіям, що дозволяють створювати високоточні тривимірні моделі земної поверхні та виявляти деградаційні процеси, особливо в географічно складних середовищах. Розглянуто гібридне позиціювання, яке поєднує різні джерела даних (супутникові, радіочастотні, інерційні сенсори, візуальні дані) для підвищення точності та надійності позиціювання, особливо в умовах обмеженої видимості або блокування супутникового сигналу.

У дослідженні акцентовано, що процес обробки та інтерпретації геодезичних даних включає попередню обробку, просторову локалізацію, геоінформаційний аналіз та моделювання, а також генерацію картографічного матеріалу. Практична важливість дослідження полягає у наданні об'єктивних та актуальних даних для прийняття обґрунтованих рішень щодо раціонального використання земельних ресурсів, планування територій та оперативного реагування на надзвичайні ситуації. Визначено, що подальші дослідження необхідні для вдосконалення використання цифрових технологій, автоматизації збору даних та інтеграції різних джерел інформації у ГІС-системах для надійного моніторингу змін землекористування як під час бойових дій, так і в період відбудови.

Ключові слова: геодезичне забезпечення, моніторинг, землекористування, війна, повоєнний період, ГІС, GNSS, БПЛА, дистанційне зондування.

Актуальність

Управління земельними ресурсами є одним із ключових елементів національної безпеки, економічного розвитку та соціальної стабільності будь-якої держави. Для України, яка внаслідок збройної агресії Російської Федерації зазнала масштабних втрат територій, зруйнованої інфраструктури, деградації сільськогосподарських земель і переміщення мільйонів громадян, завдання забезпечення ефективного контролю за використанням земель постало з новою, безпрецедентною актуальністю. У цьому контексті особливого значення набуває геодезичне забезпечення як комплекс технічних, організаційних та методичних заходів, що забезпечує збирання, обробку й актуалізацію просторової інформації про земельні ділянки та об'єкти на місцевості. Таким чином, сучасні геодезичні інструменти, зокрема глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS), дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), безпілотні літальні апарати (БПЛА) та геоінформаційні системи (ГІС), надають можливість здійснювати оперативний та високоточний моніторинг територіальних змін навіть у

важкодоступних або небезпечних районах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сучасна наукова думка активно досліджує геодезичне забезпечення моніторингу змін землекористувань, що відображено у численних публікаціях останніх років. Так, питання геодезичного забезпечення моніторингу міських земель, що набуває особливої ваги в умовах повоєнної реконструкції міст, досліджують А. Данилюк та Б. Пилипенко [1]. Науковці підкреслюють роль ГІС як аналітичного ядра моніторингу, що дозволяє відстежувати зміни в землекористуванні в режимі близькому до реального часу. У роботах К. Мамонова, О. Канівця, В. Величка та інших [2;3] акцент зроблено на інструментарії геодезичного забезпечення землеустрою територіальних громад. Автори визначають підходи до використання геопросторової інформації для прийняття управлінських рішень у громадах, що особливо актуально в умовах децентралізації та потреби оперативного реагування на наслідки війни, зокрема — зміни в землекористуванні через

переміщення населення, руйнування інфраструктури та рекультивації територій. Особливої уваги заслуговує публікація [4], в якій проаналізовано методику проведення знімання з використанням GNSS, лазерного сканування та фотограмметрії під час оцінки технічного стану доріг, масштабу їх пошкоджень і планування ремонтно-відновлювальних заходів.

Дослідження [5] зосереджене на інтеграції систем визначення координат об'єктів методами дешифрування супутникових знімків, що є важливим в умовах оперативної фіксації змін землекористування у зонах бойових дій, де неможливо здійснити традиційні польові вимірювання. Практичний аспект роботи — це поєднання GNSS-спостережень з автоматизованим аналізом знімків Sentinel та ICEYE для фіксації руйнувань, нових забудов чи деградації земель. У публікації В. Стаднікова [6] проаналізовано досвід застосування ГІС-технологій при оновленні цифрових топографічних карт масштабу 1:25000. Це дослідження має значення для актуалізації картографічної основи просторового моніторингу, що є передумовою для точного відображення змін у землекористуванні, зокрема в деокупованих або пошкоджених районах.

Відзначимо, що проаналізовані дослідження свідчать про активну адаптацію геодезичної науки до умов воєнного часу та потребують подальших наукових досліджень з використання цифрових технологій, автоматизації збору даних та інтеграції різних джерел інформації у ГІС-системах, що забезпечить надійний моніторинг змін у землекористуванні як під час бойових дій, так і в період відбудови.

