МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Спеціальність G18 «Геодезія та землеустрій»

Допускається до захисту:
Завідувач кафедри геодезії, землеустрою та
інженерії безпілотних технологій
_____ к.е.н., доц. Т.М. Сіроштан
підпис

«09» листопада 2026 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ

Виконав: Пасічник Володимир Володимирович _____
підпис

Керівник: д.е.н., професор А.М. Третяк _____
підпис

Рецензент: PhD з економіки, доцент Н.В. Комарова _____
підпис

Біла Церква – 2026

БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДЕКЛАРАЦІЯ
про дотримання академічної доброчесності під час виконання кваліфікаційної роботи

Я, Пасічник Володимир Володимирович, здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньою програмою «Землеустрій та кадастр», підтверджую, що кваліфікаційну роботу з теми «Застосування геоінформаційних технологій для моніторингу природно-заповідних територій» виконано мною з дотриманням принципів і правил академічної доброчесності.

Підтверджую, що:

- роботу виконано особисто на основі власних розробок і суджень;
- у роботі належним чином зазначено авторство та джерела використаних текстів, ідей, даних, зображень та інших матеріалів;
- наведені результати дослідження, дані та висновки є достовірними;
- робота не містить свідомо сфабрикованої чи сфальсифікованої інформації.

Під час підготовки кваліфікаційної роботи було використано інструменти штучного інтелекту ChatGPT (OpenAI) для мовного редагування та оформлення тексту, створення й удосконалення окремих схем, а також перекладу анотації англійською мовою, та Gemini (Google) для створення й редагування графічних зображень. Інформацію про використання штучного інтелекту зазначено в роботі відповідно до встановлених вимог академічної доброчесності.

Я усвідомлюю відповідальність за зміст кваліфікаційної роботи та дотримання вимог академічної доброчесності під час її підготовки.

Здобувач вищої освіти: _____ Пасічник В.В.

(підпис / кваліфікований електронний підпис)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Спеціальність G18 «Геодезія та землеустрій»

Затверджую
Гарант ОП «Землеустрій та кадастр»
_____ *к.е.н., доц. О.В. Камінецька*
підпис
« 25 » вересня 2025 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу здобувачу
Пасічнику Володимиру Володимировичу

Тема **Застосування геоінформаційних технологій для моніторингу природно-заповідних територій**

Затверджено наказом ректора № 496/С від 04.11.2025 року.

Термін здачі студентом готової кваліфікаційної роботи в деканат: до «13» листопада 2026 року.

Перелік питань, що розробляються в роботі.

Розглянути теоретичні та нормативно-правові засади моніторингу природно-заповідних територій; визначити можливості застосування геоінформаційних технологій і дистанційного зондування Землі; обґрунтувати методичні підходи до геоінформаційного аналізу; дослідити просторово-часові зміни території НПП «Голосіївський»; запропонувати напрями вдосконалення геоінформаційного моніторингу природно-заповідних територій.

Вихідні дані: Наукові публікації та нормативно-правові акти України у сфері охорони природно-заповідного фонду, землеустрою та геопросторових даних; офіційні картографічні матеріали НПП «Голосіївський», відомості про межі, землекористування та функціональне зонування території парку; відкриті геопросторові дані, супутникові матеріали Sentinel-2 L2A, матеріали інформаційної платформи Copernicus Browser.

Календарний план виконання роботи

Етап виконання	Дата виконання етапу	Відмітка про виконання
Огляд літератури	Жовтень 2025 -вересень 2026	Виконано
Методична частина	Листопад 2025 -травень 2026	Виконано
Дослідницька частина	Червень - вересень 2026	Виконано
Оформлення роботи	Жовтень 2026	Виконано
Перевірка на плагіат	Початок листопада 2026	Виконано
Подання на рецензування	Листопад 2026	Виконано
Попередній розгляд на кафедрі	Листопад 2026	Виконано

Керівник кваліфікаційної роботи _____ д.е.н., проф. Третяк А.М
підпис *вчене звання, прізвище, ініціали*

Здобувач _____ Пасічник В.В.
підпис *прізвище, ініціали*

Дата отримання завдання «25» вересня 2025р.

АНОТАЦІЯ

Пасічник В. В. Застосування геоінформаційних технологій для моніторингу природно-заповідних територій.

У кваліфікаційній роботі розглянуто теоретичні та методичні засади застосування геоінформаційних технологій для моніторингу природно-заповідних територій. Проаналізовано нормативно-правове та інформаційне забезпечення моніторингу, визначено можливості використання геопросторових даних і матеріалів дистанційного зондування Землі.

На прикладі Національного природного парку «Голосіївський» охарактеризовано просторову структуру території, особливості землекористування та функціонального зонування. За супутниковими матеріалами Sentinel-2 за 2020 та 2024 роки проведено візуальний аналіз просторово-часових змін рослинного покриву з використанням вегетаційного індексу NDVI.

Запропоновано напрями вдосконалення геоінформаційного моніторингу природно-заповідних територій, зокрема формування єдиної бази геопросторових даних, регулярне використання супутникових матеріалів та визначення ділянок, які потребують додаткового спостереження. Розроблено організаційно-функціональну модель проведення геоінформаційного моніторингу.

Кваліфікаційна робота магістра містить 62 сторінки, 9 таблиць, 13 рисунків та список використаних джерел із 28 найменувань.

Ключові слова: природно-заповідні території, геоінформаційні технології, моніторинг, геопросторові дані, дистанційне зондування Землі, Sentinel-2, NDVI, функціональне зонування.

ABSTRACT

Pasichnyk V. Application of geographic information technologies for monitoring protected natural areas.

The master's qualification thesis examines the theoretical and methodological foundations of applying geographic information technologies for monitoring protected natural areas. The regulatory and information support for monitoring is analyzed, and the possibilities of using geospatial data and remote sensing materials are identified.

Using Holosiivskyi National Nature Park as a case study, the spatial structure of the territory, land use characteristics, and functional zoning are described. Based on Sentinel-2 satellite imagery from 2020 and 2024, a visual analysis of spatiotemporal changes in vegetation cover was conducted using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI).

The thesis proposes ways to improve geoinformation monitoring of protected natural areas, including the development of a unified geospatial database, regular use of satellite imagery, and identification of areas requiring further observation. An organizational and functional model for geoinformation monitoring was developed.

The master's qualification thesis comprises 62 pages, 9 tables, 13 figures, and a list of 28 references.

Keywords: protected natural areas, geographic information technologies, monitoring, geospatial data, remote sensing, Sentinel-2, NDVI, functional zoning.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ 10
1.1. Сутність та особливості використання земель природно-заповідного фонду 10
1.2. Нормативно-правове та інформаційне забезпечення моніторингу природно-заповідних територій 14
1.3. Сучасні геоінформаційні технології у системі моніторингу природно-заповідних територій 19
Висновки до розділу 1 24
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ 25
2.1. Формування бази геопросторових даних для моніторингу природно-заповідних територій 25
2.2. Методи геоінформаційного аналізу стану природно-заповідних територій 29
2.3. Методика моніторингу просторових змін природно-заповідних територій за даними дистанційного зондування Землі 33
Висновки до розділу 2 36
РОЗДІЛ 3. ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОЇ ТЕРИТОРІЇ НА ПРИКЛАДІ НПП «ГОЛОСІЇВСЬКИЙ» 37
3.1. Характеристика території НПП «Голосіївський» та формування вихідної геопросторової бази 37
3.2. Геоінформаційний аналіз просторово-часових змін території НПП «Голосіївський» 45
3.3. Пропозиції щодо вдосконалення геоінформаційного моніторингу природно-заповідних територій 51
Висновки до розділу 3 56
ВИСНОВКИ 58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 60

ВСТУП

У сучасних умовах збереження природно-заповідних територій потребує постійного контролю за їх станом, дотриманням установлених меж і режимів використання земель, а також своєчасного виявлення просторових змін. Особливого значення це набуває для територій, розташованих у межах великих міст, де природні комплекси перебувають у безпосередньому контакті із забудовою, транспортною інфраструктурою та іншими антропогенно зміненими територіями.

Традиційні способи моніторингу потребують значних витрат часу та проведення польових обстежень і не завжди дозволяють оперативно отримувати інформацію про значні за площею території. Тому важливим напрямом є використання геоінформаційних технологій та матеріалів дистанційного зондування Землі.

Геоінформаційні системи дозволяють об’єднувати в єдиному інформаційному середовищі відомості про межі природно-заповідних територій, земельні ділянки, функціональні зони, землекористування та інші просторові характеристики. Поєднання цих даних із різночасовими супутниковими зображеннями дає можливість проводити просторовий аналіз, виявляти зміни земного покриву та представляти отримані результати у картографічній формі.

Для практичного дослідження обрано територію Національного природного парку «Голосіївський». Його розташування в межах великого міста, складна просторова структура та безпосередній контакт окремих частин із міським середовищем створюють необхідність систематичного отримання й оновлення геопросторової інформації.

Таким чином, **актуальність теми кваліфікаційної роботи** полягає у необхідності застосування сучасних геоінформаційних технологій і даних дистанційного зондування Землі для отримання актуальної просторової інформації, виявлення змін та вдосконалення моніторингу природно-заповідних територій.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження можливостей застосування геоінформаційних технологій для моніторингу природно-заповідних територій та їх практичне використання для аналізу стану і просторових змін території НПП «Голосіївський».

Для досягнення поставленої мети визначено такі **завдання**:

1. розглянути особливості використання та моніторингу природно-заповідних територій;
2. проаналізувати нормативно-правове та інформаційне забезпечення їх моніторингу;
3. визначити можливості застосування геоінформаційних технологій і дистанційного зондування Землі;
4. сформувати базу геопросторових даних та визначити методи її аналізу;
5. провести аналіз просторово-часових змін території НПП «Голосіївський» за супутниковими матеріалами;
6. запропонувати напрями вдосконалення геоінформаційного моніторингу природно-заповідних територій.

Об'єктом дослідження є природно-заповідні території та процеси їх просторового моніторингу. Практичне дослідження проведено на прикладі території НПП «Голосіївський».

Предметом дослідження є геоінформаційні технології, методи просторового аналізу та матеріали дистанційного зондування Землі, що застосовуються для моніторингу природно-заповідних територій.

Методи дослідження. У роботі використано методи аналізу та узагальнення, порівняння, картографічний і геоінформаційний методи, методи просторового аналізу та дистанційного зондування Землі. Для дослідження просторово-часових змін застосовано порівняння різночасових супутникових матеріалів та вегетаційний індекс NDVI.

Інформаційну базу дослідження становлять законодавчі та нормативно-правові акти України, картографічні матеріали та геопросторові дані, матеріали

НПП «Голосіївський», супутникові дані Sentinel-2, наукові публікації та результати власного опрацювання просторової інформації.

Наукова новизна роботи полягає в удосконаленні підходу до моніторингу природно-заповідних територій шляхом комплексного використання геоінформаційних технологій, різночасових супутникових даних та функціонального зонування для виявлення і просторової локалізації змін.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості використання запропонованого підходу для виявлення просторових змін, визначення ділянок, які потребують подальшого спостереження, та систематичного оновлення геопросторової інформації про природно-заповідні території.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ

1.1. Сутність та особливості використання земель природно-заповідного фонду

Природно-заповідні території займають особливе місце в системі використання та охорони земель України. Їх основне призначення полягає у збереженні природних комплексів, біологічного та ландшафтного різноманіття, окремих видів рослин і тварин та інших природних об’єктів. Разом із природоохоронним значенням такі території можуть виконувати наукові, освітні, рекреаційні та інші функції. Саме тому використання земель у їх межах має певні особливості та потребує дотримання встановленого режиму охорони [1, 2].

Відповідно до Закону України «Про природно-заповідний фонд України», природно-заповідний фонд охороняється як національне надбання, для якого встановлюється особливий режим охорони, відтворення та використання. До природних територій та об’єктів природно-заповідного фонду належать природні заповідники, біосферні заповідники, національні природні парки, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам’ятки природи та заповідні урочища [1].

Земельне законодавство окремо визначає землі природно-заповідного фонду. До них належать ділянки суші та водного простору з природними комплексами й об’єктами, що мають особливу природоохоронну, екологічну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність і яким у встановленому законодавством порядку надано статус територій та об’єктів природно-заповідного фонду [2].

Поняття «природно-заповідний фонд» та «землі природно-заповідного фонду» є взаємопов’язаними, але не тотожними. Перше охоплює систему природоохоронних територій та об’єктів, а друге стосується земель, на яких вони розташовані. Використання таких земель потребує визначення їх меж, площ, правового статусу та обмежень, а також відображення відповідних відомостей у земельно-кадастровій документації [2, 3].

Основні категорії територій та об’єктів природно-заповідного фонду й особливості їх використання узагальнено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1.

Основні категорії територій та об’єктів природно-заповідного фонду

Категорія	Загальна характеристика	Основний напрям використання
Природні заповідники	Території з особливо цінними природними комплексами	Збереження природних комплексів, наукові дослідження
Біосферні заповідники	Природоохоронні території з функціональним зонуванням	Охорона природних комплексів, моніторинг, наукова діяльність
Національні природні парки	Території, де охорона природи поєднується з регульованою рекреацією	Охорона природи, рекреація, наукова та освітня діяльність
Регіональні ландшафтні парки	Території з цінними природними та ландшафтними комплексами	Збереження природних комплексів та організована рекреація
Заказники	Території, створені для збереження окремих природних комплексів або їх складових	Охорона природних комплексів, видів рослин і тварин
Пам’ятки природи	Окремі унікальні природні утворення	Збереження конкретного природного об’єкта
Заповідні урочища	Цілісні природні комплекси та ландшафти	Збереження території у природному стані
Ботанічні сади	Штучно створені природоохоронні об’єкти	Збереження, вивчення та відтворення рослин
Дендрологічні парки	Території з колекціями деревних і чагарникових рослин	Наукова, природоохоронна та освітня діяльність
Зоологічні парки	Об’єкти для утримання та збереження видів тварин	Природоохоронна, наукова та освітня діяльність
Парки-пам’ятки садово-паркового мистецтва	Цінні зразки паркового будівництва	Збереження природної та історико-культурної цінності

Джерело: складено автором на основі [1, 2].

Важливим завданням є встановлення меж територій та об’єктів природно-заповідного фонду. Чітко визначені межі дозволяють встановити належність земельних ділянок до природоохоронної території, врахувати обмеження у їх використанні та відобразити відповідні відомості у кадастрових і геопросторових даних. Відсутність достовірної інформації про межі ускладнює контроль за використанням земель і виявлення можливих порушень [3, 4].

Особливе значення для національних природних парків має функціональне зонування. Відповідно до законодавства, у їх межах виділяють заповідну зону,

зону регульованої рекреації, зону стаціонарної рекреації та господарську зону [1, 5].