Метою статі є представлення аналізу сучасного стану і перспективного розвитку геодезичного забезпечення моніторингу змін землекористування в Україні в умовах війни та післявоєнного відновлення.

Матеріали і методи дослідження

У процесі дослідження використано комплексний підхід, що передбачає аналіз наукових публікацій, а також практичних прикладів застосування геодезичних технологій для моніторингу змін землекористування в умовах збройного конфлікту та повоєнного відновлення територій України. Матеріалом практичного дослідження слугувало землекористування Білокриницької територіальної громади Рівненської області.

Результати дослідження та їх обговорення

Геодезичне забезпечення моніторингу змін землекористувань в умовах воєнного та повоєнного періоду набуває особливої стратегічної значущості, характеризуючись низкою специфічних викликів та адаптацій. В умовах активних бойових дій та нестабільної безпекової ситуації, традиційні підходи до геодезичних вимірювань та спостережень зазнають суттєвих обмежень, що зумовлює необхідність застосування інноваційних методів та технологій (табл. 1).

Відзначимо, що геодезичне забезпечення моніторингу являє собою комплекс науково-технічних заходів, спрямованих на отримання високоточних просторово-часових даних про динаміку об'єктів дослідження. Фундаментальною основою даного

1. Ключові особливості геодезичного забезпечення моніторингу у воєнний та повоєнний період

Особливість	Опис	Методи та технології
Підвищений ризик та обмеження доступу	Критична необхідність швидкого збору та обробки геопросторової інформації для реагування на динамічні зміни та оцінки наслідків бойових дій.	Швидкі методи GNSS-вимірювань (RTK, PPK), оперативна обробка даних дистанційного зондування, використання БПЛА для швидкого картографування.
Забезпечення безпеки робіт	Першочергове значення мають заходи безпеки при проведенні геодезичних робіт у небезпечних зонах	Використання дистанційно керованих систем (БПЛА, роботи), спеціальне захисне обладнання, координація з військовими структурами.
Моніторинг критичної інфраструктури	Пріоритетність спостереження за станом транспортних, енергетичних та гідротехнічних об'єктів.	Високоточні GNSS-спостереження, лазерне сканування, аерофотознімання для виявлення пошкоджень та деформацій
Оцінка завданої шкоди	Документування та кількісне визначення руйнувань будівель, споруд та інфраструктури.	Фотограмметрія, тривимірне лазерне сканування, аналіз супутникових знімків високої роздільної здатності.
Контроль відновлювальних робіт	Геодезичний супровід будівельно-монтажних робіт, контроль геометричних параметрів та деформацій.	Традиційні геодезичні методи (тахометрія, нівелювання), GNSS-вимірювання.
Використання геоінформаційних систем (ГІС)	Інтеграція, аналіз та візуалізація різноманітних геопросторових даних для підтримки прийняття рішень.	Використання спеціалізованого ГІС-програмного забезпечення, створення тематичних карт та моделей
Нормативно-правові аспекти	Можливі тимчасові зміни в регулюванні геодезичної діяльності та доступу до даних.	Дотримання чинних нормативних актів, узгодження робіт з відповідними органами.
Дистанційні методи спостережень	Переважає використання методів, що не потребують безпосереднього перебування на об'єкті моніторингу.	Аерокосмічне знімання, супутникові технології, БПЛА, радіолокація.
Інформаційна безпека	Забезпечення захисту геопросторових даних від несанкціонованого доступу та кібератак.	Застосування криптографічних методів, обмеження доступу до інформації.

процесу є створення та підтримання функціонування опорної геодезичної мережі, яка забезпечує єдину систему координат для всіх подальших вимірювань. Точність та щільність пунктів цієї мережі є визначальними факторами для достовірності результатів моніторингу. Процес геодезичного моніторингу передбачає застосування різноманітних методів та інструментальних засобів, вибір яких детермінується специфікою об'єкта спостереження, необхідною дискрет-

ністю вимірювань та критеріями точності.