Заповідна зона призначена для охорони та відновлення найбільш цінних природних комплексів і характеризується найсуворішим режимом використання. У зоні регульованої рекреації допускається короткостроковий відпочинок, організація туристичних маршрутів та екологічних стежок за умови збереження природного середовища. Зона стаціонарної рекреації передбачає розміщення об'єктів для відпочинку та обслуговування відвідувачів. Господарська зона охоплює території, де здійснюється діяльність відповідно до завдань парку та встановлених природоохоронних вимог [1].

Функціональне зонування має важливе значення для геоінформаційного моніторингу, оскільки дозволяє оцінювати просторові зміни з урахуванням режиму використання окремих частин території. Наприклад, зміна рослинного покриву в заповідній та господарській зонах може потребувати різного підходу до оцінювання. За наявності цифрових меж функціональних зон їх можна поєднувати із супутниковими зображеннями та іншими геопросторовими даними.

Організацію використання та моніторингу земель природно-заповідного фонду можна представити як послідовність взаємопов'язаних етапів: визначення природоохоронної цінності території, встановлення її статусу та меж, визначення режиму використання і функціонального зонування, встановлення обмежень, проведення моніторингу, виявлення змін та прийняття відповідних рішень [1–5] (рис. 1.1).

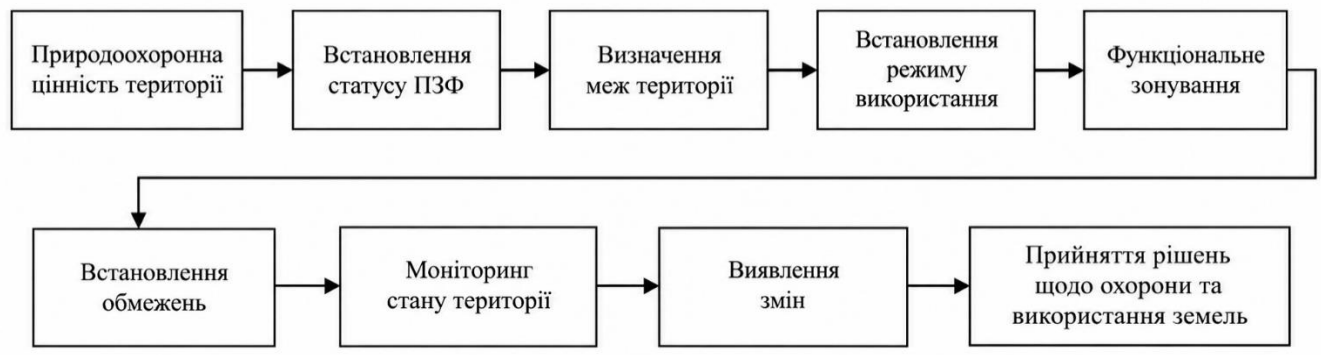


Рис. 1.1. **Логічна послідовність організації використання та моніторингу земель природно-заповідного фонду**

Джерело: розроблено автором на основі [1–5].

Окремою складовою охорони природно-заповідних територій є встановлення обмежень у використанні земель. Вони спрямовані на запобігання діяльності, яка може негативно впливати на природні комплекси. Навколо окремих територій та об’єктів природно-заповідного фонду можуть створюватися охоронні зони з відповідним режимом господарської діяльності. Відомості про такі обмеження повинні мати просторову прив’язку для визначення земельних ділянок або їх частин, на які вони поширюються [1–3].

Важливим джерелом інформації є державний кадастр територій та об’єктів природно-заповідного фонду, який містить відомості про їх правовий статус, межі, площі, природні характеристики та функціональні зони [5]. Використання цих матеріалів разом із даними Державного земельного кадастру та національної інфраструктури геопросторових даних створює можливості для формування єдиної інформаційної основи моніторингу [3, 6].

Геоінформаційні технології дозволяють поєднувати кадастрову, природоохоронну, картографічну та супутникову інформацію, створювати тематичні карти й аналізувати зміни територій за різні періоди. Особливого значення це набуває для природно-заповідних територій, розташованих у межах великих міст, де природні комплекси контактують із забудовою та транспортною інфраструктурою.

Для виявлення змін можуть використовуватися відкриті супутникові дані Sentinel та Landsat, які дозволяють порівнювати стан рослинного покриву, водних об’єктів та інших елементів земної поверхні за різні роки [7, 8]. Такий підхід є доцільним для НПП «Голосіївський», територія якого має складну просторову структуру та різні режими використання земель.

Отже, використання земель природно-заповідного фонду потребує врахування їх природоохоронного статусу, установлених меж, функціонального зонування та обмежень. Поєднання відповідних відомостей із геопросторовими й супутниковими даними створює основу для систематичного моніторингу стану природно-заповідних територій.

1.2. Нормативно-правове та інформаційне забезпечення моніторингу природно-заповідних територій

Моніторинг природно-заповідних територій є важливою складовою їх охорони та раціонального використання. Його проведення потребує не лише спостереження за фактичним станом території, але й використання нормативно-правової, земельно-кадастрової, картографічної та іншої просторової інформації. Особливого значення це набуває при застосуванні геоінформаційних технологій, оскільки результати просторового аналізу значною мірою залежать від повноти, точності та актуальності вихідних даних.

Нормативно-правове забезпечення моніторингу формується на основі природоохоронного, земельного, кадастрового, землевпорядного, топографо-геодезичного законодавства та нормативних документів у сфері геопросторових даних. Їх положення визначають правовий статус територій, режими використання земель, установлені обмеження та вимоги до просторової інформації.

Основним нормативно-правовим актом у сфері охорони природно-заповідних територій є Закон України «Про природно-заповідний фонд України» [1]. Ним визначено категорії територій та об’єктів природно-заповідного фонду, вимоги до їх охорони й використання, особливості природоохоронного режиму та засади ведення державного кадастру територій та об’єктів ПЗФ.

Земельний кодекс України регулює правовий режим земель природно-заповідного фонду та іншого природоохоронного призначення [2]. Під час моніторингу необхідно враховувати не лише природний стан території, а й правові характеристики земельних ділянок, які входять до її складу.

Загальні засади моніторингу довкілля визначені Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» [9]. Він передбачає систематичне спостереження за станом навколишнього природного середовища та отримання інформації про його зміни. Для природно-заповідних територій важливим є контроль за станом земель, рослинності, водних об’єктів та інших природних компонентів.

Природно-заповідні території є складовою екологічної мережі України. Закон України «Про екологічну мережу України» визначає правові та

організаційні засади її формування і збереження [10]. Це дозволяє розглядати природоохоронні території як частину взаємопов'язаної системи природних комплексів.

Окреме значення має моніторинг земель, організаційні засади якого визначаються відповідними нормативно-правовими документами. Його проведення спрямоване на отримання відомостей про стан земель, своєчасне виявлення змін та оцінювання процесів, які можуть негативно впливати на земельні ресурси [8].

Важливим джерелом інформації є Державний земельний кадастр. Закон України «Про Державний земельний кадастр» визначає правові та організаційні засади його ведення, склад відомостей і порядок використання кадастрової інформації [3]. Для моніторингу природно-заповідних територій необхідні дані про межі та площі земельних ділянок, їх цільове призначення й установлені обмеження. У середовищі ГІС такі відомості можна зіставляти з межами природоохоронних територій та їх функціональних зон.

Додатковим джерелом просторової інформації є документація із землеустрою, вимоги до якої визначені Законом України «Про землеустрій» [4]. Вона може містити відомості про межі територій, земельні ділянки, обмеження у використанні земель та інші характеристики, необхідні для формування геоінформаційної бази.

Інструкція про зміст та складання документації державного кадастру територій та об'єктів природно-заповідного фонду передбачає систематизацію відомостей про природоохоронні території, зокрема їх межі, площі, функціональні й охоронні зони [5]. Використання цих матеріалів у цифровій формі розширює можливості геоінформаційного моніторингу.

Правові засади формування та використання геопросторових даних визначені Законом України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» [6] та Порядком функціонування національної інфраструктури геопросторових даних [12]. Їх положення спрямовані на забезпечення доступності, сумісності та спільного використання просторової інформації, отриманої з різних джерел.

Топографічна та картографічна основа моніторингу формується з урахуванням вимог Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» [13]. Для проведення просторового аналізу важливо, щоб вихідні дані мали визначену систему координат, належну точність і могли бути коректно поєднані між собою.

Основні напрями нормативно-правового забезпечення моніторингу природно-заповідних територій та їх значення систематизовано в табл. 1.2.

Таблиця 1.2.

Основні складові нормативно-правового забезпечення моніторингу природно-заповідних територій

Напрям забезпечення	Основні нормативні документи	Значення для моніторингу
Природоохоронне	Закон України «Про природно-заповідний фонд України» [1]; Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [9]	Визначення статусу територій, режиму їх охорони та загальних засад моніторингу довкілля
Земельне	Земельний кодекс України [2]	Визначення правового режиму земель ПЗФ та особливостей їх використання
Земельно-кадастрове	Закон України «Про Державний земельний кадастр» [3]	Отримання інформації про земельні ділянки, їх межі та обмеження у використанні
Землевпорядне	Закон України «Про землеустрій» [4]	Використання документації із землеустрою як джерела просторової інформації
Кадастр ПЗФ	Інструкція про зміст та складання документації державного кадастру територій та об’єктів ПЗФ [5]	Формування інформації про межі, функціональні та охоронні зони ПЗФ
Моніторингове	Нормативно-правові документи у сфері моніторингу земель [11]	Спостереження за станом земель, визначення та оцінювання їх змін
Геопросторове	Закон України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» [6]; Порядок функціонування НІГД [12]	Забезпечення доступу, сумісності та спільного використання геопросторових даних
Картографічне	Закон України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» [13]	Формування топографічної та координатної основи дослідження
Екологічна мережа	Закон України «Про екологічну мережу України» [10]	Визначення місця територій ПЗФ у системі природоохоронних територій

Джерело: складено автором на основі [1–6, 9–13].

Наведені нормативно-правові акти регулюють різні складові моніторингу. Їх спільне врахування дозволяє оцінювати просторові зміни території відповідно до встановленого правового режиму та особливостей використання земель.

Інформаційна база моніторингу повинна характеризувати як правовий статус природно-заповідної території, так і її фактичний стан. До основних джерел належать відомості земельного кадастру та кадастру територій і об'єктів ПЗФ, матеріали землеустрою, топографічні й тематичні карти, ортофотоплани, цифрові моделі рельєфу, супутникові зображення та результати польових спостережень.

Особливе місце серед цих джерел займають матеріали дистанційного зондування Землі. На відміну від кадастрової документації, яка переважно характеризує правові та просторові параметри земель, супутникові зображення дозволяють досліджувати фактичний стан земної поверхні та його зміни за різні періоди.

Для таких досліджень можуть використовуватися відкриті дані супутникових місій Sentinel та Landsat [7, 17]. Наявність різночасових знімків дозволяє порівнювати стан рослинного покриву, водних об'єктів, забудованих територій та інших елементів земної поверхні.

Водночас результати супутникових спостережень необхідно оцінювати з урахуванням меж природно-заповідної території, її функціонального зонування та встановленого режиму використання. Наприклад, зміна рослинного покриву може мати різне значення залежно від того, у якій функціональній зоні вона відбулася. Тому найбільш доцільним є комплексне використання природоохоронних, кадастрових, картографічних і супутникових даних.

Взаємозв'язок основних складових нормативно-правового та інформаційного забезпечення моніторингу природно-заповідних територій представлено на рис. 1.2.

Представлена структура відображає можливість поєднання різних джерел інформації у геоінформаційному середовищі. Для цього доцільно формувати тематичні шари меж природно-заповідних територій, функціональних та охоронних зон, земельних ділянок, обмежень у використанні земель, дорожньої

й гідрографічної мережі, рослинного покриву та забудови. Супутникові зображення за різні роки можуть використовуватися як окремі растрові шари.

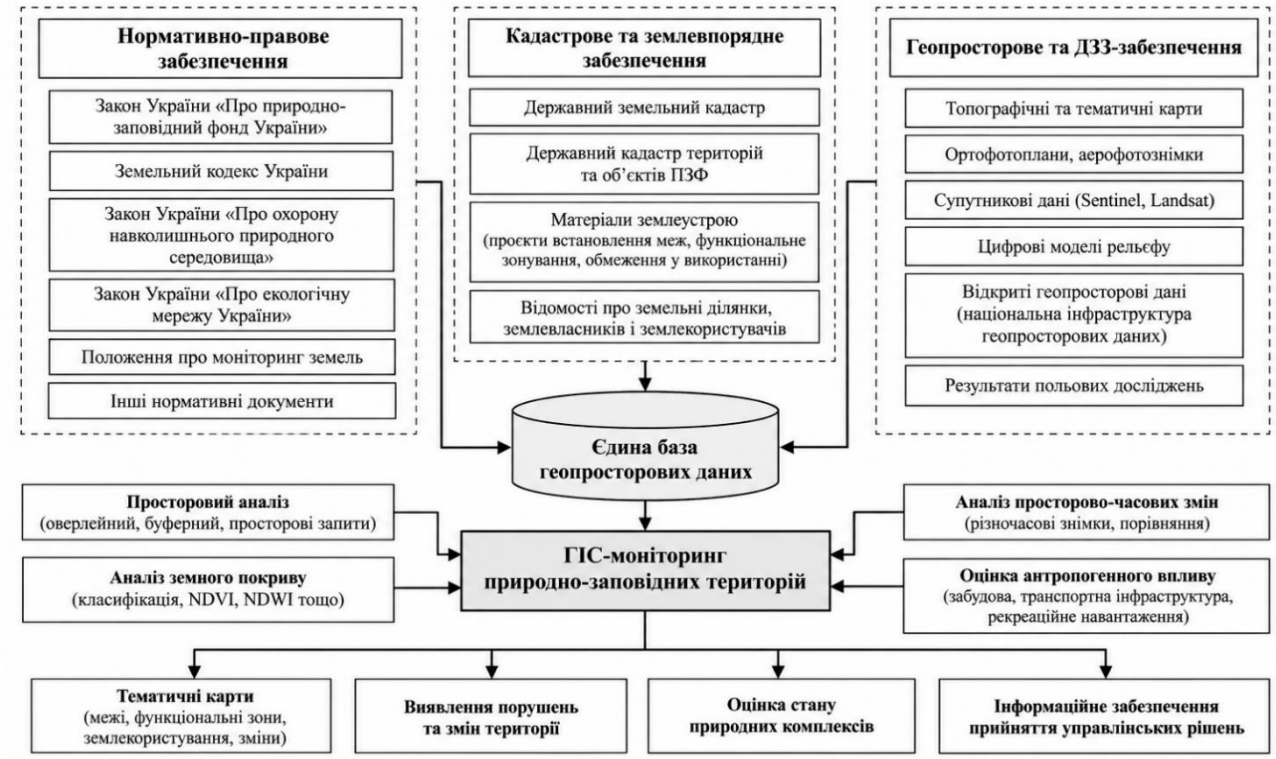


Рис. 1.2. Структура нормативно-правового та інформаційного забезпечення моніторингу природно-заповідних територій

Джерело: розроблено автором на основі [1–6, 17] із використанням ChatGPT (OpenAI) для графічного оформлення схеми.