В умовах пошкодження або знищення традиційних пунктів Державної геодезичної мережі (ДГМ), особливого значення набувають супутникові технології (GNSS), що забезпечують у статичному та кінематичному режимах, безперервний доступ до координатної інформації. Адже, GNSS — це супутникова навігаційна система, призначена для позиціонування об'єктів, визначення

їхнього положення в просторі, тобто їхніх координат [7]. Однією з вагомих переваг використання GNSS-технологій є значне скорочення часових витрат на виконання геодезичних знімальних робіт. GNSS-технології демонструють особливу ефективність при виконанні планувальних робіт з метою формування рельєфу в будівельній галузі, топографічних знімачів, а також геодезичних вимірювань на об'єктах, віддалених від пунктів ДГМ [8]. Однак, слід враховувати обмеження, пов'язані з неможливістю проведення знімачів за умов обмеженої видимості небесної сфери. GNSS-технології базуються на ряді поширених систем і програмних рішень, таких як GPS (США), Galileo (ЄС) та BeiDou (Китай), які стабільно забезпечують високоточне (до сантиметрів) визначення просторового розташування, що є ключовою вимогою для геодезичних досліджень [9]. Як приклад, у дисертаційному дослідженні С. Третяк було представлено методику використання GNSS-технологій для моніторингу деформації русел річки Дністер та її правобережних і лівобережних приток та визначення їхніх характеристик [10].

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) дають можливість проводити детальні обстеження невеликих ділянок з високою точністю. Особливо актуальні в районах, недоступних через бойові дії або замінування [1]. Впровадження технології безпілотних літальних апаратів (БПЛА) забезпечує можливість виконання цифрового аерофотознімання з високою просторовою роздільною здатністю, що дозволяє отримати максимально точну візуалізацію поверхні земельних ділянок та розташованих на них об'єктів. Прикладом чого є проведене дослід-

ження території селища Солотвино [11], на основі якого складено каталог змінених (перебудованих, реконструйованих, демонтованих тощо) та нових об'єктів території Солотвинського солерудника.

Оснащення професійних БПЛА двочастотними GPS, технологіями PPK/RTK, камерами із великою матрицею та об'єктивами без дисторсії та хроматичних аберацій, дозволяє проводити оцифрування по стереозображеннях та виконувати вимоги щодо створення топографічних планів масштабу 1:5000 – 1:1000 та частково 1:500. Відповідно, це все забезпечує проведення моніторингу земельних ділянок сільського й лісового господарства, вивчення археологічної та культурної спадщини, при контролі технічного стану та безпечної експлуатації об'єктів енергетичних та комунальних господарств за даними аерофотознімання БПЛА. Цікавим прикладом застосування матеріалів знімання за допомогою БПЛА є досвід топографо-геодезичного забезпечення оцінки технічного стану доріг, пошкоджених внаслідок військової агресії Бериславського району Херсонської області [4]. Завдяки 733 знімкам досліджуваної ділянки, сфотографованим дроном на висоті 35 метрів із роздільною здатністю 1,5 см/піксель, було проведено оцінку ступеня руйнування геодезичних знаків та виявлення наслідків військових дій на дорогах (сліди важкої техніки, вирви від обстрілів, сліди пожеж). Аерофотознімки були оброблені та проаналізовані із застосуванням програмних комплексів Agisoft Metashape Professional, Global Mapper та Pix4D Mapper. Дані інструменти є ефективними фотограмметричними засобами для створення 3D-моделей

на основі 2D-зображень, що дозволяє точно виявляти та виміряти дефекти на дорожньому покритті. Результати вказали на те, що стан поверхневого покриття досліджуваної дороги Т0403 – незадовільний і потребує відновлення.

Методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) є найбільш ефективним способом дослідження урболандшафтів. Прикладом моніторингу земель міських територій за допомогою супутникових знімків Sentinel-2 представлено в роботі [12]. Дешифрування супутникових знімків дозволило оцінити сучасний стан урболандшафтів міста Полтава, виявити просторові особливості міста такі, як стан зелених насаджень, наявність територій де повністю відсутня рослинність, щільність забудови та класифікувати територію міста за чотирма ознаками: забудована територія, міська рослинність, відкритий ґрунт та водні об'єкти.

Застосування лідарних технологій є ефективним та обґрунтованим рішенням для моніторингу змін землекористування, особливо в умовах, що характеризуються підвищеною складністю. Лідар (Light Detection and Ranging) є передовою технологією дистанційного зондування, яка використовує лазерні імпульси для вимірювання просторових координат об'єктів. Сучасні лідарні комплекси можуть бути встановлені на різноманітних носіях, включаючи літаки, безпілотні літальні апарати та наземний транспорт. Одержані за допомогою лідару дані, дозволяють створювати деталізовані та високоточні тривимірні моделі земної поверхні, що є важливим проривом у методології оцінки цінності та функціонального призначення земельних ділянок