Під час формування геоінформаційної бази необхідно враховувати якість вихідних даних. Матеріали з різних джерел можуть відрізнятися за масштабом, точністю, форматом, системою координат і датою створення. Тому перед їх використанням важливо перевірити можливість коректного просторового суміщення та актуальність інформації.

Для моніторингу НПП «Голосіївський» інформаційну основу становлять офіційні картографічні матеріали парку, відомості про його територіальну структуру та функціональне зонування, а також різночасові супутникові зображення. Їх порівняння дозволяє досліджувати зміни рослинного покриву та визначати ділянки, які потребують додаткового спостереження.

Отже, нормативно-правове забезпечення визначає умови охорони та використання природно-заповідних територій, а інформаційне забезпечення

формує основу для оцінювання їх фактичного стану. Поєднання кадастрових, землевпорядних, картографічних і супутникових матеріалів створює можливості для проведення геоінформаційного моніторингу та виявлення просторових змін.

1.3. Сучасні геоінформаційні технології у системі моніторингу природно-заповідних територій

Сучасний моніторинг природно-заповідних територій пов’язаний із використанням геоінформаційних технологій, які дозволяють накопичувати, систематизувати та аналізувати просторові дані. Це особливо важливо для територій зі складною просторовою структурою, де необхідно враховувати природоохоронні обмеження, функціональне зонування та зміни природних комплексів.

Геоінформаційні системи (ГІС) забезпечують роботу з даними, які мають просторову прив’язку, дозволяють створювати тематичні шари, виконувати просторовий аналіз і представляти результати у картографічній формі. Для моніторингу природно-заповідних територій можуть використовуватися відомості про їх межі, функціональні зони, земельні ділянки, природні компоненти, інфраструктуру та стан земного покриву.

У середовищі ГІС інформація переважно представлена у векторній та растровій формах. Векторні дані використовуються для відображення меж територій, земельних ділянок, доріг, водних об’єктів та інших просторових об’єктів. Растрові дані застосовуються для роботи із супутниковими зображеннями, ортофотопланами, цифровими моделями рельєфу та результатами просторового моделювання [14].

Поєднання цих форматів дозволяє аналізувати природні та антропогенні об’єкти в межах природоохоронної території. Зокрема, накладання векторних меж на супутникові зображення дає можливість досліджувати окремі функціональні зони та визначати просторове розташування змін земного покриву.

Для виконання таких завдань використовуються різні геоінформаційні програмні засоби. Одним із них є QGIS — відкрита геоінформаційна система, яка підтримує роботу з векторними та растровими даними. Її інструменти дозволяють створювати й редагувати просторові шари, здійснювати геоприв'язку, виконувати просторове накладання, обрізання, побудову буферних зон та формувати тематичні карти [14].

Іншим поширеним програмним середовищем є ArcGIS Pro, яке забезпечує просторовий і растровий аналіз, класифікацію зображень, дослідження рельєфу та створення картографічних матеріалів [15]. Вибір програмного забезпечення залежить від завдань моніторингу, доступності даних та необхідних аналітичних функцій.

Важливе місце в моніторингу природно-заповідних територій займає дистанційне зондування Землі (ДЗЗ). Супутникові матеріали дозволяють отримувати інформацію про стан значних територій та порівнювати їх характеристики за різні періоди без необхідності постійного проведення суцільних наземних обстежень.

Одним із джерел такої інформації є супутникова місія Sentinel-2. Її мультиспектральний сенсор забезпечує отримання даних у 13 спектральних каналах із просторовим розрізненням 10, 20 та 60 м. Зокрема, синій, зелений, червоний і ближній інфрачервоний канали мають просторове розрізнення 10 м, що дозволяє досліджувати рослинний покрив, водні об'єкти та інші характеристики земної поверхні [16].

Для аналізу довготривалих змін можуть використовуватися супутникові дані Landsat. Їх перевагою є тривалий часовий ряд спостережень. У супутників Landsat 8 та Landsat 9 більшість мультиспектральних каналів мають просторове розрізнення 30 м, а панхроматичний канал — 15 м [17]. Це дозволяє досліджувати зміни земного покриву протягом тривалого періоду.

Основні геоінформаційні технології та джерела даних, які можуть використовуватися для моніторингу природно-заповідних територій, наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3.

Основні геоінформаційні технології та їх використання у моніторингу природно-заповідних територій

Технологія / джерело даних	Основні можливості	Використання у моніторингу ПЗФ
QGIS	Робота з векторними і растровими даними, просторовий аналіз, геообробка, створення карт	Формування геоінформаційної бази, аналіз меж, функціональних зон, земельних ділянок та змін території
ArcGIS Pro	Просторовий і растровий аналіз, моделювання, класифікація та картографування	Комплексний аналіз просторових даних і створення тематичних карт
Sentinel-2	Мультиспектральні зображення з просторовим розрізненням 10–60 м	Дослідження рослинності, водних об’єктів, земного покриву та їх змін
Landsat 8–9	Багаторічні серії супутникових даних, більшість мультиспектральних каналів – 30 м	Ретроспективний аналіз та оцінювання довгострокових змін
Google Earth Engine	Хмарна обробка великих масивів супутникових і геопросторових даних	Аналіз часових рядів, розрахунок спектральних індексів, автоматизація обробки даних
GNSS та польові спостереження	Отримання координат і фактичної інформації безпосередньо на місцевості	Уточнення положення об’єктів та перевірка результатів дистанційного аналізу

Джерело: складено автором на основі [14–18].

Наведені технології можуть застосовуватися окремо або в поєднанні. Настільні ГІС забезпечують роботу з просторовими шарами, супутникові системи надають різночасові зображення земної поверхні, а хмарні платформи дозволяють опрацьовувати великі обсяги даних.

Однією з таких платформ є Google Earth Engine, яка поєднує каталог супутникових і геопросторових даних із засобами їх хмарної обробки [18]. Вона дозволяє відбирати зображення за територією та датою спостереження, виконувати обчислення й аналізувати зміни земного покриву. Такі можливості є корисними для досліджень, що потребують використання значної кількості супутникових матеріалів.

Для оцінювання стану рослинного покриву застосовуються спектральні індекси. Одним із найбільш поширених є нормалізований різницевий вегетаційний індекс NDVI, який характеризує особливості відбиття

випромінювання рослинністю у червоному та ближньому інфрачервоному діапазонах [19].

Використання NDVI дозволяє порівнювати стан рослинного покриву на різних ділянках і простежувати його зміни за окремі періоди. Водночас відмінності показників не завжди свідчать про погіршення стану рослинності, оскільки можуть бути пов’язані із сезонними умовами, погодними особливостями та природними процесами. Тому результати такого аналізу доцільно зіставляти із супутниковими зображеннями та іншими доступними матеріалами.

Для дослідження водних об’єктів можуть застосовуватися інші спектральні індекси, зокрема NDWI. Вибір показників залежить від мети моніторингу та природних особливостей території.

Одним із напрямів використання геоінформаційних технологій є аналіз змін земного покриву. Він передбачає порівняння просторових даних однієї території за різні дати. Для цього можуть застосовуватися візуальне зіставлення супутникових зображень, аналіз спектральних індексів, класифікація земного покриву та порівняння тематичних карт.

Під час аналізу необхідно враховувати дату отримання знімків, сезонність рослинності, хмарність і просторове розрізнення даних. Бажано порівнювати зображення, отримані у близькі періоди року, щоб зменшити вплив сезонних відмінностей на результати.

Геоінформаційні технології також дозволяють проводити кількісну оцінку просторових змін, зокрема визначати площі окремих типів земного покриву та ділянок, на яких відбулися зміни. Однак такі розрахунки потребують відповідної підготовки вихідних даних і застосування методів просторового аналізу.

Загальну послідовність використання геоінформаційних технологій у моніторингу природно-заповідних територій представлено на рис. 1.3. Вона охоплює збирання й підготовку геопросторових даних, формування тематичних шарів, використання супутникових матеріалів, аналіз змін та підготовку результатів моніторингу.

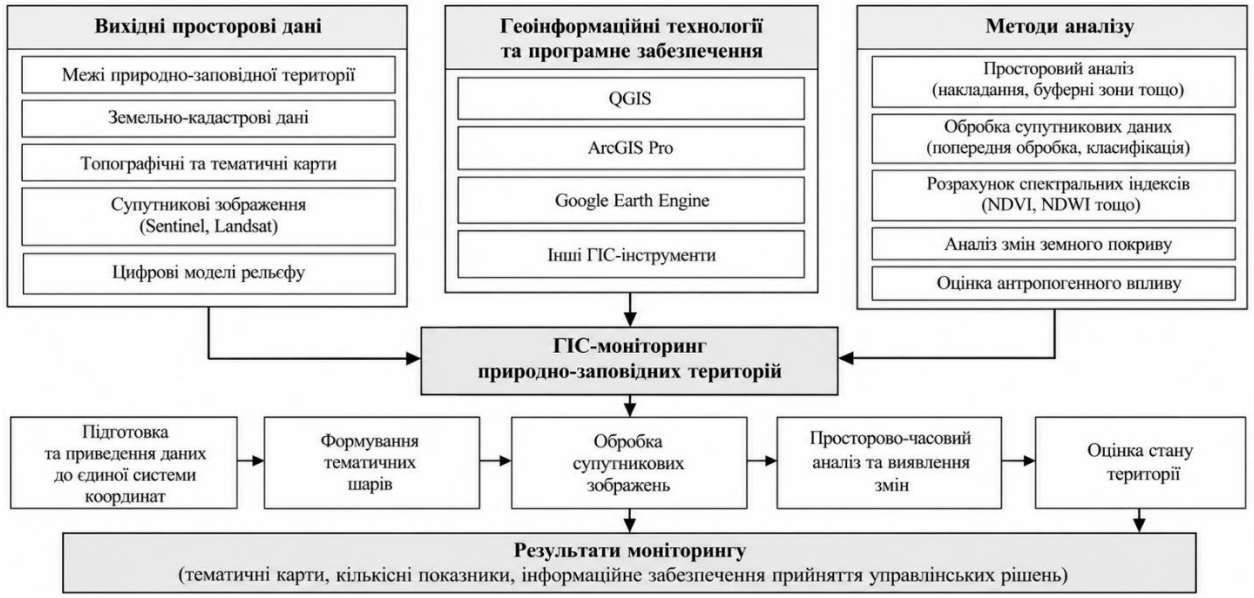


Рис. 1.3. **Застосування геоінформаційних технологій у системі моніторингу природно-заповідних територій**

Джерело: розроблено автором із використанням ChatGPT (OpenAI) для графічного оформлення схеми.

Попри широкі можливості ГІС і ДЗЗ, супутникові дані не завжди дозволяють однозначно встановити причини виявлених змін. Тому результати дистанційного аналізу бажано перевіряти за допомогою актуальних картографічних матеріалів, польових спостережень та інших достовірних джерел.

Особливого значення геоінформаційний моніторинг набуває для природно-заповідних територій, розташованих у межах або поблизу великих міст. На їх стан можуть впливати забудова, транспортна інфраструктура, рекреаційне навантаження та інші види діяльності. Аналіз просторових даних дозволяє визначати ділянки, де такі впливи можуть проявлятися найбільше.

Це актуально для НПП «Голосіївський», який використовується як об’єкт практичного дослідження. Для оцінювання змін його території доцільно використовувати офіційні картографічні матеріали, відомості про функціональне зонування та різночасові супутникові зображення. Їх візуальне порівняння дозволяє визначати ділянки з помітними змінами рослинного покриву, які потребують додаткового спостереження.

Таким чином, геоінформаційні технології у поєднанні з матеріалами дистанційного зондування Землі розширюють можливості моніторингу природно-заповідних територій. Вони забезпечують аналіз просторової інформації, порівняння стану територій за різні періоди та картографічне відображення виявлених змін

Висновки до розділу 1

У першому розділі розглянуто теоретико-методичні засади моніторингу природно-заповідних територій. Землі природно-заповідного фонду характеризуються особливим режимом використання, функціональним зонуванням та необхідністю контролю за їх станом і дотриманням установлених обмежень.

Проаналізовано нормативно-правове та інформаційне забезпечення моніторингу. Його основу становлять природоохоронне й земельне законодавство, а також земельно-кадастрові, землевпорядні, картографічні та геопросторові дані.

Застосування геоінформаційних технологій у поєднанні з матеріалами дистанційного зондування Землі дозволяє аналізувати просторову інформацію, порівнювати стан територій за різні періоди, виявляти зміни та відображати їх у картографічній формі.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ЗАСТОСУВАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ

2.1. Формування бази геопросторових даних для моніторингу природно-заповідних територій

Ефективність геоінформаційного моніторингу природно-заповідних територій значною мірою залежить від правильно сформованої бази вихідних даних. На відміну від традиційного картографічного підходу, при якому окремі матеріали можуть використовуватися незалежно один від одного, геоінформаційний підхід передбачає їх об’єднання в єдиному просторовому середовищі. Це дозволяє одночасно працювати з межами природоохоронної території, земельними ділянками, функціональними зонами, картографічними матеріалами та супутниковими зображеннями.

Під базою геопросторових даних у межах даного дослідження розуміється впорядкована сукупність просторової та описової інформації, необхідної для характеристики природно-заповідної території, проведення просторового аналізу та виявлення її змін. Основною вимогою до такої бази є можливість спільного використання різних наборів даних у середовищі ГІС [6, 14].

Формування бази геопросторових даних доцільно починати з визначення меж території дослідження. Межа природно-заповідної території є основним просторовим контуром, відносно якого надалі здійснюється відбір, обрізання та аналіз інших даних. Тому важливо використовувати максимально достовірну та актуальну інформацію про її просторове положення.

Крім зовнішньої межі об’єкта, важливими є відомості про його внутрішню територіальну організацію. Для національних природних парків особливого значення набувають функціональні зони, оскільки для них встановлюються різні режими охорони та використання [1]. Наявність цифрового шару функціонального зонування дозволяє аналізувати зміни не тільки в межах усього парку, але й окремо в його заповідній, рекреаційній та господарській частинах.

Наступною складовою є земельно-кадастрова інформація та матеріали землеустрою. Вони містять відомості про межі земельних ділянок, їх цільове призначення, обмеження у використанні земель та інші просторові характеристики [3, 4]. За наявності відповідних матеріалів їх доцільно включати до геоінформаційної бази як окремі тематичні шари або використовувати для уточнення просторових даних.

Важливу групу вихідних матеріалів становлять топографічні та картографічні дані. Вони можуть використовуватися для відображення гідрографічної мережі, дорожньої інфраструктури, забудови, рельєфу та інших елементів території. Такі матеріали виконують не тільки функцію картографічної основи, але й можуть використовуватися безпосередньо при проведенні просторового аналізу [13].

Окремим компонентом геоінформаційної бази є матеріали дистанційного зондування Землі. Для моніторингу природно-заповідних територій можуть використовуватися різночасові супутникові зображення Sentinel-2 та Landsat. Дані Sentinel-2 дозволяють досліджувати сучасний стан земного покриву завдяки мультиспектральним каналам і достатньому просторовому розрізненню, тоді як тривалий архів Landsat є корисним для аналізу змін території за значні періоди [16, 17].

Для забезпечення коректного порівняння бажано використовувати знімки, отримані у близькі сезони року. Наприклад, порівняння літнього знімка одного року із зимовим знімком іншого може показати значні відмінності рослинного покриву, які будуть пов’язані насамперед із сезонністю, а не з реальними довготривалими змінами території. Тому при відборі матеріалів необхідно враховувати дату знімання, хмарність та якість зображення [26].

Основні групи даних, які пропонується включати до геоінформаційної бази моніторингу природно-заповідних територій, наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Структура бази геопросторових даних для моніторингу природно-заповідних територій

Група даних	Основний зміст	Форма представлення	Використання
Межі природно-заповідної території	Зовнішня межа об’єкта ПЗФ	Векторний полігон	Визначення території дослідження
Функціональні зони	Межі зон із різним режимом використання	Векторні полігони	Аналіз змін у межах окремих функціональних зон
Земельні ділянки	Межі ділянок, кадастрові характеристики	Векторні дані	Земельно-кадастровий аналіз
Обмеження у використанні земель	Території дії встановлених обмежень	Векторні полігони	Оцінювання відповідності використання земель установленому режиму
Гідрографічна мережа	Водні об’єкти та водотоки	Векторні та растрові дані	Аналіз водних об’єктів і прилеглих територій
Дорожня мережа	Автомобільні дороги, проїзди та інші лінійні об’єкти	Векторні лінії	Оцінювання транспортного впливу
Забудова	Будівлі та забудовані території	Векторні полігони / растрові дані	Виявлення забудови та її просторових змін
Рельєф	Висотні характеристики території	Цифрова модель рельєфу	Аналіз особливостей поверхні
Супутникові зображення	Sentinel-2, Landsat	Растрові дані	Аналіз земного покриву та його змін
Результати польових спостережень	Координати та характеристики окремих об’єктів	Точкові дані, фото, описи	Уточнення та перевірка результатів ГІС-аналізу

Джерело: складено автором.

Як видно з табл. 2.1, база геопросторових даних має поєднувати різні за походженням і формою представлення матеріали. При цьому кожна група виконує окрему функцію, а найбільш повну інформацію можна отримати саме в результаті їх спільного аналізу.

Перед включенням вихідних матеріалів до геоінформаційної бази необхідно перевірити їх формат, систему координат, повноту атрибутивної інформації та актуальність. За потреби здійснюється перетворення систем координат, оцифрування об’єктів, редагування геометрії та впорядкування атрибутивних даних. Узгодження систем координат особливо важливе для коректного накладання тематичних шарів і запобігання просторовим зміщенням.

Для зручності роботи дані доцільно організувати за тематичним принципом. У межах геоінформаційного проєкту можна сформувати декілька основних блоків: «Межі та зонування», «Земельно-кадастрові дані», «Природні об’єкти», «Інфраструктура», «Супутникові дані» та «Результати моніторингу». Така структура спрощує роботу з великою кількістю шарів і забезпечує логічну організацію інформації.

Формування геоінформаційної бази включає декілька основних етапів: збір та перевірку вихідних матеріалів, їх приведення до єдиної системи координат, створення тематичних шарів, підготовку супутникових зображень та об’єднання отриманих матеріалів у єдиному геоінформаційному середовищі. Основні етапи формування бази геопросторових даних наведено на рис. 2.1.



Рис. 2.1. Основні етапи формування бази геопросторових даних для моніторингу природно-заповідних територій

Джерело: розроблено автором із використанням ChatGPT (OpenAI)

Для подальшого аналізу особливе значення має формування часової складової бази даних. До неї доцільно включати супутникові матеріали за декілька періодів, що дозволяє простежувати динаміку території. При цьому

конкретні дати зображень необхідно визначати з урахуванням доступності якісних безхмарних матеріалів та порівнянності сезонів знімання.

У результаті сформована база геопросторових даних повинна забезпечувати можливість виконання декількох груп завдань: відображення сучасної територіальної структури об’єкта, проведення просторового накладання тематичних шарів, аналізу земного покриву, визначення просторово-часових змін та створення підсумкових тематичних карт.

Таким чином, формування бази геопросторових даних є одним із основних етапів геоінформаційного моніторингу. Її структура повинна поєднувати природоохоронну, земельно-кадастрову, землевпорядну, картографічну та супутникову інформацію. Приведення вихідних матеріалів до єдиного просторового середовища створює основу для застосування методів геоінформаційного аналізу та подальшого визначення змін природно-заповідної території.

2.2. Методи геоінформаційного аналізу стану природно-заповідних територій

Після формування бази геопросторових даних наступним етапом моніторингу є проведення геоінформаційного аналізу. Його основне завдання полягає у визначенні просторових особливостей природно-заповідної території, взаємного розташування окремих об’єктів та виявленні змін, які можуть впливати на її стан.

Геоінформаційний аналіз базується на використанні просторових і атрибутивних даних, сформованих на попередньому етапі. При цьому можуть одночасно використовуватися межі природно-заповідної території та її функціональних зон, земельні ділянки, водні об’єкти, дорожня мережа, забудова, картографічні матеріали та супутникові зображення. Поєднання цих даних у середовищі ГІС дозволяє розглядати територію як єдину просторову систему.

Одним із основних методів є просторове накладання тематичних шарів. Його суть полягає у суміщенні декількох наборів просторових даних для визначення їх взаємного розташування. Наприклад, межі природно-заповідної території можуть накладатися на шари земельних ділянок, функціональних зон,

дорожньої мережі або забудови. У результаті можна визначити, які об’єкти розташовані безпосередньо в межах території, а які знаходяться поруч із нею.

Важливим напрямом є аналіз земельних ділянок. Поєднання меж природно-заповідної території з кадастровими даними дозволяє досліджувати просторове розташування земельних ділянок, їх конфігурацію та цільове призначення. Такий аналіз має значення для оцінювання особливостей використання земель та виявлення ділянок, які потребують додаткової уваги під час проведення моніторингу [3].

Для територій національних природних парків доцільним є аналіз функціонального зонування. Накладання меж функціональних зон на інші тематичні шари дозволяє визначити розташування природних та інфраструктурних об’єктів відносно зон із різним режимом використання. Це особливо важливо для заповідної зони, де встановлюється найбільш суворий режим охорони [1].

Окремим методом просторового аналізу є створення буферних зон. Буферна зона являє собою територію, сформовану на заданій відстані від певного просторового об’єкта. Такий підхід може застосовуватися для аналізу територій навколо доріг, забудови, водних об’єктів та інших елементів, які можуть впливати на стан природно-заповідної території.

Наприклад, створення буферних зон навколо дорожньої мережі дозволяє виділити ділянки, розташовані в безпосередній близькості до транспортної інфраструктури. Аналогічно можна досліджувати території навколо забудованих ділянок або інших об’єктів. Ширина таких зон повинна визначатися залежно від мети дослідження та виду об’єкта, тому використання єдиного значення відстані для всіх випадків є недоцільним.

Важливе місце у геоінформаційному аналізі займає визначення площ. Засоби ГІС дозволяють розраховувати загальну площу природно-заповідної території, площі функціональних зон, земельних ділянок та окремих типів земного покриву. Якщо аналіз проводиться за різні періоди, отримані показники можна порівнювати та визначати характер їх змін.

Для оцінювання стану території також використовується аналіз земного покриву. За картографічними та супутниковими матеріалами можуть бути

виділені основні типи поверхні: лісова та інша рослинність, водні об’єкти, відкриті ділянки, забудовані території та інші об’єкти. Їх представлення у вигляді окремих тематичних шарів дозволяє визначати просторове поширення та площу кожного типу.

При проведенні моніторингу особливого значення набуває порівняння даних за різні часові періоди. Просторово-часовий аналіз дозволяє визначати ділянки, на яких відбулися зміни земного покриву, з’явилися нові об’єкти або змінилася площа певних типів територій. Для такого порівняння необхідно використовувати матеріали, приведені до однакової системи координат та підготовлені за єдиними принципами.

Основні методи геоінформаційного аналізу, які можуть використовуватися при моніторингу природно-заповідних територій, наведено в табл. 2.2.

Таблиця 2.2

Основні методи геоінформаційного аналізу природно-заповідних територій

Метод аналізу	Зміст	Результат
Просторове накладання	Поєднання декількох тематичних шарів	Визначення взаємного розташування об’єктів
Аналіз земельних ділянок	Порівняння меж ПЗФ із земельно-кадастровими даними	Характеристика земельної структури території
Аналіз функціональних зон	Дослідження територій із різним режимом використання	Визначення особливостей окремих частин території
Буферний аналіз	Формування зон на певній відстані від об’єктів	Визначення територій можливого впливу
Розрахунок площ	Визначення площ просторових об’єктів	Отримання кількісних показників
Аналіз земного покриву	Виділення основних типів поверхні	Оцінювання структури території
Просторово-часове порівняння	Порівняння даних за різні періоди	Виявлення просторових змін

Джерело: складено автором.

Наведені в табл. 2.2 методи можуть застосовуватися окремо або комплексно залежно від завдань моніторингу. Їх поєднання дозволяє отримати

більш повну інформацію про просторову структуру природно-заповідної території та зміни її стану.

Результати аналізу доцільно представляти у вигляді тематичних карт. Залежно від поставленого завдання можуть створюватися карти функціонального зонування, земельних ділянок, природних та інфраструктурних об’єктів, земного покриву, а також карти виявлених просторових змін. Картографічне представлення дозволяє наочно показати розташування ділянок, які потребують подальшого дослідження.

Послідовність проведення геоінформаційного аналізу природно-заповідних територій, від підготовки вихідних даних до визначення просторових змін, узагальнено на рис. 2.2.

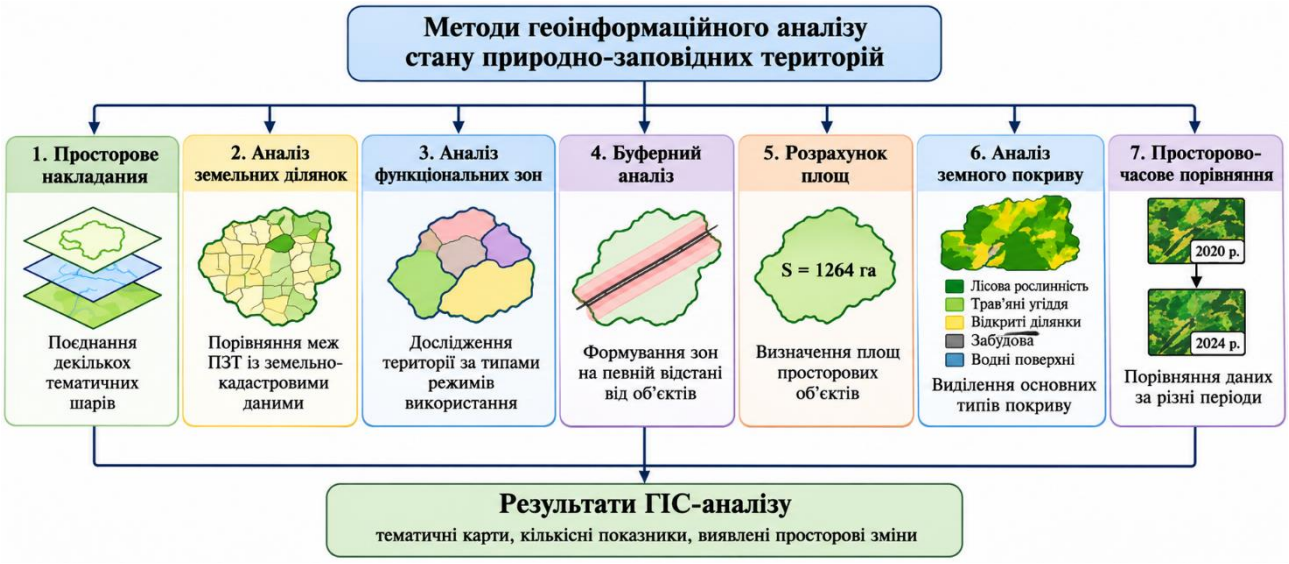


Рис. 2.2. **Схема проведення геоінформаційного аналізу природно-заповідних територій** *Джерело: розроблено автором за допомогою Google Gemini*

При інтерпретації отриманих результатів необхідно враховувати якість вихідних матеріалів. Точність аналізу залежить від актуальності меж, просторової точності кадастрових і картографічних даних, характеристик супутникових зображень та правильності їх попередньої підготовки. Тому виявлені просторові зміни доцільно перевіряти за декількома доступними джерелами.

Таким чином, застосування методів геоінформаційного аналізу дозволяє досліджувати просторову структуру природно-заповідних територій, оцінювати особливості їх використання та виявляти зміни земного покриву. Для детальнішого дослідження таких змін можуть використовуватися матеріали дистанційного зондування Землі.

2.3. Методика моніторингу просторових змін природно-заповідних територій за даними дистанційного зондування Землі

Дистанційне зондування Землі є важливою складовою моніторингу природно-заповідних територій. Супутникові зображення дозволяють отримувати інформацію про стан рослинного покриву, водних об’єктів, відкритих і забудованих територій та простежувати їх зміни за різні роки. На відміну від одноразового картографування, моніторинг передбачає систематичне спостереження, тому важливими етапами є правильний відбір, підготовка та порівняння різночасових матеріалів.

Для дослідження природно-заповідних територій можуть використовуватися відкриті супутникові дані Sentinel-2 та Landsat [16, 17]. Sentinel-2 доцільно застосовувати для детальнішого аналізу сучасного стану земного покриву, тоді як тривалий архів Landsat дозволяє досліджувати зміни протягом значних часових періодів. Вибір матеріалів залежить від мети дослідження та необхідної деталізації.

Однією з основних умов достовірного порівняння є правильний вибір дат знімання. Для аналізу бажано використовувати зображення, отримані приблизно в один сезон року. Це пов’язано з тим, що стан рослинності, водних об’єктів та інших природних компонентів суттєво змінюється протягом року. Порівняння знімків різних сезонів може показувати відмінності, які пов’язані не з довготривалими змінами території, а з природною сезонністю.