і природних ресурсів. Ефективність лідарних систем особливо виявляється в географічно складних середовищах, включаючи щільні ліси, гірські системи та ділянки з мінливим рельєфом. Це зумовлено унікальною можливістю лідару проникати крізь листяний покрив, що дозволяє формувати високоточні цифрові моделі поверхні землі, на відміну від обмежень, притаманних конвенційним фотограмметричним підходам, що представлено в науковій роботі [13]. Застосування лідарів для геодезичного забезпечення моніторингу дозволяє швидко виявляти раптові зміни рельєфу та земного покриву, ідентифікувати ерозійні та зсувні процеси, а також інші деградаційні явища, які потенційно погіршують стан земельних ресурсів. Високий рівень точності та швидкості збору цифрових даних притаманні лідарним технологіям, сприяючи їхньому застосуванню у всіх видах геодезичних досліджень, особливо в контексті оцінки стану земельних ресурсів у важкодоступних районах. Це забезпечує оперативне одержання високоякісних геоданих. Можливість інтеграції лідарних зображень з інформацією від інших джерел, таких як GNSS або БПЛА, дозволяє формувати комплексні геоінформаційні системи, що реалізують багатоаспектний підхід до оцінки земельних ресурсів [9].

Гібридне позиціонування – це метод визначення просторового положення об'єкта, який використовує комбінацію кількох джерел даних: супутникових (GPS, GLONASS, Galileo), радіочастотних (Wi-Fi, Bluetooth, RFID), інерційних сенсорів (акселерометри, гіроскопи), а також візуальних даних (камера, LIDAR). Саме цей підхід дозволяє компенсувати

слабкі сторони окремих технологій і досягти більшої точності, стабільності та надійності позиціонування при несприятливих погодних умовах, а також в урбанізованих територіях, де спостерігається блокування (ослаблення) супутникового сигналу [14]. За таких обставин гібридне позиціонування застосовує INS.

Інерційні навігаційні системи (INS) є автономними навігаційними комплексами, які визначають положення, орієнтацію та швидкість об'єкта без використання зовнішніх опорних точок. Їхнє функціонування ґрунтується на вимірюванні прискорень та кутових швидкостей за допомогою вбудованих акселерометрів та гіроскопів відповідно. Принцип роботи INS полягає в інтегруванні виміряних параметрів з відомого початкового стану.

Ключовими перевагами використання гібридного позиціонування є: підвищення точності фіксації змін меж земельних ділянок завдяки синхронізації даних з GNSS, дронів і фотограмметричних знімків; безперервне оновлення картографічної інформації за допомогою мобільних геоінформаційних систем (ГІС), що працюють на основі гібридного позиціонування; можливість оперативного виявлення та документування порушень землекористування, зокрема самовільного будівництва, несанкціонованої вирубки або зміни русел водних об'єктів; інтеграція з дистанційним зондуванням Землі (ДЗЗ) – супутникові та аерознімки доповнюються наземними даними, що забезпечує комплексну просторово-часову аналітику. Прикладом інтеграції систем визначення координат об'єктів та дешифрування знімків дистанційного зондування землі представлено в роботі [5].

Технічні інновації сприяють формуванню нової парадигми цифрової ефективності в геодезичній галузі, що виявляється у зниженні операційних витрат при виконанні різноманітних видів геодезичних знімків та пошукових робіт. Інформаційне узагальнення досліджених геодезичних технологій, що залучаються для моніторингу змін землекористування в Україні, наведено в таблиці 2 [9].

Отже, обґрунтовані та спеціалізовані технології геодезичного забезпечення є критично важливими для суттєвого розширення можливостей моніторингу змін землекористування, особливо в умовах воєнного та повоєнного періодів. Це обумовлено тим, що частина територій України характеризується обмеженим доступом або наявністю складних польових умов, що унеможливує застосування традиційних методів. Важливим етапом моніторингу є обробка та інтерпретація геодезичних даних. Цей процес, який є інтегральною складовою геодезичних досліджень, має охоплювати декілька етапів, зокрема:

- попередню обробку: включає первинну валідацію та корекцію зібраних даних, через фільтрацію, видалення всіх «шумів» та візуальних помилок проведених вимірювань, що дозволяють мінімізувати вплив випадкових і систематичних похибок, а також виключити візуальні аберації, які можуть викривляти інтерпретацію отриманих результатів.