Важливим показником при відборі матеріалів є також хмарність. Значна кількість хмар може ускладнювати розпізнавання земного покриву та знижувати точність результатів. Тому перевагу слід надавати зображенням із мінімальною хмарністю в межах досліджуваної території.

Після відбору супутникових матеріалів проводиться їх попередня підготовка. Вона передбачає перевірку просторової прив'язки зображень, приведення матеріалів до узгодженої системи координат та виділення необхідної території дослідження. За необхідності також виконується маскування хмар та інших ділянок зображення, які не можуть бути використані для подальшого аналізу.

Наступним етапом є візуальний та спектральний аналіз супутникових зображень. Візуальне порівняння дозволяє попередньо визначити ділянки, на яких відбулися найбільш помітні зміни. Це можуть бути зміни площі рослинного покриву, поява відкритих ділянок, зміна контурів водних об'єктів або збільшення забудованої території.

Для більш детального дослідження рослинного покриву можуть використовуватися спектральні індекси, зокрема NDVI. Він дозволяє оцінювати особливості рослинного покриву та порівнювати його стан за різні періоди [19]. У результаті можна виділити території, де значення показника змінилися, та визначити ділянки для подальшого аналізу.

Для дослідження водних об'єктів може застосовуватися NDWI. Його використання допомагає виділяти водні поверхні та простежувати зміни їх просторового поширення. Спільне використання різних спектральних показників дозволяє отримати більш повну характеристику стану території.

Водночас зміна значень спектральних індексів не завжди свідчить про негативний вплив. Вона може бути пов'язана із сезонними особливостями рослинності, погодними умовами, рівнем зволоження або іншими природними процесами. Тому результати такого аналізу необхідно розглядати разом із супутниковими зображеннями, картографічними та іншими доступними геопросторовими даними.

Важливим напрямом є аналіз змін земного покриву. Для цього на супутникових зображеннях можуть бути виділені основні типи поверхні: лісова та інша рослинність, водні об'єкти, відкриті ділянки, забудовані території та інші категорії залежно від особливостей досліджуваної території.

Після виділення основних типів земного покриву здійснюється їх порівняння за вибрані часові періоди. Це дозволяє встановити, які ділянки

залишилися без змін, а на яких відбулася трансформація земного покриву. Наприклад, можуть бути виявлені території, де зменшилася площа рослинності, збільшилася площа відкритих поверхонь або з'явилися нові забудовані ділянки.

Послідовність проведення моніторингу природно-заповідних територій за даними дистанційного зондування Землі, від вибору супутникових матеріалів до представлення результатів, узагальнено на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Послідовність проведення моніторингу природно-заповідних територій за даними дистанційного зондування Землі

Джерело: розроблено автором за допомогою Google Gemini.

За наявності відповідних геопросторових даних виявлені зміни можуть бути представлені у вигляді окремого тематичного шару. Для кожної ділянки можна визначити її місце розташування, площу та характер змін. Поєднання такого шару з межами природно-заповідної території та її функціональними зонами дозволяє оцінювати просторове поширення змін з урахуванням установленого режиму використання земель.

Отримані результати повинні розглядатися з урахуванням точності вихідних матеріалів та особливостей території. Якщо на супутникових зображеннях виявлено суттєві зміни, їх доцільно перевіряти за іншими доступними геопросторовими матеріалами. Такий підхід зменшує ймовірність помилкового визначення змін, пов'язаних із сезонністю, якістю зображень або особливостями їх обробки.

Висновки до розділу 2

У другому розділі розглянуто методичні підходи до застосування геоінформаційних технологій для моніторингу природно-заповідних територій. Основою такого моніторингу є формування бази геопросторових даних, яка об’єднує відомості про межі та функціональне зонування територій, земельно-кадастрові, землевпорядні, картографічні й супутникові матеріали. Для їх спільного використання важливими є актуальність вихідної інформації, узгодження систем координат та організація тематичних шарів.

Визначено основні методи геоінформаційного аналізу, зокрема просторове накладання, аналіз земельних ділянок і функціональних зон, буферний аналіз, визначення площ та дослідження земного покриву. Їх застосування дозволяє оцінювати просторову структуру природно-заповідних територій та отримувати необхідні кількісні характеристики.

Для моніторингу просторових змін запропоновано методику використання різночасових супутникових матеріалів, яка передбачає їх відбір, підготовку, аналіз спектральних показників і порівняння стану земного покриву за різні періоди. Отримані результати можуть використовуватися для визначення ділянок зі змінами та їх картографічного відображення.

РОЗДІЛ 3. ГЕОІНФОРМАЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОЇ ТЕРИТОРІЇ НА ПРИКЛАДІ НПП «ГОЛОСІЇВСЬКИЙ»

3.1. Характеристика території НПП «Голосіївський» та формування вихідної геопросторової бази

Для практичного дослідження можливостей застосування геоінформаційних технологій у моніторингу природно-заповідних територій обрано Національний природний парк «Голосіївський». Вибір цього об’єкта зумовлений особливостями його територіальної структури, розташуванням у межах великого міста, значною площею природних і лісових територій, наявністю різних функціональних зон та складною структурою землекористування. Поєднання природоохоронної цінності території з впливом міського середовища створює необхідність постійного спостереження за її станом і просторовими змінами.

Національний природний парк «Голосіївський» створено Указом Президента України від 27 серпня 2007 року № 794/2007. Площа парку після уточнення його меж становила 4525,52 га. У 2014 році до його складу включено ще 6462,62 га земель Святошинсько-Біличанського лісового масиву, у результаті чого загальна площа НПП збільшилася до 10 988,14 га [23]. Частина земель перебуває в постійному користуванні парку, інша включена до його складу без вилучення у землекористувачів.

Особливістю НПП «Голосіївський» є його розташування у межах Києва та безпосередній зв’язок природних територій із міським середовищем. На відміну від природно-заповідних територій, розташованих поза великими населеними пунктами, окремі частини парку межують із житловою забудовою, транспортними шляхами, рекреаційними територіями та іншими об’єктами міської інфраструктури. Тому зміни стану території можуть бути пов’язані як із природними процесами, так і з різними видами антропогенного впливу.

Значну частину території НПП становлять лісові природні комплекси. Крім них, у межах парку представлені водойми, відкриті території, ділянки рекреаційного використання, дорожня та стежкова мережа. Таке поєднання

різних типів земного покриву є важливим для геоінформаційного дослідження, оскільки дозволяє використовувати супутникові матеріали для їх просторового розпізнавання та подальшого порівняння стану території за різні часові періоди.

Важливою особливістю НПП «Голосіївський» є те, що його територія не утворює єдиного суцільного масиву. Вона представлена кількома просторово відокремленими частинами, які відрізняються за площею, конфігурацією, характером земного покриву та особливостями навколишнього міського середовища [22]. До основних територіальних частин належать Святошинсько-Біличанський масив, Голосіївський ліс та прилеглі до нього території, урочище «Лісники» та інші ділянки (рис. 3.1).

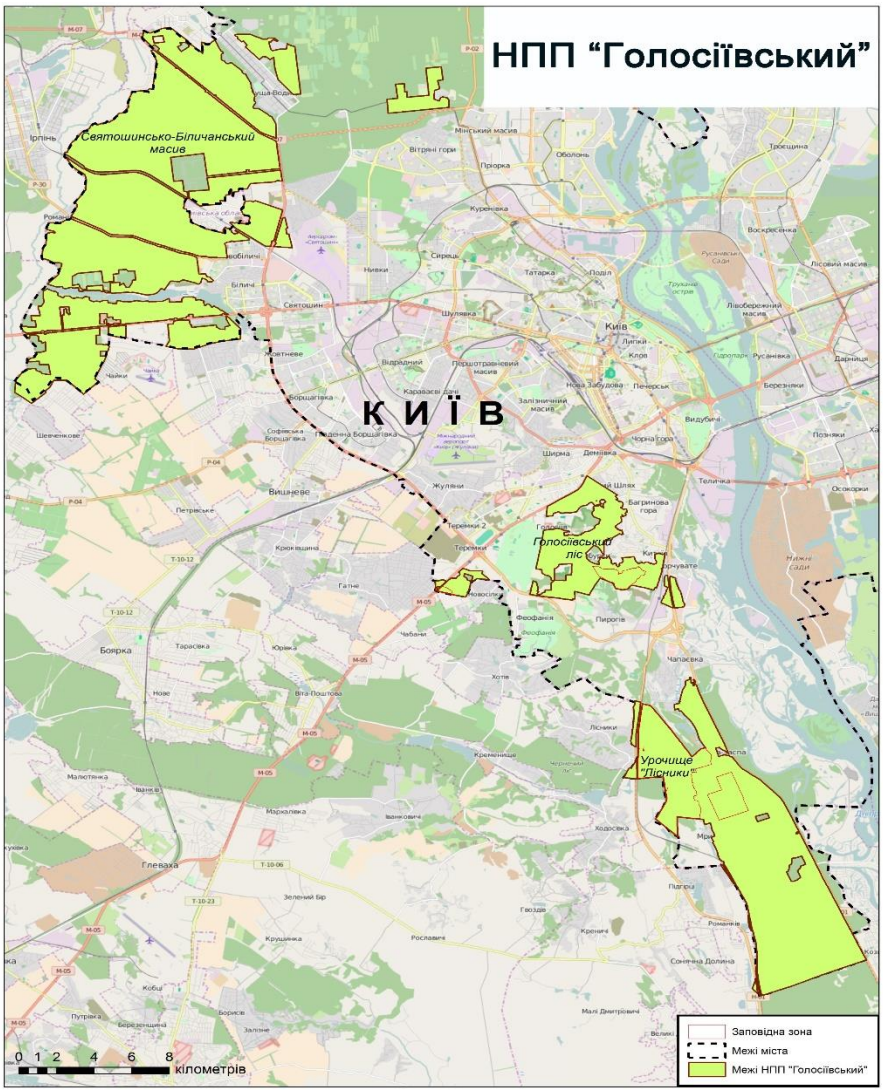


Рис. 3.1. **Просторове розташування основних територіальних частин НПП «Голосіївський»** *Джерело: за картографічними матеріалами НПП «Голосіївський» [22]*

Як видно з рис. 3.1, окремі природні масиви парку просторово віддалені один від одного. Така територіальна структура має безпосереднє значення для організації моніторингу. Проведення спостережень лише за окремими ділянками не завжди дозволяє сформувати цілісне уявлення про стан природно-заповідної території. Використання ГІС дає можливість об’єднати інформацію про просторово віддалені частини НПП у єдиній базі геопросторових даних та застосовувати до них однакові методи аналізу.

Складна конфігурація території також потребує точного визначення меж досліджуваних ділянок. Це особливо важливо під час роботи із супутниковими зображеннями, оскільки результати їх обробки повинні бути просторово співвіднесені з фактичними межами НПП, функціональними зонами та іншими територіальними одиницями.

Основні характеристики НПП «Голосіївський», що мають значення для організації геоінформаційного моніторингу, узагальнено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Основні характеристики НПП «Голосіївський»

Характеристика	**Значення**
Рік створення	2007
Площа на момент створення	4525,52 га
Рік розширення території	2014
Площа розширення	6462,62 га
Загальна площа	**10 988,14 га**
Землі, надані НПП у постійне користування	**1888,18 га**
Землі, включені до складу НПП без вилучення у землекористувачів	**9099,96 га**
Просторова структура	Територіально відокремлені природні масиви
Основні територіальні частини	Святошинсько-Біличанський масив, Голосіївський ліс та прилеглі території, урочище «Лісники» та інші ділянки
Основні типи територій	Лісові масиви, водойми, рекреаційні та інші природні території
Функціональні зони	Заповідна; регульованої рекреації; стаціонарної рекреації; господарська
Особливість розташування	Розташування значної частини території в умовах міського середовища
Значення для ГІС-моніторингу	Просторова роз’єднаність, складність меж, різні режими використання та неоднорідність землекористування

Джерело: складено автором за матеріалами [22, 23].

Наведені характеристики показують, що НПП «Голосіївський» є складним у просторовому відношенні об’єктом моніторингу. Його значна площа, територіальна роз’єднаність, сусідство з міською забудовою та різний характер використання земель зумовлюють необхідність застосування методів, які дозволяють одночасно працювати з різними видами просторової інформації.

Важливе значення має структура землекористування території парку. Із загальної площі НПП 1888,18 га земель надано парку в постійне користування, тоді як 9099,96 га включено до його складу без вилучення у землекористувачів. Таким чином, значна частина природно-заповідної території продовжує перебувати у користуванні інших суб’єктів.

Ця особливість має практичне значення для геоінформаційного моніторингу. Виявлені просторові зміни доцільно аналізувати не лише відносно зовнішньої межі НПП, але й з урахуванням меж земельних ділянок та особливостей їх використання. Такий підхід дозволяє поєднати природоохоронну та земельно-кадастрову інформацію в єдиній системі аналізу.

На наданих картографічних матеріалах відображено землі НПП, а також території, включені до його складу без вилучення у землекористувачів і землевласників. Серед них представлені території лісопаркових господарств, установ та інших організацій (рис. 3.2).

Аналіз картографічних матеріалів показує, що структура землекористування НПП є неоднорідною. Окремі території парку перебувають у користуванні різних установ і підприємств, а їх просторове розташування відрізняється залежно від конкретної частини парку. Для проведення моніторингу це має практичне значення, оскільки виявлені за супутниковими даними зміни можуть бути просторово співвіднесені не лише з межами НПП, але й із конкретними ділянками землекористування.

Ще однією важливою просторовою характеристикою досліджуваної території є її функціональне зонування**.** Відповідно до встановленого режиму

територія НПП поділяється на заповідну зону, зону регульованої рекреації, зону стаціонарної рекреації та господарську зону.