- просторову локалізацію та координатацію або геопросторову прив'язку: забезпечує точне позиціонування даних у заданій системі координат. Цей процес реалізується за допомогою сучасних технологій глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS) або інших релевантних дже-

2. Порівняльний аналіз геодезичного забезпечення моніторингу змін землекористувань

Геодезичне забезпечення	Характеристика	Ключова перевага використання	Наявний геодезичний ефект	Аналіз вектора цифровізації
1. Глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS)	Універсальне прецизійне визначення просторових координат.	Висока прецизійність та стійкість до метеорологічних чинників.	Оптимізація кадастрових знімань та моніторингу змін земного покриття.	Високий
2. Безпілотні літальні апарати (БПЛА) та ДЗЗ	Отримання аерофотознімків з високою роздільною здатністю.	Збір даних на значних територіях та в важкодоступних регіонах.	Оптимізація економічних витрат та зниження ризиків у геодезичних процесах.	Високий
3. Лідарні технології	Дистанційне визначення відстаней до об'єктів шляхом використання лазерного випромінювання	Розробка високоточних цифрових тривимірних моделей земного покриття.	Моніторинг трансформацій рельєфу та деградаційних процесів, які погіршують стан земельних ресурсів.	Високий
4. Гібридне позиціювання	Синергетичне використання множинних технологій для досягнення оптимальної точності.	Усунення недоліків автономних систем позиціонування.	Підтримка неперервного моніторингу з високою прецизійністю.	Дуже високий
5. Інерційні навігаційні системи (INS)	Підтримання безперервності даних про позицію та траєкторію руху об'єкта.	Автономна робота без залежності від супутникової навігації.	Забезпечення стабільної точності за наявності перешкод супутниковому сигналу.	Середній

рел геопросторової інформації.

- геоінформаційний аналіз та моделювання: передбачає комплексне вивчення взаємозв'язків і закономірностей у даних за допомогою моделювання та інтерпретації. У межах досліджуваного процесу, для ідентифікації закономірностей, визначення змін рельєфу землекористувань (територій) або інших характеристик досліджуваної місцевості, принципово важливо інтегрувати наступні методи: математичне моделювання, статистичний аналіз та машинне навчання;

- генерацію картографічного матеріалу: створення цифрових карт, тривимірних моделей місцевості або інтерактивних геоінформаційних систем (ГІС) у контексті землекористування. Зазначені цифрові інструменти

забезпечують високу ефективність у перегляді зібраних геопросторових даних, їх порівняльному аналізу з іншими наборами просторових даних та спрощують прийняття рішень.

Результати практичного застосування методики обробки та інтерпретації геодезичних даних представлені на прикладі створених цифрових карт Білокриницької територіальної громади Рівненської області (рис. 1). Розроблені авторами цифрові карти громади за допомогою програми QGIS, а саме план існуючого використання земель та цифрова модель рельєфу є складовими банку даних «Земельні ресурси і земельний кадастр» геоінформаційних систем територіальної громади. Карті мають просторову (географічну) прив'язку,

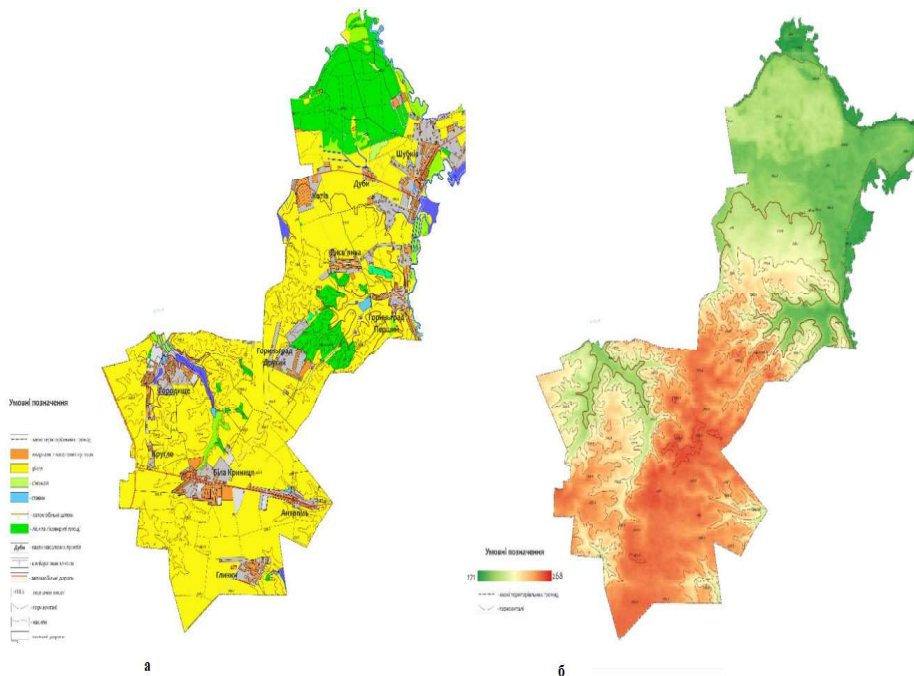


Рис. 1. Цифрові карти Білокриницької територіальної громади Рівненської області: а – план існуючого використання земель; б – цифрова модель рельєфу території громади

що забезпечує за необхідності проведення аналізу геоморфологічного устрою території із господарським використанням земель. Зазначимо, що дані перебувають в одній системі координат і, відповідно, мають репрезентативні координати точності.

Висновки та пропозиції

Проведений аналіз сучасного стану та перспектив розвитку геодезичного забезпечення моніторингу змін землекористування в Україні, особливо в умовах війни та післявоєнного відновлення, дозволяє сформулювати низку ключових висновків та окреслити подальші напрями досліджень. Управління земельними ресурсами є фундаментальним елементом на-

ціональної безпеки, економічного розвитку та соціальної стабільності будь-якої держави. Геодезичне забезпечення розглядається як комплекс технічних, організаційних та методичних заходів з одержання даних для моніторингу землекористування. Сучасні геодезичні інструменти, зокрема, глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS), дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), безпілотні літальні апарати (БПЛА) та геоінформаційні системи (ГІС) надають можливість здійснювати оперативний та високоточний моніторинг територіальних змін навіть у важкодоступних або небезпечних районах. Обробка та інтерпретація геодезичних даних є інтегральною складовою моніторингу. Цей процес охоплює декілька

фундаментальних етапів: попередня обробка, просторова локалізація та координація, геоінформаційний аналіз та моделювання, генерація картографічного матеріалу.

Прикладна важливість застосування технологій геодезичного забезпечення моніторингу змін землекористування полягає в наданні об'єктивних та актуальних даних для прийняття обґрунтованих рішень щодо раціонального використання земельних ресурсів, планування територій, оцінки впливу антропогенної діяльності, а також для оперативного реагування на надзвичайні ситуації та відновлювальних робіт у післявоєнний період. Ці технології дозволяють не лише фіксувати зміни, а й прогнозувати їх динаміку, що має першорядне значення для сталого розвитку та екологічної безпеки.

Подальшого наукового дослідження потребує проблема використання цифрових технологій, автоматизації збору даних та інтеграції різних джерел інформації у ГІС-системах. Це забезпечить надійний моніторинг змін у землекористуванні як під час бойових дій, так і в період відбудови.

Список використаної літератури

1. Пілічева М.О., Данилюк А.А. Аналіз геодезичних методів та даних дистанційного зондування для формування картографічного забезпечення містобудівної документації. *Комунальне господарство міст*. 2025. Вип. 189 (1). С. 271-279 DOI: 10.33042/2522-1809-2025-1-189-271-279
2. Мамонов К.А., Канівець О.М., Величко В.А., Гой В.В. Інструментарій забезпечення землеустрою об'єднаних територіальних громад. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. 2024. Вип. 115. С. 81-88. DOI:10.33744/0365-8171-2024-115.1-081-088
3. Мамонов К., Гой В., Штерндок А. Геопросторовий моніторинг використання земель об'єднаних територіальних громад. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1(35). С. 311-318. DOI: 10.25140/2411-5363-2024-1(35)-311-318
4. Цвик О. В., Кравченя В. М. Топографо-геодезичне забезпечення оцінки технічного стану доріг, пошкоджених унаслідок військової агресії. *Технічні науки та технології*. 2024. № 4(38). С.350-358. DOI: 10.25140/2411-5363-2024-4(38)-350-358
5. Сахно Є., Щербак Ю., Коваленко С., Хрїстодулопулос А. Інтеграція систем визначення координат об'єктів та дешифрування знімків дистанційного зондування землі. *Технічні науки та технології*. 2024. № 1(35). С. 329-336. DOI: 10.25140/2411-5363-2024-1(35)-329-336
6. Стадніков В., Ліхва Н., Константінова О., Колосюк А. Досвід застосування ГІС-технологій при створенні (оновленні) цифрових топографічних карт масштабу 1:25000. *Технічні науки та технології*. 2023. №4(34). С. 255-264. DOI: 10.25140/2411-5363-2023-4(34)-255-264
7. Шевчук С. М., Домашенко Г. Т., Рожі Т. А. Сучасні методи геодезичного картографування територій: використання GPS та ГНСС технологій. Просторовий розвиток. КНУБА. 2024. Вип. 8. С. 506–517. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.506-517>
8. Заворотний С.М. Аналіз сучасних інженерно-геодезичних методів моніторингу будівель та споруд об'єктів історико-культурної спадщини. *Технічні науки та технології*. 2024. №3(37). С. 228-235. DOI: 10.25140/2411-5363-2024-3(37)-228-235
9. Герасимчук О.Л., Гой В.В., Харів В.В. Використання сучасних геодезичних технологій для проведення оцінки зе-