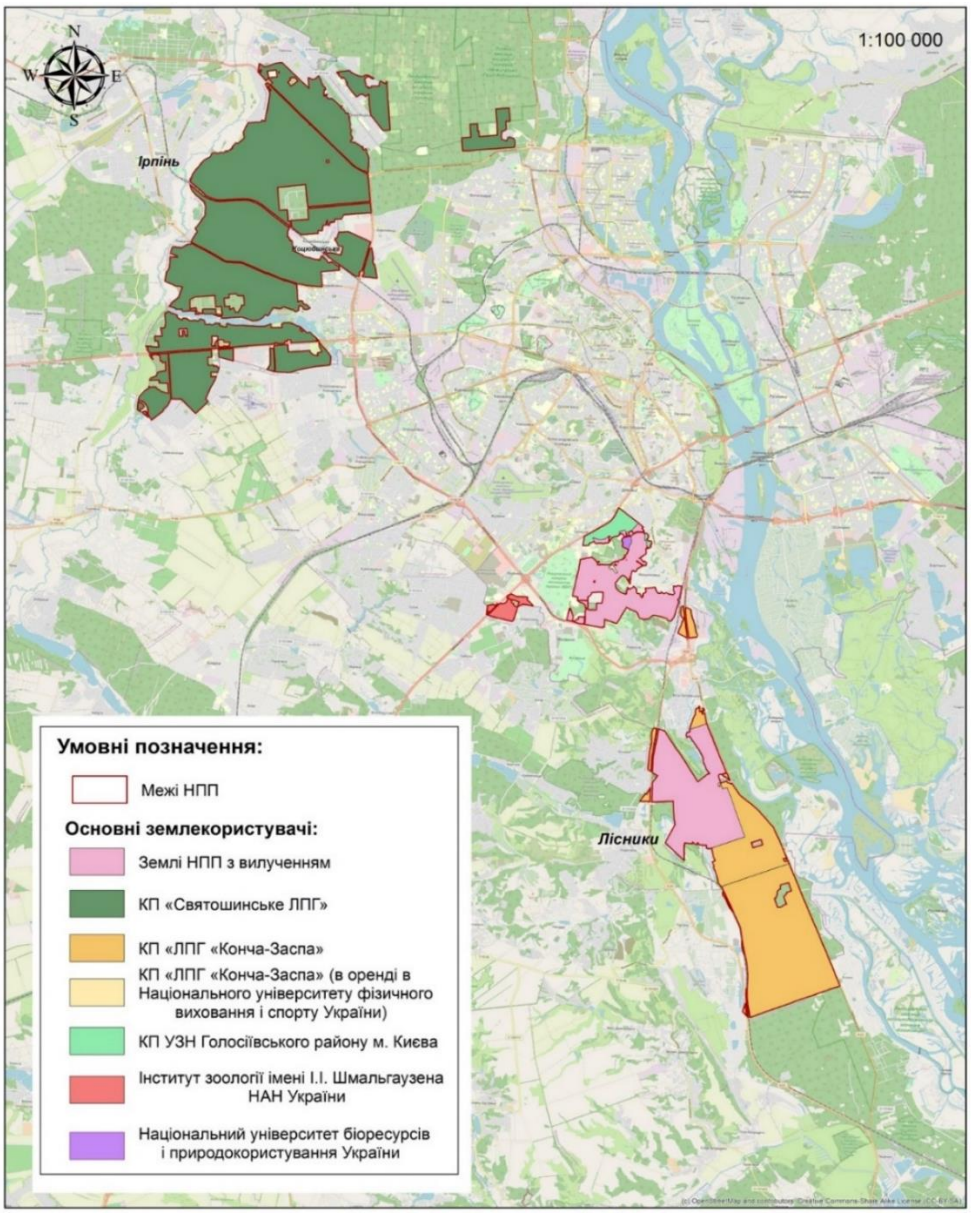


Рис. 3.2. Просторовий розподіл земель НПП «Голосіївський» за основними землекористувачами

Джерело: за картографічними матеріалами НПП «Голосіївський» [20].

Заповідна зона призначена насамперед для охорони та відновлення найбільш цінних природних комплексів. Зона регульованої рекреації передбачає поєднання природоохоронних завдань із регульованим рекреаційним використанням. Зона стаціонарної рекреації пов’язана з організацією тривалішого відпочинку та відповідної рекреаційної інфраструктури. У межах

господарської зони здійснюється господарська діяльність із дотриманням установлених для національного природного парку обмежень.

Для завдань цієї роботи функціональне зонування має особливе значення, оскільки результат моніторингу повинен характеризувати не лише факт наявності певної просторової зміни. Важливо встановити, де саме відбулася така зміна і до якої функціональної зони належить відповідна територія. Тому межі функціональних зон у подальшому дослідженні доцільно використовувати як окремий тематичний шар ГІС.

Через територіальну роз'єднаність НПП його функціональне зонування представлено окремими картографічними матеріалами для північної, центральної та південної частин. На картах, крім функціональних зон, відображено межі парку, квартальну структуру лісових територій, окремі об'єкти природно-заповідного фонду та інші просторові елементи. Офіційна сторінка НПП містить окремий комплект картографічних матеріалів парку [21].

Функціональне зонування північної, центральної та південної частин НПП «Голосіївський» представлено на рис. 3.3.

Картографічні матеріали функціонального зонування показують неоднорідність внутрішньої просторової структури парку. У різних його частинах заповідні території поєднуються із зонами регульованої та стаціонарної рекреації, а також господарською зоною. Для геоінформаційного аналізу важливим є представлення меж цих зон у вигляді окремих просторових шарів. У подальшому це дозволяє накладати на них результати обробки супутникових зображень та встановлювати територіальну приуроченість виявлених змін.

Таким чином, для моніторингу НПП «Голосіївський» недостатньо використовувати лише зовнішню межу природно-заповідної території. Необхідним є формування більш повної геопросторової бази, яка поєднує інформацію про територіальні частини парку, земельні ділянки, функціональні зони, природні та антропогенні об'єкти.

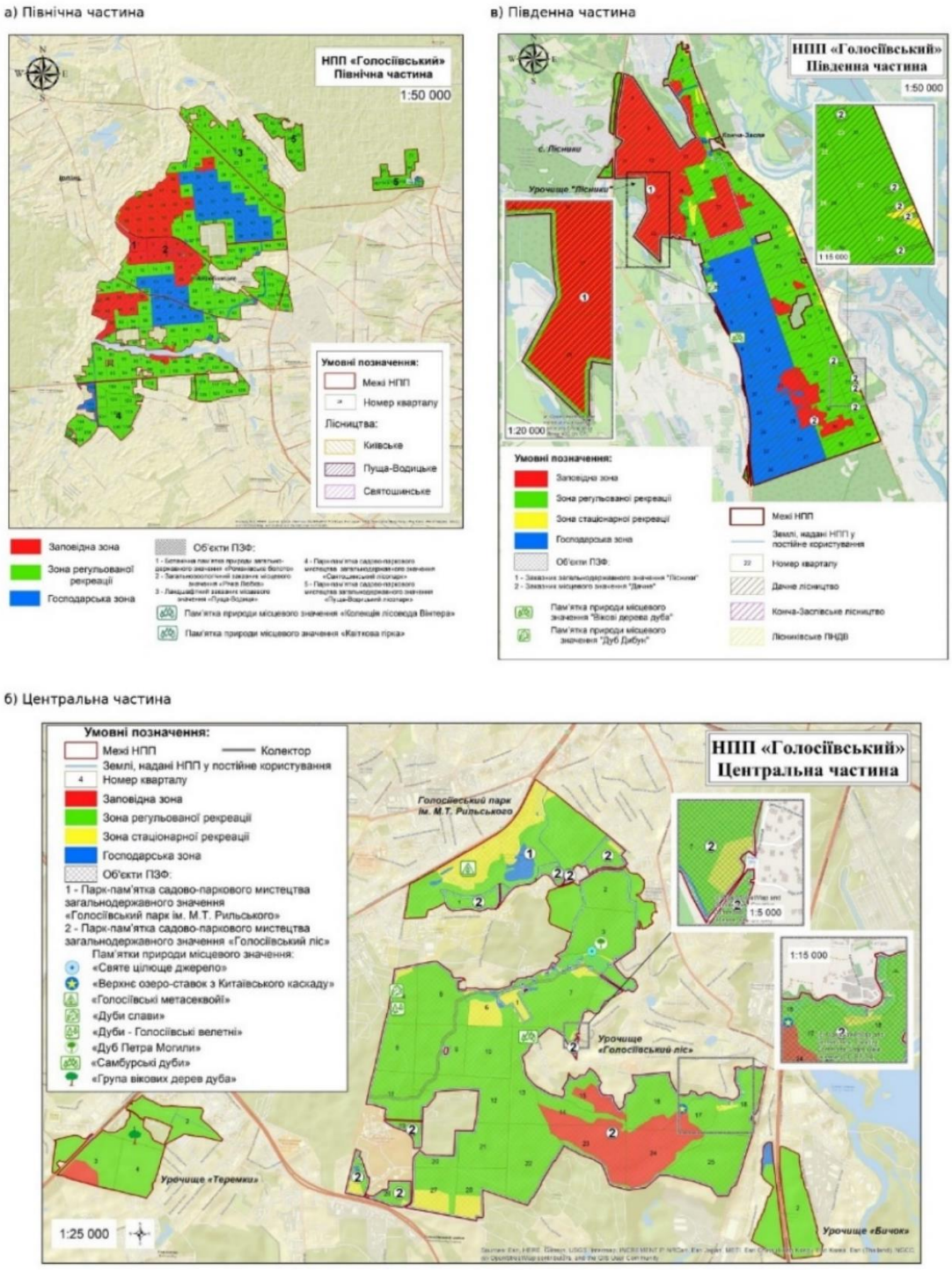


Рис. 3.3. Функціональне зонування території НПП «Голосіївський» за основними територіальними частинами

Джерело: за картографічними матеріалами НПП «Голосіївський» [21].

Вихідні геопросторові матеріали, відібрані для проведення дослідження, наведено в табл. 3.2.

Основу сформованої бази становлять векторні та растрові геопросторові дані. До векторної складової належать межі НПП, функціональних зон, земельних ділянок та інших просторових об’єктів. Растрова складова

представлена картографічними матеріалами та супутниковими зображеннями, які використовуються для оцінювання стану земного покриву.

Таблиця 3.2

Вихідні геопросторові дані для дослідження території НПП «Голосіївський»

Група даних	Зміст	Використання у дослідженні
Межі НПП	Зовнішні межі та межі окремих територіальних частин	Визначення території дослідження
Земельні ділянки	Межі земель та особливості землекористування	Земельно-кадастровий аналіз
Функціональні зони	Заповідна, регульованої та стаціонарної рекреації, господарська	Аналіз змін з урахуванням режиму території
Лісові квартали	Квартальна структура лісових масивів	Просторова локалізація результатів
Об’єкти ПЗФ	Інші природоохоронні об’єкти в межах території	Уточнення природоохоронної структури
Водні об’єкти	Водойми та водотоки	Аналіз водних поверхонь і прилеглих територій
Дорожня мережа	Дороги, проїзди та інші лінійні об’єкти	Аналіз просторового положення транспортної мережі
Супутникові зображення	Матеріали дистанційного зондування Землі	Аналіз стану земного покриву та його змін
Тематичні растрові шари	Результати обробки супутникових матеріалів	Просторово-часове порівняння та картографування змін

Джерело: складено автором.

Картографічні матеріали дозволяють визначити територіальну структуру НПП та сформувати просторову основу для подальшого аналізу. При цьому важливо забезпечити просторову узгодженість різних наборів даних, щоб межі парку, функціональні зони та результати обробки супутникових зображень могли бути коректно накладені один на одного.

Особливе значення для подальшого дослідження мають матеріали дистанційного зондування Землі. Вони доповнюють наявну картографічну інформацію та дозволяють перейти від характеристики просторової організації НПП до оцінювання фактичного стану його земного покриву. Використання різночасових супутникових матеріалів створює можливість виявляти території,

на яких відбулися зміни, визначати їх просторове положення та надалі співвідносити з функціональними зонами парку.

Для детальнішого геоінформаційного аналізу в роботі доцільно зосередити увагу на центральній частині НПП «Голосіївський», до якої належить Голосіївський ліс та прилеглі території. Вибір цієї частини пояснюється її розташуванням у міському середовищі, значною часткою лісового покриву, наявністю різних функціональних зон та безпосереднім сусідством із забудованими територіями і транспортною інфраструктурою.

Для візуальної характеристики цієї території використовується супутникове зображення, надане як вихідний матеріал дослідження. На ньому добре простежується розміщення лісового масиву відносно навколишньої забудови та основних елементів міської території. Саме супутникові матеріали надалі використовуються як основа для аналізу просторово-часових змін.

Водночас сформована геопросторова база дозволяє здійснювати дослідження на двох рівнях. Перший передбачає загальну характеристику території НПП «Голосіївський» та його основних територіальних частин. Другий рівень полягає у детальнішому аналізі обраної ділянки із застосуванням супутникових даних та методів геоінформаційного аналізу. Такий підхід дає можливість поєднати загальну характеристику природно-заповідної території з детальним дослідженням просторових змін.

Отже, для моніторингу НПП «Голосіївський» відібрано картографічні матеріали, що характеризують територіальну структуру, землекористування та функціональне зонування парку, а також супутникові зображення для оцінювання стану земного покриву. Ці матеріали становлять інформаційну основу для подальшого аналізу просторово-часових змін обраної території.

3.2. Геоінформаційний аналіз просторово-часових змін території НПП «Голосіївський»

Геоінформаційний аналіз природно-заповідних територій передбачає комплексне використання картографічних матеріалів і даних дистанційного зондування Землі, що дає можливість оцінювати просторовий стан території та простежувати його зміни у часі. Особливого значення такий підхід набуває для

територій, розташованих у межах великих міст, де природні комплекси безпосередньо межують із забудовою, транспортною інфраструктурою та іншими антропогенно зміненими територіями.

Для проведення геоінформаційного аналізу НПП «Голосіївський» використано картографічні матеріали функціонального зонування та різночасові супутникові дані Sentinel-2. Картографічною основою дослідження є функціональне зонування території НПП «Голосіївський» за основними територіальними частинами (рис. 3.3), яке відображає просторову конфігурацію території парку, його межі та розташування функціональних зон [21].

Для отримання актуальної інформації про стан території використано мультиспектральні супутникові дані **Sentinel-2 L2A**, доступні в середовищі *Copernicus Browser*. Вони забезпечують можливість дослідження земного покриву та проведення повторних спостережень за однією територією у різні часові періоди [26].

На початковому етапі виконано аналіз супутникового зображення Sentinel-2 L2A за 29.08.2024 у режимі відображення природних кольорів (*True Color*). Для формування такого зображення використовуються канали B4, B3 та B2, просторове розрізнення яких становить 10 м.

На супутниковому матеріалі локалізовано досліджувану частину НПП відповідно до картографічних меж території. Отриманий результат представлено на рис. 3.4.

Супутникове зображення дає можливість простежити особливості просторового положення природних масивів НПП відносно прилеглих територій. Території з переважанням рослинного покриву добре виділяються серед міської забудови та інших типів земного покриву. Водночас чітко простежується безпосередній контакт окремих частин НПП із забудованими територіями та транспортною інфраструктурою.

Така просторова конфігурація обумовлює необхідність систематичного спостереження не лише за внутрішніми частинами природних масивів, а й за периферійними територіями, які безпосередньо контактують із міським середовищем. Використання супутникових матеріалів дає можливість

охоплювати значну територію та здійснювати повторне спостереження за однаковими просторовими ділянками.