- мельних ресурсів у віддалених районах. *Технічні науки та технології*. 2024. № 4(38). С. 313-324. DOI: 10.25140/2411-5363-2024-4(38)-313-324
10. Третьак С.К. Моніторинг гідрографічних об'єктів засобами дистанційного зондування землі та геоінформаційних технологій: дис. к-та тех. наук: 05.24.01/ Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2018. 213 с.
11. Колб І., Колодій П., Рижов Є., Urbanavičius V. Моніторинг використання земель засобами дистанційного зондування. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія «Архітектура та будівництво»*. 2024. №25. С.188-197 <https://doi.org/10.31734/architecture2024.25.188>
12. Землекористування та просторове планування у територіальних громадах Полтавської області: монографія / за заг. ред. д.геогр.н. проф. С. М. Шевчука. Полтава: ПДАУ, 2025. 210 с.
13. Люльчик В.О., Русіна Н.Г., Петрова О.М. Лідари: сучасні технології у сфері геодезії та землеустрою. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2019. № 6. Том 30 (69) Ч. 2. С. 215-220. DOI: 10.25140/2411-5363-2024-4(38)-313-324
14. Delva, P., Altamimi, Z., Blazquez, A. GENESIS: co-location of geodetic techniques in space. *Earth Planets Space* 2023. № 75. С. 5. <https://doi.org/10.1186/s40623-022-01752-w>
- tion]. *Municipal Economy of Cities*, 189 (1), 271-279. DOI: 10.33042/2522-1809-2025-1-189-271-279
2. Mamonov, K. A., Kanivets', O. M., Velychko, V. A., Hoy, V. V. (2024). Instrumentariy zabezpechennya zemleustroyu ob'yednanykh terytorial'nykh hromad [Toolkit for ensuring land management of united territorial communities]. *Highways and road construction*, 115, 81-88. DOI:10.33744/0365-8171-2024-115.1-081-088
4. Tsvyk, O. V., Kravchenya, V. M. (2024). Topografo-heodezychnne zabezpechennya otsinky tekhnichnoho stanu dori, posh-kodzhenykh naslidok viys'kovoyi ahresiyi [Topographic and geodetic support for assessing the technical condition of roads damaged as a result of military aggression] *Technical Sciences and Technologies*, 4(38), 350-358. DOI: 10.25140/2411-5363-2024-4(38)-350-35
5. Sakhno, YE., Shcherbak, YU., Kovalenko, S., Khristodulopulos, A. (2024). Intehratsiya system vyznachennya koordynat ob'yektiv ta deshyfruvannya znimkiv dystantsiynoho zonduvannya zemli. [Integration of systems for determining the coordinates of objects and decoding images of remote sensing of the earth.] *Technical Sciences and Technologies*. 1(35), 329-336. DOI: 10.25140/2411-5363-2024-1(35)-329-336
6. Stadnikov, V., Likhva, N., Konstantinova, O., Kolosyuk, A. (2023). Dosvid zastosuvannya HIS-tekhnologiy pry stvorenni (onovlenni) tsyfrovyykh topografichnykh kart mashtabu 1:25000 [Experience in using GIS technologies in creating (updating) digital topographic maps at a scale of 1:25000]. *Tekhnichni nauky ta tekhnologiyi*, (34), 255-264. DOI: 10.25140/2411-5363-2023-4(34)-255-264
7. Shevchuk, S. M., Domashenko, H. T., Rozhi, T. A. (2024). Suchasni metody heodezychnoho kartohrafuvannya terytoriy: vykorystannya GPS ta HNSS tekhnologiy [Modern

References

1. Pilicheva, M. O., Danylyuk, A. A. (2025). Analiz heodezychnykh metodiv ta danykh dystantsiynoho zonduvannya dlya formuvannya kartohrafichnoho zabezpechennya mistobudivnoyi dokumentatsiyi [Analysis of geodetic methods and remote sensing data for the formation of cartographic support for urban planning documenta-