Рис. 3.4. **Супутникове зображення досліджуваної частини НПП «Голосіївський» за даними Sentinel-2 L2A, 29.08.2024**

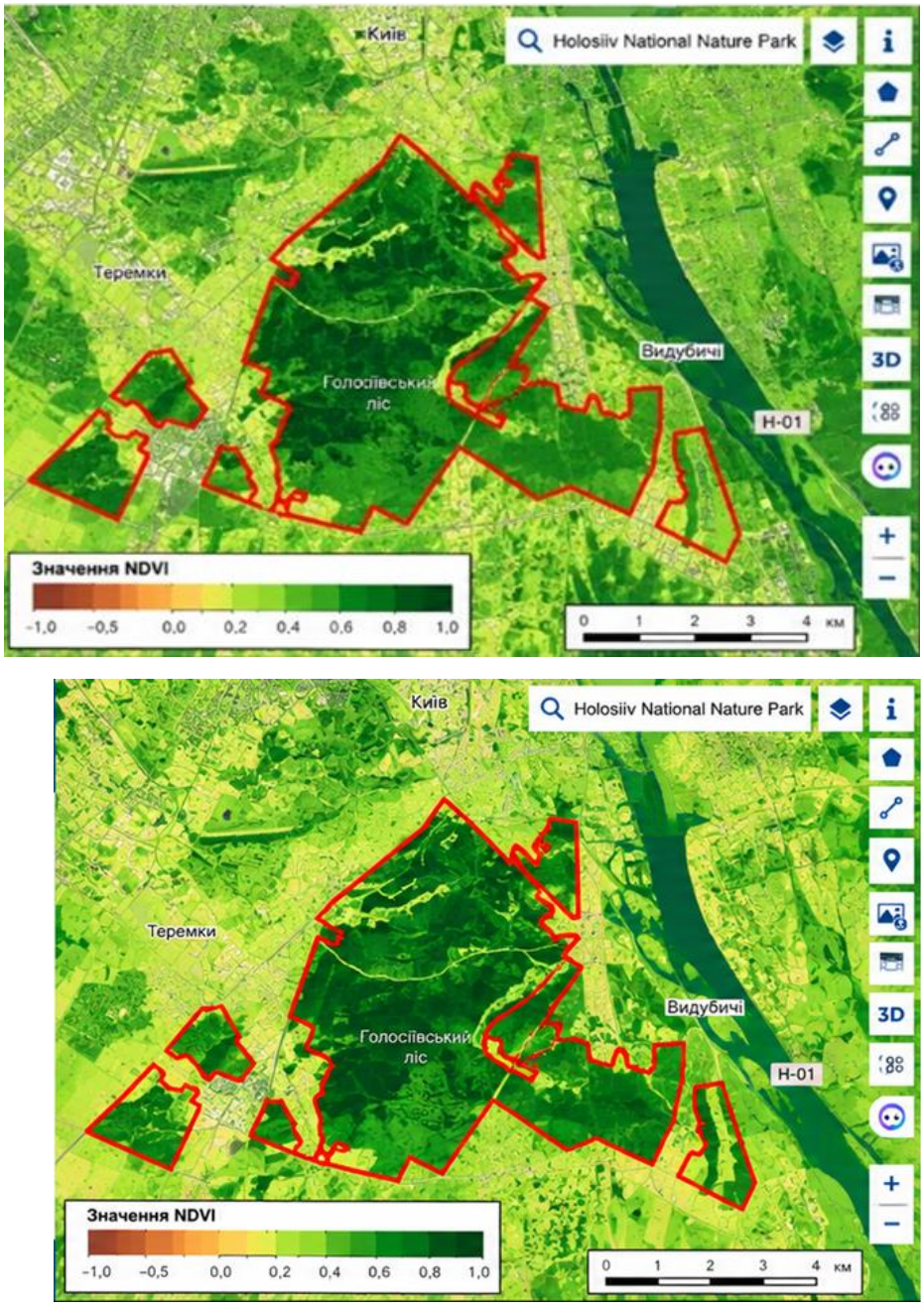
Джерело: матеріали Sentinel-2 L2A, отримані з Copernicus Browser [26].

Для визначення просторово-часових особливостей території відібрано супутникові матеріали за 30.08.2020 та 29.08.2024. Вибрані зображення отримані в однаковий сезонний період — наприкінці серпня. Календарна різниця між датами становить лише один день, тоді як часовий інтервал між ними — чотири роки. Такий підбір матеріалів забезпечує кращу порівнянність двох часових зрізів та зменшує вплив сезонних відмінностей рослинного покриву.

Для оцінювання особливостей рослинного покриву використано нормалізований різницевий вегетаційний індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Він визначається за співвідношенням відбиття у ближньому інфрачервоному та червоному спектральних діапазонах і дає змогу візуально розрізняти ділянки з різними характеристиками рослинності [19, 27].

У середовищі *Copernicus Browser* сформовано візуалізації NDVI за даними Sentinel-2 L2A для двох вибраних дат. При цьому аналіз проводився для однієї території, що забезпечило можливість просторового зіставлення отриманих матеріалів. Результати наведено на рис. 3.5.

Порівняння матеріалів за 2020 та 2024 роки показує, що на обох часових зрізах основні природні масиви НПП характеризуються вираженим рослинним покривом та чітко відокремлюються від навколишніх забудованих територій. Загальний характер просторового розміщення основних озеленених масивів у межах досліджуваної території зберігається.



а – 30.08.2020

б – 29.08.2024

Рис. 3.5. Просторове відображення NDVI досліджуваної частини НПП «Голосіївський» за даними Sentinel-2 L2A: а – 30.08.2020; б – 29.08.2024

Джерело: матеріали Sentinel-2 L2A, отримані з Copernicus Browser [26].

Разом із тим просторове відображення NDVI у межах території не є однорідним. На отриманих матеріалах виділяються ділянки з різною

інтенсивністю відображення рослинного покриву. Така неоднорідність простежується як усередині природних масивів, так і на їх периферійних частинах.

Особливу увагу привертають території, розташовані поблизу меж НПП та в місцях безпосереднього контакту природних територій із міською забудовою. На супутникових матеріалах ці ділянки характеризуються більш складною структурою земного покриву, що пов'язано з поєднанням природних і антропогенно змінених територій.

Важливим результатом геоінформаційного аналізу є можливість просторової локалізації таких ділянок. Це дозволяє не лише візуально встановити відмінності на супутниковому зображенні, а й визначити їх розташування відносно меж НПП та функціональної організації території (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Результати геоінформаційного аналізу досліджуваної території НПП «Голосіївський»

Об'єкт аналізу	Просторова характеристика	Результат порівняння 2020–2024 рр.	Значення для моніторингу
Основні природні масиви	Території з вираженим рослинним покривом	Загальний характер просторового розміщення зберігається	Періодичне спостереження за станом території
Периферійні ділянки	Розташовані поблизу меж НПП та прилеглої забудови	Простежується неоднорідність рослинного покриву	Потребують детальнішого спостереження
Просторово відокремлені частини	Розміщені окремо від основних природних масивів	Відображаються на матеріалах обох часових періодів	Доцільний окремий просторовий контроль
Території контакту з міським середовищем	Поєднання природного та антропогенно зміненого покриву	Спостерігається виражений просторовий контраст	Контроль змін поблизу меж НПП
Ділянки з неоднорідним відображенням NDVI	Локалізуються в різних частинах досліджуваної території	Простежуються на різночасових матеріалах	Визначення територій для наступних циклів моніторингу

Джерело: складено автором за результатами візуального аналізу матеріалів Sentinel-2 L2A [26].

Проведене порівняння показує, що різночасові супутникові матеріали можуть використовуватися для виділення окремих частин території, які відрізняються за характером рослинного покриву. Важливо, що отримані результати мають конкретне просторове положення та можуть бути пов'язані з картографічною інформацією про територію НПП.

Для уточнення просторового положення ділянок із різними характеристиками рослинного покриву результати супутникового спостереження зіставлено з картографічними матеріалами функціонального зонування НПП «Голосіївський» [21].

Таке зіставлення дає можливість визначити розташування ділянок відносно заповідної, рекреаційних та господарської зон парку. Це важливо для подальшого моніторингу, оскільки кожна функціональна зона має відповідний режим використання та охорони.

Поєднання цих матеріалів у геоінформаційному середовищі дозволяє послідовно перейти від виявлення просторової неоднорідності на супутниковому зображенні до її локалізації в межах конкретної частини НПП. Це підвищує інформативність моніторингу, оскільки отримані результати розглядаються з урахуванням територіальної організації парку.

Для наочного представлення результатів виконано візуальне зіставлення матеріалів NDVI за даними Sentinel-2 L2A із картосхемами функціонального зонування парку. Це дозволило визначити орієнтовне розташування ділянок із різними характеристиками рослинного покриву відносно основних функціональних зон (рис. 3.6).

Особливо важливим є спостереження за територіями, розташованими поблизу меж функціональних зон, периферійними ділянками НПП та просторово відокремленими частинами парку. Для таких територій регулярне оновлення супутникових матеріалів дозволяє формувати послідовні часові зрізи та простежувати характер просторових змін.

Для подальшого моніторингу супутникові матеріали доцільно доповнювати відомостями про межі земельних ділянок, землекористування, дорожню та гідрографічну мережі. Узгодження цих даних у єдиній системі

координат дозволить точніше визначати розташування ділянок, на яких спостерігаються зміни рослинного покриву [6, 14].

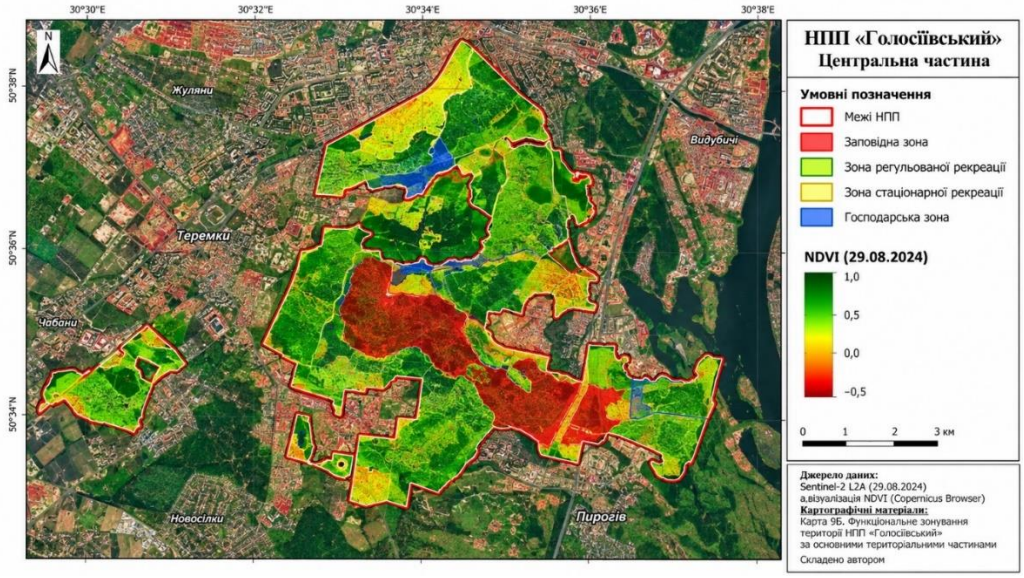


Рис. 3.6. Зіставлення результатів дистанційного моніторингу з функціональним зонуванням території НПП «Голосіївський»

Джерело: складено автором за матеріалами Sentinel-2 L2A [26] та картографічними матеріалами НПП «Голосіївський» [21].

Порівняння супутникових матеріалів за 2020 та 2024 роки дозволило простежити просторові особливості рослинного покриву досліджуваної території. Використання NDVI допомогло виділити неоднорідні ділянки, а зіставлення з картографічними матеріалами функціонального зонування — визначити їх орієнтовне розташування в межах парку. Отримані результати можуть бути використані для вибору територій, які потребують подальшого спостереження.

3.3. Пропозиції щодо вдосконалення геоінформаційного моніторингу природно-заповідних територій

Для вдосконалення моніторингу НПП «Голосіївський» доцільно створити єдину геоінформаційну систему, яка об’єднуватиме картографічні матеріали, відомості про землекористування та функціональне зонування, супутникові зображення й результати спостережень. Це дозволить систематично оновлювати інформацію про територію парку та використовувати її для аналізу просторових змін.

Для НПП «Голосіївський» доцільним є формування єдиної системи геоінформаційного моніторингу, яка поєднуватиме картографічну основу території, відомості про її функціональне зонування, дані про землекористування та обмеження у використанні земель, матеріали дистанційного зондування Землі й результати просторово-часового аналізу.

Основою такої системи має бути база геопросторових даних НПП, у якій інформація організовується у вигляді взаємопов'язаних тематичних шарів. До її складу доцільно включити зовнішню межу НПП, межі територіальних частин і функціональних зон, земельні ділянки, дорожню та гідрографічну мережі, забудовані території, супутникові зображення, результати розрахунку NDVI та виявлені ділянки просторових змін.

При цьому важливо, щоб геопросторові матеріали були приведені до єдиної системи координат. Це забезпечить можливість коректного накладання тематичних шарів, зіставлення різночасових матеріалів та визначення просторового положення виявлених змін відносно меж НПП і його функціональних зон.

Одним із напрямів удосконалення моніторингу є регулярне використання супутникових даних Sentinel-2. Для порівняння стану території в різні роки доцільно відбирати зображення за близькі календарні періоди з мінімальною хмарністю. Це дозволить зменшити вплив сезонних відмінностей та сформувати послідовний ряд спостережень [26, 27].

Для регулярного опрацювання супутникових матеріалів доцільно використовувати можливості QGIS, ArcGIS Pro або Google Earth Engine. Ці засоби дозволяють автоматизувати окремі операції з підготовки зображень, розрахунку спектральних показників та створення тематичних карт. Використання однакової послідовності обробки сприятиме порівнянності результатів спостережень [18].

Одним із тематичних показників може залишатися NDVI. Проте його доцільно використовувати не ізольовано, а разом із іншими просторовими даними. Зміни характеру відображення NDVI повинні розглядатися як підстава для виділення ділянки, що потребує більш детального аналізу, а не як остаточний висновок про її стан.

Для збереження результатів спостережень пропонується створити окремий тематичний шар «Ділянки змін», до якого вноситимуться території з помітними відмінностями рослинного покриву за результатами порівняння супутникових матеріалів різних років.

Для кожної ділянки доцільно зазначати дату спостереження, джерело даних, характер виявлених відмінностей, належність до функціональної зони та потребу в додатковій перевірці. Накопичення такої інформації дозволить відстежувати зміни на конкретних ділянках протягом тривалого періоду.

Таким чином, результати моніторингу накопичуватимуться не у вигляді окремих карт, а у структурованій геоінформаційній базі. Це дозволить простежувати історію змін конкретної ділянки та порівнювати її стан за декілька часових періодів.