- methods of geodetic mapping of territories: use of GPS and GNSS technologies]. *Prostorovyy rozvytok*. KNUBA, 8, 506–517. DOI: <https://doi.org/10.32347/2786-7269.2024.8.506-517>
8. Zavorotnyy, S. M. (2024). Analiz. suchasnykh inzhenerno-heodezychnykh metodiv monitorynhu budivel' ta sporud ob'yektiv istoriko-kul'turnoyi spadshchyny [Analysis of modern engineering and geodetic methods for monitoring buildings and structures of historical and cultural heritage sites]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi*, 3(37), 228-235. DOI: 10.25140/2411-5363-2024-3(37)-228-23
 9. Herasymchuk, O. L., Hoy, V. V., Khariv, V. V. (2024). Vykorystannya suchasnykh heodezychnykh tekhnolohiy dlya provedennya otsinky zemel'nykh resursiv u viddalenykh rayonakh [Using modern geodetic technologies for assessing land resources in remote areas] *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi*, 4(38), 313-324. DOI: 10.25140/2411-5363-2024-4(38)-313-32
 10. Tretyak, S. K. (2018). Monitorynh hidrografichnykh ob'yektiv shlyakhom dystantsiynoho zonduvannya zemli ta heoinformatsiynykh tekhnolohiy [Monitoring of hydrographic objects by means of remote sensing of the earth and geoinformation technologies]. Lviv, 213
 11. Kolb, I., Kolodiy, P., Ryzhov, Ye., Urbanavičius, V. (2024). Monitorynh vykorystannya zemel' zasobamy dystantsiynoho zonduvannya [Monitoring of land use by means of remote sensing. Bulletin of the Lviv National University of Environmental Management. Series «Architecture and Construction»]. *Bulletin of the Lviv National University of Environmental Management. Series «Architecture and Construction»*. 25. 188-197 <https://doi.org/10.31734/architecture2024.25.188>
 12. Shevchuka, S. M. (2025). Zemlekorystuvannya ta prostorove planuvannya u terytorial'nykh hromadakh Poltav's'koyi oblasti [Land use and spatial planning in territorial communities of Poltava region]. Poltava: PDAU, Ukraine, 210.
 13. Lyul'chyk, V. O., Rusina, N. H., Petrova O. M. (2019). Lidary: suchasni tekhnolohiyi u sferi heodeziyi ta zemleustroyu [Lidars: modern technologies in the field of geodesy and land management.]. *Scientific notes of the V.I. Vernadsky TNU. Series: technical sciences*, 6, 30 (69), 215-220. DOI: 10.25140/2411-5363-2024-4(38)-313-32.
 14. Delva, P., Altamimi, Z., Blazquez, A. (2023). GENESIS: co-location of geodetic techniques in space. *Earth Planets Space*, 75. 5. <https://doi.org/10.1186/s40623-022-01752-w>

Domashenko H., Monar S., Prokopenko N.

GEODETIC SUPPORT OF THE PROCESSES OF MONITORING CHANGES IN THE STRUCTURE OF LAND USE IN UKRAINE DURING THE ARMED CONFLICT AND POST-CONFLICT RECOVERY

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 2'25: 20-32.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2025.02.02>

Abstract. This article examines the geodetic support for monitoring land use changes in Ukraine during the war and post-war periods, which is a key element of national security, economic development, and social stability. The purpose of the article is to present an analysis of the current state and future development prospects of geodetic support for monitoring land resources. The research employs a comprehensive approach, including an analysis of scientific publications and practical examples of geodetic technologies used to monitor land use changes during armed conflict and the post-war reconstruction of Ukrainian territories. The practical research was based on

land use in the Bilokrynytsia territorial community in the Rivne region. The study explores the use of Global Navigation Satellite Systems (GNSS), remote sensing (RS), and unmanned aerial vehicles (UAVs), which enable near real-time detection of land use changes and the effective use of geo-spatial data for decision-making. Special attention is given to LiDAR technologies that enable the creation of high-precision three-dimensional models of the Earth's surface and the identification of degradation processes, particularly in geographically complex environments. Hybrid positioning is discussed as well, integrating various data sources (satellite, radio frequency, inertial sensors, visual data) to enhance accuracy and reliability, especially under conditions of limited visibility or satellite signal blockage. The study emphasizes that the processing and interpretation of geodetic data includes preprocessing, spatial localization, GIS analysis and modeling, and the generation of cartographic materials. The practical significance lies in providing objective and up-to-date data for making informed decisions on land use, spatial planning, and emergency response. It is concluded that further research is needed to improve the use of digital technologies, automate data collection, and integrate various sources into GIS systems for reliable land use change monitoring during both active hostilities and reconstruction phases.

Keywords: *geodetic support, monitoring, land use, war, post-war period, GIS, GNSS, UAVs, remote sensing.*