Для систематизації запропонованих заходів їх доцільно об'єднати за основними напрямами (табл. 3.4).

Просторове положення виявленої зміни має розглядатися з урахуванням того, в межах якої функціональної зони вона знаходиться. Це дозволить диференціювати подальший контроль території відповідно до особливостей її використання та встановленого режиму.

До територій першочергового спостереження доцільно відносити ділянки, на яких при повторному аналізі супутникових матеріалів простежуються помітні просторові відмінності, периферійні частини НПП, території безпосереднього контакту з міською забудовою, просторово відокремлені частини парку та ділянки поблизу меж функціональних зон.

При цьому виділення території першочергового спостереження не означає автоматичного встановлення негативної зміни. Воно вказує на необхідність більш детального аналізу із залученням додаткових картографічних матеріалів, супутникових даних за інші дати або результатів польового обстеження.

Результати дистанційного моніторингу доцільно зіставляти з відомостями про земельні ділянки, землекористування та обмеження у використанні земель. Це дозволить визначати розташування ділянок із виявленими змінами відносно кадастрових меж і функціональних зон парку, а також враховувати правовий режим відповідних територій.

Таблиця 3.4.

Основні напрями вдосконалення геоінформаційного моніторингу природно-заповідних територій

Напрям	Запропоновані заходи	Очікуваний результат
Формування геопросторової бази	Об'єднання меж НПП, функціональних зон, земельних ділянок, картографічних і супутникових матеріалів	Створення єдиного інформаційного середовища
Оновлення даних ДЗЗ	Регулярне використання Sentinel-2 та формування часових рядів	Отримання актуальної інформації про територію
Геоінформаційний аналіз	Порівняння різночасових матеріалів, використання NDVI та просторового накладання	Виявлення і локалізація просторових змін
Функціональне зонування	Зіставлення виявлених змін із межами функціональних зон	Врахування територіальної організації НПП
Виділення ділянок змін	Формування окремого тематичного шару та атрибутивної інформації	Визначення територій для детальнішого контролю
Перевірка результатів	Використання актуальних картографічних матеріалів та, за необхідності, польових спостережень	Уточнення характеру виявлених змін
Оновлення геоінформаційної бази	Внесення підтверджених результатів наступних циклів моніторингу	Накопичення інформації про просторово-часові зміни
Картографічне представлення	Формування тематичних карт і цифрових шарів	Наочне представлення результатів моніторингу

Джерело: розроблено автором.

Для практичної реалізації запропонованого підходу доцільно використовувати послідовну модель геоінформаційного моніторингу, представлену на рис. 3.7.

Запропонована модель передбачає циклічність моніторингу. Після надходження нових супутникових матеріалів вони включаються до геоінформаційної бази та порівнюються з попередніми часовими зрізами. Виявлені просторові відмінності локалізуються, зіставляються з

функціональним зонуванням та іншими тематичними шарами, після чого визначаються ділянки, які потребують додаткової уваги.

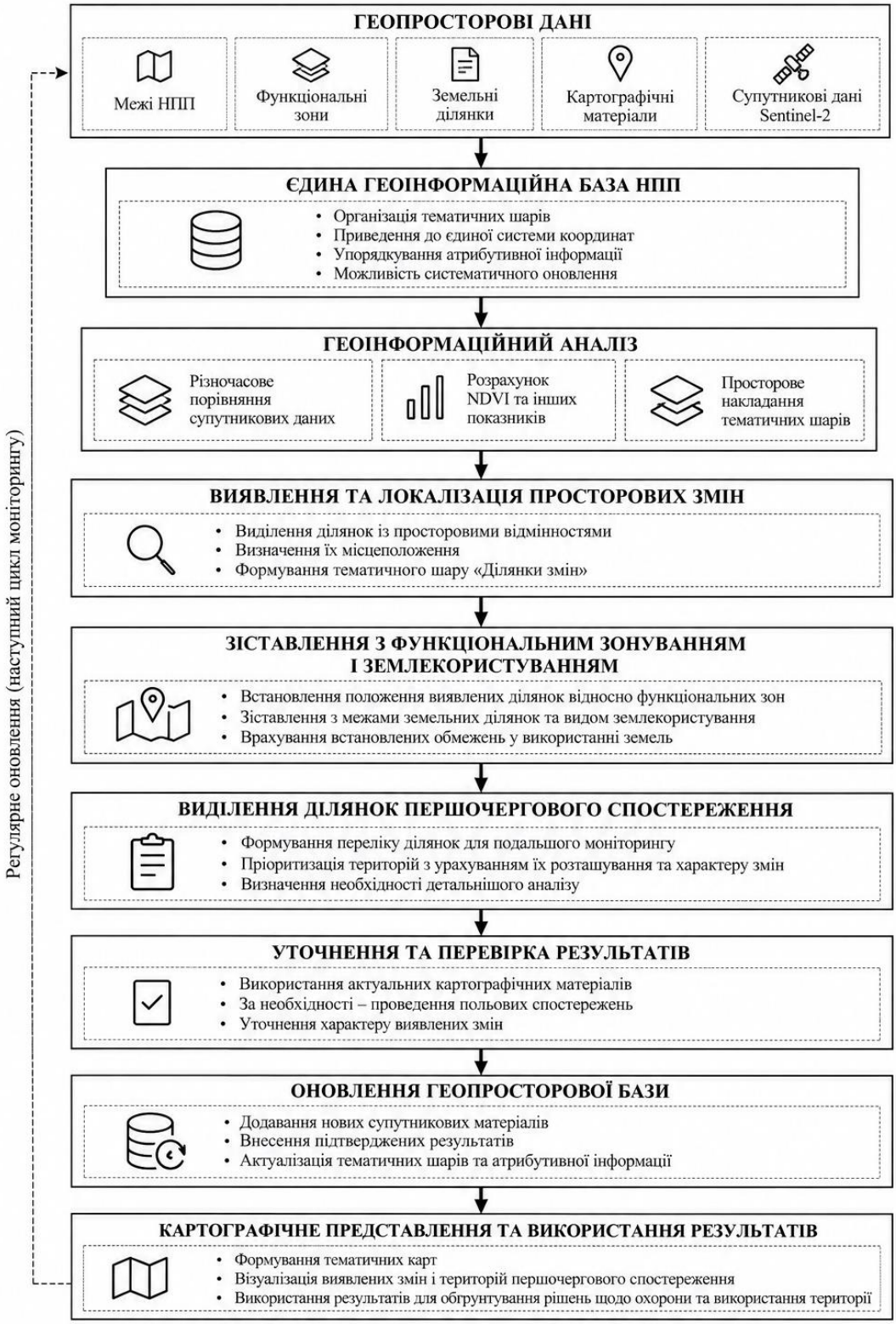


Рис. 3.7. **Організаційно-функціональна модель геоінформаційного моніторингу природно-заповідних територій**

Джерело: розроблено автором із використанням ChatGPT (OpenAI).

Після уточнення результатів відповідна інформація вноситься до геоінформаційної бази. Таким чином формується накопичувальна система, у якій кожний наступний цикл моніторингу доповнює попередні дані та дозволяє простежувати просторово-часову динаміку території.

Окремим результатом функціонування такої системи має бути картографічне представлення результатів моніторингу. Доцільним є формування тематичних карт, на яких поряд із межами НПП і функціональними зонами відображатимуться ділянки виявлених змін та території, визначені для першочергового спостереження.

Для забезпечення систематичності моніторингу доцільно передбачити періодичне оновлення супутникових матеріалів та геопросторової бази. При цьому особливо важливо зберігати попередні часові зрізи, оскільки саме їх накопичення забезпечує можливість аналізу довготривалих просторових змін.

Запропонований підхід може застосовуватися не лише для НПП «Голосіївський», а й для інших природно-заповідних територій за умови наявності картографічних матеріалів, визначених меж території та доступних даних дистанційного зондування Землі. Склад тематичних шарів при цьому може змінюватися залежно від особливостей конкретного об'єкта.

Запропоновані заходи спрямовані на організацію систематичного моніторингу природно-заповідних територій із використанням геопросторових і супутникових даних. Їх реалізація дозволить накопичувати результати спостережень, визначати ділянки, які потребують додаткового контролю, та забезпечувати інформаційну підтримку природоохоронної діяльності.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі розглянуто можливості застосування геоінформаційних технологій для моніторингу території Національного природного парку «Голосіївський».

На основі картографічних матеріалів охарактеризовано територіальну структуру парку, розподіл земель за землекористувачами та функціональне зонування. Встановлено, що особливості розміщення природних комплексів у

межах міста та різні режими використання земель необхідно враховувати під час організації моніторингу.

За супутниковими матеріалами Sentinel-2 проведено візуальне порівняння стану рослинного покриву за 2020 та 2024 роки. Використання індексу NDVI дозволило простежити просторові відмінності в характеристиках рослинності та визначити ділянки, які потребують подальшого спостереження. Зіставлення отриманих матеріалів із функціональним зонуванням допомогло оцінити їх орієнтовне розташування в межах парку.

Запропоновано напрями вдосконалення моніторингу, які передбачають регулярне використання супутникових зображень, формування тематичного шару ділянок змін, накопичення результатів спостережень та їх поєднання із земельно-кадастровими відомостями. Реалізація цих заходів сприятиме більш систематичному контролю за станом природно-заповідних територій та своєчасному визначенню ділянок, що потребують додаткової перевірки.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розглянуто можливості застосування геоінформаційних технологій для моніторингу природно-заповідних територій на прикладі Національного природного парку «Голосіївський». За результатами роботи сформульовано такі висновки.

1. Використання геоінформаційних технологій дозволяє поєднувати різні види просторової інформації, необхідної для спостереження за станом природно-заповідних територій. Особливе значення мають дані про межі природоохоронних об'єктів, функціональне зонування, землекористування та характеристики рослинного покриву.

2. Для організації геоінформаційного моніторингу визначено склад основних вихідних матеріалів і методи їх аналізу. Поєднання картографічних даних із супутниковими зображеннями створює можливості для порівняння стану територій у різні періоди та визначення ділянок, які потребують більш детального вивчення.

3. На прикладі НПП «Голосіївський» охарактеризовано особливості територіальної структури та землекористування. Розташування окремих частин парку серед міської забудови, наявність різних землекористувачів і функціональних зон ускладнюють організацію спостережень та потребують узгодженого використання картографічної інформації.

4. За супутниковими матеріалами Sentinel-2 L2A виконано візуальне порівняння рослинного покриву за 2020 та 2024 роки. Зображення NDVI дозволили простежити відмінності у просторовому розподілі рослинності на окремих ділянках. Водночас такі відмінності не завжди свідчать про погіршення стану природних комплексів і потребують додаткової перевірки.

5. Зіставлення супутникових зображень із картосхемами функціонального зонування дозволило визначити орієнтовне розташування ділянок із відмінностями рослинного покриву відносно встановлених зон парку. Такий підхід доцільно використовувати для вибору територій першочергового спостереження з урахуванням їх природоохоронного режиму.

6. Для вдосконалення моніторингу запропоновано створення єдиної геоінформаційної бази, регулярне оновлення супутникових матеріалів і ведення тематичного шару «Ділянки змін». Розроблена організаційно-функціональна модель передбачає накопичення результатів спостережень та їх використання для визначення територій, які потребують додаткового контролю. Запропоновані заходи можуть бути використані під час організації моніторингу НПП «Голосіївський» та інших природно-заповідних територій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про природно-заповідний фонд України: Закон України від 16.06.1992 № 2456-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12

2. Земельний кодекс України: Закон України від 25.10.2001 № 2768-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14

3. Про Державний земельний кадастр: Закон України від 07.07.2011 № 3613-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17

4. Про землеустрій: Закон України від 22.05.2003 № 858-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15

5. Про затвердження Інструкції про зміст та складання документації державного кадастру територій та об'єктів природно-заповідного фонду : наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 20.09.2024 № 1175. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1724-24

6. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 № 554-IX. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20

7. Copernicus. Sentinel-2. URL: https://www.copernicus.eu/en/media/images/sentinel-2

8. Третяк А. М., Третяк В. М., Прядка Т. М., Капінос Н. О., Лобунько Ю. В. Земельний моніторинг в Україні: проблеми методології та методики. Агросвіт. 2022. № 1. С. 3–14.

9. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12

10. Про екологічну мережу України: Закон України від 24.06.2004 № 1864-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1864-15

11. Про затвердження Положення про моніторинг земель: постанова Кабінету Міністрів України від 20.08.1993 № 661. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/661-93-п

12. Про затвердження Порядку функціонування національної інфраструктури геопросторових даних: постанова Кабінету Міністрів України від 26.05.2021 № 532. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/532-2021-п

13. Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність: Закон України від 23.12.1998 № 353-XIV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14

14. QGIS Development Team. QGIS Documentation. URL: https://docs.qgis.org/

15. Esri. ArcGIS Pro Documentation. URL: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/main/welcome-to-the-arcgis-pro-app-help.htm

16. European Space Agency. Sentinel-2 Mission. URL: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2

17. U.S. Geological Survey. Landsat Missions. URL: https://www.usgs.gov/landsat-missions

18. Google for Developers. Google Earth Engine. URL: https://developers.google.com/earth-engine

19. U.S. Geological Survey. Landsat Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). URL: https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-normalized-difference-vegetation-index

20. Національний природний парк «Голосіївський». Території та ділянки НПП «Голосіївський» (землекористувачі). URL: https://nppg.gov.ua/uk/node/120

21. Національний природний парк «Голосіївський». Картосхеми функціонального зонування НПП «Голосіївський». URL: https://nppg.gov.ua/uk/node/58

22. Національний природний парк «Голосіївський». Територіальна структура. URL: https://nppg.gov.ua/uk/ter-structure

23. Про створення національного природного парку «Голосіївський» : Указ Президента України від 27.08.2007 № 794/2007. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/794/2007

24. Проєкт організації території національного природного парку «Голосіївський», охорони, відтворення та рекреаційного використання його природних комплексів та об'єктів. Том 2. Додатки. 2023. URL: https://nppg.gov.ua/sites/default/files/inline-files/223nd2.pdf

25. Національний природний парк «Голосіївський». Проєкт організації території НПП «Голосіївський». Розділ 1. URL: https://nppg.gov.ua/sites/default/files/inline-files/%21%20Proekt_org_NPPG_D_0.pdf

26. Copernicus Data Space Ecosystem. Copernicus Browser: Documentation. URL: https://documentation.dataspace.copernicus.eu/Applications/Browser.html

27. Copernicus Data Space Ecosystem. Sentinel-2 Level-2A: Documentation. URL: https://documentation.dataspace.copernicus.eu/APIs/SentinelHub/Data/S2L2A.html

28. Copernicus Data Space Ecosystem. Sentinel-2: Documentation. URL: https://documentation.dataspace.copernicus.eu/Data/SentinelMissions/Sentinel2.html